

GeoBIM in državni geodetski podatki

Raziskovalni projekt št. V2-2155
Ciljnega raziskovalnega programa »CRP 2021«

3. Vmesno poročilo (DP1, DP2 in DP3)

PODATKI O PROJEKTU

Naročnik:

Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS)

Bleiweisova cesta 30

1000 Ljubljana

Odgovorna oseba: prof. dr. Mitja Lainščak, direktor

Sofinancer:

Ministrstvo za okolje in prostor, Geodetska uprava Republike Slovenije

Zemljemerska 12

1000 Ljubljana

Odgovorna oseba: Tomaž Petek, generalni direktor

Izvajalca:

Geodetski inštitut Slovenije

Jamova cesta 2

1000 Ljubljana

Odgovorna oseba: Milan Brajnik, direktor

Univerza v Ljubljani (UL)

Kongresni trg 12

1000 Ljubljana

Odgovorna oseba: prof. dr. Gregor Majdič, rektor

Krovna pogodba:

Naslov pogodbe: Pogodba o (so)financiranju raziskovalne dejavnosti v letu 2021 (z aneksi in sukcesivnimi pogodbami za 2022 in 2023)

Številka pogodbe (naročnik): 1000-21-0246

Datum: 5.2.2021

Številka pogodbe (izvajalec): U084008/P1

Datum: 2.2.2021

Pogodba o sofinanciranju:

GURS (sofinancer): Številka: 45050-75/2021-2552-1

Datum: 1.10.2021

GI (izvajalec): Številka: U103077/P2

Datum: /

Zastopnika:

GURS (sofinancer): mag. Ema Pogorelčnik

GI (izvajalec): dr. Dalibor Radovan, vodja projekta

Dogovor o sodelovanju:

GI (izvajalec): Številka: U103077/P1

Datum: 8.9.2021

UL (soizvajalec): Številka: /

Datum: /

Avtorji:

Geodetski inštitut Slovenije: mag. Katja Oven, mag. Vasja Bric, dr. Dalibor Radovan

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo: asist. dr.

Jernej Tekavec, izr. prof. dr. Anka Lisec

KAZALO VSEBINE

KAZALO VSEBINE	4
POVZETEK	8
1 PODROČJA ZASNOVE GEOBIM (DP1)	9
1.1 DEFINICIJA, NAMEN IN CILJI GEOBIM (AKT. 1.1).....	9
1.1.1 Podatkovni modeli v okoljih GIS in BIM.....	10
1.1.1.1 3D geometrija v GIS in BIM	11
1.1.1.2 Georeferenciranje.....	12
1.1.2 Prostorski podatki v Sloveniji	13
1.1.2.1 Kataster stavb	13
1.1.2.2 Zbirni kataster gospodarske javne infrastrukture	14
1.1.2.3 Topografski podatki	15
1.1.3 Opis dodatnih možnosti uporabe, ki jih prinaša uvedba koncepta GeoBIM	15
1.1.3.1 Prostorsko načrtovanje.....	15
1.1.3.2 Gradbeno dovoljenje	16
1.1.3.3 Vpis stavbe in uporabno dovoljenje	16
1.1.3.4 3D analize	16
1.2 UPORABA GEOBIM (AKT. 1.2)	17
1.2.1 Nameni, cilji in stanje trenutne uvedbe koncepta GeoBIM v treh državah EU.....	17
1.2.2 Vzroki in potrebe za uvedbo koncepta GeoBIM v treh državah EU.....	20
1.2.3 Področja in aktivnosti uporabe koncepta GeoBIM v treh državah EU	21
1.2.3.1 3D kataster	21
1.2.3.2 Pretvorba zapisa IFC v CityGML in obratno.....	22
1.2.4 Področja urejanja in upravljanja s prostorom s konceptom GeoBIM v treh državah EU	25
1.2.4.1 Primeri uvajanja GeoBIM v prakso	25
1.2.4.2 Postopek za pridobitev gradbenega dovoljenja.....	25
1.2.5 Primeri dobre prakse na področju uporabe koncepta GeoBIM v treh državah EU	26
1.2.6 Namen in rezultati projektov »GeoBIM« in »GeoBIM benchmark« (EuroSDR, ISPRS).....	27
1.2.6.1 Projekt »GeoBIM« v okviru EuroSDR	27
1.2.6.2 Projekt »GeoBIM benchmark« v okviru ISPRS in EuroSDR.....	29
1.2.7 Nameni in cilji uporabe geodetskih podatkov v konceptu GeoBIM v Sloveniji.....	30
1.2.7.1 Vzroki za uvedbo sprememb in novih konceptov v vodenju in uporabi geodetskih podatkov.....	30
1.2.7.2 Strateške usmeritve EU in Slovenije	31
1.2.7.3 Nameni in predlogi usmeritev za GURS	31
1.2.7.4 Cilji	32
1.2.8 Področja in načini uporabe geodetskih podatkov v konceptu GeoBIM v Sloveniji.....	32
1.2.8.1 Ustvarjanje dodane vrednosti.....	32
1.2.8.2 Dolgoročna vizija uporabe za javni sektor	33
1.2.8.3 Področja uporabe zbirk GURS.....	35
1.2.8.4 Uporaba digitalnih dvojčkov	36
1.2.8.5 Nacionalni digitalni dvojček Združenega kraljestva	36
1.2.8.6 Digitalni dvojčki in gradnja cest z uporabo sekundarnih surovin	37
1.2.8.7 Podatkovna jezera in poslovna analitika.....	37
1.2.8.8 Vizualizacije in simulacije z uporabo sodobnih tehnologij	38
1.3 ZAKONODAJNI OKVIR ZA IMPLEMENTACIJO GEOBIM (AKT. 1.3).....	40
1.3.1 EUBIM Taskgroup	40
1.3.2 Zakonodaja	40
1.3.3 Standard ISO 19650	42
1.3.4 Slovenski inštitut za standardizacijo	43
1.3.5 siBIM	47
1.3.6 Inženirska zbornica Slovenije	49

2	METODOLOGIJA PRILAGODITVE GEODETSKIH PODATKOV IN PROCESOV – PODPORA KONCEPTU GEOBIM (DP2)	49
2.1	NADGRADNJA GEODETSKIH PODATKOV ZA VEČJO MEDOPRAVILNOST Z BIM (AKT. 2.1)	51
2.1.1	<i>Nadgradnja podatkov ZK GJI za večjo medopravilnost z BIM</i>	53
2.1.1.1	Možnosti prevedbe obstoječih podatkov ZK GJI v 3D obliko	54
2.1.1.2	Možnosti zajema 3D podatkov ZK GJI	55
2.1.2	<i>Nadgradnja katastrskih podatkov o stavbah za večjo medopravilnost z BIM</i>	56
2.1.2.1	Možnosti prevedbe obstoječih katastrskih podatkov o stavbah v 3D obliko	57
2.1.2.2	Možnosti zajema 3D podatkov o stavbah za kataster nepremičnin	58
2.2	PREOBLIKOVANJE PODATKOV BIM NOVO ZGRAJENIH OBJEKTOV ZA POSODOBITEV GEODETSKIH ZBIRK (AKT. 2.2)	58
2.2.1	<i>Izbira IFC razredov</i>	59
2.2.1.1	Izbira IFC razredov za preoblikovanje v podatke katastra nepremičnin	60
2.2.1.2	Izbira IFC razredov za preoblikovanje v podatke ZK GJI	61
2.2.2	<i>Preoblikovanje IFC podatkov v obstoječi podatkovni model</i>	62
2.2.2.1	Kataster nepremičnin	62
2.2.2.2	ZK GJI	64
2.2.3	<i>Preoblikovanje IFC podatkov v 3D podatkovni model</i>	65
2.2.3.1	Kataster nepremičnin	65
2.2.3.2	ZK GJI	67
2.2.4	<i>Možnosti vzdrževanja podatkov z uporabo IFC podatkov</i>	68
2.3	ORODJA ZA NADGRADNJO GEODETSKIH PODATKOVNIH MODELOV V PODORO KONCEPTU GEOBIM (AKT. 2.3)	70
2.3.1	<i>Programska oprema BIM</i>	70
2.3.2	<i>Vmesniki za prenos podatkov ZK GJI in katastrskih podatkov o stavbah med formatoma CityGML ter IFC in obratno</i>	76
3	TEST NADGRADNJE GEODETSKIH PODATKOV (DP3)	80
3.1	TEST NADGRADNJE ZK GJI	80
3.1.1	<i>Proces nadgradnje ZK GJI</i>	81
3.1.2	<i>Rezultati nadgradnje podatkov ZK GJI</i>	83
3.1.2.1	Električno omrežje	83
3.1.2.2	Vodovodno omrežje	85
3.1.2.3	Kanalizacijsko omrežje	87
3.1.3	<i>Vrednotenje procesa nadgradnje in rezultatov</i>	88
3.2	TEST PRETVORBE PODATKOV BIM V 3D GIS	89
3.2.1	<i>Proces pretvorbe</i>	91
3.2.1.1	Pretvorba IFC v LOD 0	91
3.2.1.2	Pretvorba IFC v LOD 1	92
3.2.1.3	Pretvorba IFC v LOD 2	93
3.2.2	<i>Praktična izvedba pretvorb</i>	93
3.2.2.1	Pretvorba testnega modela 1	93
3.2.2.2	Pretvorba testnega modela 2	94
3.2.2.3	Pretvorba testnega modela 3	96
3.3	DISKUSIJA IN ZAKLJUČEK	96
4	LITERATURA	98
KAZALO SLIK		
SLIKA 1:	PROSTORSKI OBSEG PODATKOV NA PODROČJIH BIM IN GIS (STOTER ET AL., 2017)	9
SLIKA 2:	PRINCIPI MODELIRANJA 3D GEOMETRIJE OBJEKTOV V IFC (KOLBE IN PLUMER, 2004; DONKERS, 2014)	11
SLIKA 3:	RAZLIKA MED 3D MODELIRANJEM OBJEKTOV V IFC IN CITYGML (DE LAAT IN BERLO, 2010)	12
SLIKA 4:	HIERARHIJA GEOREFERENCIRANJA V IFC (CLEMEN IN GRONE, 2019)	13
SLIKA 5:	PRILOŽNOSTI ZA GEOBIM V LETU 2018 IN TRENDI (VIR: ELLUL, 2018)	18

SLIKA 6: PRIMER UPORABE BIM/GEOBIM PRI PROJEKTIRANJU IN VZDRŽEVANJU AVTOCESTNE INFRASTRUKTURE (VIR: ALSEM, 2016).	26
SLIKA 7: ZBIRKA DOBRIH PRAKS (VIR: HTTPS://OECD-OPSI.ORG/CASE_TYPE/OPSI/).	34
SLIKA 8: ZBIRKA ORODIJ (VIR: HTTPS://OECD-OPSI.ORG/TOOLKIT-NAVIGATOR/).	35
SLIKA 9: ZAJEM PODATKOV S POMOČJO LASERSKEGA SKENIRANJA - OKOLICA STAVBE (VIR: GI, 2021).	35
SLIKA 10: LASERSKO SKENIRANJE – BIM MODEL NOTRANJOSTI NA OSNOVI IZMERJENIH PODATKOV (VIR: GI, 2021).	36
SLIKA 11: KONCEPT NACIONALNEGA DVOJČKA ZDRUŽENEGA KRALJESTVA ZASNOVAN NA INFORMACIJSKEM MODELIRANJU. VSAK IZMED SKLOPOV JE OPREDELJEN Z NABOROM STANDARDOV (VIR: CENTRE FOR DIGITAL BUILT BRITAIN; HTTPS://WWW.CDBB.CAM.AC.UK/).	37
SLIKA 12: PRIKAZ PODATKOV ARVIO AMAS (VIR: HTTPS://WWW.ARVIO.SI/ARVIO-AMAS/).	38
SLIKA 13: NAČRTOVANA OBLIKA VIZUALIZACIJE Z UPORABO OBOGATENENE RESNIČNOSTI (MOP, 2021).	39
SLIKA 14: PREGLED MOŽNEGA POVEZOVANJA PODATKOV NA PODLAGI PROSTORSKIH IN LOGIČNIH POVEZAV MED GEOGRAFSKIM OBSEGOM IN SEMANTIČNO POKRITOSTJO.	50
SLIKA 15: KONCEPT GEOBIM.	52
SLIKA 16: PLAN RAZVOJA IN VKLJUČEVANJA POSAMEZNIH INFRASTRUKTURNIH TEMATSKIH MODULOV V STANDARD IFC	61
SLIKA 17: ČASOVNICA RAZVOJA STANDARDA IFC Z VIDIKA VKLJUČEVANJA INFRASTRUKTURNIH TEMATSKIH MODULOV.....	62
SLIKA 18: PRIKAZ RAZLIČNIH VIŠIN, KI JIH JE MOGOČE PRIDOBITI IZ IFC PODATKOV.	63
SLIKA 19: IZVORNI POLIGON V MODRI BARVI IN SREDINSKA OS POLIGONA V ZELENI BARVI (POSTGIS, 2022).	64
SLIKA 20: OMREŽJE CEVI BREZ ELEMENTOV ZA SPOJE (<i>IFCFLOWFITTING</i>).	64
SLIKA 21: GEOMETRIJA STAVB V NIVOJU PODROBNOSTI LOD 2.	66
SLIKA 22: PRIKAZ PODATKOV V FZKVIEWER-JU ZAPISANIH V FORMATU CITYGML (FINSKA) V LOD2.	78
SLIKA 23: PRIKAZ PODATKOV V FZKVIEWER-JU ZAPISANIH V FORMATU IFC (FINSKA) V LOD2.	78
SLIKA 24: SHEMA NADGRADNJE PODATKOV ZK GJI Z OZNAKO PROCESA, KI JE PREDMET TESTA (RDEČE).	80
SLIKA 25: SHEMA NADGRADNJE PODATKOV STAVB Z OZNAKO PROCESA, KI JE PREDMET TESTA (RDEČE).	80
SLIKA 26: TESTNO OBMOČJE ZA PRETVORBO PODATKOV ZK GJI.	81
SLIKA 27: 2D VHODNI PODATKI.	84
SLIKA 28: 3D LINIJE PO PRETVORBI – TFLORIS.	84
SLIKA 29: 3D LINIJE – POŠEVNI POGLED.	84
SLIKA 30: 2D VHODNI PODATKI.	85
SLIKA 31: 3D LINIJE PO PRETVORBI – TFLORIS.	85
SLIKA 32: 3D LINIJE – POŠEVNI POGLED.	86
SLIKA 33: POGLED NA ISTI DEL OMREŽJA V TFLORISU.	86
SLIKA 34: 2D VHODNI PODATKI.	87
SLIKA 35: 3D LINIJE PO PRETVORBI – TFLORIS.	87
SLIKA 36: 3D LINIJE – POŠEVNI POGLED.	87
SLIKA 37: TOPOLOŠKO NEPOVEZANE LINIJE PO NADGRADNJI V 3D – POŠEVNI POGLED.	88
SLIKA 38: TOPOLOŠKO SPOJENE 3D LINIJE Z DODANIMI VERTIKALNIMI POVEZAVAMI.	88
SLIKA 39: TRIJE PRIMERI RAZLIČNO POVEZANIH VODOV, KI JIH NA PODLAGI PODATKOV ZK GJI NI MOGOČE RAZLIKOVATI.	89
SLIKA 40: TESTNI OBJEKT ŠT. 1.	90
SLIKA 41: TESTNI OBJEKT ŠT. 2.	90
SLIKA 42: TESTNI OBJEKT ŠT. 3.	90
SLIKA 43: NAČIN MODELIRANJA ZUNANJIH STEN.	94
SLIKA 44: PLOŠČA ZUNAJ OBJEKTA.	94
SLIKA 45: MODEL LOD 2 ZA TESTNI IFC MODEL 1.	94
SLIKA 46: PRIKAZ ELEMENTOV MODELA 2, KI PRIPADAJO RAZREDU <i>IFCWALL</i>	95
SLIKA 47: PRIKAZ ELEMENTOV MODELA 2, KI PRIPADAJO RAZREDU <i>IFCSLAB</i>	95
SLIKA 48: MODEL LOD 2 ZA TESTNI IFC MODEL 2.	95
SLIKA 49: MODEL LOD 2 ZA TESTNI IFC MODEL 3.	96

KAZALO SHEM

SHEMA 1: KONCEPT NADGRADNJE PODATKOV ZBIRNEGA KATASTRA GOSPODARSKE JAVNE INFRASTRUKTURE V 3D.	53
SHEMA 2: KONCEPT NADGRADNJE PODATKOV O STAVBAH KATASTRA NEPREMIČNIN V 3D.	56
SHEMA 3: IZMENJEVALNA STRUKTURA PODATKOV ZA RAZRED »STAVBE« 58	58
SHEMA 4: PRETVORBA PODATKOV IFC V LOD 2 MODEL STAVBE, PRIMEREN ZA OKOLJE GIS.	67
SHEMA 5: PROCESNI MODEL VZDRŽEVANJA GEODETSKIH EVIDENC S PODATKI IZ OKOLJA BIM.	69
SHEMA 6: PRIKAZ POSTOPKOV V PROCESU NADGRADNJE PODATKOV ZK GJI.	83
SHEMA 7: PRETVORBA PODATKOV IFC V OBLIKO 3D GIS S STOPNJO PODROBNOSTI LOD 0.	92
SHEMA 8: PRETVORBA PODATKOV IFC V 3D GIS OBLIKO Z LOD 1 STOPNJO PODROBNOSTI.	92
SHEMA 9: PRETVORBA PODATKOV IFC V 3D GIS OBLIKO Z LOD 2 STOPNJO PODROBNOSTI.	93

KAZALO PREGLEDNIC

PREGLEDNICA 1: PRIMERJAVA STOPNJE ZRELOSTI UPORABE GEOBIM (VIR: ELLUL ET AL., 2020).	18
PREGLEDNICA 2: PRIPOMBE NA PROGRAMSKO OPREMO UPORABLJENO PRI NALOGI 2 (VIR: NOARDO ET AL., 2020).	23
PREGLEDNICA 3: KOMENTARJI RAZLIČNIH IZVAJALCEV NALOGE (VIR: NOARDO ET AL., 2020).	24
PREGLEDNICA 4: KOMENTARJI IZVAJALCEV NA UPORABLJENO PROGRAMSKO OPREMO ZA NALOGO 3 (VIR: NOARDO ET AL., 2020)...	24
PREGLEDNICA 5: PODOBNOSTI MED GEO IN BIM (VIR: EULL ET AL, 2020).	28
PREGLEDNICA 6: RAZLIKE MED GEO IN BIM (VIR: EULL ET AL, 2020).	28
PREGLEDNICA 7: ORODJA PREDLAGANA ZA IZVEDBO NALOGE 4.	76

POVZETEK

Predlog projekta temelji na vsebinskih in tehnoloških izhodiščih konceptov BIM (ang. Building Information Modelling) in GIS (ang. Geographic Information System) ter raziskuje podatkovno in tehnološko povezovanje in nadgradnjo geodetskih podatkov v tri razsežnosti (3D). Evropsko geodetsko razvojno združenje EuroSDR (European Spatial Data Research) nadgrajevanje in povezovanje geodetskih podatkov z BIM imenuje GeoBIM.

Raziskovalni problem izhaja iz tradicionalne vloge geodezije, ki zbira podatke o nepremičninah, gospodarski javni infrastrukturi in topografiji v 2D, 2.5D in 2D+1D, kjer je nadmorska višina le atribut objekta. Izjemoma so geodetski podatki v 3D obliki, vendar z nizko stopnjo podrobnosti (ang. LoD, Level of Detail). V primeru koncepta BIM, ki ga v celotnem procesu gradnje in vzdrževanja vse bolj uporablja sodobno gradbeništvo, pa so 3D podatki z visoko stopnjo podrobnosti ena od temeljnih zahtev evidentiranja grajenega objekta. Pri tem BIM omogoča še spremljanje objekta v času (4D), s stroški (5D) in s podatki o upravljanju in vzdrževanju objekta (6D/7D), kar obsega celotni življenjski cikel. V nalogi zato raziskujemo obliko nadgradnje ali preureditve geodetskih podatkov in njihovo uskladitev s konceptom BIM, kar pomeni združitev in povezavo pretoka iz GIS v BIM ter obratno. Geodetski podatki s tem postanejo uporabnejši za gradbeno stroko, podrobni gradbeni podatki iz BIM pa lahko služijo za vzdrževanje in dopolnitev geodetskih zbirk podatkov.

Cilj projekta sta raziskava in testiranje celostnega prilagajanja geodetskih podatkov konceptu GeoBIM, in sicer z vidika tehnologije in organizacije zajema, geometrične in topološke prilagoditve, ter zakonodajnih okvirov za implementacijo. Pri tem je, ob upoštevanju pristojnosti in nalog naročnika (Geodetska uprava RS) ter stroškov procesa, ključna nadgradnja v 3D obliko, kjer je to smiselno. Izsledki raziskave bodo med drugim podali ovrednotenje obsega podatkovnih in tehnoloških prilagoditev za integracijo s konceptom BIM, predlog smernic za naročnika in rezultate pilotne izvedbe nadgradnje za kataster stavb (KS), topografijo in zbirni kataster gospodarske javne infrastrukture (ZK GJI).

Projekt je razdeljen v 5 delovnih paketov (DP), ti pa v skupno 15 aktivnosti, kjer ima vsaka aktivnost po en rezultat:

DP 1: Področja zasnove GeoBIM

DP 2: Metodologija prilagoditve geodetskih podatkov in procesov – podpora konceptu GeoBIM

DP 3: Test nadgradnje geodetskih podatkov

DP 4: Ovrednotenje rezultatov s predlogi

DP 5: Diseminacija rezultatov projekta

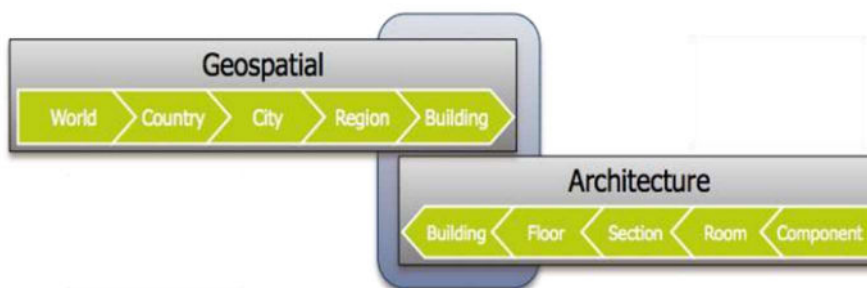
1 PODROČJA ZASNOVE GEOBIM (DP1)

1.1 Definicija, namen in cilji GeoBIM (Akt. 1.1)

V zadnjem obdobju je mogoče opaziti trend digitalizacije podatkov in procesov na vseh področjih človekovega delovanja. Digitalizacija z medopravilnostjo informacijskih sistemov prinaša številne prednosti, med katere lahko uvrstimo tudi povečanje možnosti za povezovanje podatkov in storitev različnih povezanih področij. Pri tem obravnavamo medopravilnost (angl. *interoperability*) kot zmožnost sistema ali organizacije, da sodeluje z drugimi sistemi ali organizacijami in si izmenjujejo podatke, ne da bi bilo treba vložiti posebni trud. Medopravilnost torej dosežemo, ko lahko različne osebe, organizacije ali sistemi delajo skupaj brez posebnih prilagoditev sistemov, rešitev.

Digitalizacija tudi na področju prostorskih podatkov/informacij sama po sebi ne prinaša medopravilnosti. Na področju prostorskih podatkov/informacij se namreč zahteva medopravilne rešitve za posredovanje in obdelavo raznolikih prostorskih podatkov in informacij, upoštevajoč različne uporabniške zahteve in rešitve ter upoštevajoč različne organizacije, uporabnike. Pomemben pogoj za zagotavljanje medopravilnosti je uvedba in upoštevanje standardov, ki določajo strukturo podatkov in procesov na določenem področju.

Kot medsebojno povezana lahko obravnavamo tudi področje geografskih/geoprostorskih informacijskih sistemov (GIS) in informacijska podpora gradnje objektov (BIM), ki sta predmet obravnave v tej nalogi. Gre za področji, ki obravnavata entitete z zelo različnim prostorskim obsegom, a imata stičišče na nivoju prostorskega obsega objektov (Sani in Rahman, 2018) (Slika 1).



Slika 1: Prostorski obseg podatkov na področjih BIM in GIS (Stoter et al., 2017).

Geoprostorski podatki in informacije so danes organizirane v okviru geografskih/geoprostorskih informacijskih sistemov (GIS). Področje gradnje v zadnjih letih pospešeno prehaja na informacijsko modeliranje gradnje (angl. building information modelling – BIM), katerih pomemben del so tudi digitalni modeli gradbenih objektov. Posledično se pojavlja več pobud za povezovanje omenjenih področij ter zagotavljanje medopravilnosti med GIS in BIM, kar pogosto označujemo kot BIM-GIS povezovanje (Liu et al., 2017). V zvezi s slednjim se je v zadnjih letih oblikovala in uveljavila kratica GeoBIM, ki se v različnih kontekstih pojavlja v številnih raziskavah, projektih in programskih rešitvah (ESRI GeoBIM, 2021; Noardo et al., 2020; Noardo et al., 2021; Arroyo Ochori et al., 2018; Ellul et al., 2018). Mednarodno oznaka GeoBIM ni enolično definirana, zato je njena uporaba relativno široka. GeoBIM tako ne določa specifične programske rešitve ali podatkovnega oz. procesnega modela, ampak gre za oznako koncepta povezovanja področij BIM in GIS, ki ima lahko zelo različne realizacije, predvsem glede na namen, na primer za potrebe pridobitve gradbenega dovoljenja (Noardo et al., 2020), 3D kataster (Kalogianni et al., 2020), prostorsko analitiko, kot so določanje senc (Rafiee et al., 2014) ali poplavne študije (Amirebrahimi et al., 2016). V širšem kontekstu medopravilnosti med BIM in

GIS lahko GeoBIM definiramo kot okvir za zagotavljanje medopravilnosti, kjer so pomembni štirje standardni vidiki medopravilnosti:

- **tehnološki vidik:** strojna in programska medopravilnost;
- **podatkovni vidik:** zmožnost branja in pravilnega razumevanja podatkov;
- **institucionalni vidik:** sodelovanje med različnimi institucijami/uporabniki;
- **človeški vidik:** pravilno razumevanje podatkov in pravilna uporaba.

Ti vidiki zahtevajo standardne izdelke in storitve ter rešitve za komunikacijo in prenos podatkov/informacij; skupno infrastrukturo za zagotavljanje medopravilnosti in komunikacijo; usposobljene kadre – človeške vire; razumevanje in zmožnost upravljanja raznolikosti standardov in specifikacij med različnimi sistemi/organizacijami; zagotavljanje zanesljivih informacij.

V kontekstu programskih rešitev, kot pomembnega dela tehnološkega vidika medopravilnosti, lahko GeoBIM definiramo kot povezano programsko okolje, kjer so skupaj dostopne informacije s področja BIM in različne geografske informacije.

V povezavi z GeoBIM pogosto zasledimo tudi izraz digitalni dvojček (angl. *Digital Twin*) in pametno mesto (angl. *Smart City*). Digitalni dvojček se pomensko uvršča veliko širše od področij gradnje in geografskih informacij, saj gre za virtualno predstavitev entitet in procesov iz resničnega sveta, sinhroniziranih z določeno frekvenco in stopnjo gotovosti (Digital twin, 2021). Seveda pa tako GIS kot BIM na svojem področju ustrezata zgornji definiciji in ju zato lahko uvrstimo v kontekst področja digitalnih dvojčkov.

Pametna mesta so po definiciji evropske komisije (Smart cities, 2021) mesta, ki uporabljajo tehnološke rešitve za izboljšanje upravljanja in učinkovitosti urbanega okolja v korist njihovih prebivalcev in poslovnih subjektov. Pri tem gre predvsem za uvajanje številnih senzorjev, ki so povezani v analitično programsko okolje. Pomemben del takšnih sistemov je določanje prostorskega konteksta in prostorska analitika meritev omenjenih senzorjev kar nam omogočajo prostorski podatki v obliki modelov mest. Prav modeliranje mest pa predstavlja tudi stičišče področij BIM in GIS (Wang et al., 2019; Sun et al., 2020), zato se tudi v kontekstu pametnih mest pogosto pojavlja oznaka GeoBIM (Arroyo Ogori et al., 2018).

V okviru raziskovalnega projekta izraz GeoBIM uporabljamo za označevanje povezovanja BIM podatkov gradbene stroke z uradnimi prostorskimi podatki, pri čemer se osredotočamo na kataster stavb, topografske podatke in podatke o gospodarski javni infrastrukturi (ZK GJI). V povezavi z navedenim bomo v raziskavi obravnavali možnosti nadgradnje omenjenih prostorskih podatkov v smeri boljše povezljivosti s podatki BIM. Cilj naloge je tako z nadgradnjo prostorskih podatkov povečati njihovo uporabnost v BIM okolju in hkrati omogočiti uporabo BIM podatkov kot podatkovnega vira za prostorske podatke.

1.1.1 Podatkovni modeli v okoljih GIS in BIM

Raziskave in razvoj na obeh obravnavanih področjih v veliki meri temeljita na mednarodnih standardih. Standarda City Geography Markup Language, CityGML (OGC, 2021) in Industry Foundation Classes, IFC (ISO, 2018) sta najbolj pogosta in uveljavljena na svojem področju (Sani in Rahman, 2018). Med manj uveljavljenimi podatkovnimi modeli, ki se nanašajo na področje GIS in BIM, je OGC standard Landinfra (InfraGML), ki je zasnovan prav za povezovanje domen gradnje infrastrukture in upravljanja z zemljišči. Standard v ozadju nima močne raziskovalne in razvojne aktivnosti, zato se v praksi ni širše uveljavil. Kumar in sod. (2019) so naredili podrobno analizo uporabnosti standarda kot povezovalnega člana med standardoma CityGML in IFC. Ugotovili so, da ima Landinfra sicer potencial, a ima številne

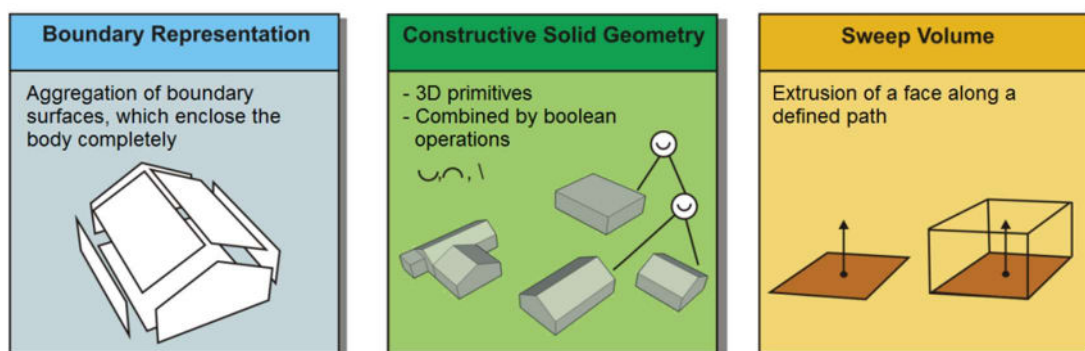
pomanjkljivosti, zaradi katerih je njegova uporabnost za povezovanje BIM-GIS omejena. V raziskavah so bili predlagani tudi drugi podatkovni modeli, kot so UBM (El-Mekawy et al., 2012), Cross-Domain Building Model (Knoth et al., 2018), 3DCDM (Aien et al., 2013). V raziskovalnem projektu se bomo v okolju GIS osredotočili na uradne prostorske (geodetske) podatke v Sloveniji, in sicer podatke Katastra stavb, ZK GJI in topografske podatke. Pri obravnavi podatkov v okolju BIM pa se bomo osredotočili na standard IFC.

IFC je temeljna podatkovna shema, opredeljena z mednarodnim standardom ISO 6739-1: 2018, ki določa okvir za zapis in izmenjavo podatkov BIM. Specifikacija sheme IFC je primarni tehnični rezultat organizacije Building SMART International, katere pomemben cilj je spodbujanje odprtih rešitev openBIM. Zapis podatkov je definiran s standardnim objektno orientiranim jezikom za podatkovno modeliranje EXPRESS in z XML zapisom (IfcXML), vendar se prvi veliko pogosteje uporablja v praksi. Vsak objekt v zapisu EXPRESS predstavlja ena vrstica, ki se lahko naslavlja in povezuje z drugimi objekti. IFC določa tudi koncept stopnje razvoja LOD (angl. *Level of Development*), ki se uporablja za označevanje stopnje v procesu načrtovanja in gradnje objekta. Koncept LOD je drugačen kot pri standardu CityGML, a imata vseeno določene podobnosti, saj oba označujeta količino in podrobnost podatkov. V uporabi so oznake od 100 do 500, kjer 100 označuje model v konceptualni fazi, 500 pa model, ki podrobno predstavlja stanje objekta po izgradnji. IFC predstavlja podatkovni model okolja BIM, kateremu bomo v okviru projektnih aktivnosti z nadgradnjami približali geodetske podatke in s tem izboljšali možnosti za povezovanje, kar predstavlja temeljni cilj projekta.

1.1.1.1 3D geometrija v GIS in BIM

Načela modeliranja geometrije objektov se na področjih BIM in GIS pomembno razlikujejo. Razlika izhaja iz temeljnih izhodišč obeh področij, pri čemer BIM izhaja iz načrtovanja nečesa novega, kar bo zgrajeno v prostoru. Hkrati moramo poudariti, da koncept BIM predvideva tudi podatke o zgrajenem in vzdrževanem objektu za podporo upravljanja objekta, a ta drugi del funkcionalnosti se v praksi še ni široko uveljavil. Področje GIS ima po drugi strani že izhodišče modeliranja v meritvah stvarnega sveta, na podlagi katerih se modelirajo objekti, ki v stvarnosti že obstajajo. Tej temeljni razliki sledijo tudi razlike na področju modeliranja 3D geometrije objektov.

Razlike niso samo v pristopu in konceptu, temveč so tudi popolnoma tehnične narave. IFC v osnovi podpira zelo širok nabor principov modeliranja 3D geometrije, ki vključujejo modeliranje z robnimi ploskvami, modeliranje z uporabo geometričnih gradnikov CSG (angl. *Constructive Solid Geometry*) in modeliranje z izvlečenjem ploskev oziroma z razteznimi prostorninami (angl. *Sweep Volume*) (Slika 3).



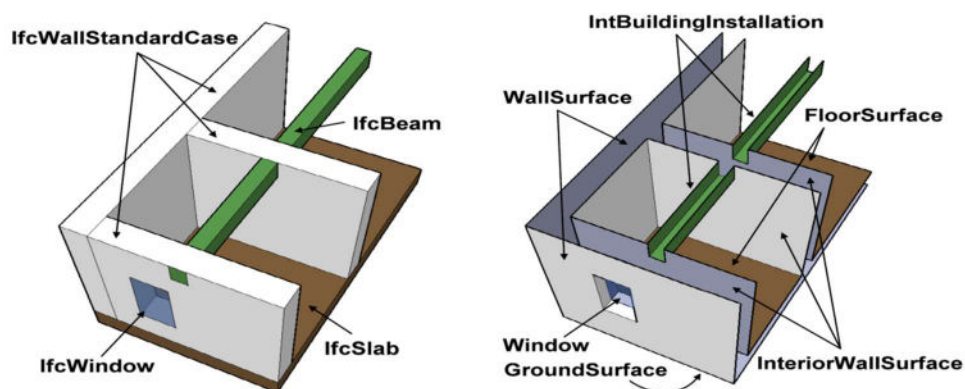
Slika 2: Principi modeliranja 3D geometrije objektov v IFC (Kolbe in Plumer, 2004; Donkers, 2014).

3D geometrija objektov v okolju GIS pa je predstavljena s kombinacijo robnih ploskev in prostorninskih gradnikov (angl. *Solid*). Ta tako imenovani eksplicitni način modeliranja je bolj učinkovit za definiranje

3D topoloških odnosov v primerjavi s CSG, slednji pa je bolj prožen pri modeliranju kompleksnih prostorskih objektov. V novi različici CityGML 3.0 je zaznati razvoj standarda v smeri večje uporabe prostorninskih gradnikov, ki omogočajo boljše kontrolo nad topološkimi napakami in omogočajo učinkovitejše modeliranje.

Bistvena razlika med prostorninskim modeliranjem in uporabo robnih ploskev je v vprašanju, kaj želimo pri modeliranju predstaviti in v nadaljevanju uporabljati kot objekt. Na področju GIS se je modeliranje z volumskimi objekti uveljavilo predvsem za modeliranje 3D prostorov oziroma con, katerim želimo pripisati določene lastnosti (lastništvo, prepovedi, dostopnost ipd.), bodisi zunaj ali v notranjosti stavb.

V okviru projekta, katerega glavni cilj je prilagoditev geodetskih podatkov podatkovnemu modelu IFC, bomo raziskali možnosti za pretvorbe med različnimi tipi geometrij ob hkratnem ohranjanju njihovih lastnosti oz. njihovega pomena. Navedeno predstavlja enega od trenutno glavnih raziskovalnih izzivov na področju povezovanja GIS in BIM.



Slika 3: Razlika med 3D modeliranjem objektov v IFC in CityGML (De Laat in Berlo, 2010)

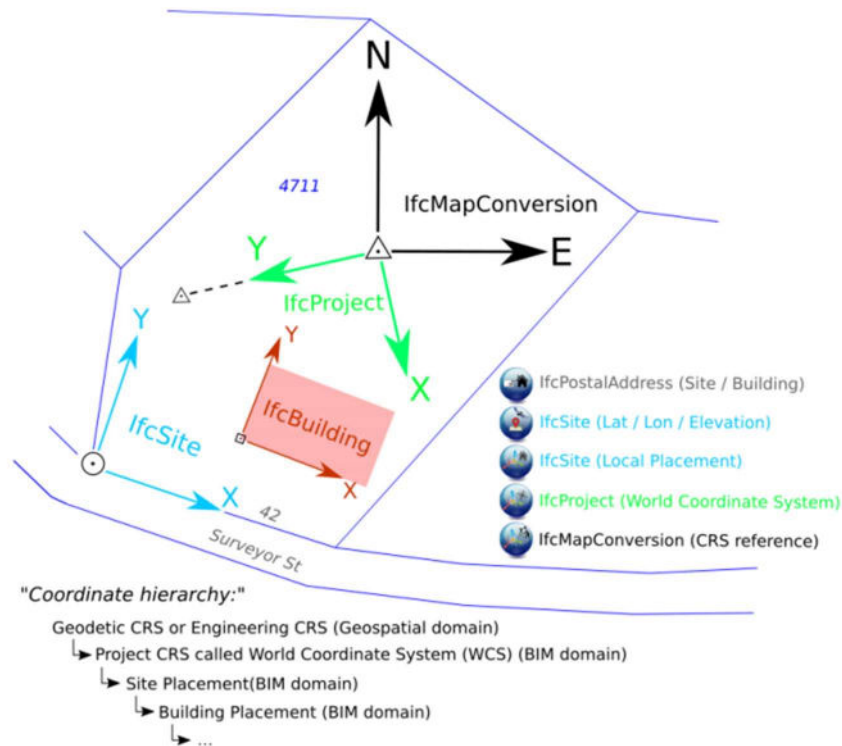
1.1.1.2 Georeferenciranje

Izraz georeferenciranje lahko definiramo kot postopek, s katerim geometrijskim objektom določimo položaj v prostoru preko določitve koordinat v izbranem koordinatnem sistemu. Za povezovanje različnih podatkov, kamor spada tudi povezovanje v okviru GeoBIM, je ključnega pomena njihova usklajena lega v prostoru.

Kot je bilo zapisano uvodoma, so geografske informacije organizirane v geografskih informacijskih sistemih (GIS). Vsi prostorski podatki v okviru GIS imajo določen položaj v izbranem koordinatnem sistemu, kar omogoča njihovo povezovanje, prostorske analize in prikazovanje. Geometrijski objekti v GIS so modelirani neposredno s pomočjo koordinat v izbranem koordinatnem sistemu.

Na področju BIM je princip določanja položaja geometrijskih objektov v prostoru drugačen kot v GIS (Slika 5). Lega objekta v prostoru v smislu geografske lokacije in orientacije v procesih načrtovanja in gradnje večinoma ni bistvena, v primerih, kjer pa se ta potreba pojavi, pa v veliki večini zadostuje približna lokacija. Koordinate posameznih objektov so določene relativno glede na hierarhično višji element, ki mu pripadajo. Končni položaj posameznega elementa je tako rezultat premikov in zasukov do hierarhično najvišjega elementa. Načrtovanje objekta v geografskih koordinatah ni primerno, saj so le-te večinoma numerično velike, programi za načrtovanje pa so prilagojeni za načrtovanje v okolici koordinatnega izhodišča. Glede georeferenciranja podatkov IFC zato v raziskavah največkrat zasledimo različne načine za pripis položaja in orientacije elementom, ki so najvišje po hierarhiji v dokumentu IFC (Clemen in Grone, 2019; Zhu in Wu, 2021).

Pri gradnji objektov lahko identificiramo več faz, ko je povezava med BIM in GIS okoljem ključnega pomena. Na začetku projektiranja je pomembno, da ima projektant v svojem (BIM) okolju na voljo podatke, ki ustrezajo vsebini geodetskega načrta. V fazi pridobivanja dovoljenj je pomembno, da projektiran objekt ustreza zahtevam in omejitvam, ki so določene v prostorskih načrtih v okolju GIS. V tej fazi obstaja tudi velik, še ne izkoriščen potencial za dodatne prostorske analize, ki omogočajo uvid v vpliv objekta na svojo okolico (sence, veter, zvok...). Sledi prenos projekta v prostor ob začetku gradnje (zakoličba) in nazadnje vpis zgrajenega objekta v geodetske evidence. Povezovanje je mogoče s transformacijo geodetskih podatkov v lokalni koordinatni sistem okolja BIM, ali s transformacijo podatkov BIM v državni koordinatni sistem, v katerem so geodetski podatki.



Slika 4: Hierarhija georeferenciranja v IFC (Clemen in Grone, 2019).

1.1.2 Prostorski podatki v Sloveniji

Prostorski podatki in informacijski sistemi, v okviru katerih se ti podatki shranjujejo in vzdržujejo ter posredujejo uporabnikom v okviru državne prostorske podatkovne infrastrukture, so razdeljeni na več podsistemov, ki so na različnih stopnjah glede kakovosti in razvoja. Z vidika povezovanja s področjem BIM so najbolj aktualni podatki katastra stavb (KS), topografski podatki in podatki zbirnega katastra gospodarske javne infrastrukture (ZK GJI), ki so podrobneje opisani v nadaljevanju.

1.1.2.1 Kataster stavb

Slovenski kataster stavb je dobil zakonsko osnovo leta 2000 s sprejetjem Zakona o evidentiranju nepremičnin, državne meje in prostorskih enot (ZENDMPE, 2000). Vsebuje grafične in atributne podatke o stavbah in delih stavb. Je temeljna evidenca o stavbah in o delih stavb in predstavlja tehnično osnovo za evidentiranje pravnih razmerij na stavbah in na delih stavb v zemljiški knjigi.

Stavba se lahko vpiše v kataster stavb, če jo lahko vpiše oseba, če je namenjena stanovanjski (trajni ali začasni), poslovni ali kateri koli drugi dejavnosti in je ni mogoče premakniti brez škode za njeno substanco. Nepremičnino predstavlja del stavbe, ki lahko predstavlja stanovanje, pisarno ali druge dele stavbe, ki se lahko obravnavajo kot samostojni subjekt na trgu nepremičnin. V prvem obdobju izvajanja

(2000–2006) je bil opravljen fotogrametrični zajem vseh objektov in zajem različnih atributnih podatkov. V tem obdobju so bili izvedeni prvi podrobnejši vpisi stavb v kataster stavb.

Danes kataster stavb vsebuje podrobne podatke o stavbah, zgrajenih po letu 2006, oziroma o starejših stavbah, za katere je bila oblikovana etažna lastnina. Vse ostale stavbe so evidentirane z uporabo osnovnih atributov in geometrije, pridobljenih v prvem izvedbenem obdobju (2000–2006), ter atributov iz množičnega popisa nepremičnin. Etažna lastnina je v Sloveniji vrsta 3D nepremičnine, kjer so enote nepremičnin razdeljene horizontalno in vertikalno. Trenutno je v digitalnem vektorskem formatu zapisan stik z zemljiščem, obris največjega obsega stavbe in za novejše vpise po letu 2018 tudi georeferenciran etažni načrt razdelitve na dele stavb, ki pa je brez podrobnejše vsebine o poteku zidov znotraj stavbe. Podatki, vpisani po letu 2018 imajo dodatne podatke o višinah etaž, ki omogočajo boljše predstavitev v 3D okolju.

Kataster stavb predstavlja večnamensko evidenco, ki se poleg njenega osnovnega namena (zagotavljanje položaja in obsega stavb in nepremičnin vezanih na stavbe) uporablja tudi za vrednotenje nepremičnin, prostorsko načrtovanje, upravljanje večstanovanjskih stavb in kot podatkovni sloj stavb v številnih GIS spletnih aplikacijah.

Ker BIM ne predvideva modeliranja abstraktnih entitet, kot so nepremičninske enote, je za povezovanje katastra stavb in BIM primerna predvsem topografska vsebina katastra stavb. Topografski del geometrije katastra stavb obsega maksimalni obod stavbe in stik z zemljiščem ter najnižjo, karakteristično in najvišjo višino stavbe. Ti podatki omogočajo 3D rekonstrukcijo v nivoju podrobnosti LOD 1 (CityGML), ki predstavlja kubah z ravno streho. V kombinaciji s podatki laserskega skeniranja je nivo podrobnosti mogoče povečati na LOD 2 (streha modelirana v 3D), a takšna 3D rekonstrukcija ni več popolnoma samodejna. Tako rekonstruirane objekte je mogoče pretvoriti v prostorninske gradnike. Etažne načrte je pri 3D rekonstrukciji mogoče uporabiti le za določitev višine in prostorskega obsega posamezne etaže znotraj stavbe, sej ne prikazujejo drugih topografskih elementov stavbe (npr. stene). V okviru projekta bomo raziskali možnosti za modeliranje 3D objektov iz podatkov katastra stavb, katere bi bilo mogoče uvoziti v okolje BIM. Raziskali bomo tudi, katere podatke BIM je mogoče uporabiti za vpis stavbe v kataster stavb, ter na kakšen način je to mogoče izvesti.

1.1.2.2 Zbirni kataster gospodarske javne infrastrukture

Zbirni kataster gospodarske javne infrastrukture (ZK GJI) predstavlja temeljno evidenco o gospodarski javni infrastrukturi v Sloveniji, v kateri se evidentirajo podatki o omrežjih in objektih GJI.

Za posamezen objekt gospodarske javne infrastrukture se shranjujejo podatki o vrsti in tipu objekta, njegovi lokaciji, identifikacijski podatki objekta in podatki o lastniku objekta. Podatke so v zbirni kataster dolžni posredovati vsi lastniki gospodarske javne infrastrukture. Lokacijski podatki obsegajo točkovni oz. linijski opis lokacije in obsega objektov, dodatno pa je shranjena tudi višina posameznih elementov, ki omogoča osnovno postavitvev objektov GJI v 3D prostor. Podatki GJI tako v osnovi niso 3D podatki, a jih je s pomočjo višinskih atributov in drugih atributnih podatkov (premer cevi) mogoče modelirati v 3D okolju.

Uporabniki podatkov ZK GJI so večinoma lastniki in upravljalci gospodarske javne infrastrukture (občine, komunalna podjetja, telekomunikacijska podjetja, javna podjetja za področje infrastrukture). Podatki uporabljajo tudi geodeti pri izdelavi geodetskih načrtov. Podatke uporablja tudi aplikacija »Poklič preden koplješ«, ki je namenjena splošni javnosti.

V projektu bomo podrobneje preučili možnosti za 3D modeliranje objektov GJI na podlagi obstoječih podatkov in identificirali morebitne potrebne spremembe, ki bi omogočile povezovanje s podatki BIM.

Z vidika povezovanja z okoljem BIM so pomembni predvsem podatki o omrežjih (elektro, komunalna, komunikacijska) na katere se projektiran objekt priključuje. Gre za vsebino, ki je del geodetskega načrta za namene projektiranja objekta. Pri povezovanju podatkov BIM in ZK GJI bo potrebno upoštevati pomembno razliko med njimi, ki zožuje potencial povezovanja. Podatki BIM vključujejo omrežja znotraj projektirane stavbe do priključkov, ZK GJI pa vsebuje podatke o omrežjih do priključkov za objekte. S tem je obseg podatkov, ki je skupen tako v BIM kot v ZK GJI, običajno majhen. Najprimernejša faza za povezovanje je v začetku projektiranja, ko projektant potrebuje lokacijo in potek omrežij v okolici predvidenega objekta. V tem primeru je potrebno podatke ZK GJI transformirati in uvoziti v okolje BIM, kar bo tudi glavni cilj v okviru tega projekta. Manj priložnosti vidimo v uporabi podatkov BIM za vzdrževanje in dopolnjevanje evidence ZK GJI.

1.1.2.3 Topografski podatki

Topografske podatke v Sloveniji sestavljajo rastrski in vektorski podatki topografskih kart različnih meril. Z letom 2021 je za celotno Slovenijo vzpostavljen digitalni topografski model (DTM5) z nivojem podrobnosti, ki ustreza merilu 1:5000. DTM5 obsega zgradbe, prometna omrežja, komunalne in javne storitve, hidrografijo, pokritost tal in površine v posebni rabi.

Podatki DTM5 predstavljajo najpodrobnejše topografske podatke za območje celotne Slovenije. Podatki se lahko uporabljajo za izdelavo različnih kart, ki vsebujejo topografsko vsebino. DTM5 se je vzpostavljalo od leta 2002. V času do danes podatki niso bili na voljo za celo Slovenijo, danes pa se pojavlja tudi izziv vzdrževanja teh podatkov, saj so na nekaterih območjih od zajema že nastale večje spremembe. Prav zaradi ažurnosti in pokritosti so uporabniki v preteklosti za sloj stavb uporabili podatke katastra stavb.

V fazi projektiranja objekta je za uvoz v okolje BIM relevantna večina vsebin DTM5, a so te vsebine praviloma predmet izmere na terenu v okviru priprave geodetskega načrta. Po končani izgradnji objekta pa je relevantno povezovanje s slojem zgradb v smislu vzdrževanja podatkov DTM5.

Tako kot geometrični podatki katastra stavb so tudi zgradbe v DTM5 v osnovi 2D podatki, ki imajo pripisane višinske atribute. V DTM5 imajo zgradbe poleg višine slemena tudi višino kapi, kar poleg modeliranja geometrije v LOD1 (kubus z ravno streho) delno omogoča tudi modeliranje v nivoju podrobnosti LOD 2, vendar za nedvoumno avtomatizirano modeliranje manjka usmerjenost slemena. V povezavi s topografskimi podatki bomo v okviru projekta raziskali predvsem možnost uporabe podatkov BIM za posodabljanje sloja stavb.

1.1.3 Opis dodatnih možnosti uporabe, ki jih prinaša uvedba koncepta GeoBIM

V nadaljevanju so opisani primeri uporabe, ki jih ponuja uvedba koncepta GeoBIM v povezavi s slovenskimi prostorskimi podatki.

1.1.3.1 Prostorsko načrtovanje

Prostorski načrti predstavljajo enega od ključnih vhodnih podatkov pri načrtovanju posegov v prostor. Najbolj primerna povezava med prostorskimi podatki prostorskega načrtovanja in okoljem BIM za načrtovanje objektov je možnost uvoza prostorskih podatkov v okolje BIM. S tem načrtovalec v okolju BIM dobi informacije oz. ključne omejitve, ki se nanašajo na lokacijo, kjer načrtuje poseg v prostor.

Povezava v drugo smer (uvoz podatkov BIM v GIS) je smiselna v okviru pregledovalnikov prostorskih podatkov, kjer bi ta možnost omogočala vključitev konceptualnih zasnov objektov v okolje GIS. S tem bi bila omogočena lažja in hitrejša vizualna kontrola ustreznosti objekta glede na zahteve prostorskih aktov. Omenjena rešitev pa bi omogočila tudi lažje in bolj učinkovito sodelovanje javnosti v postopkih umestitve v prostor.

1.1.3.2 Gradbeno dovoljenje

Drug primer uporabe je delno povezan s predhodno opisanim primerom uporabe koncepta GeoBIM. Pridobitev gradbenega dovoljenja je obsežen, zapleten, drag in relativno dolgotrajen postopek. S prehodom v okolje BIM v procesu projektiranja pridobimo bogate in strukturirane podatke, ki omogočajo avtomatizacijo številnih procesov v okviru pridobivanja gradbenega dovoljenja. Prav s tem področjem se v povezavi s konceptom GeoBIM na evropskem nivoju ukvarja projekt EUnet4DBP, ki združuje predstavnike industrije, vladne agencije in raziskovalne institucije.

1.1.3.3 Vpis stavbe in uporabno dovoljenje

Po končani gradnji objekta je v Sloveniji potreben vpis objekta v uradne evidence. Podatki BIM lahko predstavljajo dobro podatkovno osnovo za številne vsebine, ki so predmet vpisa v evidence, a je potrebno poudariti predvsem dejstvo, da podatki BIM praviloma zagotavljajo podatke o načrtovanem stanju stavbe in ne o dejansko zgrajenem stanju. Tu je potrebno izpostaviti predvsem geometrijo in položaj elementov v stavbi, kar je ključnega pomena pri vpisu v uradne evidence. Povezovanje GIS-BIM za ta namen označujemo z besedno zvezo Scan-to-BIM, ki omogoča modeliranje dejanskega stanja objekta v BIM. Omenjen princip se večinoma uporablja za kontrolo med gradnjo objekta, spremenjeno stanje pa se praviloma ne prenaša oz. modelira v okolju BIM.

1.1.3.4 3D analize

Na obeh obravnavanih področjih se je v zadnjem obdobju uveljavil princip 3D modeliranja. Slednje odpira možnosti za izvedbo 3D analiz, ki lahko zagotovijo informacije, katerih z 2D podatki in analizami ni mogoče pridobiti. 3D prostorske analize obsegajo širok nabor (Biljecki in sod., 2015). Med pomembnejše 3D analize, ki jih omogoča združena uporaba podatkov GIS in BIM sodijo analize senc, zvočnih in vetrovnih obremenitev ter energetskih izgub. Vse naštetje lahko izkoristijo podrobnosti posameznih objektov, ki jih zagotavljajo podatki BIM in prostorski podatki širšega območja, ki jih zagotavlja okolje GIS.

1.2 Uporaba GeoBIM (Akt. 1.2)

1.2.1 Nameni, cilji in stanje trenutne uvedbe koncepta GeoBIM v treh državah EU

V prvih petih točkah te aktivnosti smo najprej izbrali tri države EU, **Nizozemsko**, **Švedsko** in **Združeno kraljestvo**, ki so po naših informacijah najbolj napredne na tem področju, vendar smo ugotovili, da so bolj detajlne informacije o uvajanju koncepta GeoBIM razdrobljene v mednarodnih projektih in da celotnih strategij po državah EU še ni ali še niso publicirane. Tako so poleg omenjenih treh držav vključeni predvsem generalni pogledi na posamezna vprašanja in včasih tudi informacije iz drugih držav EU.

Na področju geografskih informacij (Geo) kot tudi na področju informacijskega modeliranja zgradb (BIM) je splošno znano, da je integracija podatkov iz obeh domen koristna in ključni korak pri soočanju z multidisciplinarnimi izzivi našega okolja. Rezultat te integracije imenujemo GeoBIM. Za razvoj skladnega uvajanja GeoBIM je potrebno soglasje številnih zainteresiranih strani tako s strani Geo kot BIM, ter tudi na mednarodni ravni. Pristop več držav in več zainteresiranih strani je bila tema dvoletnega projekta EuroSDR o GeoBIM, ki se je začel novembra 2017.

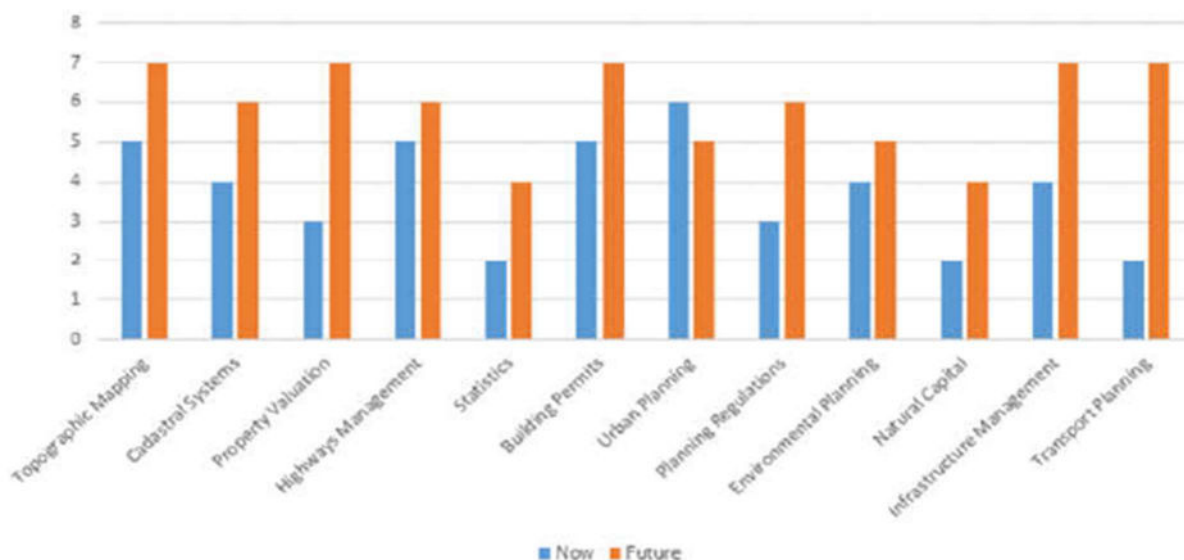
GeoBIM lahko odgovori na vprašanja, kot je npr. prepoznavanje ustreznosti sistema za ogrevanje, prezračevanje in klimatizacijo zgradbe, ki izhaja iz uporabe razpoložljivega prostora, temperature zunanjega zraka, izpostavljenosti soncu in prometnemu onesnaženju ali preverjanju, da predlagane naprave ustrezajo načrtovanim omejitvam in podpornim nalogam. Koncept GeoBIM lahko uporabimo za logistiko za gradnjo, upravljanje premoženja, nadgradnjo objektov, varnost v cestnem prometu in za izboljšavo oblikovanja ter drugo. V tem kontekstu se izraz GeoBIM večinoma uporablja na splošno – tj. za navedbo kombinacije dveh ali več virov podatkov v enem sistemu za podporo, analizo in/ali vizualizacijo, ki te vire potem uporablja.

Na podlagi teh ugotovitev in s poudarkom na obstoječem delu in področjih, ki so zanimiva za geodetske uprave (GU) evropskih držav, je bila v omenjenem projektu izvedena podrobnejša študija primerov za upravljanje premoženja in za urbanistično načrtovanje. V omenjeni projekt je bilo vključenih enajst sodelujočih nacionalnih agencij za kartiranje in kataster, ter štiri akademske institucije z regionalnimi ali nacionalnimi odgovornostmi. Kot omenjeno, smo izbrali tri, in sicer **Nizozemsko**, **Švedsko** in **Združeno kraljestvo**, ki na tem področju veljajo za najbolj napredne. Ob njih pa se na določenih področjih izpostavi še nekatere druge, npr. Norveško in Francijo, saj se GeoBIM v Evropi širi predvsem skozi mednarodne iniciative in projekte, in manj v skozi nacionalne projekte.

Obstaja tudi svetovni indeks pripravljenosti za GeoBIM (angl. GeoBIM readiness index), (<https://www.geospatialworld.net/blogs/geobim-ready/>), kjer so naštetje države, ki naj bi bile med najbolj pripravljenimi za uvedbo GeoBIMa: ZDA, **Združeno kraljestvo**, Nemčija, **Švedska** in Kitajska, med prvimi desetimi pa so še: Norveška, **Nizozemska**, Francija in Poljska.

Eno ključnih vprašanj obravnavanih v vprašalniku, ki so ga izpolnjevale udeležene države, je bilo, ali obstaja posebna gonilna sila za BIM (in s tem za GeoBIM) na nacionalni ravni – kot je zakonodaja, kar bi posledično povečalo dejavnosti, povezane z GeoBIM, in zanimanje za to temo. Države (Ellul, 2018), vključno z **Nizozemsko**, Dansko, **Združenim kraljestvom**, Francijo, Finsko, Norveško, **Švedsko**, Katalonijo in Irsko, imajo obstoječo ali nastajajočo zakonodajo za BIM, druge države pa imajo nekoliko bolj razdrobljeno zakonodajno sliko, npr. pooblastila, specifična za eno področje, kot so stavbe, ali pa zakonskega pooblastila še nimajo (Poljska). Podobno so poročali iz Švice, da so imeli takrat malo pravnih podlag za uveljavitev BIM/GeoBIM. Vse tri izbrane države so ob zagonu projekta že imele zakonodajo ali pa je bila v nastajanju.

V okviru omejenega projekta so udeležene države spraševali tudi, na katerih področjih vidijo največjo uporabo GeoBIM v svojih državah. Ker nimamo odgovorov za posamezne države, je v spodnjem grafu uporaba po posameznih področjih predstavljena za vse udeležence, kar zelo verjetno velja tudi za tri izbrane države. Glede na čas izvedbe projekta lahko predpostavimo, da je tistih pet področij, kjer naj bi takrat bila predvidena povečana uporaba v prihodnosti: topografsko kartiranje, vrednotenje nepremičnin, gradbena dovoljenja, upravljanje z infrastrukturo in načrtovanje transporta, sedaj bolje razvitih. Tem petim področjem sledijo še tri: kataster, upravljanje avtocest in prostorsko načrtovanje.



Slika 5: Priložnosti za GeoBIM v letu 2018 in trendi (vir: Ellul, 2018).

Med GU so Norvežani poročali o največjem številu dejavnosti, povezanih z GeoBIM. Podoben rezultat je mogoče opaziti na regionalni in državni ravni. Medtem, ko Norveška poroča o strateških dejavnostih na nacionalni ravni, **Nizozemska**, **Švedska** in Švica poročajo o tekočih dejavnostih na regionalni ali nacionalni ravni, Poljska in Irska pa imata omejeno ozaveščenost o tej temi.

Cilji in nameni uporabe GeoBIM v vseh državah so podobni, in so razvidni iz slike 1, so pa v različnih državah nekatera področja bolj in druga manj razvita. V zadnjem času je najbolj izpostavljeno področje uporabe urbanistično planiranje, ki vključuje tudi regulativo za izdelavo prostorskih načrtov in izstopa na mednarodnem projektu European network for Digital Building Permits (EUnet4DBP, 2020; Noardo, 2020), katerega članica je tudi Slovenija.

Spodnja preglednica (Ellul et al., 2020) primerja stopnjo zrelosti pri uporabi GeoBIM v drugem delu projekta EuroSDR za 12 sodelujočih držav (enajstim prejšnjim se je pridružila še Slovenija) od 2018 do 2020, pri čemer se stopnje razvitosti gibljejo od omejene ozaveščenosti do voditeljev. Vse stopnje pa so naslednje: omejena ozaveščenost, manjše aktivnosti, aktivnosti na lokalni/nacionalni ravni, voditelj.

Preglednica 1: Primerjava stopnje zrelosti uporabe GeoBIM (vir: Ellul et al., 2020).

Država ali regija	2018	2020
Katalonija	manjše aktivnosti	manjše aktivnosti
Danska	manjše aktivnosti	manjše aktivnosti
Finska	manjše aktivnosti	manjše aktivnosti
Francija	manjše aktivnosti	manjše aktivnosti

Irska		manjše aktivnosti
Nizozemska	aktivnosti na lokalni/nacionalni ravni	aktivnosti na lokalni/nacionalni ravni
Norveška	voditelj	voditelj
Slovenija	manjše aktivnosti	manjše aktivnosti
Polska	omejena ozaveščenost	omejena ozaveščenost
Švedska	manjše aktivnosti	aktivnosti na lokalni/nacionalni ravni
Švica	aktivnosti na lokalni/nacionalni ravni	aktivnosti na lokalni/nacionalni ravni
Združeno kraljestvo	manjše aktivnosti	manjše aktivnosti

Na **Nizozemskem** se v zadnjih letih razvija več pobud za uporabo integriranih informacij GeoBIM. Primer je projekt "Zberite, povežite in vizualizirajte BIM za izdajo dovoljenj", ki se je začel leta 2018. V projektu so sodelovali občine (Rotterdam, Den Haag), projektanti in konstruktorji, raziskovalna in storitvena podjetja. Raziskali so uporabo BIM za postopke izdajanja gradbenih dovoljenj. Poleg tega se tekoči projekt "Zakon o digitalnem mestu in okolju" v občini Rotterdam ukvarja z avtomatizacijo postopkov pridobivanja gradbenih dovoljenj, pri čemer se upoštevajo BIM in 3D modeli mest.

Drug projekt, kjer so uporabili GeoBIM, financirajo RWS, BIM Loket, Kadaster ter mesti Haag in Rotterdam. Ukvarjal se je z integracijo geoinformacij v obliki CityGML z BIM. Zainteresirane strani vključujejo: občine (Den Haag, Rotterdam), javne subjekte (Rijkswaterstaat), standardizacijske subjekte (BIM Loket, Geonovum) in raziskovalne inštitute.

V teku je tudi projekt »Pametna integracija podatkov za urbane aplikacije«, ki vključuje Amsterdamski inštitut za napredne metropolitanske rešitve (AMS), TU Delft, občino Almere, z namenom integracije informacij za podporo urbanih aplikacij vključno z GeoBIM.

Na **Švedskem** velik del raziskav in razvoja na področju GeoBIM financira in koordinira program Smart Built Environment. V okviru tega programa je v teku projekt »Podrobne specifikacije za predajo podatkov GeoBIM«, ki ga koordinira Lantmäteriet, tj. švedska GU, in katerega cilj je opredeliti natančne lastnosti podatkov BIM in geopodatke za prenos med občinami ter industrijo arhitekture, inženiringa in gradbeništva (AEC), predvsem v postopku pridobivanja gradbenega dovoljenja. Pretok informacij temelji deloma na diagramu EuroSDR za izmenjavo podatkov o dovoljenjih (Noardo et al., 2019).

Obstaja še en nacionalni projekt, ki ga koordinira **Švedska** nacionalna agencija za stanovanja, gradnjo in načrtovanje, katerega cilj je izboljšati postopek pridobivanja gradbenih dovoljenj z digitalizacijo. Deli tega projekta preučujejo, kako je mogoče koncept GeoBIM uporabiti za avtomatsko preverjanje pravil.

V **Združenem kraljestvu** (Noardo et al., 2019) je v londonskem okrožju Hackney 61% vlog za načrtovanje gradbenih objektov neveljavnih zaradi manjkajočih pristojbin ali manjkajočih oz. nepopolnih dokumentov. Okrožje je skupaj z lokalnim gradbenim podjetjem začelo sodelovati pri razvoju enostavnega spletnega postopka pridobitve dovoljenja za načrtovanje. V tem postopku se koncept GeoBIM še ne upošteva, saj so še vedno potrebni dokumenti v formatu PDF, vendar pa ta pristop odpira vrata za nadaljnje digitalne posodobitve.

Poleg omejenega dve drugi pobudi poudarjata vse večjo uporabo BIM (izven državnih pogodb), ki sta povezani z organizacijo informacij pri gradbenih delih. »Center za digitalno zgrajeno Britanije« je za pomoč pri prehodu z nacionalnih standardov PAS 1192 na standard ISO 19650 izdal nacionalni prehodni dokument, ki opozarja na pomen upravljanja informacij pri premikanju k digitalno zgrajenemu **Združenem kraljestvu**. Hackitt Review (objavljeno po požaru Grenfell Tower, v katerem je umrlo 72 ljudi) je priporočil uporabo BIM za upravljanje informacij za vse zgradbe, ki so višje od 10 nadstropij.

1.2.2 Vzroki in potrebe za uvedbo koncepta GeoBIM v treh državah EU

Vzroki za uvedbo GeoBIM so podobni v vseh državah, osnovni vzrok pa je, da tako BIM, kot tudi GIS, želita modelirati realno okolje in se kot taka dopolnjujeta, tj. z njima je mogoče bolj celostno modelirati prostor, lahko pa tudi vzpostaviti digitalnega dvojčka, ki je končni cilj te integracije.

Priložnosti za GeoBIM v geodetskih upravah

Anketirane geodetske uprave (GU) v omenjenem projektu EuroSDR so bile pozvane, da opredelijo priložnosti za GeoBIM, povezane z njihovo vlogo. Pet GU je kot priložnost opredelilo izboljšanje obstoječih proizvodnih procesov in večjo uporabo obstoječih podatkov, dve GU splošno izboljšanje mestnih kart in topografsko kartiranje, nadaljnji dve GU sta kot priložnost prepoznali 3D kataster, po ena GU pa izogibanje podvojenemu zajemanju podatkov, izboljšanje postopkov pridobivanja gradbenih dovoljenj, upravljanje premoženja, zaznavanje sprememb in odpiranje novih trgov.

Na podlagi začetne raziskave (Ellul at al., 2018) je bilo ugotovljeno, da obstaja na nacionalni ravni več ključnih gonil za BIM, ki poudarjajo priložnost za GeoBIM in tudi nujnost, da se takšne pobude uskladijo s trenutnimi dejavnostmi pri upravljanju podatkov, ki na splošno vsaj deloma spadajo v odgovornost GU. Ugotovljen je dober razpon priložnosti za GeoBIM, najboljše možnosti pa imajo: topografsko kartiranje, vrednotenje nepremičnin, načrtovanje prometa, gradbena dovoljenja in upravljanje infrastrukture, ter s tem povezane priložnosti v katastrskih sistemih, medtem, ko sta upravljanje avtocest in predpisi o načrtovanju na drugem mestu.

Netehnični izzivi, ki preprečujejo vpeljavo GeoBIM

Zaradi temeljnih razlik med BIM in GIS obstajajo pomembne ovire in izzivi, ki jih je treba premagati, preden GeoBIM postane praktična realnost. Raziskava je te izzive ločila na tehnične in netehnične, anketirane GU pa so o njih poročale tako na organizacijski kot nacionalni ravni.

Z vidika vseh organizacij, ki so se odzvale, vključno s centri za kartiranje, transport in gradnjo, je pomanjkanje strokovnega znanja in osredotočenosti na GeoBIM najpogostejši izziv, s katerim se soočajo (štirje odgovori). Temu tesno sledi pomanjkanje standardov (trije odgovori). Drugi izzivi, ki so jih ugotovili posamezni anketiranci, so vključevali pomanjkanje jasnosti vloge GU v kontekstu BIM, pomanjkanje podatkov BIM, pomanjkanje naložb, pomanjkanje jasnosti vloge BIM pri obstoječih nalogah, kot je urbanistično načrtovanje, pomanjkanje interoperabilnosti (npr. s sistemi, kot je transportno modeliranje) in disciplinske ločnice med arhitekti, inženirji in geodeti.

Na regionalni in državni ravni je ključni izziv, ki so ga ugotovile sodelujoče države, pomanjkanje ozaveščenosti, splošnega in strokovnega znanja o tem, kaj je GeoBIM, zlasti med nosilci odločanja na najvišji ravni (to je ugotovilo osem držav). Pomanjkanje nacionalne strategije, pomanjkanje naložb in počasno sprejemanje novih tehnologij so drugi izzivi, prav tako trenutno pomanjkanje razpoložljivih podatkov BIM. Pomanjkanje usklajevanja med subjekti GIS in BIM je povzročilo številne vzporedne pobude, ki so jih včasih izvajali konkurenčni subjekti.

Tehnični izzivi, ki preprečujejo vpeljavo GeoBIM

Pomanjkanje standardov in znanja, različni modeli podatkov, pomanjkanje ustrezne programske opreme in neustrezni BIM podatki so glavne tehnične ovire za vpeljavo GeoBIM, ki so jih ugotovili anketiranci na organizacijski ravni.

Na nacionalni ravni so izzivi, na katere se najpogosteje opozarja: nezdržljivost programske opreme, različni konceptualni modeli in različni standardi ter pomanjkanje strokovnega znanja. Odsotnost programske opreme, ki bi lahko podpirala uporabo BIM in Geo podatkov, skupaj s pomanjkanjem funkcionalnosti GeoBIM je na splošno najpomembnejši večji tehnični izziv deležnikov v različnih državah. Poleg tega trenutna programska oprema za BIM in GIS ni interoperabilna, zato je integracija podatkov na ravni programske opreme zahtevna – na primer, GIS paketi ne morejo obravnavati zelo zapletenih podrobnih podatkov iz BIM. Različni konceptualni modeli so pomemben tehnični izziv v zvezi s tem vprašanjem, obstaja pa seveda tudi potreba po standardih, ki podpirajo podatke BIM in GIS.

1.2.3 Področja in aktivnosti uporabe koncepta GeoBIM v treh državah EU

V poglavju opisujemo dve pomembni področji raziskav, ki se nanašata na koncept 3D katastra in na primernost programske opreme GIS in BIM za medsebojno pretvorbo podatkov med različnimi zapisi.

1.2.3.1 3D kataster

Že pred časom so v državah EU načrtovali uvedbo 3D katastra, ki je za geodezijo ena od pomembnih nalog na področju uveljavljanja GeoBIM koncepta. V nadaljevanju podajamo pregled po izbranih državah.

Nizozemska

Stoter (2004) je že pred dobrimi petnajstimi leti v svoji disertaciji ugotavljala potrebo po uvajanju 3D podatkov v kataster nepremičnin. Zaradi večanja vrednosti nepremičnin in kompleksnosti strukture lastnine v visokih stavbah je potreba po tretji dimenziji vedno večja. Prikaže tudi nekaj primerov, kjer bi bila uporaba 3D nujna: stavba nad cesto, centralna železniška postaja v Den Haagu v več gradbenih nivojih, stanovanjska stavba, kjer se lastništvo spreminja iz sobe v sobo in tudi iz nadstropja v nadstropje.

Primeri pa so tudi iz prometne in komunalne infrastrukture. Takrat se še ne govori o BIM ali GeoBIM, je pa vsekakor prisotno zavedanje, da so 3D podatki potrebni, pomembni in kompleksni.

Tekavec (2021) omenja Nizozemsko kot eno od redkih držav, ki operativno uvaja 3Dkatastrski sistem.

Švedska

Stoter (2004) bolj podrobno pregleda še nekaj držav, med njimi tudi Švedsko, kjer delitev lastništva v 3D do leta 2004 ni bila mogoča, se je pa vedno bolj izražala v različnih težavnih primerih, npr. apartmajski kompleks je bil lahko le v enem stanovanjskem združenju, zato je lastnik lahko svoje stanovanje prodal le združenju.

Področja in aktivnosti uporabe koncepta GeoBIM je v svoji doktorski disertaciji za več držav natančno pregledal Tekavec (2021), med njimi tudi Švedsko: »Glede pravne ureditve 3D registracije nepremičnin so izpostavljene Švedska, ter zvezni državi Queensland in Victoria v Avstraliji, kjer so 3D nepremičninske enote pravno opredeljene, vendar sistem za njihovo registracijo podpira le 2D modeliranje v obliki 2D načrtov v tlorisni ali izometrični projekciji. Avtorji ugotavljajo, da trenutno ni države, v kateri bi pravni sistem opredeljeval 3D nepremičninsko enoto in kjer bi hkrati katastrski sistem dovoljeval registracijo v obliki 3D geometrije.«

Norveška

Združeno kraljestvo v (Stoter, 2004) ni omenjeno, je pa Norveška, ki ima podobne težave in rešitve kot Švedska.

Eden od zaključkov v (Stoter, 2004) je: »Čeprav je koncept popolnega 3D katastra zadnja faza, kjer se reši večina problemov 3D registracije, in čeprav je ta rešitev že pokazala potenciale v nekaterih državah (Norveška, Švedska, Queensland, Britanska Kolumbija), bi lahko preteklo precej časa, preden bo ta koncept mogoče sprejeti v pravne okvire v drugih državah, na primer na Nizozemskem. Nov 3D koncept ponovno pretehta osnove katastrskega evidentiranja. 2D koncept parcel je opuščen, saj je v popolnem 3D katastru mogoče lastništvo vezati na nepremičnine v tretji dimenziji, medtem ko lastništvo nepremičnine ni več (vedno) povezano s površinsko parcelo.«

Po dobrih 15 letih bi bili zaključki še vedno precej podobni.

1.2.3.2 Pretvorba zapisa IFC v CityGML in obratno

Ta primerjava se je izvedla na projektu z mednarodno udeležbo različnih prostovoljcev in ni bila izvedena na nacionalnem nivoju. Udeleženci, ki jih je bilo približno 65, so bili iz naslednjih držav: Kanada, Brazilija, Portugalska, Španija, Francija, **Združeno kraljestvo**, Italija, **Nizozemska**, **Švedska**, Nemčija, Poljska, Slovenija, Grčija, Turčija, Nigerija, Indija, Kitajska, Singapur in Avstralija.

ISPRS in EuroSDR sta leta 2019 začela projekt (Noardo et al., 2020) za ugotavljanje prenosa podatkov na tehnični ravni med dvema najbolj poznanimi standardoma in njuno interoperabilnostjo, ki se uporabljata v konceptu GeoBIM: IFC in CityGML. V okviru projekta so se izvajale naslednje 4 naloge:

- Naloga 1: Podpora IFC znotraj BIM in druge programske opreme,
- Naloga 2: Možnosti za georeferenciranje podatkov BIM,
- Naloga 3: Podpora za CityGML znotraj GIS in druge programske opreme,
- Naloga 4: Programska oprema in postopki za obojestransko pretvorbo iz IFC v CityGML in obratno.

Rezultati po posameznih nalogah so bili naslednji:

Naloga 1: Podpora IFC znotraj BIM (in druge) programske opreme

Med primerjalno analizo se ocenjuje široka paleta programskih orodij: Autodesk Civil 3D, eveBim, Solibri, Bentley Map Enterprise, ACCA usBIM.viewer, ACCA PriMus-IFC, Simplebim, ArchiCAD, Bentley MicroStation TerraSolid, Allplan, AutoCAD Architecture, ACCA Edificius, FreeCAD, Autodesk Revit, BIM Vision, SketchUp, FZK Viewer, Vectorworks.

Preizkušeno je bilo tako splošno obnašanje programske opreme (npr. število in vrsta napak pri uvozu in izvozu podatkov), kot tudi uporaba posebnih geometrij. Poročajo o razlikah v interpretaciji programske opreme glede veljavnosti vnesenih podatkov, in tudi, da so te razlike posledica napak uvoza/izvoza in nejasnosti sheme pretoka podatkov.

Naloga 2: Možnosti za georeferenciranje podatkov BIM

Pri tej nalogi je bilo težje primerjati zmogljivosti različnih postopkov kot v drugih nalogah, saj je bilo vsako uporabljeno orodje funkcionalno drugačno od drugih. Nekateri najbolj zanimive pripombe so navedene v spodnjih dveh tabelah.

Preglednica 2: Pripombe na programsko opremo uporabljeno pri nalogi 2 (vir: Noardo et al., 2020).

ArcGIS Pro	<ul style="list-style-type: none"> • Georeferencing tools are available in the standard version • It is not allowed to use the georeferencing tools on the IFC file • It is not possible to rotate the model towards cartographic North or to move the model to the correct 'world' coordinates <p><i>Comment:</i> Even if the project was uploaded with the correct CRS, ArcGIS pro did not position it in the right place. So all the coordinates, even if are shown for each feature, are not correct.</p>
eveBIM	<ul style="list-style-type: none"> • Georeferencing tools are available in the standard version • It is possible to rotate the model to a correct orientation towards cartographic North and to move the model to the correct 'world' coordinates • The supported coordinate reference systems can be used in the 'move' operation
FME Desktop	<ul style="list-style-type: none"> • Georeferencing tools are available in the standard version • Height reference systems are not explicitly supported • It is possible to rotate the model towards cartographic North and to move the model to the correct 'world' coordinates • The supported coordinate reference systems can be used in the 'move' operation
FKZViewer	<ul style="list-style-type: none"> • Georeferencing tools are available in the standard version • Height reference systems are not supported • It is not possible to rotate the model towards cartographic North • It is possible to move the model to the correct 'world' coordinates, but there are no options to change the CRS during this operation <p><i>Comments:</i> FKZViewer reports error on import and export of the IFC files. Moreover, after transforming Savigliano the model cannot be displayed, zoomed, panned or rotated</p>
IfcGeorefChecker	<ul style="list-style-type: none"> • It is a specific tool to georeference IFC files • It is possible to rotate the model to a correct orientation towards cartographic North and to move the model to the correct 'world' coordinates • The supported coordinate reference systems can be used in the 'move' operation
Revit 2020	<ul style="list-style-type: none"> • Georeferencing tools are available in the standard version • It is possible to rotate the model towards cartographic North and to move the model to the correct 'world' coordinates

Splošni zaključki naloge so bili, da GIS programska oprema praviloma ne podpira formata CityGML. Pri delu s CityGML je treba uporabiti programsko opremo ETL (extract, transform, load) in drugo posebej prilagojeno programsko opremo. Uporabljena programska orodja poročajo o manj napakah v semantični shemi kot v geometriji. Zaključki so zelo pomembni tudi za testiranje, ki sledi v DP 3 tega projekta CRP.

Naloga 3: Podpora za CityGML znotraj GIS in druge programske opreme

Uporabljena je bila naslednja programska oprema: FME, ArcGIS, QGIS, KIT, elyxsuite, eveBIM, MOSS.

Noben od testiranih programov ni mogel izvoziti iste datoteke CityGML, ki so jo prej uvozili, kljub temu, da podatki pred izvozom niso bili spremenjeni. Semantična shema je bila na splošno veljavna (če poleg ne štejemo občasnih izgub), geometrija pa je vedno imela težave. Za natančnejši opis glej spodnjo tabelo.

Preglednica 3: Komentarji različnih izvajalcev naloge (vir: Noardo et al., 2020).

Best and worse	<ul style="list-style-type: none"> • FME and 3DCityDB show best support • GIS software is lacking
Import performance	<ul style="list-style-type: none"> • GIS have trouble handling semantics (at best parent-child relationships through IDs) • Low support for Multi-LoD
Import of the Amsterdam.gml dataset⁹	<ul style="list-style-type: none"> • Few submissions • ArcGIS, ArcGIS Pro, tridicon, eveBIM and 1Spatial Elyx crashed
Analysis	<ul style="list-style-type: none"> • Only FME offers wide range of 3D analysis • 1Spatial Elyx 3D: visibility analysis and buffers • novaFACTORY: visibility analysis, shadows analysis, sun analysis and extract height profiles.
Editing	<ul style="list-style-type: none"> • Only QGIS and ArcGIS offer extensive editing (semantics and geometry) • Some 3D viewers (e.g. eveBIM, novaFACTORY) support semantics editing • FME supports geometry editing, but in batch form (through transformations)

Preglednica 4: Komentarji izvajalcev na uporabljeno programsko opremo za nalogo 3 (vir: Noardo et al., 2020).

3DCityDB	<ul style="list-style-type: none"> • Alters the input the least • Only one file was broken (bad xlink) • Slight reduction in objects in Amsterdam dataset
FME	<ul style="list-style-type: none"> • FME makes more changes but results are generally okay • Some methodologies can result in splitting of objects using the same IDs or in the loss of some object classes (i.e. bridges)
QGIS	<ul style="list-style-type: none"> • Only one file submitted with QGIS • Total loss of data • Output doesn't even have valid schema
ArcGIS	<ul style="list-style-type: none"> • Surfaces are converted into independent CityObjects • Big increase in objects and the loss of some semantics. • Minor schema issues (e.g. empty dates)
NovaFactory	<ul style="list-style-type: none"> • Perfect output with Rotterdam dataset (100% valid) • Amsterdam can't even be read

Splošni zaključki analize rezultatov so bili, da programska oprema GIS praviloma ne podpira CityGML, medtem ko je pri delu s CityGML potrebna ETL in posebej prilagojena programska oprema. Poleg tega programska orodja poročajo o manj napakah glede semantične sheme kot geometrije.

Naloga 4: Programska oprema in postopki za obojestransko pretvorbo iz IFC v CityGML in obratno

Pretvorbe so bile preizkušene predvsem v smeri iz IFC v CityGML (36 odgovorov), ki je očitno bolj priljubljena od pretvorbe iz CityGML v IFC (7 odgovorov). Uporabljene je bilo malo programske opreme: uporabniško prilagojena pretvorba s Safe Software FME, FZK viewer in ESRI ArcGIS Pro.

Že ob začetnem pregledu pretvorjenih modelov so opazili, da se njihova semantika med seboj razlikuje, in da bo za oceno kakovosti pretvorb s semantičnega vidika zaradi pomanjkanja izvornih podatkov potrebna kompleksnejša analiza. V nekaterih primerih se semantika izgubi in element se pretvori v generični element.

Opaziti je bilo mogoče nekaj napak v geometriji predelanih modelov, npr. manjkajoči elementi, obrnjene površine, nepravilno transformirane geometrije, trdna telesa so se preoblikovala v neveljavne zaprte površine oz. neveljavne geometrije. Tudi novo nastali stopnja razvoja (Level of Developments) za BIM in nivo detajla (Level of Detail) za 3D GIS bo treba podrobneje preučiti.

1.2.4 Področja urejanja in upravljanja s prostorom s konceptom GeoBIM v treh državah EU

V poglavju so predstavljeni primeri uvajanja GeoBIM v prakso in pomen GeoBIM za postopek pridobitve gradbenega dovoljenja.

1.2.4.1 Primeri uvajanja GeoBIM v prakso

V okviru konference septembra 2019 v Singapuru (Noardo, Elul, at al., 2019) so predstavljeni primeri uvajanja GeoBIM v prakso v nekaterih državah EU.

Švedska

Predstavljen je projekt, ki ga koordinira Lantmateriet (švedski GU) z naslovom "Podrobne specifikacije dobave za Geodata-BIM". Obravnava izdelavo specifikacij za podatke BIM in geopodatke za občine in industrijo AEC (Architecture, Engineering, Construction), zlasti v postopku pridobivanja gradbenih dovoljenj.

Norveška

Norveška GU razvija strategijo BIM za lastno organizacijo. Preučujejo, kako se lahko BIM uporablja v kontekstu katastra in za posodobitev baze topografskih kart.

Nizozemska

Projekt "Pametna integracija podatkov za urbane aplikacije" je namenjen integraciji informacij vključno z GeoBIM za podporo urbanih aplikacij. Drugi projekt "GeoBIM" si prizadeva za integracijo geoinformacij v zapisu CityGML z BIM. Deležniki so občinski, akademski, javni in organizacije za standarde.

Splošno je priznано, da je integracija podatkov BIM in GIS ključni korak za prihodnje 3D modeliranje mest (Ohuri, 2018), vendar je večina dosedanjih raziskav zajemala samo visoke nivoje in semantične vidike integracije GIS in BIM. V tem članku so predstavljeni rezultati projekta GeoBIM, ki se je lotil treh integracijskih problemov s poudarkom na vključevanju geometrije:

- (i) avtomatizirane obdelave kompleksnih arhitekturnih modelov IFC
- (ii) integracije obstoječih podatkov GIS pod površjem v BIM
- (iii) georeferenciranja modelov BIM za njihovo uporabo v GIS programski opremi.

Vsi omenjeni problemi so bili raziskani z uporabo modelov iz resničnega sveta in obstoječih podatkovnih nizov, ki so jih izdelali in uporabili strokovnjaki na Nizozemskem.

1.2.4.2 Postopek za pridobitev gradbenega dovoljenja

Pri postopku pridobitve gradbenega dovoljenja ima pristop z GeoBIM več prednosti v primerjavi z obstoječim stanjem, ki vsebuje veliko ročnega dela pri pregledu 2D prerezov stavb in 2,5D načrtov situacije. Tudi gradbeni predpisi se preverjajo ročno, kar povzroča, da je proces pridobivanja gradbenega dovoljenja dolgotrajen in tudi drag. Nekateri gradbene predpise bi se lahko preverjalo avtomatsko, kot npr. oddaljenost od drugih objektov, analize in simulacije povezane z energijo, hrupom, onesnaženostjo zraka, načrtovanje poti za pobeg ali gasilsko intervencijo. Poleg tega bi avtomatizacija pomenila, da bi se povečala objektivnost pri razlagi predpisov, tako projektantov, kot tudi občinskih uradnikov, pristojnih za gradbeno dovoljenje, z jasnimi prednostmi za obe strani.

Stanje na tem področju je bilo v okviru projekta EuroSDR popisano v tudi v letu 2019 v eni od vmesnih faz projekta (Noardo, Ellul at al., 2019). Za pregled smo izbrali na začetku omenjene tri države.

Na **Nizozemskem** so Oldfield et al., (2018) preučevali, kako GeoBIM in načrtovanje objekta v povezavi z katastrskimi zahtevami, ter uporaba »Priročnika za pregled informacij« pomagajo pri spremljanju dokumentaciji zgradb v celotnem življenjskem ciklu. Prikažejo tudi uvedbo koncepta »kot je prodano«

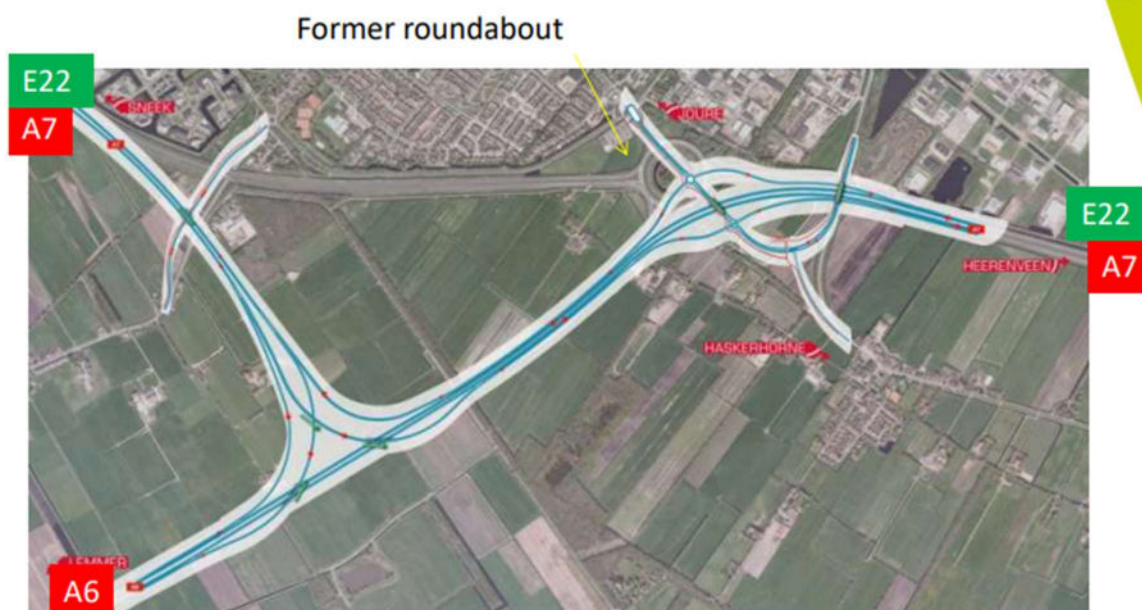
(skupaj z modeloma »kot je dovoljeno« in »kot je izdelano«), da zagotovijo pregled nad procesom spremljanja dokumentacije zgradb na visoki ravni. Čeprav se posebej ne spuščajo v podrobnosti, o tem, katere omejitve je mogoče samodejno potrditi, omenjajo: onesnaženje tal, služnosti, ali je stavba postavljena znotraj zakonskih meja in ali je pravilno conirana (Oldfield et al., 2018).

Švedi predstavljajo podrobno študijo (Olsson et al., 2018) potenciala GeoBIM pri izdajanju gradbenega dovoljenja. Opozarjajo predvsem na tri vrste pravil, ki bi jih bilo mogoče preveriti: kvantitativne (npr. površina, višina), kvalitativne (npr. ali se stavba prilega okolici, ali izpolnjuje lokalne arhitekturne standarde) in vizualne (npr. ali okna izpolnjujejo določene lokalne značilnosti). Bolj detajlno so predstavljeni trije primeri: višina stavbe, obris stavbe in značilnosti območja gradnje s poudarjenim pomen jasnosti pravil (npr. kako se meri/izračuna višina), kar je zelo pomembno za vsak proces avtomatizacije. Tudi sam model BIM je treba izdelati v skladu s standardom kakovosti (označene zunanje stene, informacije o ploščah/temeljih, ki omogočajo izračun površine). Potencialni uporabniki so prosilci in občine (Olsson et al., 2018).

1.2.5 Primeri dobre prakse na področju uporabe koncepta GeoBIM v treh državah EU

Nizozemska

Alsem (2016) prikazuje izgradnjo novega avtocestnega križišča in menjavo starega krožnega z novim. Primer je predstavljen na spodnji sliki. V projektu je sodeloval t.i. Rijkswaterstaat, ki je del nizozemskega ministrstva za infrastrukturo in okolje ter je odgovoren za načrtovanje, gradnjo, upravljanje in vzdrževanje glavnih infrastrukturnih objektov na Nizozemskem. To vključuje: glavno cestno omrežje, glavno omrežje vodnih poti in glavne vodne sisteme.



Slika 6: Primer uporabe BIM/GeoBIM pri projektiranju in vzdrževanju avtocestne infrastrukture (vir: Alsem, 2016).

Tako kot katera koli druga vladna agencija v Evropi in zunaj nje se tudi Rijkswaterstaat (del nizozemske GU) sooča z izzivi pri prilagajanju povečane rasti prometa, zmanjšanju zastojev in vzdrževanju storitev, ob vedno večjih učinkih podnebnih sprememb ter doseganju okoljskih in družbenih ciljev.

Na mednarodni ravni sodeluje s sestrskimi organizacijami, univerzami ter velikim številom evropskih in čezmorskih organov in vladnih agencij. Rijkswaterstaat sodeluje v več evropskih raziskovalnih programih.

Švedska

Obstaja spletna stran geobim.se, kjer je mogoče v angleščini pridobiti nekaj informacij, poučnih primerov in videov, ter uporabiti tudi programsko opremo za vnos in pregled podatkov o vrčinah na portalu www.GeoBIM.se, ki ga upravlja podjetje Tyrens. Gre za specifičen portal, ki ga je mogoče tudi najeti (300 EUR na mesec) predvsem za izvedbo gradbenih projektov na Švedskem, ki so delno pod zemljo. Portal se stalno razvija in občasno so na voljo nove verzije. Zanimivi in precej kompleksni so videi, ki razlagajo uvoz različnih podatkov in njihovo preverjanje, da bi bil na koncu uvoz podatkov uspešen.

Švica

Spletna stran www.sonnendach.ch omogoča vnos naslova in hiter izračun postavitve solarnih panelov na streho ali stene zgradbe. Ne gre za uporabo GeoBIM koncepta, pač pa je primer dobre prakse uporabe 3D podatkov. Seveda pa je predpogoj take uporabe, da so 3D podatki kakovostni, dovolj detajlni, vsi enako strukturirani in vzdrževani.

1.2.6 Namen in rezultati projektov »GeoBIM« in »GeoBIM benchmark« (EuroSDR, ISPRS)

V nadaljevanju predstavljamo dva projekta, kot navedena v naslovu, s poudarkom čemu služita in kakšni so njihovi rezultati.

1.2.6.1 Projekt »GeoBIM« v okviru EuroSDR

Projekt »GeoBIM« je raziskovalni projekt (2017-2020), ki se je izvajal v okviru programa Evropskega združenja za raziskave prostorskih podatkov (*angl. European Spatial Data Research - EuroSDR*), ki povezuje nacionalne agencije za kartografijo in kataster (*angl. National Mapping and Cadastral Agencies, NMCAs*) z raziskovalnimi inštituti in univerzami v Evropi z namenom aplikativnih raziskav na področju zagotavljanja in upravljanja prostorskih podatkov.

Projekt GeoBIM je bil vzpostavljen kot skupno prizadevanje za povezovanje akademikov in praktikov iz 13 držav z namenom prepoznavanja GeoBIMa kot načina integracije BIM in geoprostorskih podatkov v praksi, s sodelovanjem: *Danish Geodata Agency* iz Danske, *Główny Urząd Geodezji i Kartografii* iz Poljske, *Lantmeteriet* iz Švedske, *Institut Cartographic i Geologic de Catalunya* iz Španije, *Institut national de l'information géographique et forestiere* iz Francije, *Kadastre* iz Nizozemske, *Kartverket* iz Norveške, *National Land Survey* iz Finske, *Ordnance Survey* iz Irske, *Ordnance Survey* iz Velike Britanije, *Swisstopo* iz Švice ter enega industrijskega partnerja (*CSTB* iz Francije) in petih univerzitetnih partnerjev: *TU Delft* iz Nizozemske, *University College London* iz Velike Britanije, *Lund University* iz Švedske, *Dublin Institute of Technology* iz Irske, *Univerze v Ljubljani*, *Geodetskega inštituta Slovenije* in *Geodetske uprave Republike Slovenije*.

Na začetku so se na projektu osredotočali na razumevanje splošne slike (stanje, stopnja zrelosti) GeoBIMa v Evropi, nato pa so ta pregled vsako leto posodabljali in izdelali dve študiji, ki na konkretnih primerih podrobneje obravnavata GeoBIM. Izdelali so pregled ključnih podobnosti in razlik med Geo (geopodatki) in BIM z namenom, da bi zaznali področja, kjer se Geo in BIM povezujeta ter opredelili nadaljnje raziskovalne aktivnosti. Rezultati so podani v spodnjih dveh preglednicah.

Preglednica 5: Podobnosti med Geo in BIM (vir: Eull et al, 2020).

Lastnost	Geo	BIM
informacijski sistem, ki združuje attribute in geometrijo	da	da
modeliranje grajenega okolja v 3D	da	da
modeliranje notranjih in zunanjih značilnost	da	da
podatke je mogoče upravljati v podatkovni bazi sistema za upravljanje	da	da
urejanje prostorskih in neprostorskih podatkov in orodja za pravljanje, ki so na voljo	da	da
2D in 3D vizualizacija	da	da
predstavlja svet takšen kot je, ampak tudi modelira historične in prihodnje predstavnosti	da	da
modeliranje v različnih merilih in podrobnostih	da	da

Preglednica 6: Razlike med Geo in BIM (vir: Eull et al, 2020).

Tema	Geo	BIM
značilnosti in atributi	katera koli prostorska značilnost, katerikoli atributi, vendar glavni poudarek na zemljiščih in mestih	osredotoča se na značilnosti, ki so zanimive za gradnjo
upravljanje s podatki	poudarek na podatkovnih tokovih znotraj prostorske podatkovne infrastrukture (kakovost podatkov, potrjevanje, odgovornosti), podatkovnih bazah, izmenjavi podatkov	upravljanje podatkov za mesto projektiranja; fokus je na podatkovnih funkcijah in domači programski opremi, shranjevanju podatkov, ki temelji na datotekah v povezavi z ustreznimi orodji
ključni deležniki	prevladuje vlada	prevladuje industrija
odpri podatki	izmenjava odprtih podatkov, podatki so obravnavani kot javno dobro	kompleksna izmenjava podatkov; koristi za izmenjavo niso vedno jasne
geometrija	geometrija se izmeri	geometrija se dizajnira
georeferenciranje	nacionalno, internacionalno	lokalno

Eden od rezultatov projekta je tudi opredelitev tehničnih in netehničnih izzivov in priložnosti uporabe GeoBIMa, kot so jih videle NMCAs.

Razpoznane priložnosti za GeoBIM so: topografsko kartiranje, katastri, vrednotenje nepremičnin, upravljanje avtocest, gradbena dovoljenja, urbanistično načrtovanje, predpisi o načrtovanju, okoljsko načrtovanje, naravni kapital, statistika, upravljanje infrastrukture, načrtovanje prometa. Od teh se gradbena dovoljenja, urbanistično načrtovanje in predpisi o načrtovanju nanašajo na postopke načrtovanja/izdajanja dovoljenj, NMCAs pa so bile še posebej zainteresirane za možnost izboljšanja svojih 3D modelov zgradb in mest z informacijami iz BIM, ter za možnost zagotavljanja svojih podatkov kot vhodnih podatkov v proces načrtovanja. V drugo skupino priložnosti spadata upravljanje infrastrukture in upravljanje avtocest, ter upravljanje premoženja. Vsa ta področja so bila razpoznana za nadaljnje povezovanje z GeoBIM.

Razpoznani izzivi za GeoBIM pa so pomanjkanje znanja in izkušenj o tem, kaj je GeoBIM, pomanjkanje pokritosti s podatki BIM, pomanjkanje opredelitve vloge in storitev NMCAs v zvezi z BIM in GeoBIM, različni konceptualni modeli, pomanjkanje znanja in spretnosti na področju gradbeništva, pomanjkanje programske opreme, stroški izdelave modelov in pomanjkanje naložb. Zato izpostavljajo potrebo po interdisciplinarnem izobraževanju na področju GeoBIM, po programski opremi in podatkih za podporo dejavnostim GeoBIM, potrebo po podrobnejših študijah primerov GeoBIM, ki bi vsebovale stroške, in potrebo po pravnem okviru, v katerem bi bilo mogoče zahtevati BIM za nove stavbe.

V okviru projekta sta bili izdelani tudi dve študiji, in sicer s področij (1) prostorskega načrtovanja in izdajanja dovoljenj, in (2) upravljanja premoženja. Predvsem študija o načrtovanju in dovoljenjih se je razvila kot večnacionalna sodelovalna študija, ki je sledila občinskim in nacionalnim pobudam iz Nizozemske, Švedske in Norveške z namenom, da bi razvili večnacionalni delovni proces, opredelili zainteresirane strani in za vsak korak v delovnem procesu raziskali informacije, potrebne iz BIM in GIS, ter rezultate njihove integracije. Rezultati študije kažejo, da uporaba pristopa GeoBIM za dovoljenja prinaša koristi celotnemu življenjskemu ciklu načrtovanja.

1.2.6.2 Projekt »GeoBIM benchmark« v okviru ISPRS in EuroSDR

Projekt »GeoBIM benchmark« je nastal leta 2019 na pobudo Mednarodnega združenja za fotogrametrijo in daljinsko zaznavanje (*angl. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, ISPRS*) ter EuroSDRja. Je rezultat sodelovanja delovnih skupin ISPRSja, WG IV/1, IV/2 in IV/10 z EuroSDR.

Predmet projekta je preučitev povezovanja in interoperabilnosti informacij 3D geopodatkov (Geo) in 3D modelov stavb (BIM) povezanih z GeoBIM ob uporabi odprtih standardov IFC (buildingSMART) in CityGML (OGC).

Glavni cilj projekta je opredeliti okvir trenutne sposobnosti obstoječih programskih orodij za uporabo (branje in vizualizacijo, uvoz, upravljanje, analizo, izvoz) modelov CityGML in IFC. Namen projekta je ugotoviti:

- kako dobro je CityGML podprt z orodji GIS (in drugimi) in kako dobro je podprt IFC z orodji BIM (in drugimi),
- kakšne so možnosti za georeferenciranje podatkov BIM in
- kakšne so možnosti za pretvorbo formata IFC v CityGML in obratno (programska oprema in postopki).

Udeleženci so prostovoljci, ki izvajajo eno ali več nalog z orodji, ki jih poznajo, in svoje rezultate izmenjujejo na skupnih srečanjih in skupnih znanstvenih objavah.

Udeleženci projekta svoje rezultate objavljajo na *Researchgate*-u v obliki člankov:

<https://www.researchgate.net/project/GeoBIM-benchmark-2019-Study-on-software-support-for-open-standards-of-city-and-building-models>

Do dne 15.12.2021 je zabeleženih 8 člankov:

The screenshot displays eight search results for the GeoBIM benchmark 2019 project on ResearchGate. Each result includes the title, document type, availability status, date, and authors. The results are as follows:

- Reference study of CityGML software support: The GeoBIM benchmark 2019--Part II** (Article, Nov 2020, Transactions in GIS) by Francesca Noardo, Ken Arroyo Ohori, Filip Biljecki, and Jantien Stoter.
- GeoBIM Benchmark 2019: Intermediate results** (Conference Paper, Jan 2019) by Francesca Noardo, Filip Biljecki, Giorgio Agugiaro, and Jantien Stoter.
- The ISPRS-EUROSDR GEOBIM benchmark 2019** (Conference Paper, Aug 2020) by Francesca Noardo, K Arroyo Ohori, Filip Biljecki, and Jantien Stoter.
- Reference study of IFC software support: the GeoBIM benchmark 2019---Part I** (Article, Jan 2021, Transactions in GIS) by Francesca Noardo, Thomas Krijnen, Arroyo Ohori, and Jantien Stoter.
- GeoBIM benchmark 2019: intermediate results** (Article, Sep 2019) by Francesca Noardo, Filip Biljecki, Giorgio Agugiaro, and Jantien Stoter.
- Tools for BIM-GIS Integration (IFC Georeferencing and Conversions): Results from the GeoBIM Benchmark 2019** (Article, Aug 2020, International Journal of Geo-Information) by Francesca Noardo, Lars Harrie, Ken Arroyo Ohori, and Jantien Stoter (21 Cita).
- GeoBIM benchmark 2019: design and initial results** (Conference Paper, Jun 2019) by Francesca Noardo, K Arroyo Ohori, Filip Biljecki, and Jantien Stoter.
- The ISPRS-EuroSDR GeoBIM benchmark 2019** (Article, Aug 2020) by Francesca Noardo, K. Arroyo Ohori, Filip Biljecki, and Jantien Stoter (4 Cita).

Izpostavljam njihovi zadnji dve objavi:

- »Reference study of IFC software support: the GeoBIM benchmark 2019---Part I«, vodilne avtorice Francesce Noardo in 16 soavtorjev, objavljene v »Transaction in GIS«, 2021, kjer avtorji opisujejo rezultate primerjalne analize, povezane z IFC, ki je ustreznica CityGML na področju informacijskega modeliranja stavb. Ugotavljajo, da je IFC (odprti standard za BIM)

glede na svoj obetavni potencial premalo uporabljan, saj po izkušnjah praktikov in raziskovalcev, ki se ukvarjajo z BIM, težave pri izvajanju in uporabi standarda preprečujejo njegovo učinkovito uporabo. Da različni programi, ki uporabljajo IFC z istimi standardiziranimi podatkovnimi nizi, dajejo nedosledne rezultate z malo zaznavnimi skupnimi vzorci, pri njihovi podpori standardu pa so ugotovljene težave, verjetno zaradi zelo velike zapletenosti standardnega podatkovnega modela.

- **»Reference study of CityGML software support: The GeoBIM benchmark 2019—Part II«**, vodilne avtorice Francesce Noardo in 17 soavtorjev, objavljene v *»Transaction in GIS«*, 2020, v kateri avtorji opisujejo rezultate primerjalne analize med CityGML in IFC na področju geoinformacij in opozarjajo na težave, povezane z izvajanjem standarda in uporabo standardiziranih podatkov, ter na kritične točke, vključene v format IFC, kot podlage za prihodnji razvoj tehnološke povezave v GeoBIM.

1.2.7 Nameni in cilji uporabe geodetskih podatkov v konceptu GeoBIM v Sloveniji

1.2.7.1 Vzroki za uvedbo sprememb in novih konceptov v vodenju in uporabi geodetskih podatkov

Živimo v turbulentnem obdobju zaznamovanim z globalnimi vplivi in spremembami, ki zahtevajo konstantno prilagajanje in razumevanje dogajanja okoli nas.

Razvoj družbe in sodobni megatrendi¹ postavljajo področje urejanja in evidentiranja prostora v center dogajanj, kjer bo za doseganje višje blaginje in gospodarske rasti potrebna sprememba v pristopu izrabe naravnih virov in vplivov na okolje.

Evropska komisija pripravlja digitalno strategijo, katera predvideva rešitve, ki postavljajo ljudi na prvo mesto in bodo pomenile nove priložnosti za podjetja, spodbudile razvoj zaupanja vrednih tehnologij, zagotovile odprto in demokratično družbo, omogočile živahno in trajnostno gospodarstvo ter bodo pomagale v boju proti podnebnim spremembam in pri prehodu na zeleno gospodarstvo.

Ravno tako je Evropska komisija za potrebe spremljanja digitalizacije po državah članicah oblikovala sestavljeni indeks digitalnega gospodarstva in družbe (ang. Digital Economy and Society Index (DESI)), kjer se Slovenija trenutno nahaja na 16. mestu.

V Strategiji razvoja Slovenije 2030, je zapisano, da je naš cilj uvrstitev v prvo tretjino držav EU po vseh petih osrednjih sestavinah DESI indeksa.

Dodatno Poročilo o produktivnosti Slovenije (Poročilo o produktivnosti 2020, UMAR) navaja, da digitalizacija zaradi sposobnosti povečanja produktivnosti predstavlja neizogiben in nepovraten proces, pri čemer digitalizacija vse močnejše vpliva na produktivnost in njeno rast. Ter dodatno, da pretežni del koristi izhaja iz digitalno spodbujenih inovacij in novih, kvalitetnejših in drugačnih produktov oz. storitev.

Področje evidentiranja prostora se srečuje z mnogimi izzivi povezanimi z digitalno preobrazbo družbe. Prostor in njegova omejena raba določata velik del družbenega razvoja, zato je poznavanje le-tega in ustrezno prilagajanje z uvedbo sodobnih digitalnih tehnologij v postopke urejanja in evidentiranja prostora nujno potreben proces.

¹ Analitsko podjetje Gartner je v letu 2021 napovedalo deset megatrendov, s katerimi se bomo ukvarjali v prihodnosti: kriza zaupanja, geopolitične turbulence, socialna polarizacija, vse daljša življenjska doba, urbanizacija, gospodarska nestanovitnost, trajnostni razvoj, demokratizacija veselja, poslovni modeli, zasnovani na podatkih in algoritmih ter hitre tehnološke spremembe.

Dodatne zahteve in pogoje pri oblikovanju in načrtovanju prostora predstavlja tudi starajoče se prebivalstvo (stanovanja brez ovir, dostopnost do oskrbovanih storitev), kjer je za izvajanje ustreznih prostorskih politik potrebna večja podrobnost evidentiranih gradenj.

Zgoraj naštetih smernic in vplivov so le delček obširnega dogajanja v naši okolici, na katere se je potrebno odzivati tudi z novimi pristopi v evidentiranju prostora.

1.2.7.2 Strateške usmeritve EU in Slovenije

Splošni nameni uporabe geodetskih podatkov v konceptu GeoBIM, sovpadajo s splošnimi nameni digitalne strategije EU in Strategije razvoja Slovenije 2030 ter sledijo petim strateškim usmeritvam, ki jih je strategija opredelila kot ključne za doseganje osrednjega cilja strategij (kakovostno življenje za vse): visoko produktivno gospodarstvo, učenje za in skozi vse življenje, vključujoča, zdrava, varna in odgovorna družba, ohranjeno zdravo naravno okolje ter visoka stopnja sodelovanja, usposobljenosti in učinkovitosti upravljanja.

1.2.7.3 Nameni in predlogi usmeritev za GURS

Detajlnejša opredelitev namena geodetskih podatkov in zbirk GURS v konceptu GeoBIM pa obsega (vsaj):

- Povezovanje informacijskega modeliranja gradenj (BIM) z geodetskimi podatki in možnostjo uveljavljanja GIS in BIM metod dela pri projektiranju, s čimer tudi GURS dobiva novo vlogo, ki je skladna z navedenimi strategijami.
- Povezovanje procesov načrtovanja in projektiranja stavb s procesi evidentiranja stavb v podatkovnih zbirkah GURS in s tem optimiziranja celotnega procesa gradnje od ideje do evidentirane stavbe.
- Omogočanje 3D podatkovne osnove v zbirkah GURS, ki bodo zasnovane na konceptu GeoBIM z določenimi gradniki² in stopnjo razvitosti modela³, za različne oblike nadaljnjega podatkovnega modeliranja (npr. uporaba v podmodelih⁴ BIM za gradbeno konstrukcijo, strojne inštalacije, itd.).
- Povezovanje zbirk GURS z zbirkami ostalih resorjev, ki zahtevajo 3D geolokacijo z možnostjo nadgradnje lastnih podatkov.
- Napredno poslovno analitiko z nadgrajenimi zbirkami GURS, kot podlago za ukrepe pri urejanju prostora in prostorskem načrtovanju na MOP ter v lokalnih skupnostih.
- Analizo dostopnosti stavb (gradenj) in okolice za invalide, kjer GURS lahko zagotavlja podatkovno osnovo.
- Vzpodbujanje inovacij in dviganje kompetenc (potencialnih) uporabnikov s pomočjo podatkovnih zbirk GURS.

Podrobna opredelitev vseh zgoraj opisanih namenov presega okvir naloge, zato bodo v nadaljevanju naloge razdelane in opisane naslednje vsebine:

- opredelitev procesa vzdrževanja geometrijskih podatkov o stavbah v zbirkah GURS s pomočjo podatkov o načrtovanih gradnjah (eGraditev) in metodami daljinskega zaznavanja,

² Gradnik BIM-modela: Osnovni element gradnje, kot npr. zid, plošča, steber, vrata itd.

³ LOD n – stopnja razvitosti modela (angl. Level of Development, vir: BIM Forum: Level of Development Specification) Stopnja razvitosti modela ali gradnika modela, ki se uporablja za enotno razumevanje informacijskih zahtev v različnih fazah projekta. Razvitost modela je določena z natančnostjo (detajliranostjo) geometrijskih atributov BIM-modela in negeometrijskih atributov (npr. nosilni ali nenosilni zid). Stopnja razvitosti modela je za projektno skupino podatek o minimalni dogovorjeni kakovosti modela.

⁴ BIM-podmodel: Posamezni del BIM-modela, kot npr. podmodel konstrukcijskih gradnikov, podmodel arhitekturnih gradnikov, podmodel strojnih inštalacij, podmodel elektroinštalacij, podmodel priključnih cest (npr. do predora), podmodel komunalne infrastrukture, podmodel okolice objekta itd.

- opredelitev načina in oblike prevzema podatkov iz sistema načrtovanih gradenj za stavbe,
- opredelitev sprememb v podatkovnem modelu stavb v zbirkah GURS, ki bo omogočal boljše evidentiranje stavb ob upoštevanju obstoječega stanja.

1.2.7.4 Cilji

Cilj uporabe geodetskih podatkov iz zbirk GURS v konceptu GeoBIM v okviru te naloge je:

- Zasnovati dopolnjen podatkovni model stavb, ki bo omogočal boljše evidentiranje geometrijskih podatkov stavb, upoštevajoč obstoječe stanje (npr. stanje in aktivnosti na področju evidentiranja etažnih načrtov). Dopolnjen geometrijski model bo upošteval sodobne standarde informacijskega modeliranja stavb (BIM) in bo definiral priporočeno stopnjo razvitosti modela.
- Zasnovati dopolnjen podatkovni model gospodarske javne infrastrukture, upoštevajoč obstoječe stanje in spremembe v podatkih načrtovanih gradenj (eGraditev).
- Zasnovati proces in način (struktura podatkov) vzdrževanja geometrijskih podatkov stavb in gospodarske javne infrastrukture, glede na dopolnjen podatkovni model, z metodami daljinskega zaznavanja in prevzema podatkov iz evidenc načrtovanih gradenj.

Dolgoročni cilj GURS je lahko tudi razmislek o enotnem informacijskem okvirju upravljanja, ki ne bo pokrival le faz evidentiranja, temveč bo združeval vse faze v upravljanju informacij grajenega okolja. Osnovni cilj takšnega informacijskega okvirja upravljanja je mobilizacija (potencialnih) uporabnikov, za bolj ambiciozen pristop k vzpostavitvi digitalne miselnosti in kulture na področju urejanja in evidentiranja prostora.

1.2.8 Področja in načini uporabe geodetskih podatkov v konceptu GeoBIM v Sloveniji

1.2.8.1 Ustvarjanje dodane vrednosti

Pri iskanju področij in načinov uporabe ne gre le za iskanje tehničnega postopka uporabe podatkov, ampak za razmislek o ustvarjanju dodane vrednosti pri reševanju družbenih problemov in gospodarske rasti. Ustvarjanje vrednosti je mogoče na več načinov:

- zmanjšanje operativnih stroškov,
- manjša/optimalnejša poraba virov,
- pospeševanje cikličnega gospodarstva,
- dvig ugleda,
- priporočila uporabe,
- monetizacija (uporabniki, institucije),
- gravitacija / promet uporabnikov,
- ozaveščanje,
- nova znanja,
- itd.

Projekt sicer ni namenjen analizam dodane vrednosti, jih pa lahko najdemo v seznamu literature, gl. npr. interni projekti EuroSDR o vrednosti 3D geopodatkov.

1.2.8.2 Dolgoročna vizija uporabe za javni sektor

Dolgoročno in razvojno geodetski podatki v konceptu GeoBIM v kombinaciji z uporabo različnih senzorjev (tehnologije interneta stvari) prinašajo priložnost izgradnje digitalnih dvojčkov⁵ za neko območje, stavbo ali del stavbe. Primeri uporabe digitalnega dvojčka so opisani v nadaljevanju.

Razvojni potencial in področja uporabe geodetskih podatkov v konceptu GeoBIM je smiselno iskati tudi skozi priporočene smernice razvoja javnega sektorja, ki jih navaja Observatorij za inovacije v javnem sektorju (ang. Observatory for Public Sector Innovation - OPSI) pri OECD, ki v svojem poročilu poudarja tri principe:

- Nevidno v vidno: transparentnost (skozi podatke), ki spodbuja zaupanje in inovacije;
- Odpiranje vrat: večja vključenost participativnih procesov skozi uporabo sodobnih tehnologij in podatkovnih struktur;
- Strojno berljivi svet: digitalna preobrazba na vseh področjih upravljanja.

Konkretno, povezano s konceptom geodetskih podatkov v BIM/GeoBIM se ti principi (lahko) v digitalni preobrazbi družbe odražajo v nastanku novih storitev na različnih področjih, ki obsegajo:

- večjo personalizacijo⁶,
- uvajanje metod igrifikacije⁷ z uporabo prostorskih podatkov kot osnovnega gradnika (npr. ozaveščanje/izobraževanje glede razumevanja problema degradiranih območij),
- nove načine vizualizacije prostorskih podatkov z uporabo sodobnih tehnologij (npr. obogatena, virtualna resničnost),
- vpeljavo sodobnih sistemov participativnosti⁸ za vzdrževanje podatkov in
- podporo (digitalnemu) gospodarstvu (npr. podpora poslovnim logistikam⁹ in izraba novih poslovnih modelov zasnovanih na platformni ekonomiji¹⁰).
- napredna podatkovna analitika z metodami umetne inteligence¹¹

⁵ Digitalni dvojček nadgradi obstoječi BIM/GeoBIM model s podatki, ki opisujejo stanje/dogajanje v gradnji (stavbi) v realnem času. Digitalen dvojček je lahko izveden le na določenem podmodelu GeoBIM modela (npr. podmodel energetika, spremljanje poraba energije v realnem času).

⁶ Personalizacija je definirana, kot dejanje ali postopek prilagajanja nečesa tako, da ustreza posameznikovim specifikacijam, potrebam ali željam. Postopki personalizacije omogočajo, da se analizirajo in filtrirajo široki nabori vsebine in se uporabniku ponudi le tisto, kar ustreza njegovim potrebam glede na čas, lokacijo in kontekst uporabe. Najbolj aktualni primeri personalizacije so povezani z delovanjem priporočilnih sistemov.

⁷ Igrifikacija (ang. Gamification) se nanaša na uporabo elementov iger (npr. točke, lestvice, značke), in tehnik oblikovanja iger (npr. scenarij povezovanja elementov iger v privlačno izkušnjo uporabnika) izven igralnega konteksta s ciljem ustvarjanja dodane vrednosti (npr. pospeševanje gospodarstva, socialni vpliv).

⁸ Participacija zahteva usmerjen proces pridobivanja podatkov različnih skupin uporabnikov, pri čemer morajo pridobljeni podatki skozi različne načine verifikacije. Razvite prakse v procesu uporabe pridobljenih podatkov upoštevajo širok spekter parametrov odločanja, ki so povezani tako s posredovalcem podatkov (npr. ugled uporabnika), kot z samo naravo pridobljenega podatka.

⁹ Poslovna logistika je proces vodenja vseh aktivnosti, ki pospešujejo premikanje materiala in proizvodov od izvora do porabnika. Detajlnejši prostorski podatki omogočajo bolj učinkovito načrtovanje (npr. podpora navigaciji v stavbah).

¹⁰ Ekonomija souporabe, sodelovalna ekonomija, platformna ekonomija: Evropska komisija uporablja termin »sodelovalna ekonomija« za poslovne modele, kjer so dobrine in storitve, ponujene prek sodelovalnih platform, ki jim omogočajo stik s potrošniki.

¹¹V pripravi je Uredba evropskega parlamenta in sveta o določitvi harmoniziranih pravil o umetni inteligenci (akt o umetni inteligenci).

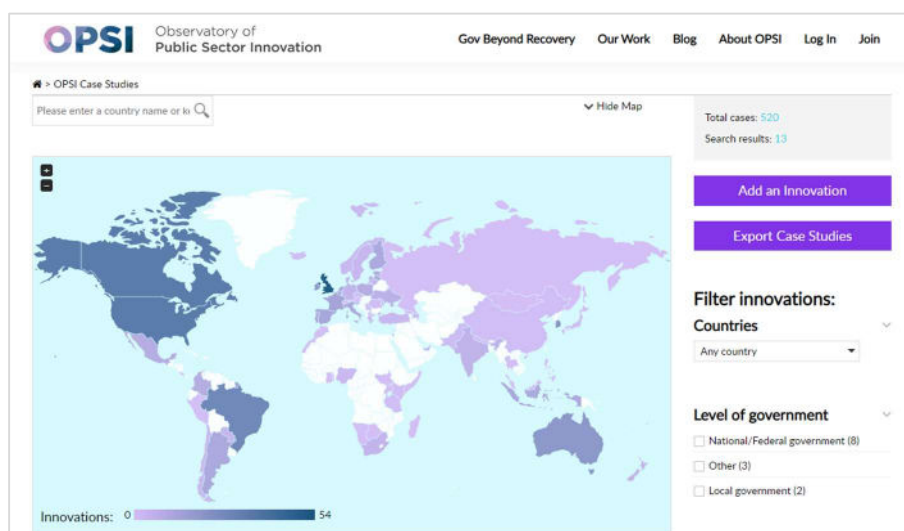
- lažje povezovanje in premagovanje težav v upravljanju ukrepov teritorialnega sodelovanja (npr. povezovanje skozi sheme EEIG¹² in EGTC¹³).

V podporo pospeševanju in razvoju inovacij OPSI ponuja zbirko orodij in zbirko dobrih praks za pospeševanje razvoja inovacij v javnem sektorju.

Zbirka dobrih praks trenutno obsega 520 primerov in se nahaja na naslovu: <https://oecd-opsi.org/innovations>.

Zbirka orodij (ang. OPSI Toolkit Navigator) ponuja brezplačna orodja, priročnike in vodnike, ki omogočajo uporabnikom prepoznati, razviti in udejanjiti potrebna znanja. Ravno tako zbirka orodij nudi podporo pri iskanju začetnega pristopa k inovacijam. Zbirka orodij se nahaja na naslovu: <https://oecd-opsi.org/toolkit-navigator>.

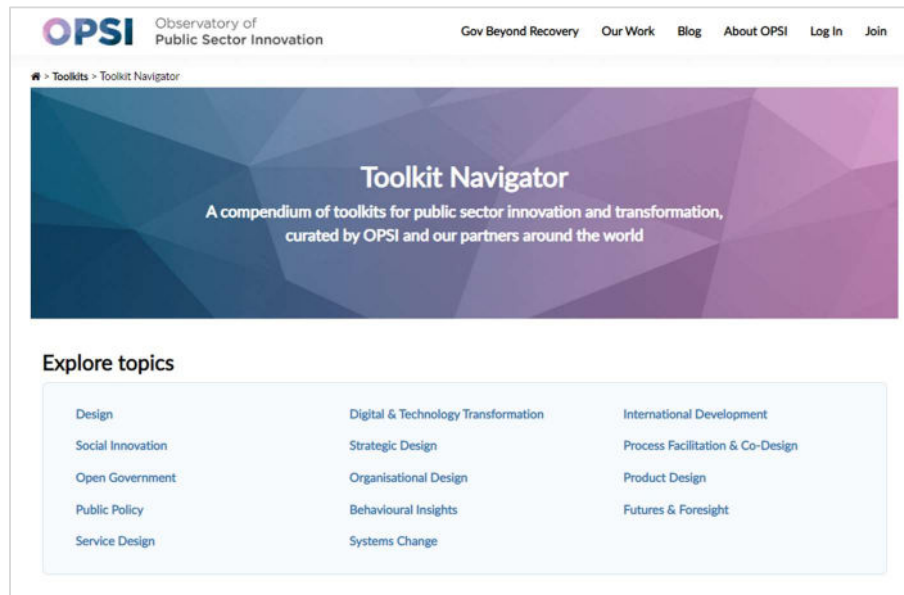
Obe zbirki sta povezani z inovacijsko skupnostjo OPSI, kjer je mogoče stopiti v neposreden stik z inovatorji, ki je sodelovali na izbranem projektu.



Slika 7: Zbirka dobrih praks (vir: https://oecd-opsi.org/case_type/opsi/).

¹² European Economic Interest Grouping (EEIG): je posebna pravna oseba za olajšanje in spodbujanje čezmejnega sodelovanja. Cilj je združiti znanje in vire gospodarskih akterjev iz vsaj dveh držav v Evropski uniji.

¹³ European Group of Territorial Collaboration (EGTC): je evropski pravni instrument, zasnovan za olajšanje in spodbujanje čezmejnega, transnacionalnega in medregionalnega sodelovanja.



Slika 8: Zbirka orodij (vir: <https://oecd-opsi.org/toolkit-navigator/>).

1.2.8.3 Področja uporabe zbirk GURS

Osnovna področja uporabe v tej nalogi izhajajo iz namenov in so:

- Varovanje pravic, dolžnosti lastnikov in upravljalcev stavb ter gospodarske javne infrastrukture (podrobnejše definiranje lege in oblike ter medsebojnih razmerij). Detajlnejše geometrijsko evidentiranje stavb in ostalih geodetskih evidenc odpira nove možnosti npr.: evidentiranje služnosti v 3D, nove metode množičnega vrednotenja, itd.
- Boljše in lažje upravljanje nepremičnin (lahko) obsega napredne funkcije vzdrževanja, kot npr.:
 - povezovanje ostalih sklopov podatkov s posameznimi gradniki modela (npr. investicije, vzdrževalna dela, zasedenost, itd.),
 - možnost nadgradnje modela z detajlnejšimi gradniki (npr. evidentiranje stavbnega pohištva),
 - detajlnejši opis prostorskega obsega najemnih pogodb.
- Pospeševanje procesov digitalne transformacije za vse (gospodarske) panoge, kjer so grajeni objekti del poslovnih procesov, se kažejo predvsem kot podatkovna osnova, ki je lahko nadgrajena z dodatnimi vsebinami (npr. digitalni dvojčki, uporaba v izobraževanju, kulturi).
- Skrb za okolje zaradi detajlnejšega poznavanja stanja okolja in dogajanja v njem se izraža predvsem skozi različne 3D analize, ki jih ponuja nagrajen način evidentiranja.



Slika 9: Zajem podatkov s pomočjo laserskega skeniranja - okolica stavbe (vir: GI, 2021).



Slika 10: Lasersko skeniranje – BIM model notranjosti na osnovi izmerjenih podatkov (vir: GI, 2021).

1.2.8.4 Uporaba digitalnih dvojčkov

Geodetski 3D podatki in podatki BIM so lahko osnova za digitalne dvojčke, ki se hitro uveljavljajo v različnih panogah gospodarstva. V nadaljevanju sta opisana dva primera povezana s prostorom.

1.2.8.5 Nacionalni digitalni dvojček Združenega kraljestva

V Združenem kraljestvu so leta 2018 ustanovili Program nacionalnega digitalnega dvojčka (ang. National Digital Twin programme), katerega cilji so:

- Omogočiti izgradnjo nacionalnega digitalnega dvojčka: ekosistem povezanih digitalnih dvojčkov za pospeševanje boljše izrabe grajenega prostora.
- Omogočiti informacijsko platformo za varno deljenje podatkov in upravljanje informacij.
- Omogočiti okolje za delovanje posameznih delovnih skupin.

Predvideva se, da bodo koristi takšnega pristopa vidne na več področjih:

- socialno: izboljšanje storitev za končnega uporabnika,
- ekonomsko: večja produktivnost, boljša ocena predvidenih posledic,
- poslovno: novi poslovni modeli, nove razvojne priložnosti,
- okoljsko: bistveno boljša poraba virov in manjše obremenjevanje okolja.



Slika 11: Koncept nacionalnega dvojčka Združenega kraljestva zasnovan na informacijskem modeliranju. Vsak izmed sklopov je opredeljen z naborom standardov (vir: Centre for Digital Built Britain; <https://www.cdbb.cam.ac.uk/>).

1.2.8.6 Digitalni dvojčki in gradnja cest z uporabo sekundarnih surovin

Zanimiv je tudi slovenski primer uporabe digitalnega dvojčka pri gradnji ceste (Maribor, demonstracijski odsek 300m) z uporabo sekundarnih surovin, ki je nastal v sodelovanju Zavoda za gradbeništvo Slovenije. Primer se naslanja na projekt CINDARELA, v okviru preučevanja tehnologij, ki lahko izboljšajo krožne poslovne modele v urbanem gradbeništvu.

Primer se osredotoča, gledano podatkovno, tako na modeliranje, kot na načine pridobivanja podatkov v realnem času, za kar uporablja različne metode in oblike senzorjev.

1.2.8.7 Podatkovna jezera in poslovna analitika

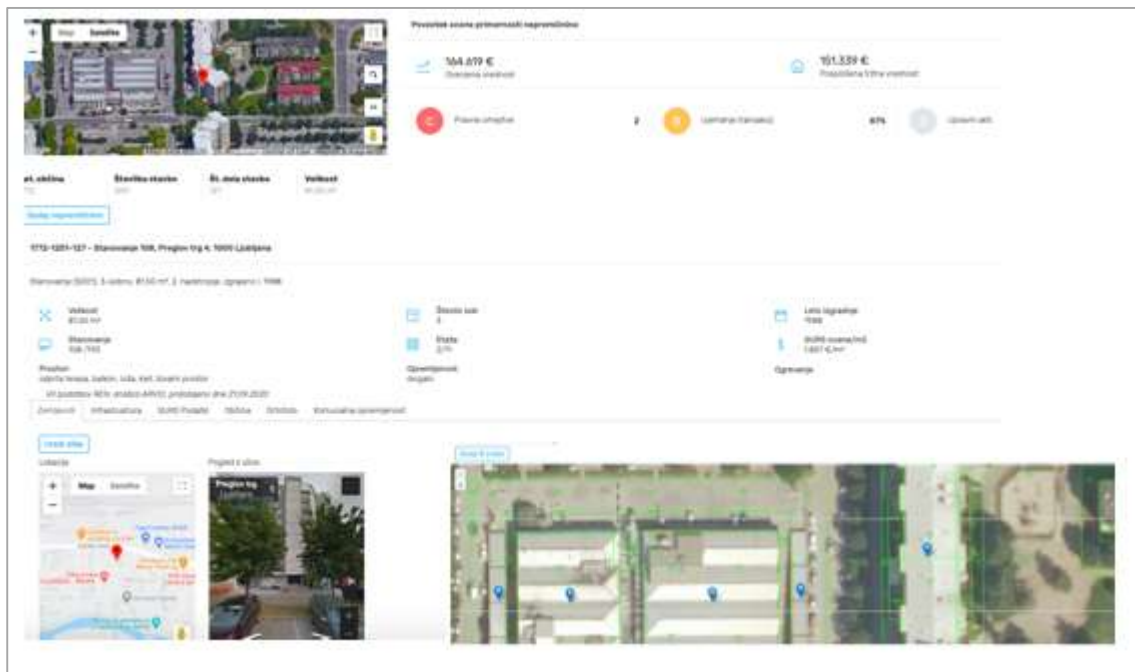
Digitalizacija (prostorskih) podatkov je v svoji začetni fazi sledila analognemu načinu zbiranja podatkov, kjer so definicije, strukture in razlogi za zbiranje podatkov znani v naprej in glede na tako definirane sloje, se podatki polnijo v podatkovnih skladiščih.

Takšna oblika je zelo učinkovita pri znanih poslovnih procesih, kajti visoka struktura in namenski izbor omogočata neposredno poizvedovanje po podatkih. Težave nastanejo, ob povezovanju, kajti samo neposredno poizvedovanje po tako povezanih podatkih ne daje učinkovitih odgovorov.

Pogosto se išče rešitev v vzpostavitvi novih slojev na enak način, ki dolgoročno povečuje stopnjo kompleksnosti in ne rešujejo osnovnega problema. Rešitev se pojavlja v obliki podatkovnih jezer¹⁴.

¹⁴ Podatkovno jezero je centralizirano skladišče podatkov, ki so shranjeni v svoji osnovni obliki. Vsebuje lahko strukturirane in nestrukturirane podatke. Gledano vsebinsko, podatkovna jezera nimajo znane hierarhije, kot je to v primeru podatkovnih skladišč in lahko vsebujejo tako surove (npr. internet stvari, e-pošta, log datoteke, uporabniško generirana vsebina) kot izvedene / obdelane podatke (npr. video/avdio, poročila). Vsaka sestavina ima določen enolični identifikator in množico metapodatkov, ki govorijo o vsebini in kvaliteti. Proces obdelave običajno poteka v dveh korakih: iskanje relevantnih podatkov, (avtomatska) analiza in iskanje odgovorov. V podatkovnih jezerih je razlog za shranjevanje nepoznan in podatki ostanejo v surovi obliki do potrebne uporabe. V podatkovnih skladiščih pa je razlog za shranjevanje podatkov poznan, podatki so že procesirani in pripravljeni za poizvedbe.

Primer uporabe podatkovnega jezera so rešitve namenjene vpogledu v podatke o nepremičninskih poslih (Trgoskop), priprave ocene vrednosti nepremičnine (Arvio Amas) in vodeni virtualni ogled nepremičnine (Arvio VirtualVisit). Rešitve so zasnovane na podatkovnem jezeru, ki združuje različne (prostorske) podatkovne zbirke različnih upravljalcev.



Slika 12: Prikaz podatkov Arvio Amas (vir: <https://www.arvio.si/arvio-amas/>).

1.2.8.8 Vizualizacije in simulacije z uporabo sodobnih tehnologij

Sodobne tehnologije vizualizacije podatkov, kot sta obogatena in virtualna resničnost omogočajo nove načine vizualizacije podatkov, še posebej prostorskih podatkov. Mobilne naprave in specializirani pripomočki (npr. naglavni prikazovalniki, pametna očala) z vgrajenimi senzorji (npr. senzorji za zaznavanje položaja, smeri, hitrosti gibanja) omogočajo vzpostavitev interaktivnega dialoga med uporabnikom in vizualizirano vsebino, kar poenostavlja pregled podatkov v 3D (ni zapletenih ukazov za navigacijo) ter odpira nove možnosti za prikaz povezanih vsebin.

Ministrstvo za okolje in prostor v okviru projekta »Pilotni projekt za implementacijo prostorske in gradbene zakonodaje« na vsebinskem področju »Infrastruktura za prostorske informacije na lokalni, regionalni in državni ravni« razvija mobilno rešitev za vizualizacijo podatkov z uporabo obogatene resničnosti. Aplikacija bo v kombinacijami z evidentiranimi podatki prikazovala predvidene možnosti posegov v prostor, pri čemer bodo uporabljene vse tehnološke možnosti, ki jih ponujajo pametne naprave.



Slika 13: Načrtovana oblika vizualizacije z uporabo obogatene resničnosti (MOP, 2021).

1.3 Zakonodajni okvir za implementacijo GeoBIM (Akt. 1.3)

V poglavju so zbrani deležniki in povzetki regulativnih aktov na področju uvajanja informacijskega modeliranja gradenj.

1.3.1 EUBIM Taskgroup

Delovna skupina EU za informacijsko modeliranje gradenj (ang. EU BIM taskgroup), ki jo podpira Evropska komisija, je med drugim v »Priročnik za uvedbo informacijskega modeliranja gradenj v evropskem javnem sektorju« zapisala, da ima Evropa priložnost za skupno spodbujanje razvoja standardov za uporabo na mednarodnih trgih. To zagotavlja odprto konkurenco v dobavni verigi in odprto izmenjavo informacij prek platform za programsko opremo.

V priročniku ugotavljajo:

Kadar se informacijsko modeliranje gradenj uvede ali opredeli na ravni projekta, organizacije ali države, pogosto ni zadostne jasnosti in skupnega razumevanja glede tega, kje začeti, kaj storiti in v čem se „projekt informacijskega modeliranja gradenj“ razlikuje od „tradicionalnega projekta“.

Kljub skupni opredelitvi se pogosto opaža, da informacijsko modeliranje gradenj različni ljudje različno razumejo. Ni enotnega mednarodnega standarda ali opredelitve dejavnosti, ki naj bi se naročile in izvedle v okviru projekta, da bi se štel za projekt informacijskega modeliranja gradenj. Zelo razširjeno je mnenje, da je informacijsko modeliranje gradenj programska oprema, tridimenzionalni model ali sistem. Ta neskladnost povzroča zmedo in razhajanja med javnimi naročniki in dobavitelji iz zasebnega sektorja, kar ovira uspešno izvajanje.

Priročnik predlaga dva strateška okvirja za skupno uvedbo informacijskega modeliranja gradenj v evropske projekte za javne nepremičnine in javna dela:

- strateški okvir za programe informacijskega modeliranja gradenj pod vodstvom javnega sektorja;
- skupno opredelitev učinkovitosti informacijskega modeliranja gradenj.

V priročniku je tako navedeno:

Programi informacijskega modeliranja gradenj so pobude na področju upravljanja sprememb, ki zahtevajo cilje, vire, ljudi, razvoj, zagon, uspehe in čas. Ta strateški okvir zagotavlja skupni pristop za uvedbo informacijskega modeliranja gradenj v evropskem javnem sektorju.

„Skupna evropska raven učinkovitosti“ je bila namenoma zasnovana tako, da v nobeni državi članici niso potrebne spremembe pravnih okvirov ali pravil. Priporočene dejavnosti se lahko izvedejo na podlagi katere koli strategije ali oblike javnega naročanja ali pogodbe. Priporočila ščitijo pred preveč podrobnimi zahtevami, ki bi lahko povzročile dodatne stroške in potratnost postopka.

1.3.2 Zakonodaja

Gradbeni zakon (GZ-1), ki ga je sprejel Državni zbor Republike Slovenije na seji dne 9. 12. 2021 v četrtem odstavku 39. člena (projektna in druga dokumentacija) omenja informacijsko podprto projektiranje:

*(4) Projektno dokumentacijo izdela projektant ob upoštevanju naročila investitorja, predpisov in strokovnih pravil glede na namen, vrsto, velikost, zmogljivost, predvidene vplive in druge značilnosti objekta. V njej se po načelih integralnega projektiranja, **lahko tudi s pomočjo informacijsko podprtega projektiranja**, z arhitekturnimi, gradbenotehničnimi, krajinsko-arhitekturnimi in drugimi rešitvami določijo lokacijske, funkcionalne, tehnične in oblikovne*

značilnosti objekta tako, da ta zagotavlja skladnost objekta s predpisi, ki urejajo bistvene in druge zahteve, skladnost objekta s prostorskimi akti in predpisi o urejanju prostora in skladnost objekta s predpisi, ki so podlaga za izdajo mnenj, ter omogoča evidentiranje objekta.

V devetem odstavku istega člena pa je zapisana obveza uporabe informacijsko podprtega projektiranja:

*(9) Projektna dokumentacija za objekte iz četrtega odstavka 9. člena tega zakona se izdelava s pomočjo **informacijsko podprtega projektiranja** (BIM orodja).*

V četrtem odstavku 9. člena je zapisan seznam stavb, za katere je potrebno uporabiti informacijsko podprto projektiranje:

(4) Ne glede na prvi odstavek tega člena je ministrstvo pristojno za izdajo dovoljenj, odločb in evidentiranje za naslednje objekte:

1. objekti splošnega družbenega pomena:

- *objekti za športne prireditve, ki so veliki 25 ha ali več oziroma sprejmejo 5.000 obiskovalcev ali več,*
- *objekti za kulturne prireditve, ki sprejmejo 1.500 obiskovalcev ali več,*
- *stavbe državne javne kulturne infrastrukture, ki sprejmejo 500 ali več obiskovalcev hkrati,*
- *vse državne splošne bolnišnice, klinike in specialne bolnišnice pa, če imajo 70 postelj ali več;*

2. objekti, v katerih se izvajajo protokolarne storitve:

- *državni protokolarni objekti,*
- *objekti diplomatskih in konzularnih predstavništev;*

3. objekti, ki so posebnega pomena za varnost države:

- *objekti, v katerih je sedež predsednika Republike Slovenije, Vlade Republike Slovenije, Državnega zbora in ministrstev, pristojnih za zunanje in notranje zadeve ter obrambo in sedež predsednika Vrhovnega sodišča Republike Slovenije,*
- *objekti, ki so posebnega pomena za obrambo,*
- *objekti, ki so posebnega pomena za policijo;*

4. industrijske stavbe in gradbeni kompleksi:

4.1 elektrarne z nazivno električno močjo nad 10 MW,

4.2 objekti kemične industrije:

- *rafinerije,*
- *objekti za proizvodnjo, uporabo in skladiščenje razstreliva, smodnika in drugih eksplozivnih snovi,*

4.3 skladišča in rezervoarji:

- *skladišča zelo lahkih vnetljivih tekočin, lahkih vnetljivih tekočin, vnetljivih tekočin, gorljivih plinov, oksidantov ali snovi, ki lahko eksplodirajo z zmogljivostjo 5.000 m³ ali več,*
- *skladišča dizelskega goriva in ekstra lahkega kurilnega olja z zmogljivostjo 20.000 m³ ali več,*
- *objekti za skladiščenje državnih blagovnih rezerv;*

5. objekti prometne infrastrukture:

5.1 ceste s pripadajočimi objekti:

- *avtoceste (AC) in hitre ceste (HC), glavne ceste I. in II. reda (G1 in G2),*
- *bencinski servisi in oskrbni objekti ob avtocestah in hitrih cestah,*

5.2 glavne in regionalne železniške proge s pripadajočimi objekti in železniške postaje I. reda,

5.3 letališča s pripadajočimi objekti:

- *objekti letališke infrastrukture na javnih letališčih, namenjenih mednarodnemu zračnemu prometu, in letališčih, na katerih deluje slovenska vojska oziroma Organizacija Severnoatlantske pogodbe (NATO),*
- *infrastruktura navigacijskih služb zračnega prometa, razen nezahtevnih objektov;*

5.4 pristanišča, namenjena mednarodnemu javnemu prometu, s pripadajočo pristaniško infrastrukturo,

5.5 mejni prehodi;

6. cevovodi in elektroenergetski vodi:

- *naftovodi s premerom 300 mm ali več s pripadajočimi funkcionalnimi objekti,*
- *plinovodi z obratovalnim tlakom, višjim od 16 barov, s pripadajočimi funkcionalnimi objekti,*
- *elektroenergetski vodi napetosti 110 kV in več s pripadajočimi funkcionalnimi objekti;*

7. vodni objekti:

- *velike pregrade,*
- *jezovi s konstrukcijsko višino 15 m ali več in dolžino krone 200 m ali več,*
- *pregrade konstrukcijske višine 25 m ali več in dolžine krone 200 m ali več,*
- *visokovodni nasipi celinskih voda, dolgi 2.000 m ali več,*
- *visokovodni nasipi morja, dolgi 500 m ali več;*

8. odlagališča radioaktivnih odpadkov;

9. jedrski in sevalni objekti, razen objektov za potrebe zdravstva in veterine;

10. drugi objekti, za katere je s posebnim predpisom za izdajo gradbenega dovoljenja določena pristojnost ministrstva.

1.3.3 Standard ISO 19650

Standard ISO 19650 je mednarodni standard za upravljanje informacij skozi celoten življenjski cikel gradnje z uporabo informacijskega modeliranja stavb (BIM). Vsebuje več delov, ki so sprejeti tudi v slovenski standardizaciji.

SIST EN ISO 19650-1:2019: Organizacija in digitalizacija informacij v gradbeništvu - Upravljanje informacij z BIM - 1. del: Pojmi in načela

Dokument je prvi del mednarodnega standarda za upravljanje informacij z BIM. Določa pojme in načela za uspešno upravljanje informacij na ravni zrelosti, opisano kot »BIM v skladu s standardom ISO 19650«. Ta standard se uporablja za celoten življenjski cikel zgrajenega sredstva, vključno z začetnim projektiranjem in gradnjo, vsakodnevnim delovanjem, vzdrževanjem, obnovo, popravilom in koncem življenjskega cikla. Pojmi in načela, ki jih vsebuje ta del standarda, so namenjeni vsem vpletenim v

življenjski cikel sredstva. To med drugim vključuje lastnika, upravljavca, vodjo sredstev, skupino za projektiranje, dobavno verigo pri gradnji, proizvajalce opreme, strokovnjake za sisteme, oblikovalce politik in regulatorje. Pojmi, načela in zahteve iz vseh delov tega standarda so lahko bolj podrobno pojasnjeni v nacionalnem predgovoru, ki ga pripravi vsak nacionalni organ za standarde. Ta mednarodni standard naj se razvija vzporedno s CEN.

SIST EN ISO 19650-2:2019 Organizacija in digitalizacija informacij v gradbeništvu - Upravljanje informacij z BIM - 2. del: Faza načrtovanja in izvedbe gradbenega projekta

Dokument je del skupine mednarodnih standardov za upravljanje informacij z BIM in se posebej osredotoča na fazo načrtovanja in izvedbe gradbenega projekta, kjer se večina grafičnih modelov, strukturiranih podatkov in dokumentacije, s skupnim imenom informacijski model, pridobiva skozi celotno fazo načrtovanja in izvedbe. Začeni na točki, ko stranka prepozna potrebo za zagon projekta za gradnjo, vzdrževanje, obnovo ali izločitev sredstva, ta dokument opredeljuje dejavnosti in naloge, ki so potrebne za uspešno izvajanje tega mednarodnega standarda. V praksi je veliko različnih sistemov za načrtovanje in izvedbo, poti naročanja in pogodbenih dogovorov, izmed katerih stranke običajno izberejo enega ali več, ki najbolj ustrezajo posebnim zahtevam njihovega projekta, npr. načrtovanje-ponudbe-gradnja, načrtovanje-gradnja, EPC (inženirstvo-nabava-gradnja), zavezništvo, partnerstvo itd. Posledično se lahko vloge, postopki, procesi, dejavnosti ali naloge, opisane v tem dokumentu, razlikujejo ali so drugačne od dejanskih projektov, odvisno od sistemov za načrtovanje in izvedbo, števila in vrste dobavnih verig, poti naročanja, pogodbenih dogovorov itd. Vendar pa naj bi pojme in načela, opisane ali opredeljene v tem dokumentu, ustrezno sprejeli in uporabljali, pri tem pa upoštevali posebne okoliščine in zahteve zadevnega projekta. EIR naj bi določal ali usmerjal, kako bo to doseženo v projektu. Na splošno naj bi se pogodbene stranke ter člani projekta in ekip za načrtovanje in izvedbo pravočasno dogovorili o podrobnostih.

SIST EN ISO 19650-3:2020 Organizacija in digitalizacija informacij v gradbeništvu - Upravljanje informacij z BIM - 3. del: Obratovalna faza gradenj

Standard določa zahteve za upravljanje informacij v zvezi z delovanjem in vzdrževanjem gradenj (zgradbe in infrastrukture). Zajema postopke upravljanja informacij za: vzpostavitev strukture in slovarja podatkov gradnje, vzpostavitev in izpolnjevanje zahteve deležnikov po informacijah v celotni fazi delovanja itd.

Dokument omogoča posameznim strankam (npr. lastnikom, upravljalcev stavb) da določijo svoje zahteve po informacijah v fazi operativnega delovanja gradnje. Ravno tako posameznim strankam zagotavlja zasnovo za zagotavljanje ustreznega informacijskega okolja za sodelovanje za izpolnjevanje lastnih poslovnih ciljev.

SIST EN ISO 19650-5:2020 Organizacija in digitalizacija informacij v gradbeništvu - Upravljanje informacij z BIM - 5. del: Varnostni pristop k upravljanju informacij

Dokument je del skupine mednarodnih standardov za upravljanje informacij z BIM in se osredotoča na zahteve za varnostno usmerjeno upravljanje projektov, ki uporabljajo digitalne tehnologije, povezane nadzorne sisteme, na primer sisteme za upravljanje gradenj, digitalno zgrajeno okolje in pametno upravljanje sredstev.

1.3.4 Slovenski inštitut za standardizacijo

Slovenski inštitut za standardizacijo (SIST) je slovenski nacionalni organ, ki skrbi za področje priprave in sprejemanja neobveznih standardizacijskih dokumentov in zastopa interese Slovenije v

mednarodnih (ISO in IEC) in evropskih organizacijah (CEN, CENELEC, ETSI), katerih polnopravni član je. SIST omogoča enakopravno vključevanje vseh zainteresiranih v standardizacijske aktivnosti. Tako je omogočeno soustvarjanje evropske in mednarodne standardizacije (vir: <https://www.sist.si/o-sist/predstavitev-sist.html>).

Uporaba standardov v moderni družbi omogoča preglednost in združljivost rezultatov dela posameznih faz v nastanku proizvoda oziroma storitve in njihove poti do uporabnika.

V sodobnem svetu so standardi nujni pri racionaliziranju proizvodnje in storitev in odpravljajo marsikatero nepotrebno oviro v trgovini. V standardih lahko najdemo tehnične specifikacije in druga natančna merila, ki se pogosto uporabljajo kot pravila, navodila, preskusni postopki ali definicije ter kot trenutno uveljavljeno stanje tehnike predstavljajo tudi osnovo za nov razvoj (vir: <https://www.sist.si/standardizacija>).

V okviru inštituta deluje tehnični odbor »BIM – Informacijsko modeliranje gradenj«, ki pripravlja dokumente standardizacije. Trenutno je na področju informacijskega modeliranja gradenj sprejeta standardizacija:

1	<p><u>SIST-TP CEN/TR 17439:2020</u> Organizacija: SIST Tuja referenčna oznaka: CEN/TR 17439:2020 angleško: Guidance on how to implement EN ISO 19650-1 and -2 in Europe slovensko: Navodila za izvajanje EN ISO 19650-1 in EN ISO 19650-2 v Evropi TC: BIM - Informacijsko modeliranje gradenj /CS: 91.010.01 35.240.67 Stopnja: 6060 Status: Objavljen Objavljen: 01-okt-2020</p>
2	<p><u>SIST-TP CEN/TR 17654:2021</u> Organizacija: SIST Tuja referenčna oznaka: CEN/TR 17654:2021 angleško: Guideline for the implementation of BIM Execution Plans (BEP) and Exchange Information Requirements (EIR) on European level based on EN ISO 19650-1 and -2 slovensko: Smernica za izvajanje načrtov za izvedbo BIM-pristopa (BEP) in informacijskih zahtev naročnika (EIR) na evropski ravni na podlagi EN ISO 19650-1 in EN ISO 19650-2 TC: BIM - Informacijsko modeliranje gradenj /CS: 91.010.01 35.240.67 Stopnja: 6060 Status: Objavljen Objavljen: 01-okt-2021</p>
3	<p><u>SIST EN ISO 23386:2020</u> Organizacija: SIST Tuja referenčna oznaka: EN ISO 23386:2020 angleško: Building information modelling and other digital processes used in construction - Methodology to describe, author and maintain properties in interconnected data dictionaries (ISO 23386:2020) slovensko: Informacijsko modeliranje gradenj in drugi digitalni procesi v gradbeništvu - Metodologija za opisovanje, vzpostavitev in vzdrževanje atributov v medsebojno povezanih podatkovnih slovarjih (ISO 23386:2020) TC: BIM - Informacijsko modeliranje gradenj /CS: 91.010.01 35.240.67 Stopnja: 6060 Status: Objavljen Objavljen: 01-jun-2020</p>
4	<p><u>SIST EN ISO 23387:2020</u> Organizacija: SIST Tuja referenčna oznaka: EN ISO 23387:2020 angleško: Building Information Modelling (BIM) - Data templates for construction objects used in the life cycle of any built asset - Concepts and principles (ISO 23387:2020) slovensko: Informacijsko modeliranje gradenj (BIM) - Podatkovne predloge za gradnike, ki se uporabljajo v življenjskem ciklu gradbenega objekta - Pojmi in načela (ISO 23387:2020) TC: BIM - Informacijsko modeliranje gradenj /CS: 13.020.60 91.010.01 35.240.67 Stopnja: 6060 Status: Objavljen Objavljen: 01-okt-2020</p>
5	<p><u>SIST EN ISO 12006-2:2020</u> Organizacija: SIST Tuja referenčna oznaka: EN ISO 12006-2:2020</p>

	<p><i>angleško:</i> Building construction - Organization of information about construction works - Part 2: Framework for classification (ISO 12006-2:2015) <i>slovensko:</i> Gradnja objektov - Organizacija informacij v gradbeništvu - 2. del: Okviri za klasifikacijo (ISO 12006-2:2015) TC: BIM - Informacijsko modeliranje gradenj /CS: 35.240.67 91.010.01 Stopnja: 6060 Status: Objavljen Objavljen: 01-apr-2020</p>
6	<p><u>SIST EN ISO 12006-3:2016</u> Organizacija: SIST Tuja referenčna oznaka: EN ISO 12006-3:2016 <i>angleško:</i> Building construction - Organization of information about construction works - Part 3: Framework for object-oriented information (ISO 12006-3:2007) <i>slovensko:</i> Gradnja objektov - Organizacija podatkov o gradbenih delih - 3. del: Okvirna struktura objektno orientiranih podatkov (ISO 12006-3:2007) TC: BIM - Informacijsko modeliranje gradenj /CS: 35.240.67 91.010.01 Stopnja: 6060 Status: Objavljen Objavljen: 01-dec-2016</p>
7	<p><u>SIST EN ISO 16739-1:2020</u> Organizacija: SIST Tuja referenčna oznaka: EN ISO 16739-1:2020 <i>angleško:</i> Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries - Part 1: Data schema (ISO 16739-1:2018) <i>slovensko:</i> Industry Foundation Classes (IFC) za izmenjavo podatkov na področju gradbeništvu in upravljanja objektov - 1. del: Shema podatkov (ISO 16739-1:2018) - Opomba: CD-ROM TC: BIM - Informacijsko modeliranje gradenj /CS: 35.240.67 25.040.40 Stopnja: 6060 Status: Objavljen Objavljen: 01-jun-2020</p>
8	<p><u>SIST EN ISO 16757-1:2019</u> Organizacija: SIST Tuja referenčna oznaka: EN ISO 16757-1:2019 <i>angleško:</i> Data structures for electronic product catalogues for building services - Part 1: Concepts, architecture and model (ISO 16757-1:2015) <i>slovensko:</i> Podatkovne strukture digitalnih knjižnic gradnikov stavbnih sistemov - 1. del: Koncepti, arhitektura in model (ISO 16757-1:2015) TC: BIM - Informacijsko modeliranje gradenj /CS: 35.240.67 91.010.01 Stopnja: 6060 Status: Objavljen Objavljen: 01-sep-2019</p>
9	<p><u>SIST EN ISO 16757-2:2019</u> Organizacija: SIST Tuja referenčna oznaka: EN ISO 16757-2:2019 <i>angleško:</i> Data structures for electronic product catalogues for building services - Part 2: Geometry (ISO 16757-2:2016) <i>slovensko:</i> Podatkovne strukture digitalnih knjižnic gradnikov stavbnih sistemov - 2. del: Geometrija (ISO 16757-2:2016) TC: BIM - Informacijsko modeliranje gradenj /CS: 35.240.67 91.010.01 Stopnja: 6060 Status: Objavljen Objavljen: 01-sep-2019</p>
10	<p><u>SIST EN 17412-1:2021</u> Organizacija: SIST Tuja referenčna oznaka: EN 17412-1:2020 <i>angleško:</i> Building Information Modelling - Level of Information Need - Part 1: Concepts and principles <i>slovensko:</i> Informacijsko modeliranje gradenj - Raven informacijskih potreb - 1. del: Pojmi in načela TC: BIM - Informacijsko modeliranje gradenj /CS: 91.010.01 35.240.67 Stopnja: 6060 Status: Objavljen Objavljen: 01-feb-2021</p>
11	<p><u>SIST EN ISO 19650-1:2019</u> Organizacija: SIST Tuja referenčna oznaka: EN ISO 19650-1:2018 <i>angleško:</i> Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) - Information management using building information modelling - Part 1: Concepts and principles (ISO 19650-1:2018) <i>slovensko:</i> Organizacija in digitalizacija informacij v gradbeništvu - Upravljanje informacij z BIM - 1. del: Pojmi in načela (ISO 19650-1:2018)</p>

	<p>TC: BIM - Informacijsko modeliranje gradenj /CS: 91.010.01 35.240.67 Stopnja: 6060 Status: Objavljen Objavljen: 01-mar-2019</p>
12	<p><u>SIST EN ISO 19650-2:2019</u> Organizacija: SIST Tuja referenčna oznaka: EN ISO 19650-2:2018 angleško: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) - Information management using building information modelling - Part 2: Delivery phase of the assets (ISO 19650-2:2018) slovensko: Organizacija in digitalizacija informacij v gradbeništvu - Upravljanje informacij z BIM - 2. del: Faza načrtovanja in izvedbe gradbenega projekta (ISO 19650-2:2018) TC: BIM - Informacijsko modeliranje gradenj /CS: 91.010.01 35.240.67 Stopnja: 6060 Status: Objavljen Objavljen: 01-mar-2019</p>
13	<p><u>SIST EN ISO 19650-3:2020</u> Organizacija: SIST Tuja referenčna oznaka: EN ISO 19650-3:2020 angleško: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) - Information management using building information modelling - Part 3: Operational phase of the assets (ISO 19650-3:2020) slovensko: Organizacija in digitalizacija informacij v gradbeništvu - Upravljanje informacij z BIM - 3. del: Obratovalna faza sredstev (ISO 19650-3:2020) TC: BIM - Informacijsko modeliranje gradenj /CS: 91.010.01 35.240.67 Stopnja: 6060 Status: Objavljen Objavljen: 01-okt-2020</p>
14	<p><u>SIST EN ISO 19650-5:2020</u> Organizacija: SIST Tuja referenčna oznaka: EN ISO 19650-5:2020 angleško: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) - Information management using building information modelling - Part 5: Security-minded approach to information management (ISO 19650-5:2020) slovensko: Organizacija in digitalizacija informacij v gradbeništvu - Upravljanje informacij z BIM - 5. del: Varnostni pristop k upravljanju informacij (ISO 19650-5:2020) TC: BIM - Informacijsko modeliranje gradenj /CS: 91.010.01 35.240.67 Stopnja: 6060 Status: Objavljen Objavljen: 01-okt-2020</p>
15	<p><u>SIST EN ISO 21597-1:2020</u> Organizacija: SIST Tuja referenčna oznaka: EN ISO 21597-1:2020 angleško: Information container for linked document delivery - Exchange specification - Part 1: Container (ISO 21597-1:2020) slovensko: Informacijski vsebnik za izročitev povezanih dokumentov - Specifikacija za izmenjavo - 1. del: Vsebnik (ISO 21597-1:2020) TC: BIM - Informacijsko modeliranje gradenj /CS: 91.010.01 35.240.67 Stopnja: 6060 Status: Objavljen Objavljen: 01-jul-2020</p>
16	<p><u>SIST EN ISO 21597-2:2021</u> Organizacija: SIST Tuja referenčna oznaka: EN ISO 21597-2:2020 angleško: Information container for linked document delivery - Exchange specification - Part 2: Link types (ISO 21597-2:2020) slovensko: Informacijski vsebnik za izročitev povezanih dokumentov - Specifikacija za izmenjavo - 2. del: Vrste povezav (ISO 21597-2:2020) TC: BIM - Informacijsko modeliranje gradenj /CS: 91.010.01 35.240.67 Stopnja: 6060 Status: Objavljen Objavljen: 01-feb-2021</p>
17	<p><u>SIST EN ISO 29481-1:2017</u> Organizacija: SIST Tuja referenčna oznaka: EN ISO 29481-1:2017 angleško: Building information models - Information delivery manual - Part 1: Methodology and format (ISO 29481-1:2016) slovensko: Informacijski modeli stavb - Priročnik z informacijami - 1. del: Metodologija in oblika (ISO 29481-1:2016)</p>

	TC: BIM - Informacijsko modeliranje gradenj /CS: 35.240.67 91.010.01 Stopnja: 6060 Status: Objavljen Objavljen: 01-dec-2017
18	SIST EN ISO 29481-2:2016 Organizacija: SIST Tuja referenčna oznaka: EN ISO 29481-2:2016 angleško: Building information models - Information delivery manual - Part 2: Interaction framework (ISO 29481-2:2012) slovensko: Informacijski modeli stavb - Priročnik z informacijami - 2. del: Okvirni podatki o medsebojnem vplivanju (ISO 29481-2:2012) TC: BIM - Informacijsko modeliranje gradenj /CS: 35.240.67 91.010.01 Stopnja: 6060 Status: Objavljen Objavljen: 01-dec-2016

Zaradi vsebine naloge je smiselno posebej izpostaviti standard, ki opisuje temeljne industrijske razrede.

SIST EN ISO 16739-1:2020 – Temeljni industrijski razredi (IFC) za izmenjavo podatkov na področju gradbeništva in upravljanja objektov (ISO 16739-1:2018)

Standard ISO 16739:2013 določa konceptualno podatkovno shemo in format za izmenjavo datotek za podatke o informacijskem modelu stavbe (BIM). Konceptualna shema je opredeljena v jeziku za specifikacijo podatkov EXPRESS. Skladno s konceptualno shemo standardni format za izmenjavo in deljenje podatkov kodira strukturo za izmenjavo v obliki čistopisa. Drugi formati za izmenjavo datotek se lahko uporabljajo, če so skladni s konceptualno shemo. Standard ISO 16739:2013 predstavlja odprti mednarodni standard za podatke BIM, ki se izmenjujejo in delijo med aplikacijami, ki jih uporabljajo različni uporabniki v okviru gradnje stavbe ali upravljanja objekta. Standard ISO 16739:2013 je sestavljen iz podatkovne sheme, ki je predstavljena kot specifikacija sheme EXPRESS, in referenčnih podatkov, ki so predstavljeni kot opredelitve imen lastnosti in količin ter opisi. Podskupina podatkovne sheme in referenčnih podatkov se imenuje opredelitev modela pogleda. Posebna opredelitev modela pogleda je opredeljena za podporo enega ali več potrjenih potekov dela v gradbenem sektorju in sektorju upravljanja objekta. Vsak potek dela določa zahteve za izmenjavo podatkov za aplikacije. Skladne aplikacije morajo prepoznati opredelitev modela pogleda, s katerim so skladne. Področje uporabe standarda ISO 16739:2013 zajema naslednje: Opredelitve formata za izmenjavo podatkov BIM, ki so potrebne med različnimi fazami življenjskega cikla stavb: prikaz potrebe; zasnova potrebe; izvedljivost osnutka; širša študija izvedljivosti osnutka in finančni organ za financiranje osnutka; konceptualna zasnova osnutka; celotna konceptualna zasnova; koordinirana zasnova; finančni organ za dobavo in skupni finančni organ; informacije o izdelku; gradnja; delovanje in vzdrževanje; Opredelitve formata za izmenjavo podatkov BIM, ki jih zahtevajo različne discipline, ki so vključene v različne faze življenjskega cikla: arhitektura; gradbene storitve; konstrukcijsko inženirstvo; nabava; načrtovanje gradnje; upravljanje objekta; vodenje projekta; upravljanje zahtev naročnika; gradbeni organ za dovoljenja in odobritev; Opredelitve formata za izmenjavo podatkov BIM, vključno s: strukturo projekta; fizičnimi komponentami; prostorskimi komponentami; elementi za analizo; postopki, viri, nadzorom; udeleženci; opredelitvijo konteksta; Naslednji elementi ne spadajo na področje uporabe standarda ISO 16739:2013: opredelitve formata za izmenjavo, ki ne spadajo na področje gradbeništva in upravljanja objekta; struktura projekta in razdelitev struktur na komponente, ki ne spadajo na gradbeno področje; vedenjski vidiki komponent in druge informacije.

1.3.5 siBIM

Slovensko združenje za informacijsko modeliranje gradenj, ki združuje organizacije in posameznike, na področju informacijskega modeliranja objektov grajenega okolja, v svojem akcijskem planu poudarja predvsem področja, ki opredeljujejo BIM model in BIM proces.

V okviru združenja so bila izoblikovana priporočila, združena v deset skupin:

1. Sodelovanje
2. Vzpodbuda in dobre prakse
3. Standardi in splošne prakse
4. Zakonodaja in zavarovanje
5. Izmenjava informacij
6. Promocija in izobraževanje
7. Digitalizacija in podpora ponudnikom BIM-rešitev
8. Upravljanje s tveganji
9. Globalna konkurenčnost

Skupina »**Standardi in splošne prakse**« obsega iniciativo »Določiti standarde izdelave in splošne prakse« z aktivnostmi, ki so:

- Ustanovitev tehničnega odbora SIST CEN/TC 442, ISO TC 59 in aktivno sodelovanje pri delu CEN/TC 442.
- Sodelovanje z organizacijo buildingSMART International na področju razvoja in uvajanja BIM standardov.
- SIST TC BIM bo izdal SIST EN standard z metodo prevoda celotnega besedila.
- Izdelava referenčnega dokumenta, ki določa enotni BIM standard, metodologijo, konvencije in zahtevane stopnje razvitosti, tako da ga je mogoče enostavneje uporabiti za različne projekte z razumnimi prilagoditvami.
- Izdelava referenčnega dokumenta, ki ponuja navodila za implementacijo BIM na določeni projektni ravni skozi celotni življenjski cikel projekta. Dokument vsebuje smernice za pripravo projektne naloge (EIR) in BIM izvedbenega načrta (BEP), spremljanje gradnje ter vzdrževanje in upravljanje objekta z uporabo BIM.
- Določitev družine BIM-postavk in njihovih lastnosti za predizmere in analizo. Cilj ni razviti lastne knjižnice elementov na tem področju. V okviru združenja siBIM promovirati BIM-gradnike slovenskih proizvajalcev.
- Povezovanje standardov in splošnih praks Slovenije s strokovnjaki iz drugih regij.
- Izdelava nacionalnega klasifikacijskega sistema za uporabo pri popisih del oziroma smiselna uporaba rešitev iz tujine.

Dodatno, vpogled v skupino »**Zakonodaja in zavarovanje**« obsega iniciativo »Pregledati prakse javnega naročanja in pogodbeno določila« ter »Pregledati pravice intelektualne lastnine in lastništvo podatkov«.

Aktivnostmi iniciative »Pregledati prakse javnega naročanja in pogodbeno določila« so:

- Pregled posameznih veljavnih pogodb, sistemov naročanja in obsega del, da bi se omogočila združena uporaba BIM med različnimi stranmi gradbenega projekta.
- Pregled standarda merilnih metod in povezovanje z BIM.
- Določitev obsega BIM-podatkov, ki jih je potrebno vključiti v gradbeno pogodbo.
- Določitev ustrezne klavzule za vključitev BIM-podatkov in modelov v gradbeno pogodbo.
- Pregled trenutne prakse javnega naročanja, odobritev in plačilnih postopkov za dela v teku.
- Formuliranje in vzpostavljanje smernic za naročanje BIM storitev, vključno z obsegom storitev, opisom rezultatov za vsako stopnjo, določili in pogoji, strukturo obračuna in roki plačil itd.
- SIST predlaga pripravo nacionalnih standardizacijskih dokumentov - SIST TS - tehnična specifikacija za naročanje BIM storitev.

Aktivnostmi iniciative »Pregledati pravice intelektualne lastnine in lastništvo podatkov« so:

- Revizija pravnih načel, ki urejajo pravice intelektualne lastnine (IL) in kako se le-ta nanašajo na informacije v BIM okolju.
- Revizija lastništva nad podatki in informacijami in njihove izmenjave.
- Revizija lastništva in uporabe kot tudi odgovornosti, ki
- lahko vpliva na zavarovalne police.

1.3.6 Inženirska zbornica Slovenije

Inženirska zbornica Slovenije je izdala »Priročnik za pripravo projektne naloge za implementacijo BIM-pristopa za gradnje«. V namenu dokumenta so zapisali, da je dokument namenjen naročnikom investicij s področja gradenj, ki v projektno nalogo vključujejo BIM-pristop. Priporočila, ki so navedena v priročniku, je treba prilagoditi specifičnim zahtevam projekta in služijo zgolj kot pomoč pri načrtovanju implementacije BIM-pristopa v projektu.

Priročnik povzema vsebine iz različnih nacionalnih smernic, ki so prilagojene na osnovi izkušenj iz pilotnih BIM-projektov, ki so bili izvedeni v Sloveniji.

2 METODOLOGIJA PRILAGODITVE GEODETSKIH PODATKOV IN PROCESOV – PODPORA KONCEPTU GEOBIM (DP2)

Za izdelavo učinkovite metodologije integracije geodetskih podatkov in podatkov BIM v koncept GeoBIM je ključnega pomena opredelitev značilnosti podatkov, ki jih želimo pridobiti z integracijo. (Noardo, 2021). Pri oceni možnosti integracije prostorskih podatkov se mora upoštevati več podatkovnih značilnosti oz. ravni: semantično, shematsko, strukturno, sintaktično in geometrijsko. Vsako predstavlja skupek parametrov, katere ocenjujemo posamezno in na osnovi katerih se poda ocena možnosti integracije.

Pri integraciji različnih prostorskih podatkov v koncept GeoBIM z vidika geometrije je potrebno analizirati njihovo geometrijsko natančnost in generalizacijo. Preučiti je treba tudi, na kakšen način je geometrija predstavljena, modelirana in shranjena (vektor, raster, trdno telo, voksel, inp.). 3D modeli mest običajno uporabljajo t.im. eksplicitno geometrijo s predstavitvijo robov, medtem ko BIM uporablja implicitno parametrično modelirano geometrijo. Poleg tega je potrebno preučiti tudi topologijo, georeferenciranost in merske enote prostorskih podatkov, ki jih želimo integrirati.

Z vidika semantike je potrebno upoštevati raznovrstnost podatkov z vidika njihovih entitet, razredov, atributov in šifrantov, z vidika strukture podatkov pa predvsem njihovo hierarhijo.

Pri oceni možnosti za integracijo prostorskih podatkov so pomembni tudi sintaktični parametri, ki označujejo ali so podatki medsebojno skladni na ravni formatov zapisa (GML, JSON, TIFF, SHP, ASCII itd.)

Na osnovi rezultatov analize podatkov po vseh navedenih ravneh in pripadajočih parametrih lahko podamo oceno možnosti integracije prostorskih podatkov od 0 do 4:

- 0 = podatkov ni mogoče uporabiti za integracijo
- 1 = podatki morajo biti predhodno dopolnjeni s kompleksno obdelavo, in/ali obogatitja podatkov
- 2 = podatki morajo biti predhodno obdelani, da se ustrezno posplošijo
- 3 = potrebno je uporabiti pretvorbo
- 4 = podatke je mogoče uporabiti takšne kot so

Oceno o učinkovitosti združevanja zbirk podatkov je mogoče opraviti tudi s primerjavo informacij o geografskem obsegu, časovnem okviru in področju uporabe, kot je razvidno iz spodnje slike (Noardo, 2021).

2D/3D Geometrijska/prostorska razširitev	1 - Ločeno	2 - Dotikajoče	3 - Prekrivajoče ali vsebovano	4 - Identično
Obseg/semantična pokritost				
A - Razdruženo ali dotikajoče npr. drevesa - stavba	A1 	A2 	A3 	A4
npr. stavba - ceste				
B - Prekrivajoče ali vsebovano npr. mesto - gradnja stavbe	B1 	B2 	B3 	B4
npr. mesto - stavba				
C - Identično npr. stavba - stavba	C1 	C2 	C3 	C4

Legenda

	Integracija podatkov ni možna		Možna obogatitev podatkov s tehnikami sklepanja
	Integracija podatkov s slabšo semantiko in geometrijo		Možno izboljšanje podatkov s tehnikami sklepanja
	Integracija podatkov je podobna originalnim		Možna obogatitev in izboljšanje podatkov s tehnikami sklepanja
	Integracija podatkov z bogatejšo semantiko in geometrijo		
	Integracija podatkov z izboljšano semantiko in geometrijo		
	Integracija podatkov z bogatejšo in izboljšano semantiko in geometrijo		

Slika 14: Pregled možnega povezovanja podatkov na podlagi prostorskih in logičnih povezav med geografskim obsegom in semantično pokritostjo.

Metodologija prilagoditve geodetskih podatkov in procesov, kot podpora konceptu GeoBIM, vključuje tudi nadgradnjo geodetskih podatkov iz 2D in 2.5D v 3D podatkovno strukturo, ki jo predstavljamo v nadaljevanju na primeru podatkov zbirnega katastra gospodarske javne infrastrukture in katastra nepremičnin. Integracijo geodetskih podatkov v koncept GeoBIM je možno izvesti na osnovi predhodno izvedene nadgradnje 2D in 2.5D geodetskih podatkov v 3D ter po predhodni preučitvi značilnosti teh 3D podatkov ter upoštevajoč razpoložljivo programsko opremo, vključno z vmesniki za prenos podatkov, ki so podrobno opisani v poglavju 2.3. Za podporo interoperabilnosti in povezovanju geodetskih podatkov v koncept GeoBIM so na razpolago različni odprti standardi, kot npr. CityGML,

CityJSON. Obstajajo še drugi odprti standardi, ki služijo vsak svojemu namenu in katerih razvoj sledi povečanju medsebojne interoperabilnosti (InfraGML, LandInfra, INSPIRE Building, IFC in.).

2.1 Nadgradnja geodetskih podatkov za večjo medopravilnost z BIM (Akt. 2.1)

Rezultat aktivnosti 2.1. je opis možnosti nadgradnje geodetskih podatkov za večjo medopravilnost z BIM, kot podpora GeoBIM. V konceptu nadgradnje geodetskih podatkov je predvidena obdelava podatkov, ki omogoča spremembo geometrije iz 2.5D v 3D. Pri tem ostaja obstoječi podatkovni model katastra nepremičnin in ZK GJI nespremenjen. Vzporedno bi za vsakega izmed katastrov nastala nova podatkovna zbirka, ki bi vsebovala prostorske entitete v treh dimenzijah. Pomemben stranski učinek modeliranja podatkov v 3D, ki ni zanemarljiv, je kontrola popolnosti in točnosti podatkov. Oba konceptualna modela sta predstavljena v nadaljevanju.

Zaradi različnega namena uporabe podatkov stavb in ZK GJI so potrebni različni nivoji podrobnosti detajla (LoD) ter natančnosti. V spodnjem seznamu je podana ocena, katere podatke, ki jih upravlja GURS, bi predvidoma potrebovali različni uporabniki, če bi imeli (hipotetično) na razpolago 3D stavbe in 3D infrastrukturo v poljubni podrobnosti in natančnosti.

Začetek projektiranja novega objekta v BIM

Uporabnik je projektant, gradbenik.

Podrobnost LoD 1 (stavba je polieder) ali bolje LoD 2 (stavba je polieder s streho). Potrebuje soseščino novega objekta: osnovne gabarite stavb, infrastrukture in topografije v 3D.

Potrebna natančnost ranga dm ali m.

Podrobno projektiranje novega objekta v BIM

Uporabnik je projektant, gradbenik.

Podrobnost LoD 2-3. Ker se projektira nov objekt, rabi le obstoječo 3D infrastrukturo, ki gre neposredno do objekta.

Potrebna natančnost: rang cm.

Vrednotenje nepremičnin

Uporabniki so GURS, nepremičninski agenti.

Podrobnost LoD 4 ali vsaj LoD 2 za zunanost in notranost. Nanaša se na vse (obstoječe in nove) stavbe in infrastrukturo.

Potrebna natančnost: rang dm.

Prostorsko planiranje

Uporabniki so MOP, prostorski planerji v podjetjih in na občinah, projektanti.

Podrobnost LoD 2 za zunanost. Nanaša se na vse (obstoječe in nove) stavbe in infrastrukturo – tako nad zemljo kot pod zemljo.

Potrebna natančnost: rang dm.

Izdajanje gradbenih dovoljenj

Uporabniki so občine, upravne enote, investitorji, MOP, prostorski planerji in projektanti.

Podrobnost zunanosti LoD 2 in etaže v notranosti. Nanaša se na vse stavbe in infrastrukturo.

Potrebna natančnost: rang dm.

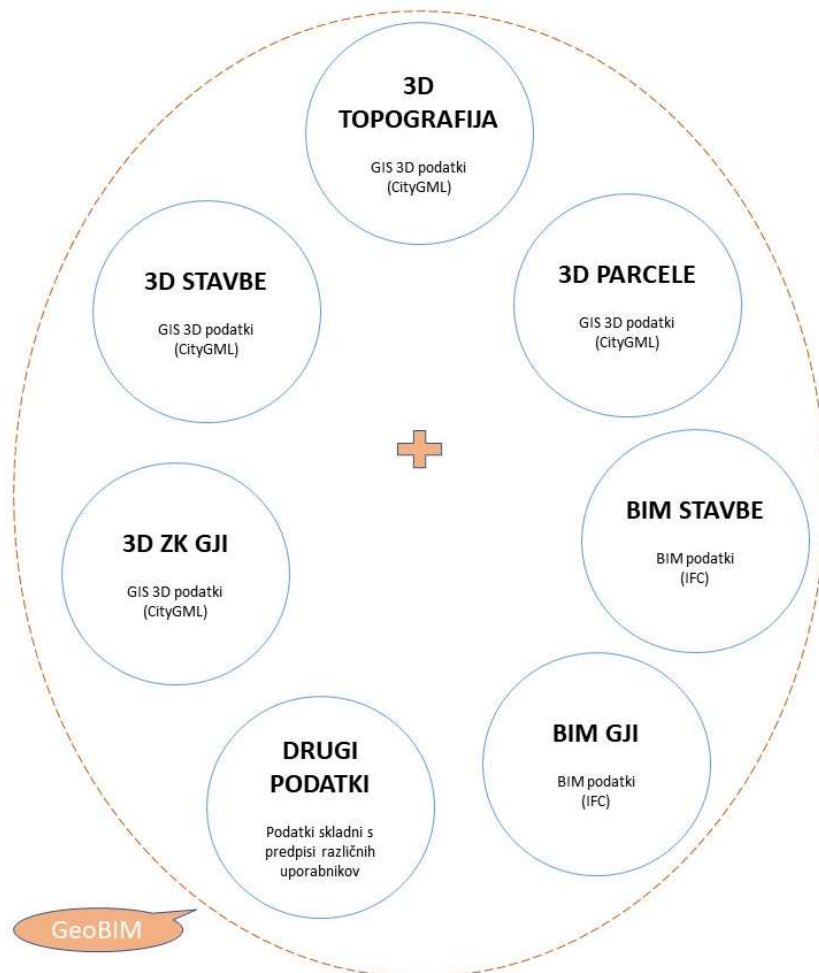
Vzdrževanje stavbe

Uporabniki so lastniki in upravljalci oz. vzdrževalci, predvsem za javne stavbe.
Podrobnost LoD 2-4 za zunanost in notranost, še boljše digital twin. Nanaša se na vse stavbe in infrastrukturo - predvsem na javne stavbe.
Potrebna natančnost: rang dm.

Vizualizacija etažnih načrtov in stavbe

Uporabniki so projektanti, lastniki/upravljalci, investitorji, nepremičninski agenti, GURS.
Podrobnost LoD 2-4 za zunanost in notranost. Nanaša se na vse stavbe in infrastrukturo.
Potrebna natančnost: rang cm ali dm.

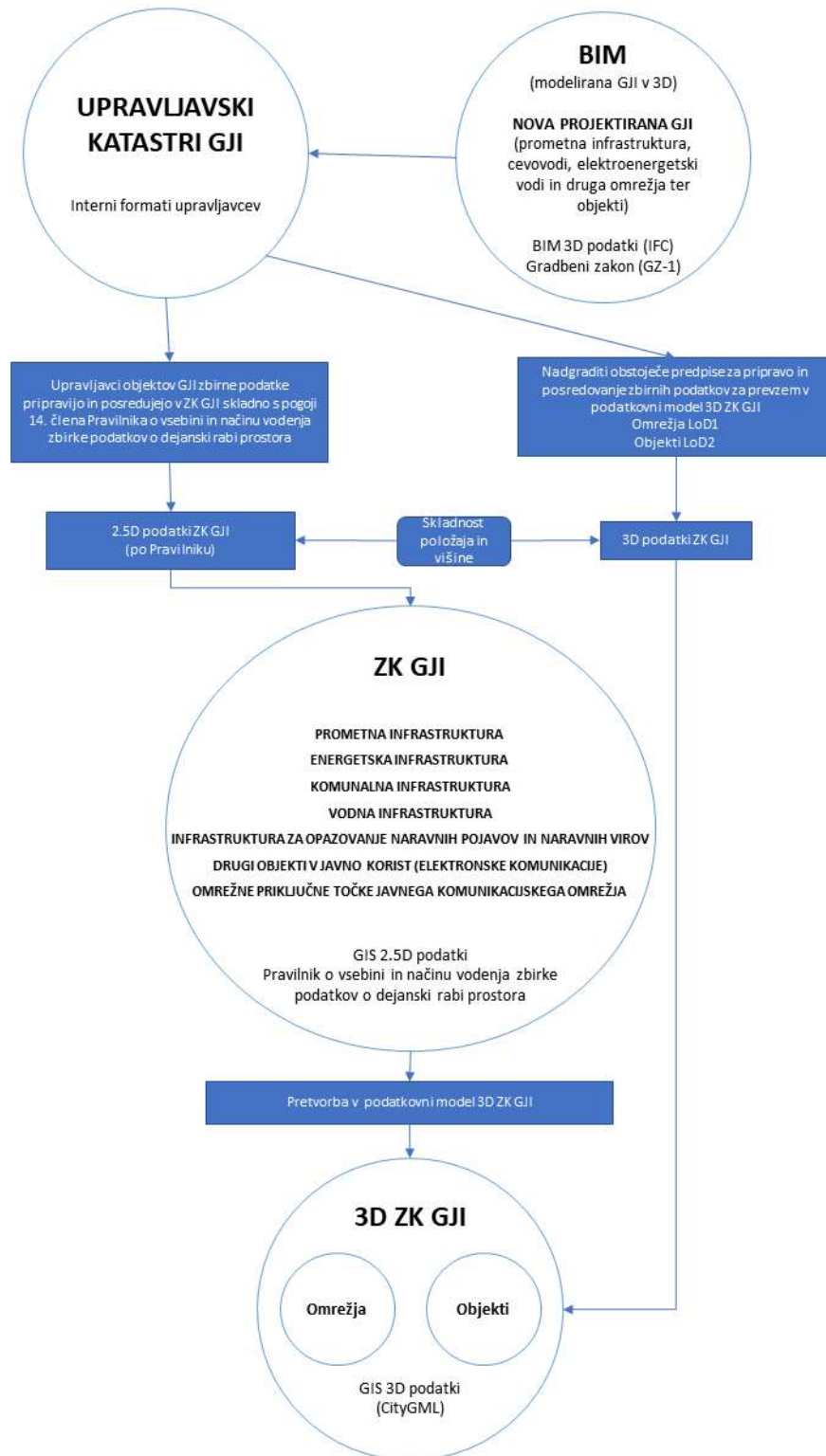
Koncept GeoBIM predstavlja integracijo in interoperabilnost različnih prostorskih zbirk podatkov, ki so podprta bodisi z GIS, bodisi s CAD, bodisi z BIM tehnologijo, ter drugih podatkov, ki so skladni s predpisi različnih uporabnikov prostora. Koncept GeoBIM spodbuja razvoj različnih aplikativnih prostorskih analiz, upravljanja in načrtovanja prostora ter 3D prostorske vizualizacije. Konceptualna shema GeoBIM je predstavljena v spodnji shemi.



Slika 15: Koncept GeoBIM.

2.1.1 Nadgradnja podatkov ZK GJI za večjo medopravilnost z BIM

Za večjo medopravilnost podatkov ZK GJI z BIM jih je potrebno sprva nadgraditi v 3D in jih nato združiti z ostalimi podatki v koncept GeoBIM. Zasnova koncepta nadgradnje podatkov ZK GJI je prikazana v spodnji shemi.



Schema 1: Koncept nadgradnje podatkov zbirnega katastra gospodarske javne infrastrukture v 3D.

Gospodarsko javno infrastrukturo sestavljajo gradbeni inženirski objekti, ki so skupaj z omrežji namenjeni potrebam gospodarske javne službe državnega ali lokalnega pomena oziroma so zgrajeni v javno korist, ter omrežne priključne točke (osrednji krog - Shema 1).

Geodetska uprava Republike Slovenije vodi zbirne podatke o objektih in omrežjih na podlagi podatkov, ki so evidentirani v posameznih upravljavskih katastrih gospodarske javne infrastrukture (krog levo zgoraj - Shema 1), ki jih vsak upravljalec zase vodi v svojem internem formatu, bodisi v 2.5D ali 3D. Upravljavci objektov GJI svoje podatke posredujejo v zbirni kataster GJI, pri čemer je oblika in vsebina posredovanih podatkov predpisana in mora biti skladna s pogoji *Pravilnika o vsebini in načinu vodenja zbirke podatkov o dejanski rabi prostora*. Slednji podrobneje določa vodenje in vzdrževanje zbirnega katastra GJI, podeljevanje identifikacijskih oznak objektom gospodarske javne infrastrukture ter posredovanje zbirnih podatkov v zbirni kataster GJI.

Konec minulega leta (17.12.2021) je bil sprejet novi Gradbeni zakon (GZ-1, datum začetka uporabe 1.6.2022), ki za izbrane skupine objektov javnega pomena (10 skupin, glej 1. vmesno poročilo – DP1) predpisuje obvezno izdelavo projektne dokumentacije s pomočjo informacijsko podprtega modeliranja objektov - BIM (9. in 39. člen) (krog desno zgoraj - Shema 1). Med skupinami objektov javnega pomena je tudi gospodarska javna infrastruktura, katere projektna dokumentacija bo skladno z zakonom morala biti po treh letih po uveljavitvi GZ-1 izdelana s pomočjo BIM. S 3D BIM modeli posameznih projektiranih objektov se bodo neposredno srečevali upravljavski katastri GJI, ki bodo na sebi primeren način operirali s podrobnostjo in strukturo (izhodni format) podatkov BIM.

Geodetska uprava Republike Slovenije se bo z novimi projektiranimi objekti GJI v BIM srečevala posredno, pri čemer bo za potrebe prevzema 3D podatkov morala nadgraditi obstoječe predpise za pripravo in posredovanje zbirnih podatkov za upravljavce katastrov GJI. Kot prikazuje Shema 1, je konceptualni predlog ta, da se poleg obstoječega operativnega 2.5D ZK GJI, ki ostaja nespremenjen, prične vzporedno vzpostavljati novo podatkovno okolje, ki bo združevalo 3D podatke ZK GJI (spodnji krog - Shema 1). Za prevzem podatkov GJI iz upravljavskih katastrov v 3D ZK GJI je zaradi kompleksnosti linijskih objektov GJI za omrežja predlagana raven podrobnosti LoD1 (3D linije), za objekte GJI pa LoD2 (polieder + streha).

Podatkovni model 3D ZK GJI lahko temelji na različnih odprtih standardih. Trenutno je za nadaljnje raziskave razpoznan CityGML, ki je uraden OGC standard. Omogoča neposredno integracijo in interoperabilnost z BIM objekti v konceptu GeoBIM, ki je lahko podprta tudi z uporabniško razširitvijo ADE (Application Domain Extention) (krog spodaj - Shema 1).

2.1.1.1 Možnosti prevedbe obstoječih podatkov ZK GJI v 3D obliko

Shema 1 predvideva možnost prevedbe obstoječih podatkov 2.5D ZK GJI v 3D obliko. Obstoječo 2.5D podatkovno strukturo je možno preoblikovati v 3D, saj obstoječi ZK GJI poleg horizontalnih koordinat, vsebuje tudi podatke o višinah. Pri prevedbi linijskih objektov v 3D je ključno zagotavljanje topološke povezljivosti vzdolž celotnega voda oz. linijske strukture vključno s križišči, npr. če določen vod iz enega nivoja preko vertikalnega jaška prehaja v drug nivo, ki ima drugačno nadmorsko višino, mora temu slediti tudi lomljena linija v zbirki digitalnih podatkov.

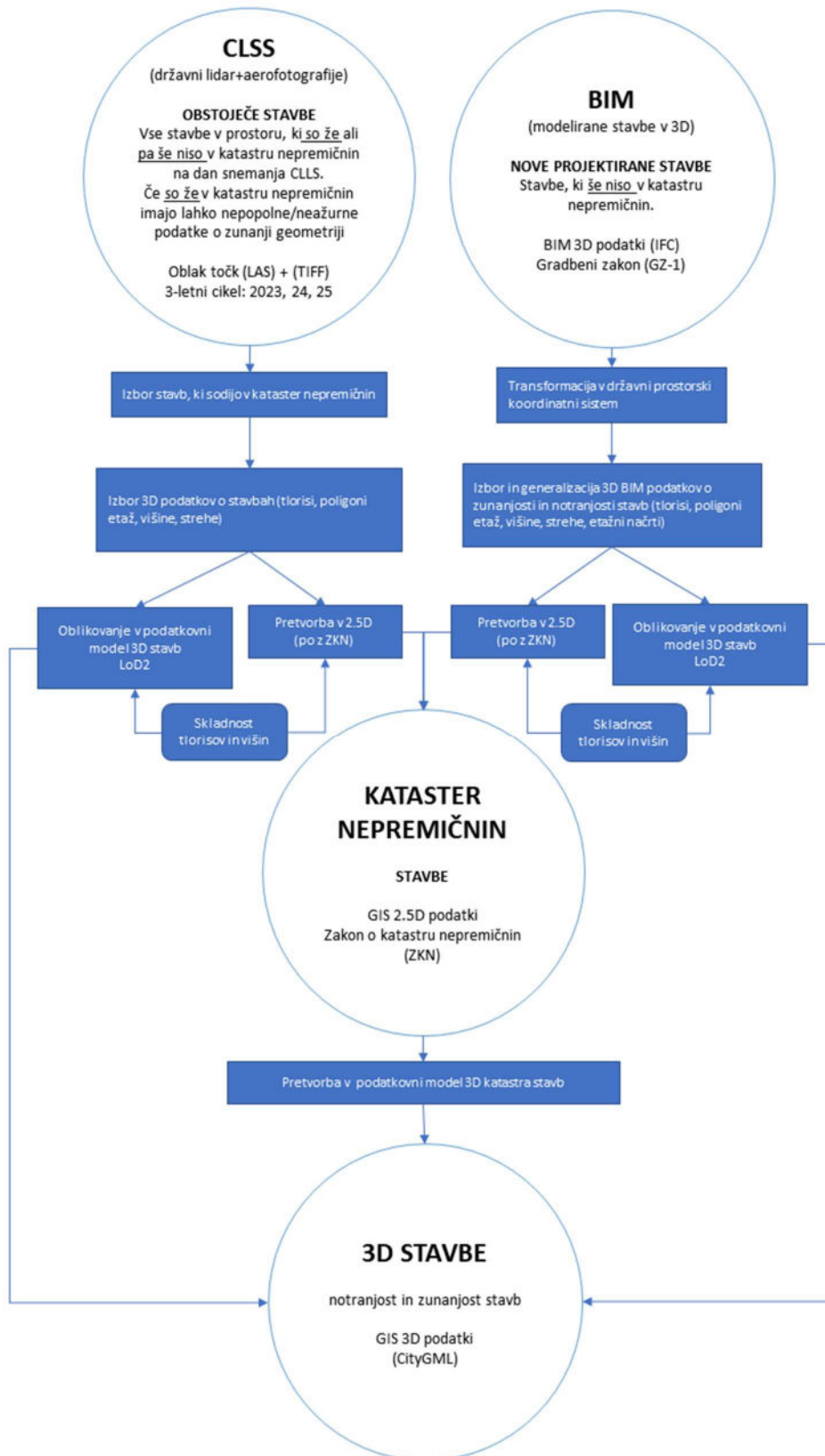
Pri izvedbi testa pretvorbe podatkov iz obstoječega 2.5D ZK GJI v 3D bomo izhajali iz strukture izdanih podatkov ZK GJI, kot je določena v dokumentu *»Zbirni kataster gospodarske javne infrastrukture – izdaja podatkov, Opis strukture izdanih podatkov in šifrantov«* Geodetske uprave RS. Kot izmenjevalni format je predviden SHP s predpisano strukturo ter za določene podatke format XML in CSV.

2.1.1.2 Možnosti zajema 3D podatkov ZK GJI

Tehnologije za izvedbo geodetskih izmer omogočajo zajem podatkov GJI v 3D. Za infrastrukturo na ali nad zemeljskem površju je možna uporaba tehnologij daljinskega zaganavanja (letalniki, CAS, LiDAR in p.), za podzemno infrastrukturo, ki je že zasuta ali pozidana pa z nedestruktivnimi metodami (georadar) ali z izkopi (smiselno le v primeru obstoječih gradbenih posegov). S predlaganimi tehnologijami izmere bi upravljavci katastrov GJI lahko povečali popolnost, ponekod pa tudi točnost podatkov v svojih upravljavskih katastrih. Za potrebe posredovanja podatkov iz upravljavskih katastrov GJI v 3D ZK GJI, bi lahko Geodetska uprava Republike Slovenije predpisala nove vsebine in formate, v katerih bi ji upravjalci katastrov podatke posredovali.

2.1.2 Nadgradnja katastrskih podatkov o stavbah za večjo medopravilnost z BIM

Katastrske podatke o stavbah je potrebno za večjo medopravilnost z BIM sprva nadgraditi v 3D in jih nato združiti z ostalimi podatki v koncept GeoBIM. Zasnova koncepta nadgradnje katastrskih podatkov o stavbah iz katastra nepremičnin je prikazana v spodnji shemi.



Shema 2: Koncept nadgradnje podatkov o stavbah katastra nepremičnin v 3D.

Kataster nepremičnin je temeljna evidenca podatkov Republike Slovenije o položaju, obliki, fizičnih in drugih lastnostih parcel, stavb in delov stavb, ki izkazuje dejansko stanje nepremičnin in ki omogoča vpis stvarnih pravic na njih (ali njihovih delih). V nalogi se osredotočamo le na katastrske podatke o stavbah, kot prikazuje osrednji krog v Shema 2, pri čemer so v ospredju raziskave geometrijski podatki o stavbah. Skladno z Zakonom o katastru nepremičnin se v katastru nepremičnin vodijo tudi sledeči podatki o stavbah: tloris stavbe, tloris nadzemnega dela stavbe, tloris podzemnega dela stavbe, tloris zemljišča pod stavbo, najnižja višinska kota stavbe, najvišja višinska kota stavbe, karakteristična višina stavbe, bruto tlorisna površina stavbe itd. Podatki, ki se v katastru nepremičnin vodijo o delih stavb pa so tudi: poligon dela stavbe, sestavina dela stavbe, neto tlorisna površina dela stavbe, uporabna površina dela stavbe, vrsta in površina prostorov itd.

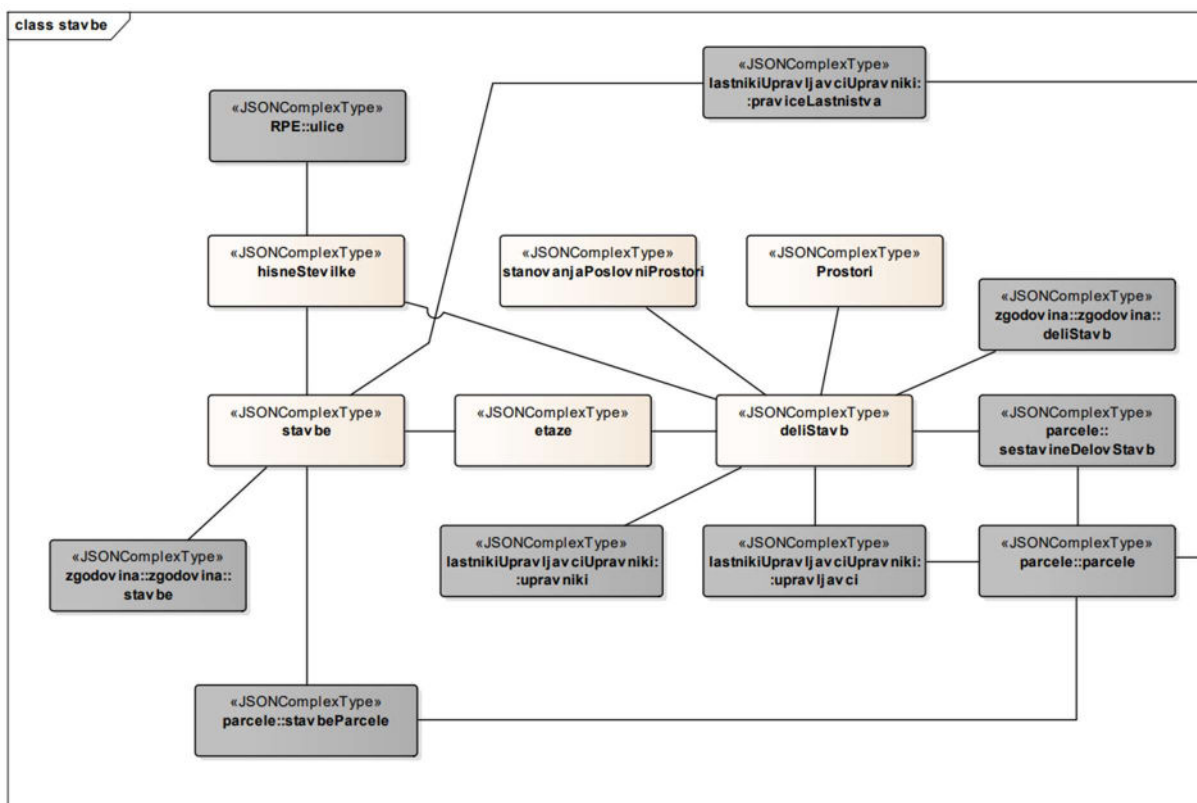
Stavba se skladno z Zakonom o katastru nepremičnin lahko vpiše v kataster nepremičnin, ko je v taki gradbeni fazi, da je stavbo in njene dele stavb mogoče izmeriti, upoštevajoč dodatne pogoje iz 93. člena tega zakona. Za stavbe, za katere GURS ugotovi da so nevpisane, pa lahko vpis izvede geodetska uprava sama po uradni dolžnosti skladno s 94. členom tega zakona.

Med javne objekte, ki jih določa 9. člen novega Gradbenega zakona (GZ-1), sodijo tudi stavbe (zgornji desni krog - Shema 2). Po treh letih od uveljavitve tega zakona bodo morale takšne nove stavbe imeti projektno dokumentacijo izdelano v BIM. Poleg tega se v Sloveniji l. 2023 prične izvajati ciklično in lasersko skeniranje Slovenije (CLSS), ki bo predvidoma s 3-letnim ciklom zagotavljalo visoko kakovostne lidar podatke in aerofotografije ter specifične topografske izdelke za celotno državo (zgornji levi krog - Shema 2). Za prevzem 3D podatkov o stavbah iz okolja BIM v obstoječi kataster nepremičnin bo potrebna nadgradnja obstoječih predpisov, pri čemer se podatkovni model obstoječega katastra nepremičnin predvidoma ne bo spreminjal. Kot prikazuje Shema 2, je konceptualni predlog takšen, da se poleg obstoječega operativnega katastra nepremičnin prične vzporedno vzpostavljati novo podatkovno okolje, ki bo združevalo 3D podatke o zunanosti, kot tudi o notranosti stavb. Kot vhodne podatkovne vire za novi podatkovni model 3D stavb predvidevamo oz. predlagamo: ciklične državne topografske izmere (npr. CLSS), BIM objekte in obstoječe podatke 2.5D katastra nepremičnin (spodnji krog - Shema 2). Kot je razvidno iz sheme, je za 3D podatke zunanosti stavb predvidena raven podrobnosti LoD2 (polieder + streha), ter za notranjost stavb LoD0 (etažni načrt na višini) ali LoD1 (etažni načrt po delih stavbe ali prostorih).

Tudi podatkovni model 3D stavb lahko temelji na različnih odprtih standardih. Trenutno je za nadaljnje raziskave predviden CityGML, ki je uradni OGC standard, saj omogoča neposredno integracijo in interoperabilnost z BIM objekti v konceptu GeoBIM (spodnji krog - Shema 2).

2.1.2.1 Možnosti prevedbe obstoječih katastrskih podatkov o stavbah v 3D obliko

Shema 2 predvideva možnost prevedbe obstoječih 2.5D podatkov o stavbah v 3D obliko. V primeru prevedbe je potrebno izhajati iz podatkovnega nabora geometrijskih podatkov, ki jih skladno z nedavno sprejetim izmenjevalnim formatom za vpis podatkov v kataster nepremičnin (začetek veljavnosti 4.4.2022, št.: 35311-222/2022-2552-1 z dne 25.3.2022) za področje stavb predvidena datoteka **stavbe.json**, ki predpisuje obliko in vsebino datoteke v json formatu za izvoz in uvoz stavb in delov stavb s povezanimi vsebinami.



Shema 3: Izmenjevalna struktura podatkov za razred »stavbe«.

2.1.2.2 Možnosti zajema 3D podatkov o stavbah za kataster nepremičnin

Tehnologije za izvedbo geodetskih izmer omogočajo 3D zajem podatkov o stavbah - tako zunanosti stavb, kot tudi njihove notranjosti. Za masovni zajem podatkov o zunanosti stavb se nakazujejo kot primerne državne topografske aeroizmere, kot so CLSS (Ciklično Lasersko Skeniranje Slovenije), CAS (Ciklično Aerofotografiranje Slovenije) in PAF (Poševno AeroFotografiranje, v l. 2023 v testni fazi). Slednje bi bile lahko primerne za vpis stavb v kataster nepremičnin, ki ga po uradni doložnosti izvede geodetska uprava, skladno s pogoji ZKN. Za geodetsko izmero notranjosti stavb (3D v celoti) pa postajajo vse bolj uporabni ročni laserski skenerji, ki omogočajo 3D celostno izmero prostorov posameznih delov stavb. Omenjene tehnologije za izmero zunanosti in notranjosti stavb izvirno omogočajo pridobitev 3D podatkov, ki so georeferencirani v državnem prostorskem koordinatnem sistemu.

Sodobne geodetske metode zajema podatkov o stavbah nudijo večjo količino 3D podatkov, kot jih trenutno predvideva podatkovni model 2.5D katastra nepremičnin za stavbe. Za polnjenje predlaganega podatkovnega modela 3D stavb pa predstavljajo dragoceni vir 3D podatkov o zunanosti in notranjosti stavb, ki lahko omogočajo vpostavitve in vzdrževanje 3D katastra.

2.2 Preoblikovanje podatkov BIM novo zgrajenih objektov za posodobitev geodetskih zbirk (Akt. 2.2)

V tem poglavju predstavljena pretvorba je namenjena uporabi podatkov BIM o novo zgrajenih objektih kot novega, zelo podrobnega vira podatkov, primerne za pretvorbo v geodetske zbirke podatkov. V primerjavi s podatkovnimi modeli na področju GIS, je podrobnost modeliranja elementov grajenih objektov v okolju BIM veliko večja (za ponazoritev glej sliko 1 v poglavju 1.1).

V kolikor podrobnejši podatki izhajajo iz iste domene in so podatkovni modeli pomensko usklajeni, potem je pretvorba v podatkovne modele nižjih podrobnosti relativno enostaven postopek. V primeru

uporabe podatkov iz okolja BIM pa temu ni tako, saj ti podatki izvirajo iz druge domene in niso pomensko usklajeni s podatki geodetskih evidenc. V takšnem primeru je povezovanje podatkov zahtevnejše, pa tudi rezultat se lahko običajno le približa specifikacijam in pomenski opredelitvi objektov ciljne domene, ki je v našem primeru evidenca geodetskih podatkov.

Povezljivost geodetskih evidenc in podatkov BIM je mogoče izboljšati s spremembami podatkovnih modelov na eni ali drugi strani, in sicer tako, da povečamo medsebojno usklajenost. Zamenjava podatkovnega modela geodetskih evidenc je zahteven postopek, ki zahteva prilagoditve na sistemskem, organizacijskem in praviloma tudi pravnem nivoju. Slednje za izvedbo zahteva velike kadrovske in finančne vložke, ki pa so običajno omejeni. Iz tega razloga smo geodetske evidences kot ciljne podatkovne modele obravnavali v dveh ločenih oblikah, in sicer v obstoječi obliki in v obliki 3D podatkovnih modelov, ki lahko služijo kot vodilo pri spremembah obstoječih v prihodnosti. 3D podatkovni niz je zasnovan tako, da se pomensko približa objektom podatkovnega modela IFC s področja BIM. S tem je mogoče doseči bolj neposredno povezovanje podatkov BIM s podatki geodetskih evidenc, s čimer tudi zmanjšamo napake, izgubo podatkov in se izognemo nejasnostim pri njihovem pretvarjanju.

Kot osnova za podatke z okolja BIM je v projektu uporabljen podatkovni model IFC, saj ga določa mednarodni standard, s čimer je mogoče zagotoviti od platforme neodvisno uporabno vrednost rezultatov in ugotovitev. V nadaljevanju je zato najprej predstavljena analiza standardiziranega podatkovnega modela IFC (ISO, 2013) za področje BIM, katere namen je določitev IFC razredov, ki so primerni za uporabo kot podatkovni viri za geodetske zbirke podatkov. Pri tem so upoštevane lastnosti ciljnih podatkovnih modelov katastra nepremični in ZK GJI.

Za obe izbrani zbirki geodetskih podatkov je predstavljen koncept preoblikovanja izbranih IFC razredov. Cilj preoblikovanja podatkov IFC je, da se le-ti z uporabo transformacij v največji možni meri približajo podatkom v geodetskih zbirkah. Koncept preoblikovanja je razvit za dve vrsti ciljnih podatkovnih modelov katastra nepremičnin in ZK GJI, in sicer za obstoječe in za 3D podatkovne modele geodetskih evidenc.

Poglavje zaključuje predstavitev koncepta vzdrževanja geodetskih zbirk podatkov ob uporabi IFC podatkov. Opisani so procesni koraki, ki so potrebni za takšno vzdrževanje.

Ker se celotno poglavje nanaša na uporabo podatkov iz okolja BIM za potrebe vpisa oz. za vzdrževanje geodetskih zbirk podatkov, je potrebno poudariti naslednje. Podatki BIM nastajajo v procesu načrtovanja grajenega objekta in tako v osnovi predstavljajo načrtovano stanje objektov. V kolikor v procesu gradnje podatki niso posodobljeni, lahko pride do neskladja med načrtovanim in dejanskim stanjem zgrajenega objekta. Bistvo geodetskih zbirk podatkov pa je, da odražajo dejansko stanje objektov v naravi. V kolikor torej podatki okolja BIM ne odražajo dejanskega stanja objekta v naravi, je uporaba teh podatkov za namene vpisa in vzdrževanja geodetskih evidenc lahko sporna oz. neustrezna.

2.2.1 Izbira IFC razredov

Podatkovni model IFC obsega zelo obširen nabor razredov. Vzrok za to je v dejstvu, da mora podatkovni model zagotavljati razrede za podrobno modeliranje vseh elementov stavbe, ki so potrebni v fazah načrtovanja, gradnje in upravljanja. Pri pretvorbi v podatke, primerne za vpis v geodetske evidences, se je zato potrebno poslužiti postopkov generalizacije, ki zmanjšajo nivo podrobnosti. Generalizacija obsega postopke izbiranja, poenostavljanja, poudarjanja, razvrščanja, združevanja, pretvarjanja in premikanja elementov. Od navedenih je v začetni fazi najpomembnejši postopek izbiranja, saj podatki BIM poleg velike podrobnosti objektov vsebujejo tudi veliko objektov, ki za področje geodetskih

evidenc niso relevantni (npr. kljuge, stoli, električna napeljava, ograje). V nadaljevanju je obravnavana izbira relevantnih razredov podatkovnega modela IFC za kataster nepremičnin in ZK GJI.

2.2.1.1 Izbira IFC razredov za preoblikovanje v podatke katastra nepremičnin

V katastru nepremičnin na področju stavb glavni element modeliranja predstavlja stavba. Praktično vse razvite države poznajo vzvode, preko katerih je mogoče v stavbah vzpostaviti več nepremičninskih enot. Za vzpostavitev in obstoj le-teh so potrebne evidence, ki izkazujejo njihovo lokacijo in prostorski obseg v stvarnem svetu. Geodetskih evidenc stavb ni mogoče enačiti z evidencami zemljišč iz več razlogov. Predvsem je pri stavbah prostor veliko bolj omejen s fizičnimi elementi, ki sestavljajo stavbo (stene, stropi, tla). Geodetske evidence za stavbe se tako za določitev obsega pravnih enot praviloma naslanjajo na fizične elemente stavbe. Zato se pri teh evidencah srečamo s potrebo po kombiniranem modeliranju elementov stvarnega sveta in entitet pravnega pomena, ki v splošnem predstavljajo območja pravic, omejitev in odgovornosti (RRR - rights, restrictions, responsibilities). (Tekavec, 2020 a)

V slovenskem katastru nepremičnin deli stavb predstavljajo nepremičnine, ki so definirani kot enote, ki so lahko predmet samostojne pravne ureditve (lastništva). V obstoječem sistemu so deli stavb prostorsko opredeljeni z enim ali več poligoni v prostorskem državnem koordinatnem sistemu, ki imajo določeno nadmorsko višino. Vsakemu poligonu je določena tudi višina med tlemi in stropom, kar omogoča grobo umestitev delov stavb v 3D prostor. Niso pa ti podatki dovolj podrobni, da bi samostojno, brez reference na fizične elemente, opredelili lego dela stavbe v prostoru, saj lahko v določenih primerih prihaja do prekrivanja delov stavb, predvsem v višinskem smislu (Tekavec, 2020b). Slednje samo po sebi ne predstavlja težave, saj se, kot že rečeno, geodetske evidence za stavbe za opredelitev enot pravnega pomena praviloma naslanjajo na fizične elemente stavb, kar zmanjša potrebo po eksaktnem modeliranju poteka mej. Izziv nastane, ko imamo na voljo zelo podrobne modele stavb, kot jih zagotavlja BIM, saj se pojavijo dileme, ki do sedaj niso bile tako izrazite. Gre za dileme glede poteka mej pravnih enot glede na fizične elemente (stene, zidovi, tla). Ta je lahko po sredini zidov, kjerkoli vmes, na enem ali drugem robu, ali je celo brez fizične reference (Atazadeh et al., 2017). Definicija tega je neposredno povezana z možnostjo povezovanja oz. uporabe podatkov BIM za vpis v geodetske evidence. Podatkovni model IFC ne zagotavlja razreda za modeliranje območij pravnega pomena. Podatkov BIM tako ni mogoče neposredno uporabiti za opredelitev delov stavb, če nanje gledamo le v pravnem smislu. To je mogoče, če dele stavb definiramo tako, da je njihov obseg opredeljen s fizičnimi elementi stavbe, ki jih lahko pridobimo iz podatkov BIM (Tekavec, 2020a). Prav k temu smo stremeli tudi pri definiciji 3D podatkovnega modela, ki je obravnavan v okviru projekta.

V literaturi (Rajabifard et al., 2019, Atazadeh et al., 2019) je kot najprimernejši razred podatkovnega modela IFC za potrebe modeliranja enot pravnega pomena obravnavan razred **IfcSpace**. Ta predstavlja prazen volumen prostora, ki je omejen s fizičnimi elementi stavbe. Ta je bil izbran tudi v študiji (Tekavec et al., 2020a), v kateri je pravna enota (del stavbe) opredeljena kot agregacija geometrij prostorov, ki pripadajo tej enoti.

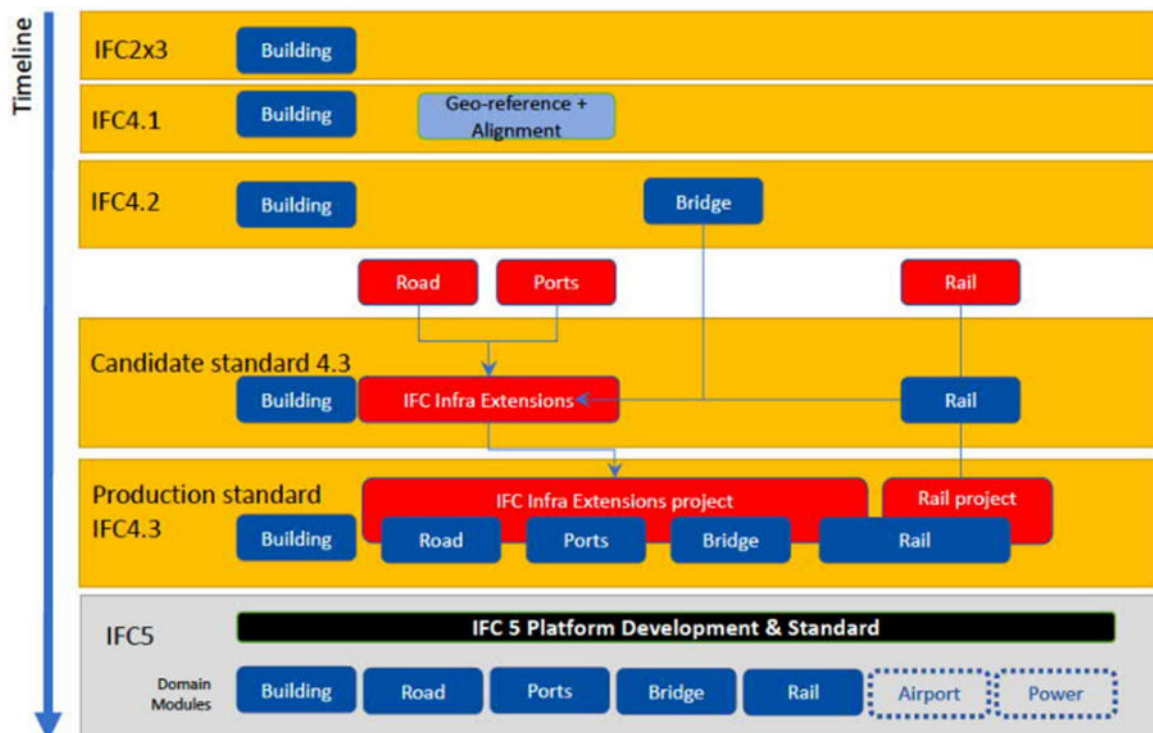
Poleg modeliranja delov stavb pa je v slovenskem katastru nepremičnin modelirana tudi zunanja geometrija stavbe s poligonom maksimalnega oboda stavbe pod zemljo, nad zemljo in obodom stika stavbe z zemljiščem. Poleg poligonov so v katastru nepremičnin zapisane tudi karakteristične višine stavbe (najnižja in najvišja, ter višina vhoda). Ti podatki omogočajo modeliranje geometrije stavbe na nivoju LoD 1 (CityGML, 2021). Podatke o maksimalni in minimalni višini stavbe je mogoče pridobiti samodejno iz geometrijskih podatkov ali iz atributnih podatkov IFC razredov. Za opredelitev zunanje geometrije so pomembni predvsem IFC razredi **IfcWall** (stene), **IfcRoof** (streha) in **IfcSlab** (plošče). Ti

omogočajo modeliranje zunanje geometrije stavbe na nivoju podrobnosti, ki ustreza geodetskim evidencam.

2.2.1.2 Izbira IFC razredov za preoblikovanje v podatke ZK GJI

ZK GJI je vsebinsko zelo obširna geodetska evidenca. Vsebuje podatke o glavnih skupinah infrastrukture v državi (ceste, železnice, pristanišča, itd.). Zaradi te širine ima evidenca tudi obširen in razvejan podatkovni model. Objekti so lahko modelirani s točkami, linijami ali poligoni. Določeni objekti imajo predpisan geometrijski tip (npr. os ceste – šifra 1101 – »Osi cest se vedno prikazujejo linijsko ne glede na kategorijo ceste«), medtem ko imajo drugi več možnosti (npr. Objekt cestne infrastrukture – šifra 1102 – »Med objekte cestne infrastrukture uvrščamo objekte kot so most, nadvoz, podvoz, železnica, če je na nadvozu, predor, galerija... Vsi navedeni objekti se prikazujejo linijsko, pri nekaterih drugih objektih pa je možen tudi točkovni ali poligonski prikaz«) (ZK GJI, 2012). Določeni objekti imajo poleg 2D geometrije (linije, poligoni) lahko dodane še točkovne sloje (lomne točke) z informacijo o višinah. V tem podpoglavju obravnavamo razrede podatkovnega modela IFC, ki jih je mogoče uporabiti kot vir podatkov za modeliranje nekaterih objektov v ZK GJI.

Na področju infrastrukture, ki jo pokriva ZK GJI, se na področju standardizacije BIM v zadnjem času veliko dogaja. Pod okriljem organizacije buildingSMART, ki vodi razvoj standardov v BIM, med drugim tudi standarda IFC, deluje posebna skupina pod imenom Infrastructure Room, ki razvija standarde za modeliranje infrastrukturnih objektov. Slika 16 prikazuje diagram razvoja posameznih tematskih modulov v skozi čas.



Slika 16: Plan razvoja in vključevanja posameznih infrastrukturnih tematskih modulov v standard IFC

Slika 17 prikazuje predvidene faze razvoja standarda IFC in vključevanje tematskih modulov v letih od 2020 do 2025.

bSI Infrastructure domains 5 Year Master Plan for IFC

IMPORTANT CAVEAT: All Dates are Strictly Subject to Sourcing Required Levels of Annual Funding		2020		2021		2022		2023		2024		2025	
		Today	YEAR 1		YEAR 2		YEAR 3		YEAR 4		YEAR 5		
IFC 4.3	IFC Platform	Current bSDD (API 4.X)				Production Standards IFC 4.3	Compliance and Certification		IFC 4.3 Final Std	Governance, Maintenance and Support			
bSDD	Data Dictionary	Current bSDD (API 4.X)					Vendor Implementation		User Deployment				
Projects	IFC Road	Candidate STD	Review & Validate		Vendor Implementation		User Deployment						
	IFC Bridge	Candidate STD	Review & Validate		Vendor Implementation		User Deployment						
	IFC Rail	Candidate STD	Review & Validate		Vendor Implementation		User Deployment						
	IFC Ports and Waterways	Candidate STD	Review & Validate		Vendor Implementation		User Deployment						
	Infra IFC Extensions	Harmonization Project					Vendor Implementation		User Deployment				
	IFC Tunnel *	Requirements	Development	Candidate STD	Review & Validate	Production Std	Vendor Implementation		User Deployment				
ISO/CEN	International Standard IFC 4.3	ISO PAS	Comment		ISO NWI	Finalize		Voting	ISO IS				
IFC 5	IFC Platform	IFC 5 Roadmap Development				Candidate Std	IFC 5.x	Production Std	Compliance and Certification				
bSDD	Data Dictionary	bSDD Roadmap Development				Next gen bSDD		Localization & Extensions					
Modules	IFC Road	IFC 5 Updates		Validate		Candidate Standards IFC 5	Production Standards IFC 5	Vendor Implementation		User Dep			
	IFC Bridge	IFC 5 Updates		Validate				Vendor Implementation		User Dep			
	IFC Rail	IFC 5 Updates		Validate				Vendor Implementation		User Dep			
	IFC Ports and Waterways	IFC 5 Updates		Validate				Vendor Implementation		User Dep			
	IFC Tunnel	IFC 5 Updates		Validate				Vendor Implementation		User Dep			
Projects	Airports	Requirements	Funding	Development		IFC 5 Updates	Candidate Standards	Validate	Production Standards	Vendor Imp			
	Power	Requirements	Funding	Development		IFC 5 Updates	IFC 5	Validate	Production Standards	Vendor Imp			
	Other ?	Requirements		Funding		Development	IFC 5	Validate	IFC 5	Vendor Imp			
ISO / CEN	International Standard IFC 5	ISO PAS				Comment		ISO NWI	Finalize -->				

Slika 17: Časovnica razvoja standarda IFC z vidika vključevanja infrastrukturnih tematskih modulov

Iz obeh slik (Slika 16 in Slika 17) je razvidno, da so možnosti za uporabo IFC objektov kot vira podatkov za ZK GJI zaenkrat še precej omejene. Določeni IFC razredi sicer omogočajo pridobitev informacij in geometrije različnih omrežij in elementov infrastrukture, vendar trenutno le za objekte tipa »Building«, kar pa je večinoma izven domene evidence ZK GJI. Evidenca ZK GJI namreč ni namenjena evidentiranju omrežij znotraj objektov.

Velik del evidence ZK GJI opisuje omrežja, ki jih sestavlja linijska geometrija. Cevi različnih inštalacij v stavbi, ki so v ZK GJI modelirane kot linije, so v IFC podatkih izvorno modelirane kot 3D telesa v razredu **IfcFlowSegment**.

Geometrijo in informacije o nekaterih objektih, ki so v ZK GJI modelirani kot točkovni objekti, je mogoče pridobiti iz različnih IFC razredov, ki se združujejo v razred **IfcDistributionFlowElement**. V teh podrazredih so modelirana različna stikala, ventili in dušilci (**IfcFlowController**), različne spojke (**IfcFlowFitting**), zaključki (**IfcFlowTerminal**) in črpalke (**IfcFlowMovingDevice**). Vsi objekti so modelirani kot 3D volumni, zato niso neposredno uporabni za prenos v podatkovni model ZK GJI.

Poligoni se v ZK GJI uporabljajo za opis geometrije objektov in za določene površine (npr. letališča). Pri objektih je mogoče uporabiti enak pristop za pridobitev zunanje geometrije, kot je opisan v 2.2.1.1, zato v tem pod poglavju ne bo podrobneje opisan.

2.2.2 Preoblikovanje IFC podatkov v obstoječi podatkovni model

Le izbira ustreznih IFC razredov še ne omogoča povezovanja z geodetskimi evidencami. Za to so poleg izbire potrebni tudi postopki preoblikovanja. Preoblikovanje je v enem delu lahko različno za vsak izbrani razred, del preoblikovanja pa obsega tudi kombiniranje podatkov različnih IFC razredov in njihova skupna obdelava. Osnovni cilj preoblikovanja je, da se IFC podatki v največji možni meri približajo podatkom geodetskih evidenc.

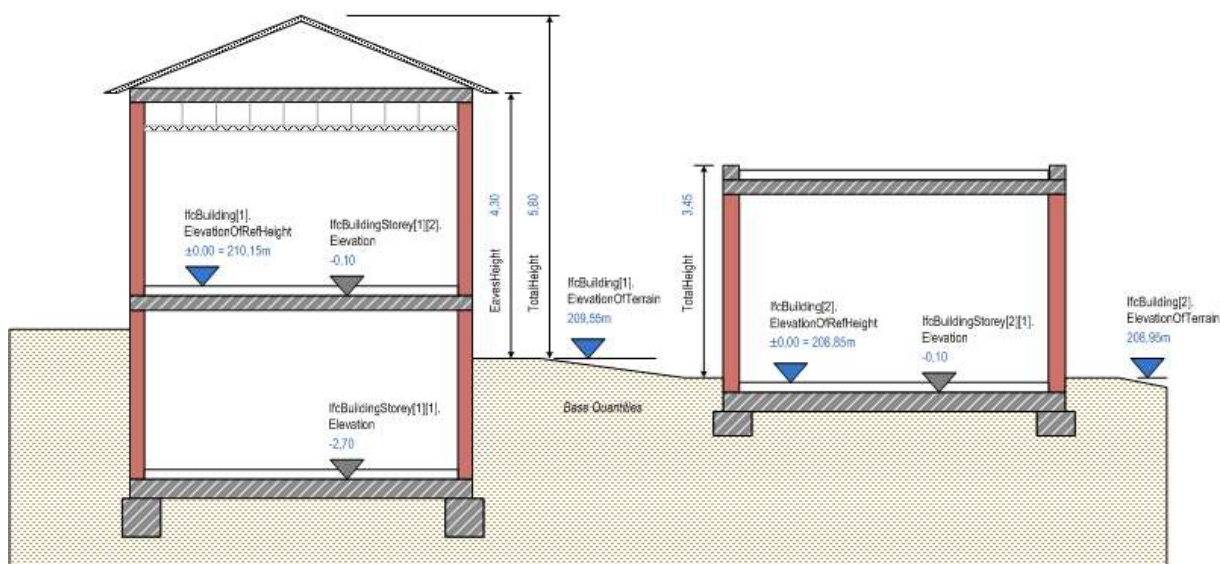
2.2.2.1 Kataster nepremičnin

Obstoječi podatkovni model katastra nepremičnin notranjost stavbe modelira z 2D obrisi delov stavb za vsako posamezno etažo. Razredov, ki bi stavbo modelirali v podobni obliki v IFC ni, zato so možnosti za povezovanje v tem primeru slabe. Edina možnost, ki bi predstavljala le pomoč geodetu pri določanju obrisov so 2D vektorski etažni načrti, ki prikazujejo potek zidov. Takšne etažne načrte je mogoče pridobiti že neposredno iz BIM okolja. Gre pa le za podlago, ki je lahko geodetu v pomoč pri določanju

obrisov delov stavb. Višino posamezne etaže je iz IFC podatkov mogoče pridobiti iz atributa **IfcBuildingStorey.Elevation**.

Zunanja geometrija je v obstoječem podatkovnem modelu definirana s tremi poligoni, ki predstavljajo podzemni obod, nadzemni obod in tloris zemljišča pod stavbo. V prejšnjem poglavju so kot primerni za opredelitev zunanje geometrije stavbe predstavljeni razredi **IfcWall** (stene), **IfcRoof** (Streha) in **IfcSlab** (plošče). Za določitev vseh treh poligonov je potrebna informacija o poteku terena. IFC entiteta **IfcBuilding** vsebuje atributa **ElevationOfRefHeight** in **ElevationOfTerrain**, ki zagotavljata informacije o nadmorski višini (običajno) pritličja in najnižje višine okoliškega zemljišča (IFC, 2022). Te višine omogočajo presek zgoraj omenjenih elementov na ustrezni višini in pridobitev ustreznih obodov. Za določitev obodov so potrebne dodatne prostorske analize, saj obodi, kot so definirani v katastru nepremičnin, niso modelirani v okviru podatkovnega modela IFC. Transformacije in procesi, ki so potrebni za pridobitev obodov morajo delovati v 3D okolju in so lahko zelo kompleksni. Pri določitvi obodov lahko težave povzročata razred **IfcSlab**, predvsem pri ploščah na nivoju terena. Ta entiteta je pogosto uporabljena za modeliranje plošč odprtih teras, dovozov in poti ob objektu, kar pa se ne všteva v obseg objekta. Tudi razred **IfcWall** je lahko uporabljen za modeliranje zidov izven objekta (zidana ograja, škarpa), ki se ne vštevajo v obod stavbe. Takšne primere je težko samodejno prepoznati in jih izločiti. Sama določitev poligonov obodov se izvede s transformacijo ploskev izbranih razredov **IfcWall**, **IfcRoof** in **IfcSlab** v 2D poligone in z združevanjem prekrivajočih in dotikajočih poligonov v en poligon (poznano kot funkcija *Dissolve*).

V katastru nepremičnin so poleg obodov stavb definirane tudi tri referenčne višine za stavbo in višine posameznih etaž. Karakteristično višino H3 predstavlja atribut **IfcBuilding.ElevationOfRefHeight**. Najvišjo višino H2 je mogoče pridobiti s pomočjo kombinacije atributa **IfcBuilding.ElevationOfTerrain** in količine **TotalHeight**. Za najnižjo višino stavbe je prav tako potrebno uporabiti kombinacijo **IfcBuilding.ElevationOfRefHeight** in **IfcBuildingStorey.Elevation** atributov, saj je višina najnižje etaže podana relativno glede na referenčno višino (Slika 14).



Slika 18: Prikaz različnih višin, ki jih je mogoče pridobiti iz IFC podatkov.

Poleg navedenega, je iz podatkov IFC mogoče pridobiti tudi neto površine posameznih prostorov, ki so modelirani z uporabo razreda **IfcSpace** tako kot količina **TotalHeight**, sta na **IfcSpace** vezani količini

NetFloorArea in **NetVolume**, ki omogočata določitev atributnih podatkov v katastru nepremičnin. Ker IFC ne podpira modeliranja nepremičninskih enot znotraj stavbe, predstavljajo te količine le osnovo za določitev površin posameznih delov stavb.

2.2.2.2 ZK GJI

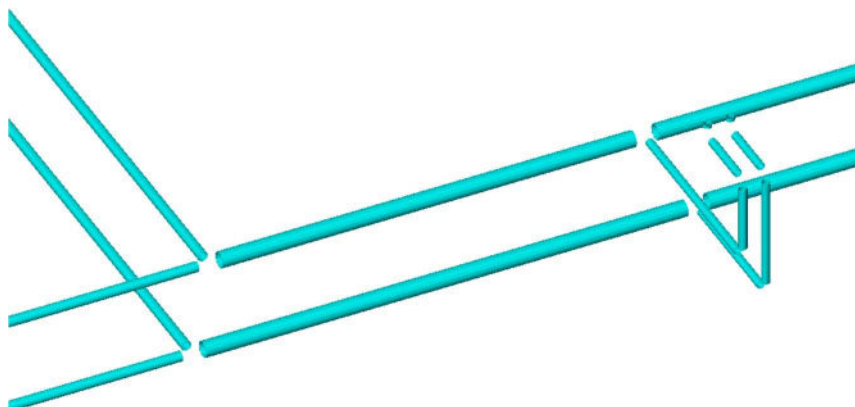
Kot že omenjeno, ima ZK GJI obširen podatkovni model, ki vključuje podatke o infrastrukturi z različnih področij (ceste, železnice, letališča, kanalizacija, itd.).

Prehod iz 3D volumnov, ki so prevladujoč geometrijski gradnik v BIM okolju, v linijsko geometrijo, ki prevladuje v podatkovnem modelu ZK GJI, je zelo zahteven, dodatno pa ga otežijo tudi zahteve po topološki urejenosti oz. povezanosti omrežja. Za omenjeni prehod so najbolj primerni algoritmi, ki izračunajo sredinsko os podanih geometrij (angl. medial axis algorithm) (Slika 19), a tudi ti ne omogočajo neposredne določitve topološko povezanega linijskega omrežja.



Slika 19: Izvorni poligon v modri barvi in sredinska os poligona v zeleni barvi (PostGIS, 2022).

Standard IFC poleg dejanske 3D geometrije (*Body* geometrija) razreda **IfcFlowSegment** omogoča tudi vzporedno modeliranje njihove osi (*Axis* geometrija). V tem primeru je mogoče pridobiti linijske podatke za ZK GJI neposredno iz BIM podatkov. Težavo predstavljajo spoji cevi, ki so modelirani z razredom **IfcFlowFitting**, saj tam osi niso modelirane, zato je stičnost osi zahtevno samodejno modelirati (Slika 20). S tem izgubimo topologijo, ki je v geodetskih evidencah zelo pomembna. Za preoblikovanje podatkov v obstoječ model je potrebno linije pretvoriti iz 3D v 2D.



Slika 20: Omrežje cevi brez elementov za spoje (**IfcFlowFitting**).

Objekti, ki so v ZK GJI modelirani kot točke, so v IFC standardu prav tako modelirani v 3D obliki. Točkovno geometrijo objektov na omrežjih (ventilov, spojk, razdelilnikov, itd.) je mogoče pridobiti z različnimi algoritmi določanja centroidov. Izziv predstavlja geometrična uskladitev linijskega omrežja in tako pridobljenih točkovnih objektov, saj lahko pride do položajnega zamika med linijami in točkami, ki tem linijam pripadajo. Točkovne objekte, ki predstavljajo lome linij in imajo podatek o višinah, lahko pridobimo z izločanjem lomnih točk iz linijske geometrije in s pripisom višine izvorne geometrije.

Za objekte, ki so v obstoječem podatkovnem modelu modelirani s poligoni, se lahko uporabi pristop modeliranja oboda kot je opisan za kataster nepremičnin (poglavje 2.2.2.1). V primeru ZK GJI se modelira le zunanji obod in ne ločeno nadzemni in podzemni del objekta.

2.2.3 Preoblikovanje IFC podatkov v 3D podatkovni model

V poglavju 2.2.2 lahko zasledimo številne izzive in težave na katere naletimo pri poskusih povezovanja podatkov IFC in obstoječih podatkovnih modelov geodetskih evidenc. Glede na to, da so bili podatkovni modeli geodetskih evidenc oblikovani pred uveljavitvijo pristopa BIM, je njihova neuskklajenost pričakovana.

Bolj učinkovito povezovanje je mogoče doseči s prilagoditvijo podatkovnih modelov geodetskih evidenc tako, da upoštevajo podatkovni model IFC za podatke iz okolja BIM. Ciljni podatkovni model geodetskih evidenc je zasnovan tako, da je mogoče razrede podatkovnega modela IFC neposredno uporabiti za določitev objektov v geodetskih evidencah. V določenih primerih slednje ni mogoče oz. ni smiselno, saj se namen zbiranja in uporaba podatkov za področji geodetskih evidenc in BIM zelo razlikujeta. V geodetskih evidencah je namreč ključnega pomena zagotavljanje topološke ustreznosti podatkov in podpora prostorskim analizam. Nemogoče je torej doseči, da bi le z izbiro ustreznih razredov IFC lahko zagotovili vse vhodne podatke za geodetske evidence. Tudi v teh primerih pa je cilj, da je vsebina geodetskih evidenc, kjer je to smiselno pomensko usklajena z vsebino podatkov BIM. Cilj je torej, da prihaja do čim manj neskladij in izgub informacij med pretvarjanjem podatkov iz BIM okolja v geodetske evidence.

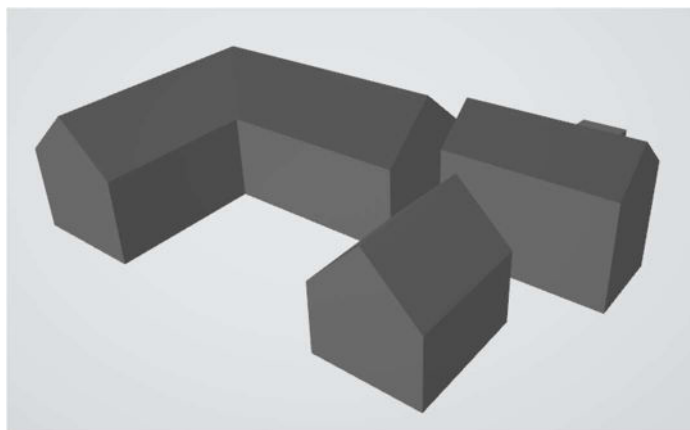
2.2.3.1 Kataster nepremičnin

Povezovanje področij evidentiranja in upravljanja nepremičnin in področja BIM je v zadnjem desetletju predmet številnih raziskav (Rajabifard et al., 2019; Sun et al., 2020; Kalogianni et al., 2020). Veliko je raziskav predvsem na področju 3D katastra za stavbe. Zaslediti je mogoče različne pristope za realizacijo; od neposredne uporabe BIM okolja za upravljanje katastrskih informacij, uporabe BIM podatkov kot podatkovnega vira za 3D kataster, pa do vključevanja 3D katastrskih podatkov v okolje BIM. Kljub omenjenim različnim pristopom, pa se velika večina objav naslanja na iste razrede podatkovnega modela IFC, med katerimi močno prevladuje razred *IfcSpace*. Ta v geometrijskem smislu opisuje lego in obliko notranjih prostorov v stavbi. Za katastrske potrebe je uporaben predvsem zato, ker ne predstavlja fizičnega elementa stavbe, ampak prostor v stavbi, ki ostane, ko odštejemo fizične elemente stavbe (zidove, plošče)

Tekavec et al. 2020a so oblikovali osnovo podatkovnega modela 3D katastra, ki je prav na nivoju notranjih prostorov neposredno povezljiv s podatki IFC. Podatkovni model temelji na enačenju fizičnih mej znotraj stavbe (npr. zidovi) z mejami pravnega pomena. Izbira takšnega pristopa ima za posledico zelo verjetno potrebo po spremembi zakonodaje, ki definira nepremičnine. V kolikor pravne meje nepremičninskih enot v stavbi definiramo tako, da lahko potekajo ne glede na fizične strukture stavbe, potem je povezovanje s podatki BIM nesmiselno, saj takšnih mej iz podatkov BIM ne moremo pridobiti. Nepremičninsko enoto v predlaganem modelu sestavlja skupina prostorov, ki pripadajo tej enoti. Posebna preoblikovanja IFC podatkov v tem primeru ne potrebujemo. Vsakemu prostoru je

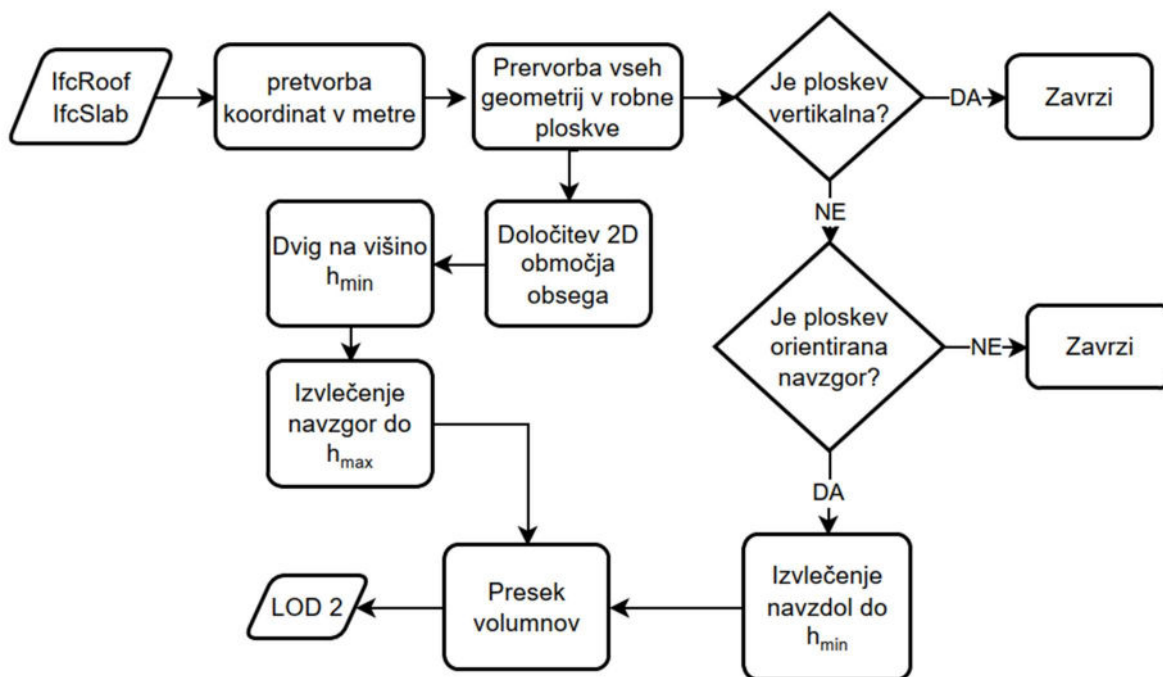
potrebno pripisati enolični identifikator, identifikator nepremičninske enote, kateri pripada in identifikator stavbe v kateri se nahaja.

Poleg geometrije nepremičninskih enot pa kataster nepremičnin obsega tudi opis zunanje geometrije stavbe in njene lege v prostoru. V obstoječem podatkovnem modelu slovenskega katastra nepremičnin je zunanja geometrija povsem fizična (npr. obod stavbe in stik z zemljiščem, višina etaž), brez geometrij pravnega pomena. Za zunanjo geometrijo (ovoj) stavbe v podatkovnem modelu IFC ne obstaja poseben razred, saj le-ta v okolju BIM nima posebnega uporabnega pomena. Za pridobitev 3D zunanje geometrije stavbe so pomembne raziskave glede povezovanja med podatkovnima modeloma IFC in CityGML (Donkers et al., 2013; Knoth et al., 2018, Adouane et al., 2020). Za potrebe stavb katastra nepremičnin bi zadoščala raven podrobnosti zunanje geometrije LoD 2, ki streho opisuje generalizirano glede na njeno dejansko obliko (Slika 21).



Slika 21: Geometrija stavb v nivoju podrobnosti LoD 2.

Obstajajo številni pristopi kako pridobiti modele stavb v nivoju podrobnosti LoD 2 iz podatkov IFC. V okviru projekta bomo razvili obdelavo, ki poleg izbiranja ustreznih IFC razredov obsega tudi preoblikovanje teh podatkov s transformacijami in 3D operacijami. V spodnjem diagramu (Shema 4) so prikazani ključni koraki za pridobitev LoD 2 modela iz podatkov IFC, in sicer iz razredov **IfcRoof** in **IfcSlab**. Cilj obdelave je pridobiti 3D model, ki se po geometrijskih karakteristikah čim bolj približa definiciji LoD 2 standarda CityGML.



Shema 4: Pretvorba podatkov IFC v LOD 2 model stavbe, primeren za okolje GIS.

2.2.3.2 ZK GJI

Evidenca ZK GJI obsega podatke o infrastrukturnih objektih med katerimi prevladujejo omrežja (vodovod, kanalizacija, itd.). V BIM okolju so vsi objekti, tudi linijski, modelirani kot 3D telesa. Linijska geometrija ima za shranjevanje in upravljanje podatkov o omrežjih številne prednosti. Poleg tega, da je relativno enostavna za modeliranje in vzdrževanje omogoča tudi številne prostorske analize.

Omrežij v evidenci ZK GJI ni smotrno shranjevati v obliki 3D teles, kot so modelirane v BIM okolju, saj gre za kompleksne geometrije, ki so zelo zahtevne za modeliranje in predvsem za vzdrževanje. Smiselna je nadgradnja obstoječega sistema v smeri 3D linij, saj obstoječi podatkovni model kombinira 2D linijsko geometrijo in točke, ki imajo podatek o višini. Točke lahko uporabimo za pretvorbo linij v 3D linije, a je težava v stikih, ki nimajo istih višin. Poleg tega takšna struktura podatkov povečuje možnosti za nepravilnosti v podatkih (manjkajoče točke), kar se izkaže tudi ob pregledu in preizkusu transformacije realnih podatkov iz baze ZK GJI. Povezljivost omrežja v križiščih je ob takšni strukturi podatkov nemogoče določiti, saj točke, ki predstavljajo vozlišča, nimajo podatkov o povezljivosti. Povezljivost je mogoče določiti samo na podlagi sovpadanja položaja vozlišč, kar pa je lahko zelo občutljivo na napake. V določenih primerih je za povezljivost linije v 3D prostoru potrebno dodatno ustvariti vertikalne povezovalne linije, kjer imata točki dveh linij, ki se stikata, različno višino. V 3D modelu ZK GJI bi bile linije omrežja 3D linije.

Preoblikovanje podatkov v 3D podatkovni model se za linijska omrežja ne razlikuje veliko od preoblikovanja v obstoječi podatkovni model, ki je opisano v poglavju 2.2.2.2. Izpusti se le zadnji del določanja lomnih točk z višinami in transformacija 3D linij v 2D. Enake so tudi glavne težave preoblikovanja, saj so omrežja v IFC večinoma modelirana le kot 3D telesa (*Body* geometrija), brez linijske geometrije (*Axis* geometrija). Težava je tudi v prekinitvah na delih, kjer se nahajajo različni objekti (npr. ventili), kar otežuje določitev povezljivosti omrežja oz. topologije (Slika 14). Slednje bi bilo tako potrebno določiti z uporabo namenskega programa oz. ročno.

Glede na to, da je omrežja smiselno ohraniti v linijskem geometrijskem tipu, je smiselno ohraniti tudi točkovno geometrijo objektov na omrežjih. Kot pri pretvorbi iz IFC v obstoječ podatkovni model (poglavje 2.2.2.2), je to mogoče narediti z določitvijo centroida 3D telesa, ki predstavlja objekt na omrežju. Ta centroid je nato potrebno premakniti tako, da sovpada z linijo omrežja.

Druge objekte, ki se v obstoječem podatkovnem modelu modelirajo s poligoni, je mogoče modelirati kot 3D volumske objekte različnih nivojev podrobnosti. Za potrebe zagotavljanja podatkov o zasedenosti prostora je primerna raven podrobnosti enaka, kot za stavbe katastra nepremičnin, torej LoD 2. Tudi proces pridobitve takšnega modela iz podatkov IFC je enak, kot je opisan za kataster stavb.

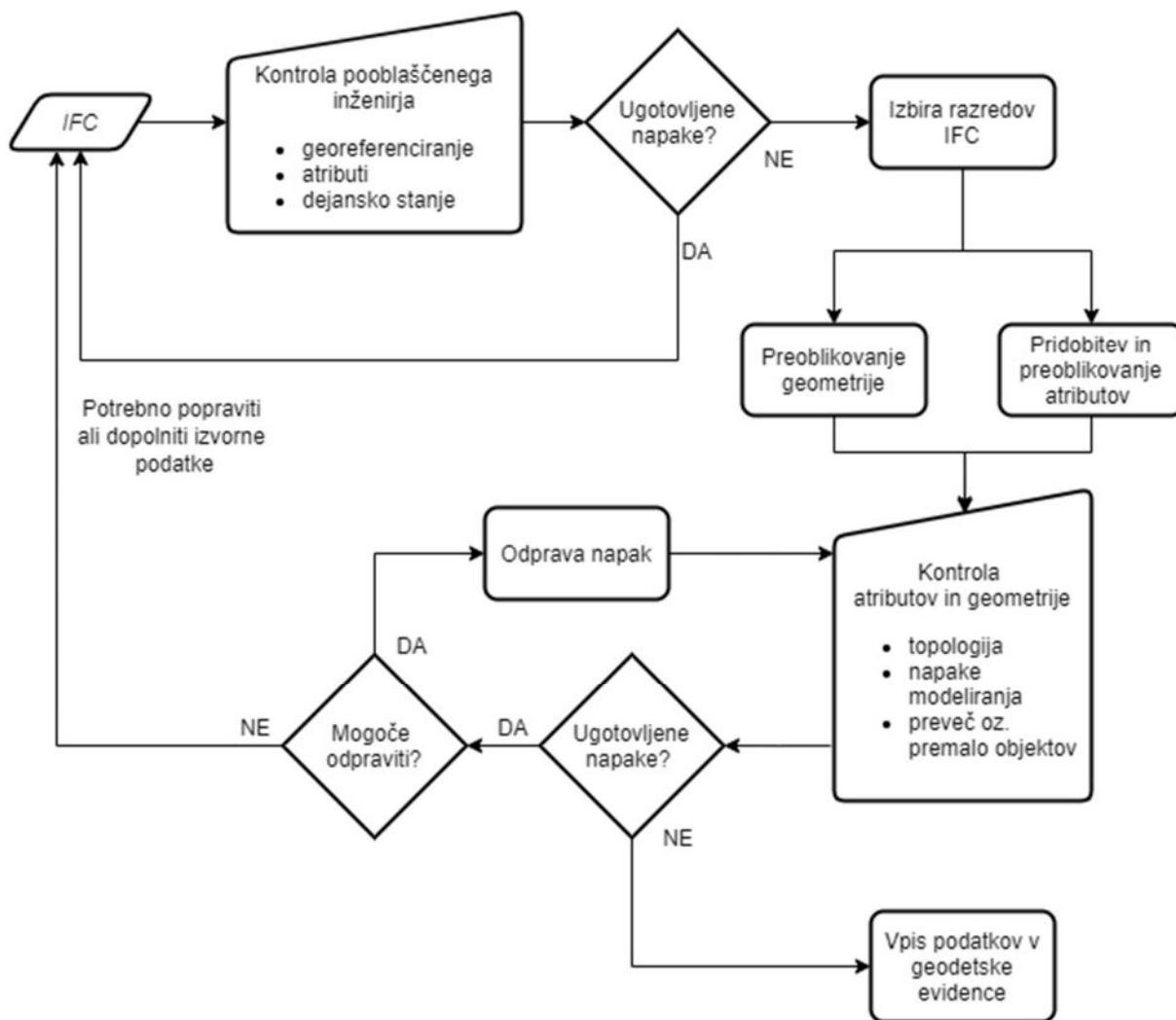
Ker gre pri ZK GJI za izrazito tehnično usmerjeno evidenco, je podatkovni model lahko zasnovan bolj prilagodljivo. Kot je razvidno iz vsebine poglavja 2, je pretvorba podatkov iz IFC v GIS obliko lahko zelo zahtevna in dvoumna. Na nivoju celotne države je shranjevanje in upravljanje kompleksnih izvornih 3D geometrij iz BIM okolja v okviru geodetskih evidenc neizvedljivo, vprašljiva pa je tudi smiselnost tega. Vseeno pa je mogoče vzpostaviti povezavo med objekti v različnih okoljih. Ena od možnih variant podatkovnega modela za ZK GJI v prihodnosti je kombinacija 3D podatkov v GIS obliki (pridobljenimi iz IFC podatkov oz. terensko izmero), ki so preko identifikatorjev povezani z ločeno shranjenimi izvornimi IFC podatki. V kolikor bi uporabnik želel več informacij o določenem objektu, bi preko identifikatorja lahko našel objekt v izvorni obliki v IFC dokumentu. Druga možnost je izvedba z referencami na izvorno geometrijo, ki je pretvorjena v grafični format, npr. OBJ. V tem primeru je mogoče dostopati do izvorne geometrije objektov, ne pa tudi do vseh ostalih informacij o objektu.

2.2.4 Možnosti vzdrževanja podatkov z uporabo IFC podatkov

V prejšnjih poglavjih je bilo opisano, kako je IFC podatke mogoče preoblikovati tako, da so po vsebini in obliki čim bolj skladni s podatki geodetskih evidenc. Kot že omenjeno v uvodu, je glavni namen preoblikovanja IFC podatkov vzdrževanje oz. posodabljanje geodetskih evidenc, pri čemer je najpomembnejši predvsem vpis novozgrajenih stavb. Geodetske evidence so oblikovane tako, da zagotavljajo podatke v skladu s svojim namenom. Neposredno shranjevanje podatkov v npr. IFC formatu s tega vidika ni primerno in ustrezno, lahko pa ti podatki predstavljajo uporaben vir za vpis v geodetske evidence.

V poglavju je predstavljen koncept procesnega modela za vzdrževanje podatkov geodetskih evidenc. Procesni model vsebuje ključne korake, ki so pomembni pri vpisu podatkov na podlagi podatkov, ki prihajajo iz okolja BIM. Osnovni koncept procesnega modela je enak tako za stavbe (vpis v kataster nepremičnin), kot tudi za infrastrukturo (vpis v ZK GJI). Pri slednjem bodo koncept procesnega modela morali prilagajati upravljavci katastrov GJI sami.

Shema 5 predstavlja procese, ki jih je potrebno izvesti pred vpisom v geodetske evidence. Najpomembnejši procesi obsegajo kontrolo in preoblikovanje podatkov.



Shema 5: Procesni model vzdrževanja geodetskih evidenc s podatki iz okolja BIM.

Prva aktivnost, ki jo je potrebno izvesti ob prejemu podatkov je izvedba kontrol nad izvornimi podatki. Gre za aktivnost, ki bi jo moral izvesti pooblaščen inženir geodezije in za to prevzeti odgovornost. Predvsem je to potrebno zaradi kontrole oz. izvedbe georeferenciranja IFC podatkov (torej pravilnega položaja objektov za vpis) in kontrole dejanskega stanja v naravi, kar lahko izvede le strokovnjak na področju geodezije. Ker podatki, ki so pomembni za vpis v geodetske evidence, v podatkovnem modelu IFC načeloma niso obvezni, je nujno potrebno preveriti, ali IFC podatki vsebujejo vse potrebne razrede in vse potrebne attribute, ki predstavljajo vir podatkov za vpis v geodetske evidence.

Ob ugotovljenih napakah oz. pomanjkljivostih je le-te potrebno popraviti v izvornem BIM okolju in za tem ponovno preveriti ustreznost podatkov.

Po končani kontroli se izvedejo aktivnosti, ki so podrobneje opisane v poglavjih 2.2.1 in 2.2.2 oz. 2.2.3. S preoblikovanjem podatkov se zagotovi, da podatki ustrezajo obliki in vsebini geodetskih evidenc. V teh aktivnostih obstaja možnost, da je določene podatke potrebno dodatno ročno dodati.

Po končanem preoblikovanju podatkov sledijo kontrole, saj se zaradi obsežnosti podatkov IFC, pomanjkanja kontrol v izvornem okolju in različnih načinov modeliranja objektov lahko pri pretvorbi pojavijo napake in pomanjkljivosti, ki preprečujejo vpis v geodetske evidence. Določene napake je mogoče odpraviti na preoblikovanih podatkih, lahko pa se, tudi zaradi zagotavljanja skladnosti izvornih podatkov z vpisanimi, napake odpravi v izvornih IFC podatkih in ponovno izvede procese izbire in

preoblikovanja. V primeru, da preoblikovani podatki ne vsebujejo napak, se lahko uporabijo za vpis v geodetske evidence ob upoštevanju upravnega dela postopka vpisa. Shema 5 opisuje koncept procesnega modela vzdrževanja v tehničnem smislu. Določene prilagoditve obstoječih aktivnosti bi bile verjetno potrebne tudi v smislu upravnega procesa. Predvsem je ključna določitev aktivnosti, ki se izvajajo na trgu in aktivnosti, ki se izvajajo znotraj GURS.

Predstavljene aktivnosti v diagramu je v določenem delu mogoče izvajati samodejno, določene pa zahtevajo polsamodejno oz. ročno izvajanje. To izhaja predvsem iz kompleksne in obširne strukture izvornih podatkov. Ker podatkovni model IFC ni zasnovan z namenom uporabnosti za geodetske evidence, se je potrebno tudi zavedati, da IFC podatki najverjetneje ne bodo zagotavljali polnega obsega podatkov za vpis v geodetske evidence. Manjkajoče podatke oz. dopolnitve podatkov bo potrebno pridobiti iz drugih virov ali na podlagi terenskega ogleda in izmere.

2.3 Orodja za nadgradnjo geodetskih podatkovnih modelov v podporo konceptu GeoBIM (Akt. 2.3)

Rezultat aktivnosti 2.3. je seznam orodij za nadgradnjo in pretvorbo geodetskih podatkovnih modelov v podporo konceptu GeoBIM. V poglavju predstavljamo programsko opremo za BIM ter potencialne vmesnike za prenos podatkov ZK GJI in KS med formatoma CityGML ter IFC v obeh smereh.

2.3.1 Programska oprema BIM

Na spletnih straneh podjetja Revizto¹⁵ najdemo listo 30 najboljših programskih BIM orodij v letu 2021 (Revizto, 2022):

1. Revit

Revit je znana programska oprema BIM, ki jo je razvil jo je Autodesk in je ena najbolj priljubljenih. Funkcionalnost programa Revit je primerna za različne uporabnike, vključno za arhitekta, projektanta, strokovnjake za mehaniko, elektriko in vodovod, in druge izvajalce. Ponuja izvedbeni pristop k različnim fazam gradbenega procesa prek modelov.

Revit deluje v operacijskem sistemu Microsoft Windows in lahko z upravljanjem različnih delov procesa znotraj istega sistema bistveno zmanjša težave z napačno komunikacijo in tako poveča zanesljivost pri usklajevanju. Revit velja za 4D BIM programsko opremo in tako podpira spremljanje celotnega življenjskega cikla določenega gradbenega projekta, od prvih zamisli do rednega vzdrževanja in/ali rušenja.

2. Revizto

Osnovna uporabnost Revizta je zagotoviti integrirano platformo za sodelovanje v okolju BIM za 3D in 2D delovne postopke, ki uporabnikom omogoča komunikacijo z vsemi udeleženci in zainteresiranimi stranmi projekta. Reviztove rešitve se lahko uporabljajo v vseh fazah gradbenega procesa in možnost raziskovanja modelov v navidezni resničnosti. Je uporabniku prijazna platforma in omogoča, da so podatki na voljo vsem deležnikom ne glede na raven znanja, kar jim omogoča boljše, hitrejšo in učinkovitejše sprejemanje odločitev v realnem času.

3. Navisworks

Navisworks je še ena rešitev BIM, ki jo je ustvaril Autodesk. Glavna razlika med Navisworksom in Revitom je v tem, da je Navisworks bolj rešitev za pregledovanje projektov za strokovnjake

¹⁵ Podjetje Revizto je ustanovila družba Vizerra SA s sedežem v Lozani v Švici, ki je leta 2008 začela razvijati programsko opremo za sledenje težavam v realnem času za industrijo AEC. Glavni cilj podjetja Revizto je zagotoviti platformo za sodelovanje BIM za 3D in 2D delovne tokove, ki uporabnikom omogoča delo in komunikacijo z vsemi deležniki projekta v enotnem programskem okolju. Trenutno se več kot 100.000 strokovnjakov AEC v 150 državah vsak dan zanaša na Revizto kot orodje za usklajevanje projektov pri tisočih gradbenih projektih.

AEC (arhitektura, inženiring in gradbeništvo). Tako kot Revit lahko deluje v operacijskem sistemu MS Windows, prav tako pa lahko povezljiv tudi z drugimi Autodeskovimi 3D-rešitvami. Navisworks je uporaben že v fazi pred gradnjo, saj že od začetka nadzira in predvideva izid projekta. Na voljo so simulacija modela, animacija, združevanje podatkov znotraj enega modela in številne druge funkcije.

4. ArchiCAD

ArchiCAD je 3D programska oprema BIM, katere osnovna namena sta oblikovanje in modeliranje. Razvil jo je Graphisoft, deluje pa lahko tako v namiznih sistemih MS Windows kot Mac. ArchiCAD je priljubljen na področju urbanizma, oblikovanja in arhitekture, saj mu je uspelo izboljšati celoten potek dela v teh področjih. Vse funkcije programa ArchiCAD so namenjene čim večji uporabnosti za namene vizualizacije, vključno z estetskimi in tehnološkimi deli.

ArchiCAD velja za eno prvih implementacij BIM, po potrebi pa lahko dela tako s 3D kot 2D geometrijo. Zaradi različnih funkcij vizualizacije in BIM je program ArchiCAD uporaben za vsako gradbeno ali arhitekturno podjetje, zato velja ArchiCAD za enega od začetnikom najbolj prijaznih primerov programske opreme BIM na trgu.

5. Vectorworks Architect

Vectorworks Architect je paket rešitev, ki vključuje orodja CAD in BIM. Njegov glavni cilj je delo v procesu načrtovanja, tako 2D kot 3D, ne da bi pri tem okrnil ustvarjalno vizijo prvotnega modela. Paket služi celotnemu poteku dela, od konceptualizacije do dejanske gradnje.

Na voljo so tudi funkcije usmerjene v oblikovanje za racionalizacijo procesa ustvarjanja virtualne predstavitve.

6. Edificius

Edificius je platforma BIM za arhitekturno oblikovanje. Arhitekturno projektiranje je ob upoštevanju vseh novih tehnologij in predpisov veliko lažje, saj omogoča delo v 2D in 3D dimenzijah. Na voljo so tudi vizualizacija vrtov in krajine, statično upodabljanje in upodabljanje v realnem času. Nekatere funkcije BIM vključujejo tudi ocenjevanje stroškov v realnem času in gradbeni inženiring, seznam brezplačnih virov za notranjo opremo prek brezplačnega kataloga.

7. midas Gen

Midas Gen je eden od izdelkov, ki jih je razvil Midas. Osnovni namen programa midas Gen je upravljanje stavb s funkcijami BIM.

8. Autodesk BIM 360

Druga Autodesk-ova stvaritev je programska oprema BIM 360, ki se uporablja za vodenje gradnje in izvedbe projektov. Združuje različne postopke načrtovanja, projektiranja in gradnje v en sam proces. V svojem bistvu gre za spletno storitev, ki temelji na oblaku, da bi se izognili zamudam in izboljšali sprejemanje odločitev, saj različnim ekipam omogoča dostop do ustreznih podatkov. Autodesk BIM 360 omogoča upravljanje celotnega življenjskega cikla projekta.

9. SketchUp

SketchUp je enostavno orodje za modeliranje, ki uporabnikom omogoča preoblikovanje pravilnih črt in oblik v različne 3D oblike. Zaradi vgrajene zbirke 3D-modelov ni potrebno vsega narediti od začetka. Program SketchUp vključuje različna orodja. Do običajnega brezplačnega orodja za 3D modeliranja se lahko dostopata iz spletnega brskalnika. Obsežnejša rešitev Pro pa omogoča več možnosti za izvedbo 3D projektov. Ponuja analizo različnih parametrov 3D modelov pred njihovo izdelavo.

10. Buildertrend

Buildertrend je orodje BIM za fazo gradnje, ki je primerno za predelovalce in graditelje stanovanj. V oblaku ponuja veliko različnih funkcij, vključno z dostopom do projekta in njegovim upravljanjem v realnem času od koder koli. Na voljo so tudi funkcije, kot so splošno upravljanje projektov, upravljanje strank, finančna orodja in predprodajni postopek. Vsaka od teh funkcij vključuje različne funkcije in možnosti, kot so označevanje načrtov, proračuni in drugo.

11. Trimble Connect

Trimble Connect je izdelek v oblaku za izmenjavo informacij BIM. Njegova glavna posebnost je zagotavljanje pravih podatkov pravim strokovnjakom ob pravem času. Pravočasno zagotavljanje ključnih informacij se lahko izkaže za ključno v različnih fazah delovnega procesa. Nekatere od glavnih funkcij so koordinacija načrtovanja, komunikacija na kraju samem/izven gradbišča in vodenje projekta. Prav tako omogoča povezovanje s številnimi gradbenimi orodji.

12. BIMobject

BIMobject je ena redkih brezplačnih platform za vsebine BIM. To rešitev pogosto uporabljajo arhitekti, izvajalci in projektanti za dostop do industrijskih objektov BIM. Edini pogoj za dostop do te platforme je registracijski obrazec, ki se ga izpolni brezplačno. Na voljo je na tisoče različnih objektov BIM, razvrščenih v različne kategorije glede na vrsto, velikost, regijo, vrsto datoteke in drugo. Napredno filtriranje zelo pomaga pri iskanju točno tistega, kar se potrebuje.

13. Civil 3D

Civil 3D je še en izdelek BIM, ki ga je ustvaril Autodesk in se osredotoča na gradnjo, vendar ponuja tudi nekatere funkcije in delovne postopke, povezane z BIM. Civil 3D pomaga pri natančnejšem razvoju projektov z manj napakami in tveganji ter hitrejšim prilagajanjem spremembam projekta. S programom Civil 3D je mogoče racionalizirati tudi zahtevnejše in dolgotrajnejše naloge (projektiranje križišč in koridorjev, urejanje gradbišča in podobno).

14. BricsCAD BIM

Druga celovita programska oprema BIM je BricsCAD BIM. Je vsestranska rešitev, ki lahko obdela vse postopke projekta, kot so dodajanje podrobnosti, skiciranje, in vse to pretvori v popolnoma funkcionalen informacijski model stavbe. Omogoča nadzor nad različnimi elementi in lastnostmi projekta, vključevanje dodatnih informacij, kot so definicije, plasti in podobno. Na voljo so tudi pametne možnosti strukturnega modeliranja za samodejno razvrščanje linearnih trdnih teles.

15. Sefaira

Sefaira je program BIM za analizo načrtovanja in v zgodnjih fazah gradnje. Predvsem je namenjen za analizo energije, dnevne svetlobe in udobja s preučevanjem sistemov HVAC in prezračevanja. Zlahka sodeluje z aplikacijami, kot sta SketchUp ali Revit, in lahko ponudi širok nabor vhodnih podatkov in kontrol za svoj postopek analize.

16. Hevacomp

Je rešitev, ki se ukvarja s posebnimi zadevami, povezanimi z BIM. Ta programska oprema je zasnovana posebej za izvajanje energetske analize stavb, kar omogoča energetske učinkovite gradnje z napovedmi, ki temeljijo na dejanski učinkovitosti.

Sama rešitev vključuje več različnih orodij BIM, kot so dinamična simulacija, načrtovalec električnih naprav, načrtovalec strojnih naprav itd. Dynamic Simulation na primer omogoča izdelavo simulacij stavb na podlagi britanskih predpisov, povezanih s stavbami. Racionalizacija gradbenih procesov je mogoča prek enotnega standardnega modela stavbe.

17. Kreo

Kreo izkorišča prednosti umetne inteligence v korist BIM. Deluje kot inteligentna programska oprema za načrtovanje v oblaku in ponuja zmogljivosti umetne inteligence. Kreo je razdeljen na dva različna dela: Kreo Plan in Kreo Design. Kreo Plan lahko analizira obstoječe modele BIM in jih poskuša popraviti prek podrobnih poročil, napovedi in drugih potrebnih informacij. Kreo Design pa je orodje, ki podjetjem pomaga pri ustvarjanju modelov BIM v zgodnjih fazah.

18. VisualARQ

VisualARQ je lokalni program BIM, katerega glavni namen je izboljšati uporabnost aplikacije Rhinoceros 3D CAD, ki se pogosto uporablja za industrijsko in arhitekturno projektiranje. Ena od glavnih posebnosti programa VisualARQ je modeliranje v prosti obliki, ki uporabnikom omogoča pretvorbo poljubne geometrije v kompleksne oblike, ki jih je mogoče zapolniti z različnimi edinstvenimi geometrijami. Zagotavlja lahko tudi dinamično dokumentacijo, integriran urejevalnik objektov in še veliko več.

19. The Wild

Wild je še ena platforma za sodelovanje na daljavo, ki lahko uporablja tako virtualno kot razširjeno resničnost, kar omogoča prihranek časa, boljše odločanje in manj napak z dejansko vizualizacijo vaših načrtov. Od samega začetka sta podprta programa SketchUp in Revit. Wild si prizadeva, da bi vse popeljal v virtualno prihodnost sodelovanja na povsem drugačni ravni kot doslej.

20. Allplan Architecture

Allplan Architecture je programska oprema BIM, namenjena predvsem arhitektom. Omogoča profesionalno vizualizacijo in risbe ter natančne izračune stroškov in količin potrebnih materialov. Omogoča delo v 3D ali v kombinaciji 2D in 3D. Uporabniku prijazen vmesnik hkrati pomaga pri splošni produktivnosti arhitekta, podatke pa se enostavno izmenjujejo z različnimi partnerji pri načrtovanju za boljše timsko delo in sodelovanje.

21. AECOsims Building Designer (OpenBuildings Designer)

AECOsims Building Designer je programska oprema BIM za načrtovanje infrastrukture, ki jo je ustvarilo podjetje Bentley Systems. Deluje lahko z več področji hkrati, vključno z arhitekturnimi, električnimi, konstrukcijskimi, strojnimi in drugimi.

V zadnjem času se je pri programu AECOsims Building Designer opazno povečala splošna produktivnost, hitrost, povezljivost in drugi parametri. Deluje lahko tudi z mrežnim modeliranjem, s katerim zlahka ustvarja koncepte in parametrične vsebine BIM.

22. ActCAD BIM

ActCAD BIM je razširitev programa ActCAD 2020, ki je programska oprema za 3D modeliranje, vendar z dodatnimi funkcijami, povezanimi z BIM. Nativno na primer deluje z datotekami DWG in DXF, odpre pa lahko tudi številne druge. Osnova programa ActCAD BIM je motor IntelliCAD 9.2 s knjižnicami ODA 4.3; svojemu modelu lahko s preprostimi ukazi dodate generične dele konstrukcije. V meniju Paleta orodij so poleg standardnih možnosti 3D modeliranja na voljo tudi številni zavijki, povezani z BIM.

23. BIMx

BIMx je večplatformna rešitev, ki uporabnikom omogoča predstavitev modelov BIM v 3D in 2D ter tako zmanjšuje vrzel med projektantsko mizo in dejanskim gradbiščem. Seznam podprtih platform je naslednji: MS Windows, Mac, Android in iOS.

Temelj te programske opreme je koncept hiper-modela, ki omogoča hitro spreminjanje 3D-modelov v obliki risalnih listov. Vključene so tri glavne aplikacije: mobilni pregledovalnik, namizni pregledovalnik in založnik. Hkrati so sami 3D-modeli predstavljeni v interaktivnem pristopu, zaradi česar je celotna interakcija še bolj prijazna do uporabnika.

24. dRofus

Z dRofusom se lahko do obsežne podpore delovnim postopkom in informacij o stavbi dostopa na kateri koli točki življenjskega cikla gradnje. Lahko se prosto integrira s priljubljenimi programi za modeliranje BIM, kot so Revit, ArchiCAD in IFC, da se lahko podatki sinhronizirajo v obe smeri. Na voljo je tudi množica drugih funkcij, kot so natančnejše odločanje, pretvorba podatkov v enoten standardni format, večja učinkovitost potrjevanja projektov, bistveno manjša tveganja in podobno.

25. Procore

Procore je še ena platforma za upravljanje gradnje, ki spodbuja obsežno sodelovanje med vsemi deli gradbenega procesa. Sama tehnologija je uporabniku prijazna in intuitivna, z njo se lahko poenostavi delovni proces. Zaradi splošne prijaznosti do uporabnika je izredno dragocena za ljudi, ki nimajo dovolj znanja s 3D modeli.

Procore sestavljajo štiri glavni deli: produktivnost na terenu, gradbeno finančno poslovanje, kakovost in varnost ter vodenje projektov. Vsak del predstavlja določeno področje področja znotraj projekta in morajo delovati skupaj, da so še bolj učinkoviti, ko jih uporabljajo tako strokovnjaki kot običajni ljudje.

26. ArCADia BIM 11

ArCADia BIM 11 je programska oprema, ki lahko s številnimi uporabnimi rešitvami pospeši projektiranje. Na voljo je knjižnica že modeliranih objektov, s tem pa je celotno projektiranje objektno usmerjeno. Obstaja tudi določena stopnja podpore tehnologiji BIM, kot so izmenjava in primerjava dokumentov, uporaba izvornega formata DWG, natančno risanje z uporabo koordinat, možnost tiskanja in druge uporabne funkcije.

27. Tekla BIMsight

Tekla BIMsight omogoča združevanje modelov in odpravljanje težav z drugimi udeleženci procesa. Glavni namen te programske opreme je napreden sistem BIM in gradbeni inženiring. Na voljo so 3D navigacija, podpora IFC, preglednost objektov, pregledovanje več modelov in številne druge funkcije. Poleg tega so vse funkcije programa Tekla BIMsight na voljo tudi v programu Trimble Connect.

28. BEXEL Manager

Še en primer celovite programske opreme BIM je BEXEL Manager, ki ga je izdelalo podjetje Bexel Consulting. Gre za izpopolnjeno rešitev, ki je specializirana za upravljanje dejavnosti gradbenih projektov. Na voljo so tudi številne možnosti integracije in certificirani standardi IFC. Seznam zmožnosti programa BEXEL Manager vključuje funkcije, kot so načrtovanje proračuna, optimizacija časovnega načrta, analiza stroškov, upravljanje sprememb, sledenje napredku in druge.

29. PriMus IFC

Glavni namen sistema PriMus IFC je opraviti meritve iz različnih 3D modelov in samodejno izdelati količinski račun. To orodje je referenčni standard za številne rešitve BIM 3D. Prav tako se lahko posodobi, kadar koli se v povezanem 3D modelu pojavijo spremembe, izvaja se pregledovanje datotek IFC, upravlja cenike in drugo.

30. IrisVR

IrisVR je eno od redkih podjetij, ki z izkoriščanjem zmogljivosti navidezne resničnosti ponuja poglobljen pregled in sodelovanje pri oblikovanju. Obstaja veliko možnosti za integracijo s programske opreme, kot so Revit, Navisworks, SketchUp in druge, kar omogoča enostavno in poglobljeno izkušnjo VR pri predstavitvi projektov. IrisVR predstavlja namizna aplikacija

Prospect, ki lahko deluje s HTC Vive, Oculus Rift in Microsoft MR naglavno napravo. Na voljo je tudi mobilna aplikacija, ki podpira Samsung GearVR, Google Daydream in Cardboard.

Plačljive rešitve so obsežne in bogate s funkcijami, vendar obstaja tudi veliko brezplačnih odprtokodnih rešitev, ki lahko opravljajo nekatere izbrane funkcije brez stroškov in pomagajo pri začetnih korakih izdelave BIM, kot na primer:

1. **BIMx** odlična brezplačna rešitev za pregledovanje projektov BIM.
2. Druga alternativa temu je **BIM Vision**, ki lahko dela z modeli iz sistemov, kot so Revit, ArchiCAD, Advance, Tekla in drugi. Ta programska oprema je prav tako standard IFC, kar pomeni niz standardov, ki zagotavlja, da lahko programska oprema izvaja osnovni nabor funkcij v smislu vizualizacije podatkov.
3. Naslednji primer je Microsoft Excel in pobuda, imenovana **COBie** (*Construction Operations Building Information Exchange*). COBie je poseben podatkovni format, katerega namen je zapisati najpomembnejše podatke o določenem projektu. Te podatke je nato mogoče shraniti v preglednico - na primer v preglednico Excel. Ta pobuda je tudi dokazala, da lahko sam BIM zlahka obstaja brez kakršnih koli risb in deluje na podlagi podatkovnih vrstic iz preglednice.
4. Sledi kompromis med programsko opremo CAD in programsko opremo BIM. Kombinacija obeh se imenuje **FreeCAD**. FreeCAD je program CAD, ki ponuja funkcije BIM, ki uporabnikom pomagajo pri opravilih, povezanih z BIM. Program FreeCAD je tudi združljiv z IFC in ga je mogoče nadalje razvijati s programom Python. To je dober način, da lahko vsak uporabnik, ki že pozna programsko opremo CAD, začne uporabljati tudi BIM.
5. Primer povezave med programsko terminologijo in praktično rešitvijo je **xBIM** (eXtensive Building Information Modeling). Sprva je bil ustvarjen kot zbirka orodij za razvoj programske opreme, zdaj pa lahko ponuja tudi praktične primere iz realnega gradbenega konteksta.
6. BIM, kot celovit sistem, je predstavljen v obliki **procesorja B**. Že od samega začetka je bil ustvarjen kot programska oprema BIM in ne kot prilagoditev programske opreme CAD, zato je za uporabnika 3D modeliranje bolj prijazno.

Prodajalci programske opreme za orodja za informacijsko modeliranje stavb - vključno z orodji za izdelavo modelov, načrtovanje, simulacijo in analizo, pregledovanje in drugo - končnim uporabnikom zagotavljajo vmesnike za izvoz, uvoz in prenos podatkov v obliki IFC. Podatke IFC je mogoče kodirati v različnih formatih, kot so XML, JSON in STEP in jih prenašati prek spletnih storitev, uvoziti/izvoziti v datotekah ali upravljati v centraliziranih ali povezanih zbirkah podatkov.

Veliko število programskih aplikacij, ki jih uporabljajo različne zainteresirane strani v procesu izdelave BIM, lahko pošiljajo in prejemajo podatke IFC. Od leta 1997 je bil program IFC preizkušen v številnih iteracijah in si je pridobil svetovno zaupanje kot sredstvo za izvajanje projektov z vsega sveta. Na spletni strani buildingSMART je prikazanih 352 produktov različnih ponudnikov/razvijalcev programske opreme, od teh jih je 105 certificiranih, ki lahko pošiljajo in prejemajo podatke IFC (buildingSMART, 2022).

GeoBIM ne določa specifične programske rešitve, kot tudi ne podatkovnega oz. procesnega modela. Lahko pa GeoBIM definiramo kot povezano programsko okolje, kjer so skupaj dostopne informacije s

področja BIM in različne geografske informacije iz področja GIS, kot smo že opisali v 1. vmesnem poročilu v okviru DP1. Pomembno pomoč pa predstavljajo orodja oz. vmesniki za pretvorbo med CityGML in IFC, ki jih predstavljamo v naslednjem poglavju.

2.3.2 Vmesniki za prenos podatkov ZK GJI in katastrskih podatkov o stabah med formatoma CityGML ter IFC in obratno

Pred uporabo vmesnika za prevedbo podatkov iz CityGML v IFC, je potrebno podatke ZK GJI in katastrske podatke o stavbah zapisati v eno od teh dveh oblik. V ta namen je treba še prej oba tipa podatkov nadgraditi v 3D obliko.

V okviru štiri letnega (2017 – 2020) projekta ISPRS/EuroSDR z naslovom »EuroSDR GeoBIM project« so v dveh sklopih raziskovali možnosti združevanja področja geografskih informacij (Geo) in področja informacijskega modeliranja stavb (BIM), pri soočanju z multidisciplinarnimi izzivi našega grajenega okolja. Zadnja oz. četrta od nalog prvega sklopa tega projekta z naslovom: Možnosti pretvorbe (programske in proceduralne) podatkov iz CityGML v IFC in IFC v CityGML se je nanašala na izvedbo testiranja pretvorbe podatkov s strani udeležencev tega projekta.

Udeleženci so možnosti pretvorbe lahko ugotavljali ter izvajali s svojo izbrano programsko opremo ali pa so uporabili eno od spodaj predlaganih.

Preglednica 7: Orodja predlagana za izvedbo naloge 4.

<i>Programska oprema in verzija</i>	<i>Operacijski sistem</i>	<i>Nivo osebe, ki bo testirala pretvorbo</i>
1. GIS programska oprema		
ESRI ArcGIS (Data interoperability extension)	Windows	2
ESRI ArcGIS Pro (Data interoperability extension)	Windows	1
2. ETL (Extract Transfer Load) orodje		
Safe Software FME 2018.1	Windows Pro 10	1
Safe Software FME 2018.1	Windows 7 Enterprise	1
Safe Software FME Quick Translator 2019.0.2.0	Windows Pro 10	1
Safe Software FME 2017	Windows Pro 10	1
3. 3D pregledovalniki in druga programska oprema		
FZKViewer 5.1	Windows 10 Home	1
4. Orodja za konverzijo		
IFC2CityGML	Windows 10 Home	4

»Nivo osebe, ki je testirala pretvorbo« je bil opisan:

1 – Začetnik (prvič uporablja programsko opremo)

2 – Redni uporabnik

3 – Izkušen uporabnik (zelo dobro pozna tehnične podrobnosti in trike)

4 – Razvijalec testirane programske opreme

Orodja za transformacijo iz CityGML v IFC glede na projekt EuroSDR so:

- **FME,**
- **FZKViewer in**
- **CityGML2IFC.**

Prepoznana orodja transformacijo iz IFC v CityGML glede na projekt EuroSDR so:

- **FME in FME Quick Translator,**
- **ArcGIS Pro in**
- **IFC2CityGML.**

V nadaljevanju podrobneje opisujemo FME, FZKViewer, CityGML2IFC in ArcGIS GeoBIM:

1. **FME**

Ena od najbolj uporabljenih programskih orodij za preoblikovanje podatkov je FME. To je platforma za integracijo podatkov in za preoblikovanje prostorskih podatkov. Z uporabo vmesnika za povezovanje podatkov je mogoče preoblikovati več sto formatov za različne aplikacije. Za večino preoblikovanj in potekov transformacij je mogoča avtomatizacija.

FME je tehnologija pretvorbe podatkov, ki ima vgrajeno podporo za formate STEP, CityGML in Industry Foundation Class (IFC). Poleg prevajanja daje FME uporabnikom tudi nadzor nad tem, kateri deli iz nabora podatkov se pretvorijo in kako. Njegova orodja za preoblikovanje lahko izvlečejo in prestrukturirajo izvirne podatke, da ustrezajo zahtevam ciljnega modela. FME omogoča podatkom BIM, ki ga npr. izdelamo v Revitu, dodati geolokacijo ter tudi prevedbo iz IFC v CityGML. Omogoča pregledovanje, transformacijo in konverzijo 2D v 3D modele in obratno. Omogoča tudi v naprej pripravljene procese pretvorbe s posebnim naborom podatkov.

Kot že rečeno lahko preoblikuje tudi BIM podatke, in preoblikovanje zapiše v shemo ali model, ki ustreza posebnim potrebam. S FME se lahko preslika attribute in spremeni geometrijo, da se ustvari načrte za aplikacije za usmerjanje ali upravljanje objektov. FME lahko BIM podatke tudi konvertira v DWG, 3D PDF ali Esri Geodatabase za lažjo distribucijo podatkov.

Ne glede na namen uporabe je podpora vedno na voljo v okviru FME spletne skupnosti, kjer se je mogoče pogovoriti o posebnih podatkovnih poteh z drugimi uporabniki FME in njihovimi strokovnjaki, tudi preko žive povezave.

Osnovni program je »FME desktop«, ki je tudi najbolj zmogljiv in omogoča uporabo na več zelo različnih načinov in več nivojih: Professional edition, Esri Edition, Database Edition in Smallworld Edition, kjer vsak naslednji nivo vsebuje vse funkcionalnosti od prejšnjega. Lahko deluje le znotraj ene organizacije ali celotne lokalne skupnosti ali za obe oblike uporabe istočasno. Poleg fiksne licence je mogoče uporabljati tudi plavajočo. Mogoča je tudi zaprositi za brezplačno uporabo licence za neprofitne organizacije oz. projekte.

FME Quick Translator, je del programske rešitve FME. V primeru, da se izvaja enostavna prevedba brez posebnih prilagoditev se lahko uporabi FME Quick Translator, ki je le poenostavljena verzija »FME desktop«.

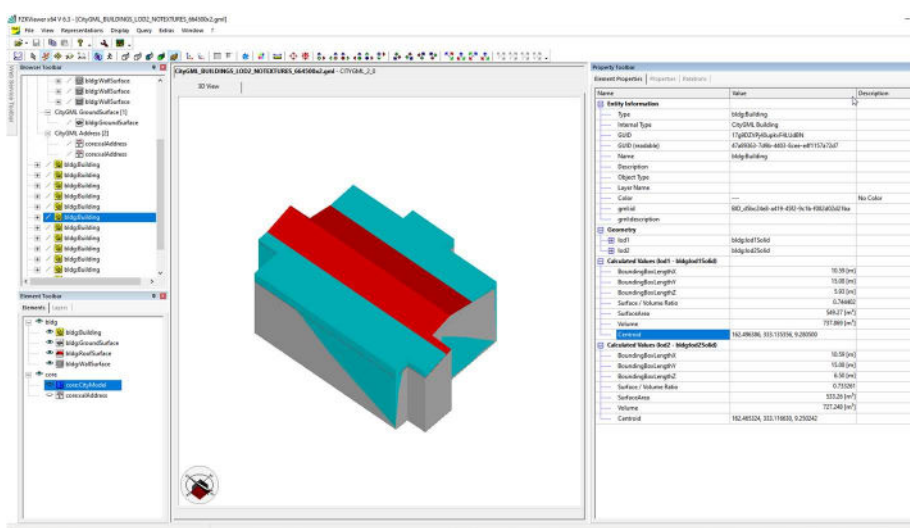
2. FZKViewer

FZKViewer je programsko orodje za vizualizacijo semantičnih podatkovnih modelov s področij BIM (Building Information Modeling) in GIS (Geographic Information Systems). Poudarek je na odprtih standardiziranih formatih podatkov.

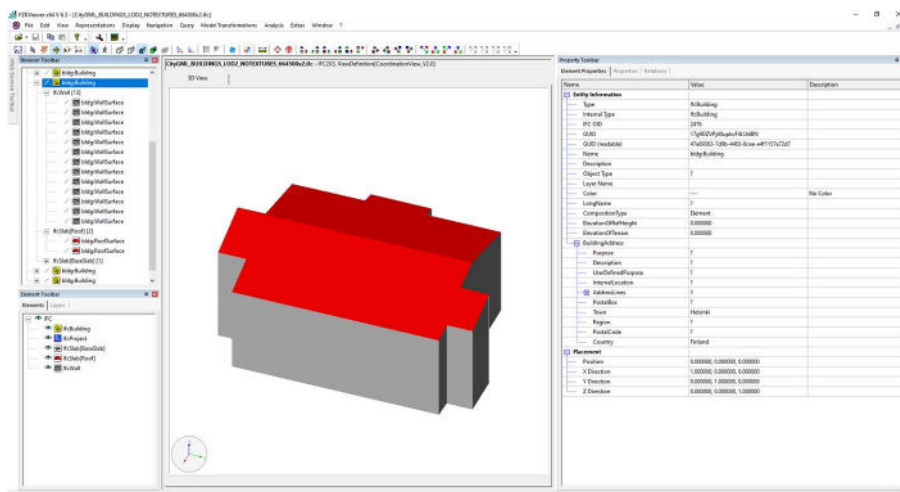
Na ravni podrobnosti zgradb je podatkovni model IFC podprt v formatih datotek SPF (STEP Physical File) in ifcXML od različice IFC2X naprej. Za simulacijo stavbe je podprt gbXML (Green Building XML), ki služi kot format datoteke za izmenjavo iz BIM-a v sisteme za energetske simulacije.

Na ravni podrobnosti mest in okolij je CityGML podprt od različice 0.4.0 naprej, vključno s konceptom razširitve ADE (Application Domain Extension).

Poleg grafičnega prikaza se lahko lastnosti in razmerja med predmeti prikažejo besedilno. Poleg tega so možne različne analize podatkov. Na primer, lahko ustvarite tabele predmetov ter njihovih lastnosti in atributov, nekatere od njih pa lahko prikažete tudi v barvno kodirani grafični predstavi.



Slika 22: Prikaz podatkov v FZKViewer-ju zapisanih v formatu CityGML (Finska) v LoD2.



Slika 23: Prikaz podatkov v FZKViewer-ju zapisanih v formatu IFC (Finska) v LoD2.

3. CityGML2IFC

Glavni izvedbeni del je sestavljen iz programa z imenom "CityGML2IFC.py", ki je skriptna datoteka, napisana v Pythonu 3. Program pretvori izvorno datoteko CityGML v ciljno datoteko IFC. Program je

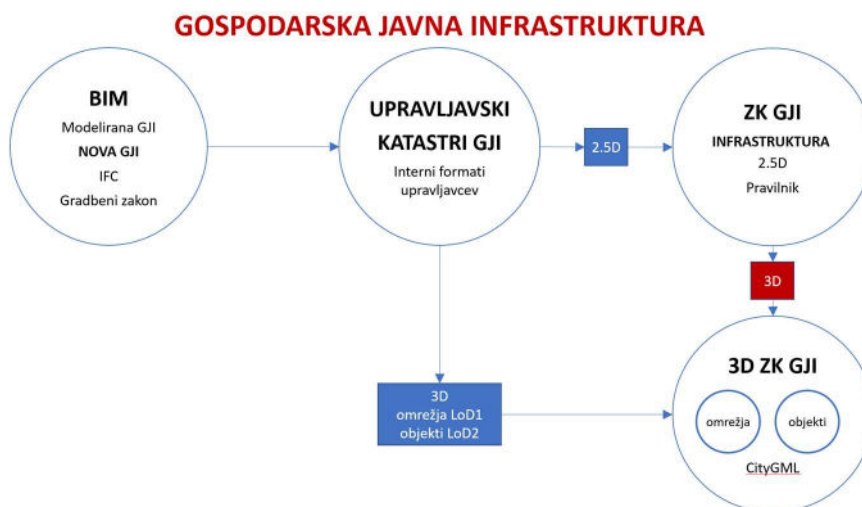
licenciran pod splošno javno licenco v3.0. Za uspešno delovanje programa morajo biti nameščeni dodatni ustrezni moduli ter Python 3. Program se ne vzdržuje in je za njegovo uporabo potrebno znanje programiranja v pythonu.

4. **ArcGIS GeoBIM**

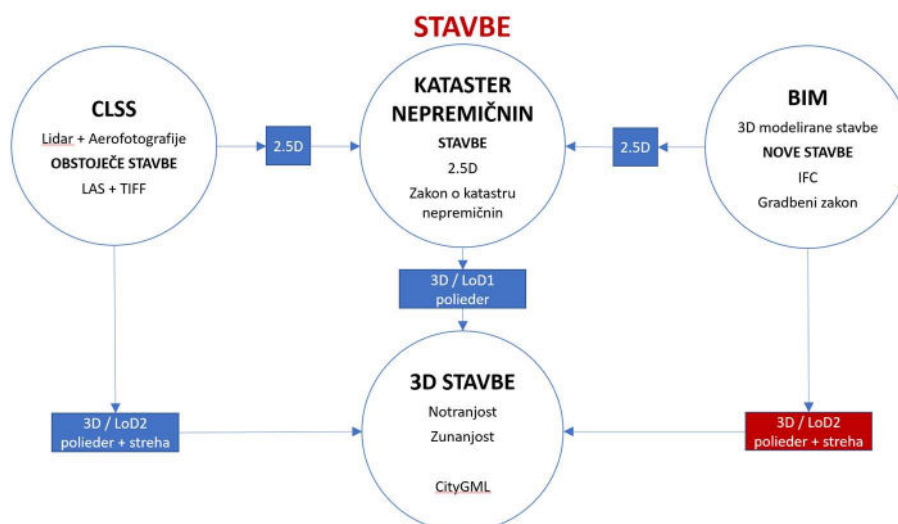
V okviru ArcGIS programskih dodatkov obstaja tudi orodje GeoBIM. ArcGIS GeoBIM ponuja spletno izkušnjo, ki je enostavna za uporabo v okviru projektne skupine, za raziskovanje in sodelovanje pri projektih ter uporabo BIM podatkov iz več sistemov v geoprostorskem kontekstu. Omogoča tudi povezovanje projektov in delovnih tokov med Esri ArcGIS in Autodesk Construction Cloud in BIM 360. Namenjen je uporabi v katerem koli sektorju, kjer se gradi, upravlja ali obnavlja osnovna fizična sredstva – ne glede na to, ali so to cestna ali železniška omrežja, komunalna omrežja, vodni objekti in drugo. Znotraj orodja GeoBIM se lahko poveže georeferencirane funkcije ArcGIS z zapisi v AutoCAD, kar pomeni, da je lažje dostopati, vizualizirati in poizvedovati po projektni dokumentaciji iz več različnih virov. GeoBIM prav tako olajša komunikacijo in sodelovanje v varnem spletnem okolju, ki ga je mogoče prilagoditi potrebam več deležnikov. Poleg tega ArcGIS GeoBIM zagotavlja nove prednosti povezanosti GIS in BIM tudi direktorjem podjetji AEC, vodjem projektov AEC in investitorjem oz. lastnikom grajenih objektov.

3 TEST NADGRADNJE GEODETSKIH PODATKOV (DP3)

V tretjem sklopu projekta sta podrobneje predstavljena dva testa, pri katerih so uporabljeni realni podatki. Testa sta označena z rdečo na slikah 24 in 25.



Slika 24: Shema nadgradnje podatkov ZK GJI z oznako procesa, ki je predmet testa (rdeče).



Slika 25: Shema nadgradnje podatkov stavb z oznako procesa, ki je predmet testa (rdeče).

Namen testov je na praktičnih primerih pokazati izvedljivost konceptov, ki so predstavljeni v prejšnjih poglavjih. Vodilo pri izbiri testov je bila relativna pomembnost glede na ostale možnosti pretvorb podatkov. Izbrana sta bila testa pretvorbe obstoječih podatkov ZK GJI v 3D format in pretvorbe BIM podatkov stavb v 3D GIS obliko v skladu s stopnjo podrobnosti LOD 2 za zunanost in notranjost.

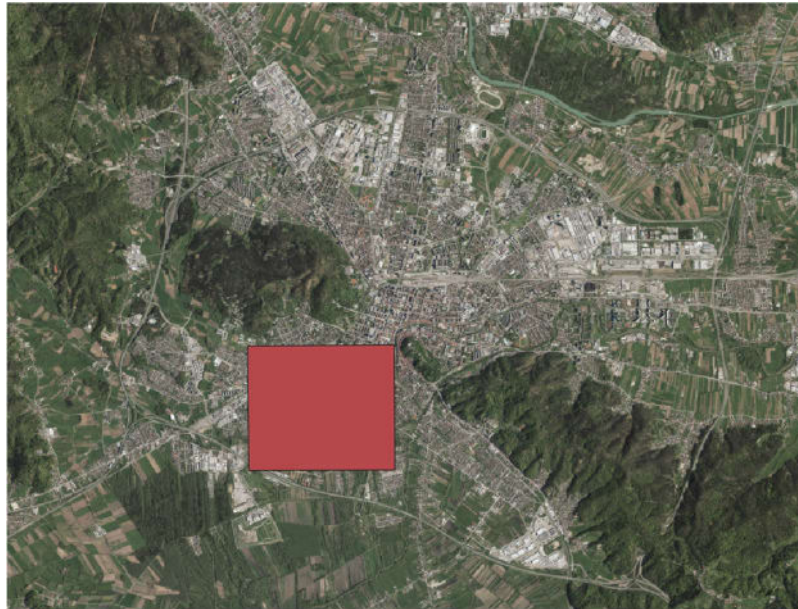
3.1 Test nadgradnje ZK GJI

Prvi test se nanaša na podatke ZK GJI, ki so v obstoječi obliki shranjeni v 2D obliki z dodanimi višinskimi atributi (tj. v 2.5D obliki). Podatki so shranjeni tako, da jih je ob ustrezni obdelavi mogoče pretvoriti v 3D obliko, a pri tem naletimo na določene pomanjkljivosti, ki so podrobneje opisane v nadaljevanju.

Test se osredotoča na podatke omrežij, torej podatke, ki imajo geometrijsko obliko linij. Za praktično izvedbo testov smo izbrali tri podatkovne nize iz različnih tematskih sklopov ZK GJI:

- Električna
- Vodovod
- Kanalizacija

Določili smo območje obravnave v velikosti cca 2 km X 2 km, ki se nahaja na jugozahodnem delu Ljubljane (slika 26). Na tem območju je gostota testnih omrežij relativno velika, kar je pomembno z vidika reprezentativnosti testa.



Slika 26: Testno območje za pretvorbo podatkov ZK GJI.

Kot omenjeno, smo za test izbrali linijske podatke omrežij, ki so shranjeni v datotekah s končnico »_ILL« (ILL). Atributni podatki o višinah lomnih točk so shranjeni v točkovnem sloju s končnico »_IVLL« (IVLL). Podatkovni model je zasnovan tako, da ima vsaka lomna točka linijskega sloja ustrezno točko v točkovnem sloju z atributnim podatkom o višini. S kombinacijo teh točkovnih podatkov in 2D linijskega sloja omrežja, je 2D linije mogoče pretvoriti v 3D linije tako, da vsaki lomni točki 2D linije priredimo atributno višino pripadajoče točke. Postopek nadgradnje je opisan v naslednjem podpoglavju, čemur sledi predstavitev rezultatov za vse tri podatkovne nize. Za tem so opisane težave in pomanjkljivosti, ki so se pojavile pri procesu nadgradnje ZK GJI.

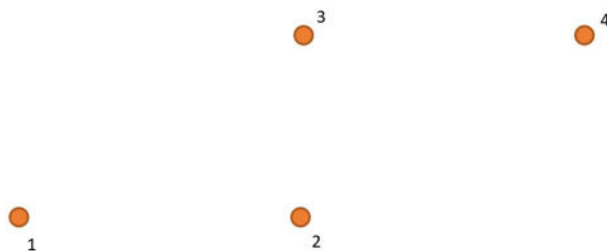
3.1.1 Proces nadgradnje ZK GJI

Vhodni podatki za nadgradnjo so 2D linijski podatki omrežij (ILL) in točkovni sloj z atributnimi podatki o višinah lomnih točk (IVLL). V kolikor želimo 2D lomnim točkam linij ILL dodati višino, je treba linije najprej pretvoriti v točkovne nize, sestavljene iz začetne, končne in vseh vmesnih lomnih točk. Vsaki lomni točki sloja ILL je tako mogoče pripisati višino iz točkovnega sloja IVLL. V točkovnem sloju IVLL ima vsaka točka določeno višino in atribut, ki določata pripadnost liniji.

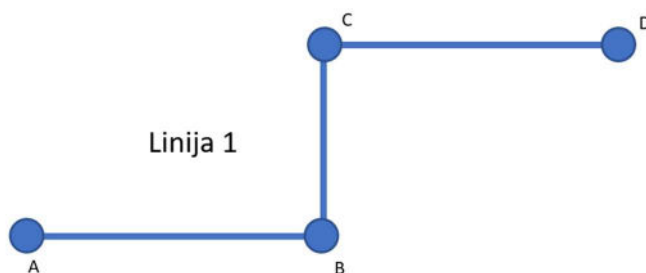
Vzemimo primer, da imamo 2D linijo ILL z dvema lomoma (tloris).



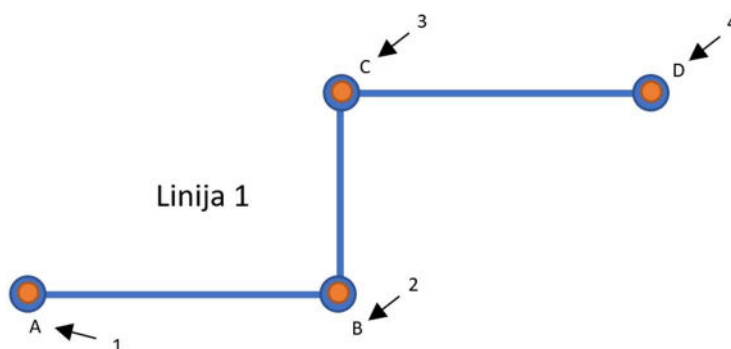
V sloju IVLL imamo točke (1, 2, 3 in 4) z višinami in atributom pripadnosti liniji.



S pretvorbo linije ILL v točke pridobimo 4 točke (A, B, C in D).



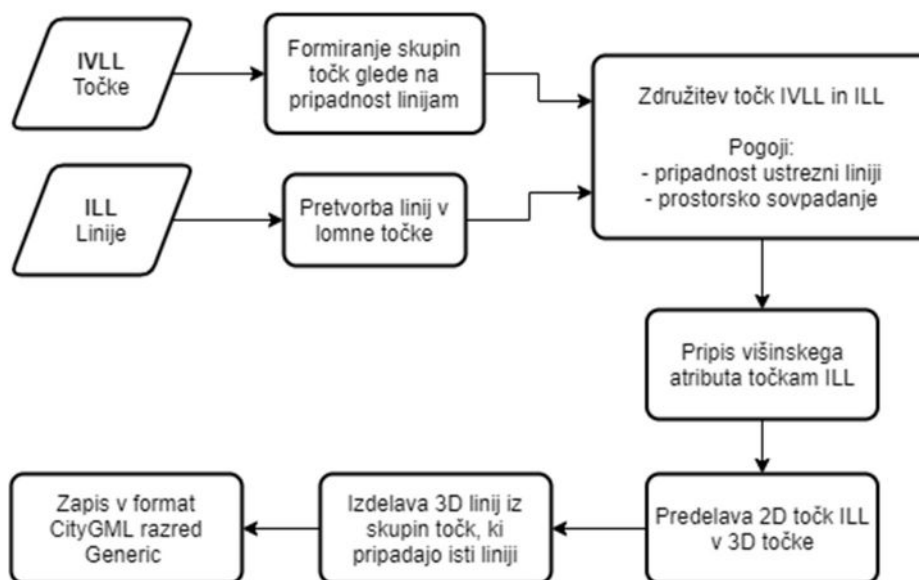
Ker imamo v točkovnem sloju IVLL le informacijo o liniji, višine ne moremo pripisati na podlagi atributnega povezovanja (združitev dveh tabel). V prvi fazi moramo izmed vseh točk IVLL izbrati vse točke, ki pripadajo liniji 1 (točke 1, 2, 3 in 4). Za tem je treba izvesti prostorsko združevanje točk glede na sovpadanje (2D) lokacije (prostorsko ujemanje) – glej shemo 6 (Združitev točk ILL in IVLL).



Točki A se pripiše višina IVLL točke 1 in tako naprej. Iz točk A, B, C in D, ki imajo sedaj atribut višine lahko ustvarimo 3D točke tako, da jim določimo koordinato Z s pomočjo novo pridobljenega atributa. Te točke nato uporabimo za izdelavo 3D linije (obratni proces kot na začetku, ko smo iz linije naredili točke).

Združevanje le na podlagi prostorskega ujemanja položaja točk (brez izbire točk IVLL, ki pripadajo določeni liniji) ni mogoče, saj imamo na stikih dveh ali več linij več kot eno točko IVLL na istem mestu. Npr. na položaju točke 4, ki pripada liniji 1, je lahko tudi točka, ki predstavlja začetno točko naslednje linije, ki se povezuje z linijo 1 v točki D.

Po pretvorbi 2D linij v 3D, smo linije zapisali v formatu CityGML, ki omogoča zapis 3D prostorskih podatkov (shema 6). Ker format CityGML nima namenskih razredov za npr. vodovod in kanalizacijo, smo objekte zapisali v razred »Generic«, kamor lahko zapišemo najrazličnejše objekte, ki pa morajo biti vsebinsko dobro opredeljeni. Težava generičnih objektov je namreč, da jih standard vsebinsko ne opredeljuje, zato lahko prihaja do neskladnosti in težav pri povezovanju z drugimi podatki v formatu CityGML. Za vsak razred objektov je tako potrebno definirati attribute in šifrante, ki omogočajo določitev posamezne vrste objektov in njihovih lastnosti. Slednje je potrebno vključiti tudi v metapodatkovne opise. V okviru testov smo uporabljali podatkovni model CityGML 2.0, ki je v času izvedbe testa operativno še vedno najbolj razširjen. Sicer veljaven je tudi že podatkovni model 3.0, vendar operativnih rešitev v smislu programske opreme za branje, obdelavo in zapis podatkov, kar je treba za izvedbo testov, še ni.



Shema 6: Prikaz postopkov v procesu nadgradnje podatkov ZK GJI.

3.1.2 Rezultati nadgradnje podatkov ZK GJI

Teste smo izvedli za v uvodu predstavljeno območje in tri podatkovne nize ZK GJI. Vse tri podatkovne nize smo obdelali z enakim procesom, zato pri obdelavi ni bilo bistvenih razlik.

2D prikaz v dokumentu težko jasno predstavi rezultate, zato so ključna opažanja pri pregledu rezultatov v 3D pregledovalniku posebej izpostavljena.

3.1.2.1 Električno omrežje

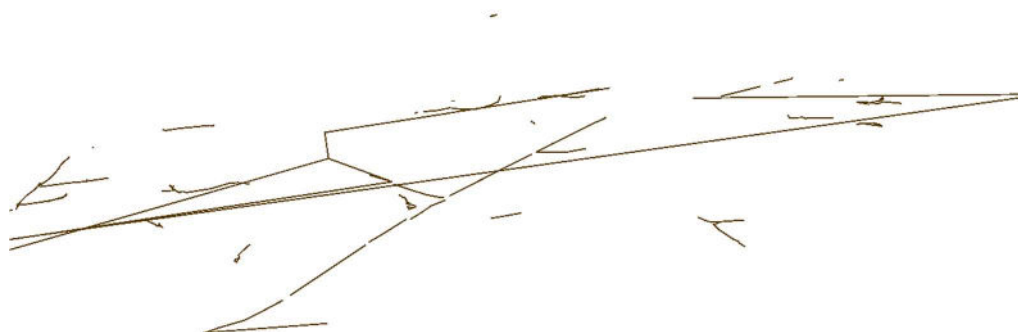
Pri električnem omrežju imamo na voljo relativno malo IVLL točk, ki omogočajo pretvorbo v 3D. Posledično po pretvorbi ostane le manjše število 3D linij. Iz slik 27 in 28 lahko opazimo, da je večina linij med seboj nepovezana, kar je pri podatkih o omrežjih zelo nezaželeno (t.i. špageti).



Slika 27: 2D vhodni podatki.



Slika 28: 3D linije po pretvorbi – tloris.



Slika 29: 3D linije – poševni pogled.

Poševni pogled (slika 29) na podatke razkrije tudi, da so linije, ki so v tlorisu povezane, v 3D prostoru večinoma topološko oz. višinsko ločene. To je posledica različnih višin točk IVLL za linije, ki se stikajo. V naravi so takšna omrežja sicer povezana, vendar teh povezav v podatkih ZK GJI ni.

3.1.2.2 Vodovodno omrežje

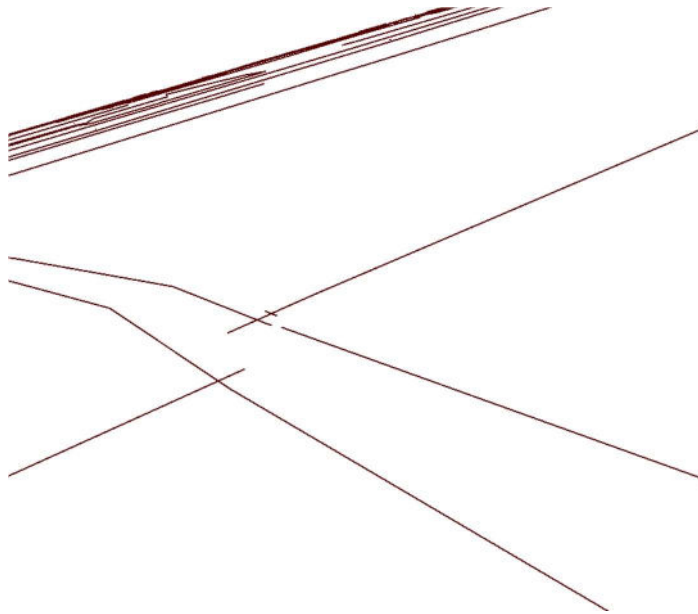
Pri vodovodnem omrežju je razlika napram električnemu očitna (sliki 30 in 31). Tu imamo praktično za vsako lomno točko določeno višino. Še vedno pa se v stranskem pogledu pokaže, da se veliko 3D linij ne stika. Gre za isti topološki pojav zaradi različnih višin IVLL točk, kot je opisan že pri električnem omrežju.



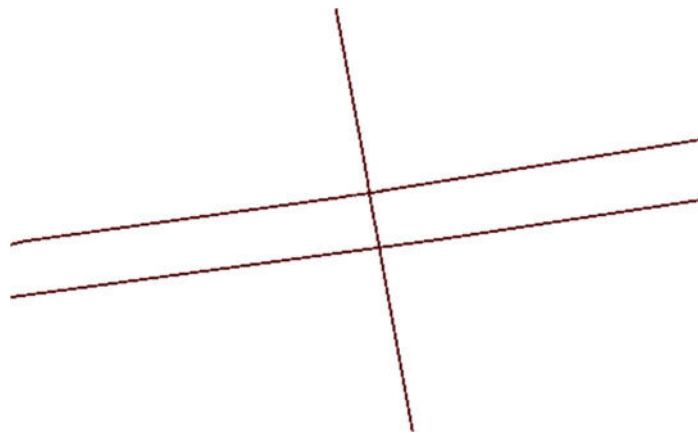
Slika 30: 2D vhodni podatki.



Slika 31: 3D linije po pretvorbi – tloris.



Slika 32: 3D linije – poševni pogled.



Slika 33: Pogled na isti del omrežja v tlorisu.

Sliki 32 in 33 prikazujeta isti del omrežja. Vidimo, da pri pogledu z vrha topoloških težav ne opazimo. Te se pokažejo šele, ko 3D linije pregledujemo v 3D pregledovalniku, ki omogoča tudi stranski pogled na podatke.

3.1.2.3 Kanalizacijsko omrežje

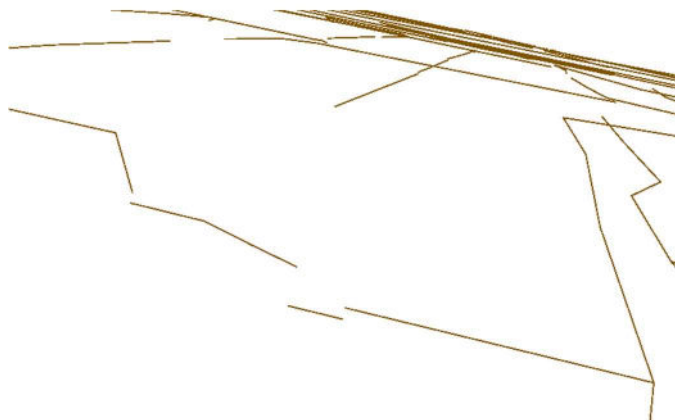
Rezultati za kanalizacijsko omrežje so zelo podobni vodovodnemu. Zelo podobna so tudi opažanja, ki so izpostavljena že zgoraj (slike 34, 35 in 36).



Slika 34: 2D vhodni podatki.



Slika 35: 3D linije po pretvorbi – tloris.



Slika 36: 3D linije – poševni pogled.

3.1.3 Vrednotenje procesa nadgradnje in rezultatov

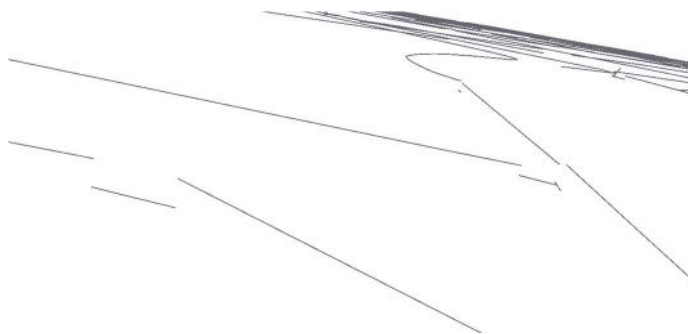
Pri oblikovanju procesa nadgradnje smo naleteli na nekaj težav, ki so povzročile slabe oz. pomanjkljive rezultate.

Pri iskanju sovpadanja točk IVLL z lomnimi točkami ILL lahko prihaja do manjših pozicijskih odstopanj, zato program točk ne poveže. Posledično točka ILL ne pridobi višine, kar rezultira v manjšem številu 3D linij. Treba je bilo dodati poseben proces lepljenja, ki en sloj vzame kot fiksni, na drugem pa popravlja položaj točk tako, da jih lepi na bližnje točke. Lepljenje je nadzorovano z maksimalno razdaljo, da se izognemo lepljenju na napačne točke (tej nevarnosti se v popolnosti seveda ne moremo izogniti).

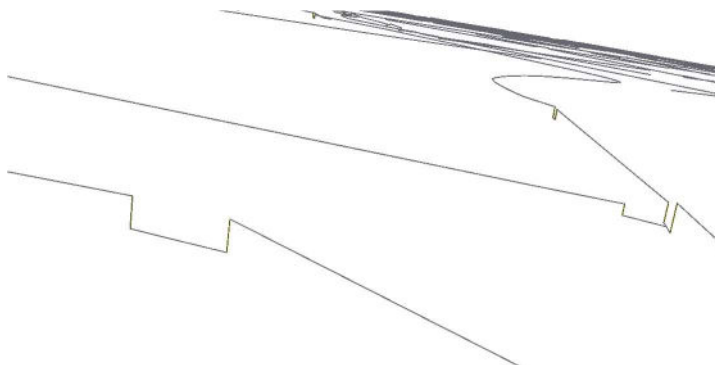
Del težave glede sovpadanja točk lahko rešimo tudi z zaokrožanjem koordinat, vendar ima tudi ta postopek slabosti (npr. koordinati 502454,24999 m in 502454,25001 m sta zelo blizu skupaj, se pa prva zaokroži na 502454,2 m, druga pa na 502454,3 m).

V procesu nadgradnje smo zaznali tudi nekaj težav s podatki pri točkah IVLL. Identificirali smo nekaj podvojenih točk. Običajno je, da se na istem 2D položaju nahaja več točk, ki pripadajo različnim linijam. Tako je namreč modelirano stičišče več linij. Odkrili pa smo nekaj točk, ki so na istem mestu in pripadajo isti liniji. Takšne podvojene točke smo odstranili iz procesa obdelave, saj že v osnovi ne bi smele obstajati.

Izdelali smo tudi rešitev, ki delno rešuje problematiko stičnosti linij v 3D. Veliko linij se po pretvorbi v 3D ne stika, saj imajo na (tlorisnem – 2D) stiku različno višino. Višine linij so privzete iz točk IVLL, zato gre pri tem za posledico neustreznih atributov višin na sloju IVLL. Predvidevamo, da se 3D stičnost točk ob vpisu podatkov ne preverja, kar privede do spodaj (slika 37) prikazanih podatkov. Kjer stična točka sovпада v 2D (tlorisu) smo izdelali vertikalno linijo, ki povezuje točki obeh linij in s tem zagotovili stik tudi v 3D. Slika 37 prikazuje linije po nadgradnji v 3D, slika 38 pa po dodajanju vertikalnih linij za zagotovitev povezljivosti v 3D.

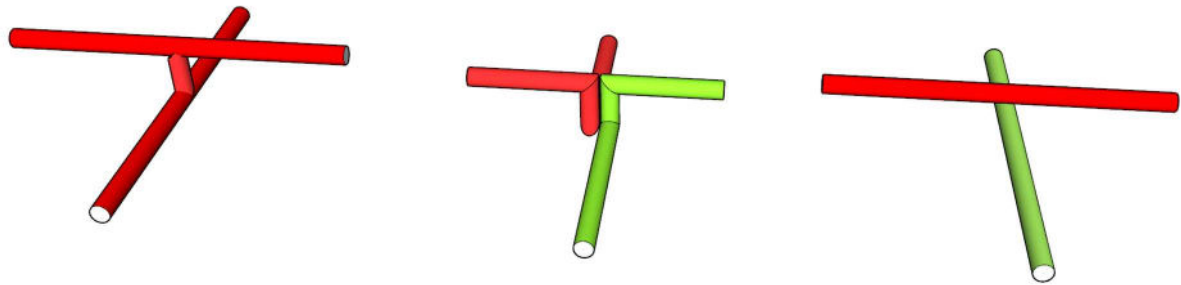


Slika 37: Topološko nepovezane linije po nadgradnji v 3D – poševni pogled.



Slika 38: Topološko spojene 3D linije z dodanimi vertikalnimi povezavami.

Predstavljena rešitev učinkovito odpravi težave s povezljivostjo pri stiku dveh oz. treh linij. Ko imamo na enem 2D položaju stik štirih ali več linij, pa ne moremo določiti, katere linije so povezane skupaj (slika 39).



Slika 39: Trije primeri različno povezanih vodov, ki jih na podlagi podatkov ZK GJI ni mogoče razlikovati.

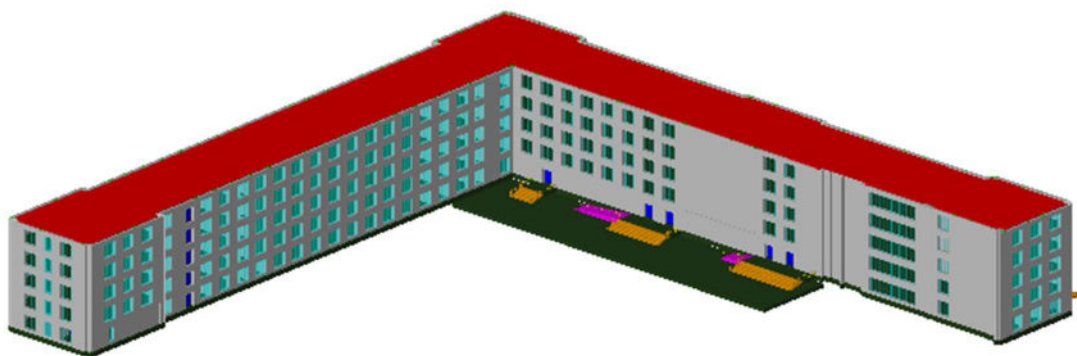
V teh primerih dodatna vertikalna linija ne rešuje problema povezljivosti omrežja v 3D. Takšne primere je mogoče samodejno odkriti, ni pa jih mogoče samodejno odpraviti. Ob morebitni nadgradnji podatkov ZK GJI bi bilo potrebno takšne primere odkriti in jih individualno obravnavati oz. jih ustrezno označiti. Težavo bi za nove podatke rešila sprememba strukture podatkov v topološko strukturo robov in vozlišč.

3.2 Test pretvorbe podatkov BIM v 3D GIS

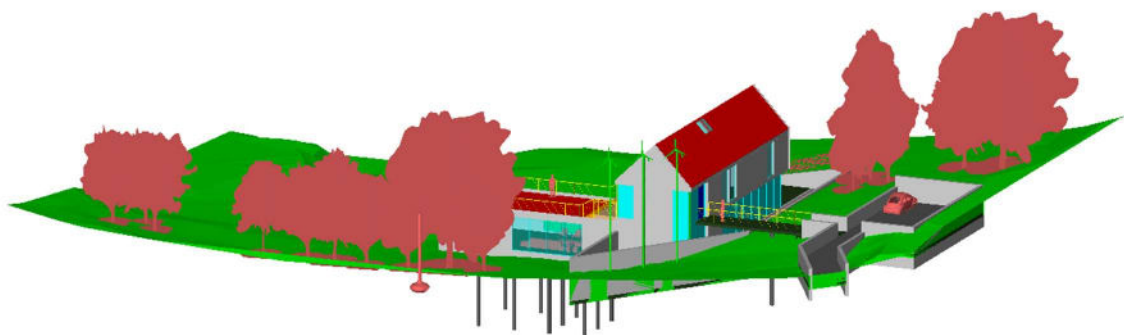
Podatki BIM, kot že večkrat omenjeno, predstavljajo izredno bogat in podroben vir podatkov o posamezni stavbi oz. objektu. Gre za posledico tega, da namen uporabe podatkov BIM, ki zajema celotni življenjski cikel stavbe, narekuje potrebo po podrobnem modeliranju stavbe in njenih elementov. Prihod tehnologije BIM v operativno rabo, ki se v zadnjih letih pospešeno dogaja in prinaša tudi možnost dostopa do teh podatkov, sproža razmisleke o uporabi in souporabi teh podatkov na številnih sorodnih področjih. Med ta področja lahko štejemo tudi področje evidentiranja nepremičnin, ki temelji na tehnologiji GIS in se v zadnjem obdobju razvija v smeri 3D modeliranja prostorskih podatkov, pri čemer so lahko podatki BIM ob ustrezni obravnavi zelo koristni. Prav zato je bila pretvorba podatkov BIM v obliko 3D GIS v okviru projekta izbrana za praktično izvedbo in podrobnejšo analizo.

Za praktično izvedbo pretvorbe je bilo treba pridobiti podatke BIM. Podatki BIM niso podatki javnega značaja, zato njihova dostopnost trenutno predstavlja precejšen problem, kljub temu, da se okolje BIM že uporablja na operativni ravni pri številnih gradbenih projektih tudi v Sloveniji. Za potrebe izvedbe testa smo uporabili repozitorij odprto dostopnih podatkov BIM (OpenIFCModel, 2022) pod pogoji licence CC-by-SA-3.0.

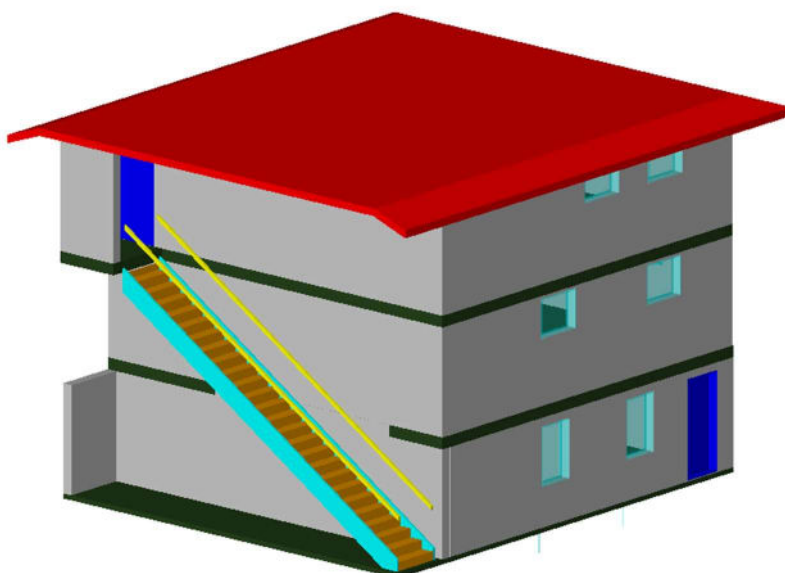
Izbrali smo tri objekte, ki so grafično prikazani na slikah 40, 41 in 42.



Slika 40: Testni objekt št. 1.



Slika 41: Testni objekt št. 2.



Slika 42: Testni objekt št. 3.

3.2.1 Proces pretvorbe

V okviru projekta smo razvili dva procesa pretvorbe podatkov IFC v obliko, ki je primerna za uporabo v okolju 3D GIS. Med formati 3D GIS prevladuje mednarodni standard OGC z imenom CityGML. Posebnost standarda je koncept nivojev podrobnosti (LOD – Level Of Detail), ki predvideva modeliranje geografskih entitet v različnih nivojih podrobnosti, lahko tudi hkratno. V okolju GIS je nivo podrobnosti veliko manjši kot v okolju BIM, kar izhaja predvsem iz namena uporabe in prostorskega obsega podatkov. Podatki BIM predstavljajo izredno obsežen vir vsebinskih in grafičnih podatkov o stavbi. Pridobitev poenostavljenih podatkov za 3D GIS iz podatkov BIM, bi tako moralo biti enostavno. Temu pa ni tako zaradi številnih razlik, tako na tehničnem, kot tudi na konceptualnem nivoju.

Predstavljeni procesi obdelave so rezultat lastnega razvoja v okviru tega projekta CRP, pri razvoju procesov pa smo upoštevali tudi aktualne raziskave na tem področju. Izhajali smo iz zelene končne oblike 3D GIS podatkov v nivojih podrobnosti (LOD) 0, 1 in 2. Vsak nivo podrobnosti zahteva ločen pristop pri pretvarjanju podatkov, kar pomeni, da je za vsakega treba razviti specifičen proces pretvorbe. Zahtevnost in kompleksnost pretvorbe narašča z večanjem nivoja podrobnosti končnega modela. Prav tako se z večanjem nivoja podrobnosti tudi zmanjšuje univerzalnost procesa, saj so nivo podrobnosti, heterogenost in kompleksnost podatkov IFC zelo veliki. Tako določene rešitve delujejo za določen dokument IFC, pri drugem pa nam lahko podajo neustrezen rezultat. Doseganje čim večje univerzalnosti pretvorbe je bil tako eden od večjih izzivov, predvsem za procese pretvorbe v nivo podrobnosti LOD 2.

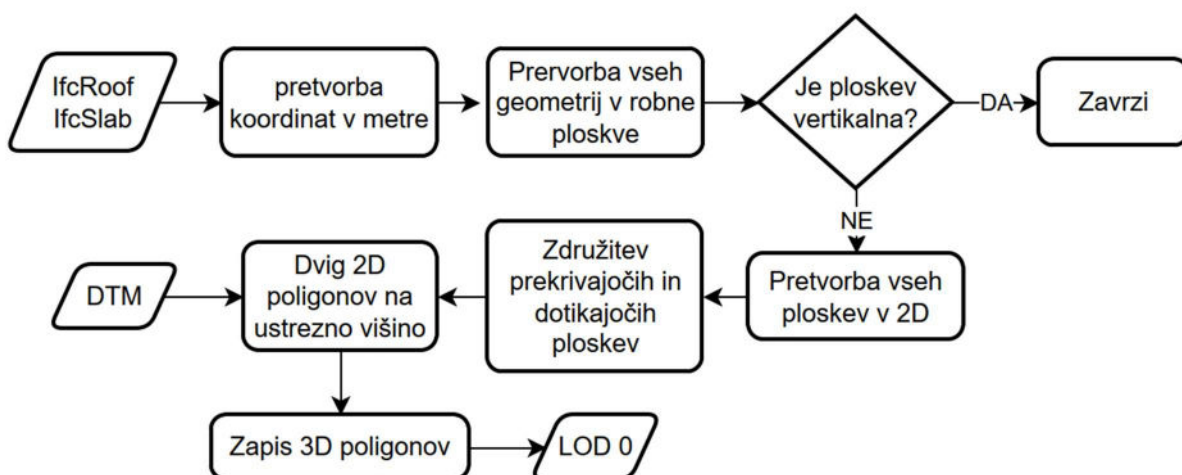
Osnova vseh pretvorb je izbira ustreznih elementov IFC oz. grafičnih gradnikov, ki so primerni za modeliranje stavbe v ustreznem nivoju podrobnosti (npr. 3D modela kljuko pri vratih ni smiselno vključevati v modeliranje stavbe za okolje 3D GIS). Pri vseh pretvorbah je privzeto, da je model IFC ustrezno georeferenciran. Če temu ni tako, je pred pretvorbo treba izvesti umestitev modela IFC na pravo lokacijo v prostoru.

V okviru projekta smo za pretvorbo podatkov BIM v obliko 3D GIS uporabili programsko opremo Feature Manipulation Engine (FME), ki podpira branje in zapis podatkov v formatih okolja BIM (IFC) in 3D GIS (CityGML).

3.2.1.1 Pretvorba IFC v LOD 0

Nivo podrobnosti LOD 0 predstavlja poligon oboda stavbe, ki je postavljen na določeno karakteristično višino. Ta višina je praviloma določena s povprečno vrednostjo višine stika stavbe s terenom. Lahko je določena tudi kot najnižja vrednost višine stika terena in stavbe.

Program FME omogoča razčlenitev podatkov IFC na posamezne elemente (gradnike) modela IFC. Razčlenitev omogoča, da v procesu obdelamo le del podatkov, ki so za določen primer uporabe ustrezni. Za modeliranje poligona oboda stavbe so najustreznejši elementi *IfcSlab* in *IfcRoof*, ki predstavljajo elemente plošč in strehe. Proces obdelave je podrobneje predstavljen v spodnji shemi 7.

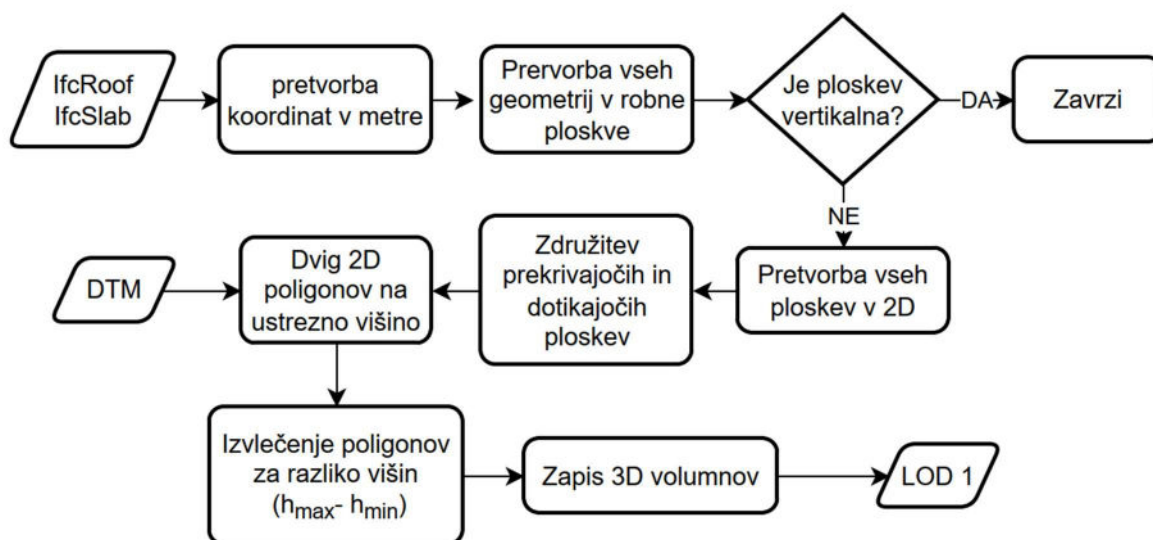


Shema 7: Pretvorba podatkov IFC v obliko 3D GIS s stopnjo podrobnosti LOD 0.

3.2.1.2 Pretvorba IFC v LOD 1

Nivo podrobnosti LOD 1 za stavbe opredeljuje kot 3D volumne v obliki izvlečenih poligonov. Stavbe imajo tako vedno ravno streho. Določanje maksimalne višine je prepuščeno namenu uporabe. Uporabljena je lahko najvišja višina strehe, srednja vrednost, lahko pa tudi najnižja višina strehe oz. kako drugače izračunana višina. Tudi spodnja višina lahko predstavlja višino terena, lahko pa se spusti do najnižje višine stavbe pod nivojem terena.

Proces obdelave je podoben modeliranju stavbe v LOD 0, le, da je na koncu poligon treba izvleči v 3D volumen (angl. solid). Izziv predstavlja predvsem pridobitev višine izvlečenja 3D poligona. Najbolj izvedljivo je izvlečenje do maksimalne višine, saj je to mogoče relativno enostavno pridobiti.



Shema 8: Pretvorba podatkov IFC v 3D GIS obliko z LOD 1 stopnjo podrobnosti.

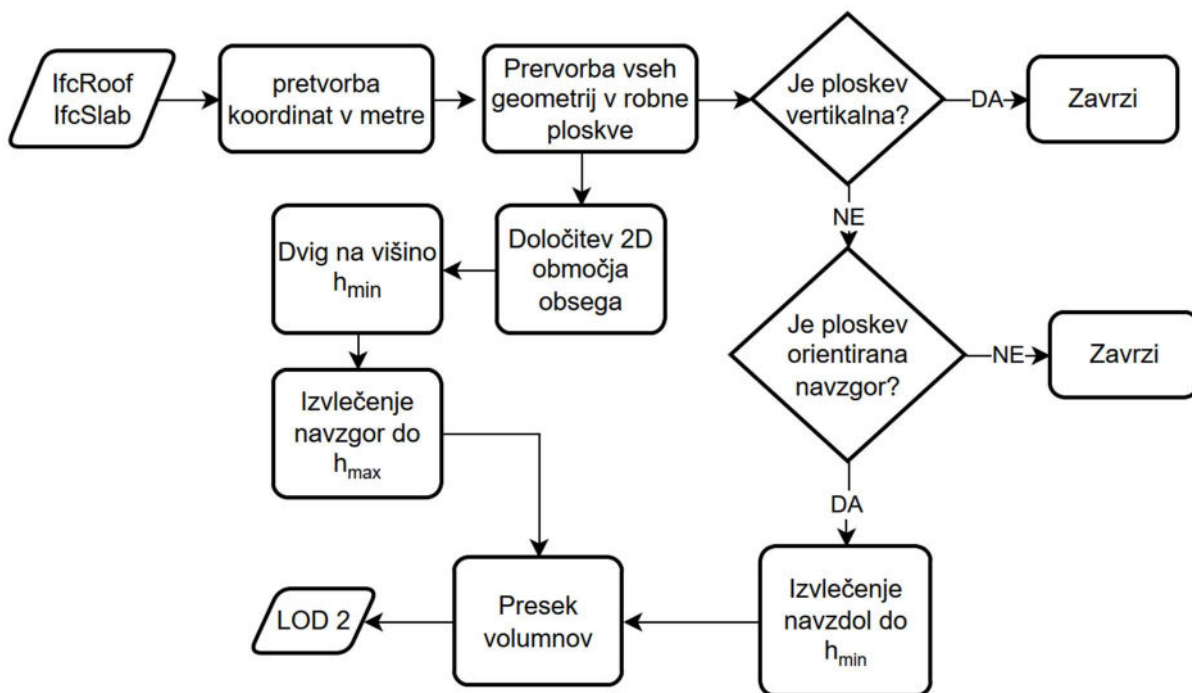
3.2.1.3 Pretvorba IFC v LOD 2

Pri nivoju podrobnosti LOD 2 je v obdelavo treba vnesti številne spremembe in dodatne procese, da le-ti omogočijo pridobitev rezultata, ki se približa specifikaciji LOD 2. Pri tej pretvorbi smo se osredotočili le na pridobitev 3D volumna podrobnosti LOD 2, izpustili pa smo definicijo semantično opredeljenih robnih ploskev (okna, vrata, zidovi, ...).

Številne raziskave predlagajo različne rešitve glede povezovanja okolij GIS in BIM, in kako pretvarjati posamezne elemente. Na spletu so dostopni tudi procesi za program FME, ki omogočajo pretvorbo v približek specifikaciji LOD 2. Tudi ti procesi so prilagojeni za testni niz podatkov in jih na drugih podatkih IFC ni mogoče uporabiti ali pa dajo rezultate, ki so neprimerni oz. ne ustrezajo specifikaciji LOD 2.

Proces, ki je odprto dostopen preko spleta (SAFE, 2022), kot osnovo za modeliranje uporablja elemente *IfcSpace*, ki v podatkih IFC pogosto niso prisotni. Poleg tega gre za gradnike, ki praviloma opisujejo notranji in ne zunanji volumen objekta.

V procesu, ki ga je definirala naša projektna skupina, smo se osredotočili na določanje vrhnjih in spodnjih nevertikalnih robnih ploskev. Preko izvlečenja in preseka teh robnih ploskev je mogoče priti do 3D modelov v obliki 3D GIS, ki se bolj približajo specifikaciji LOD 2.



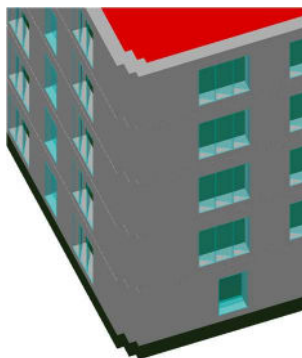
Shema 9: Pretvorba podatkov IFC v 3D GIS obliko z LOD 2 stopnjo podrobnosti.

3.2.2 Praktična izvedba pretvorb

V prejšnjem poglavju opisane pretvorbe smo izvedli na treh testnih primerih podatkov IFC. V nadaljevanju so podrobneje opisani rezultati pretvorbe ter posebnosti in izzivi, s katerimi smo se srečali pri izvedbi.

3.2.2.1 Pretvorba testnega modela 1

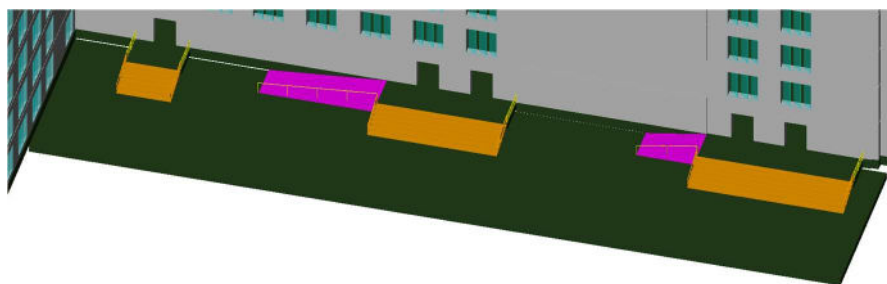
Prvi model predstavlja objekt, ki je pretežno enostavnih arhitekturnih oblik (slika 40). Posebnost modela z vidika izvedbe pretvorbe je v tem, da zunanje stene v modelu segajo do vrha stavbe in niso pokrite z elementom *IfcRoof* (slika 43). Prav tako razreda *IfcRoof* v modelu 1 sploh ni, saj je streha modelirana z elementom *IfcSlab* (plošča).



Slika 43: Način modeliranja zunanjih sten.

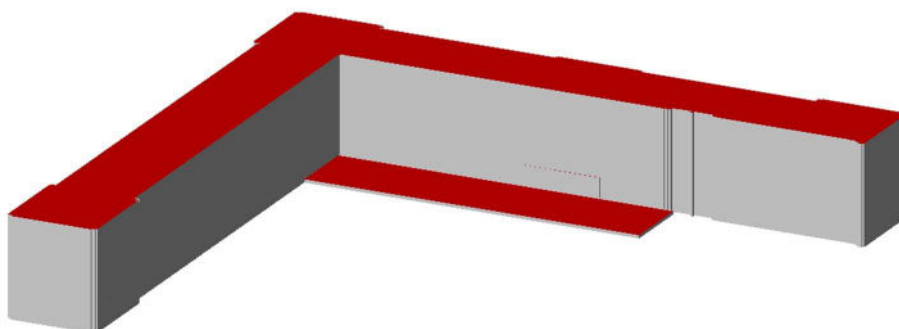
Zaradi te lastnosti modela je bilo v transformacijo potrebno vključiti tudi elemente *IfcWall*. Slednje privede do povečanega števila elementov v obdelavi in s tem večje procesne zahtevnosti.

Posebnost modela je tudi zunanja plošča, ki je modelirana enako (*IfcSlab*), kot medetažne plošče znotraj objekta (slika 44). Zunanja plošča je tako vključena v proces transformacije, zato jo opazimo tudi v končnem rezultatu. Iskanje in izločanje takšnih elementov, ki se ne bi smeli pretvoriti, je sicer teoretično mogoče, vendar so takšne posebnosti različne od modela do modela in tako zahtevajo praktično zamuden individualni pristop.



Slika 44: Plošča zunaj objekta.

Končni rezultat je prikazan v nivoju podrobnosti LOD 2 (slika 45). Če odštejemo talno ploščo na nivoju terena, ki bi jo bilo potrebno izločiti, je model ustrezno pretvorjen. Ustrezno so se samodejno klasificirale tudi robne ploskve, ki predstavljajo tla, zidove in streho.

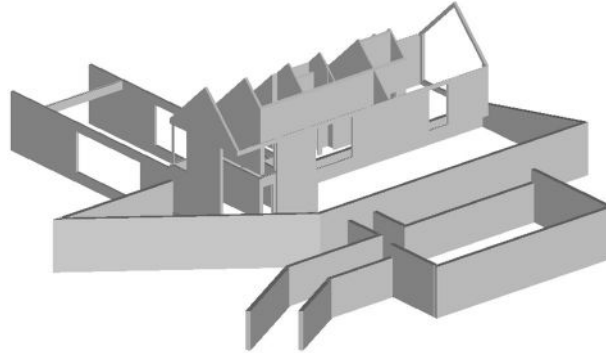


Slika 45: Model LOD 2 za testni IFC model 1.

3.2.2.2 Pretvorba testnega modela 2

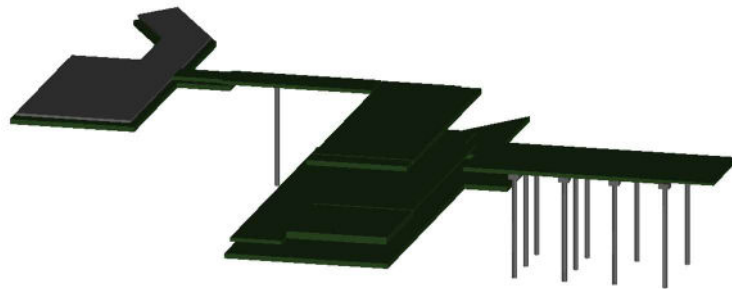
Drugi model (slika 41) je poseben z vidika vključenosti širše okolice. Tako je poleg enostanovanjske hiše v modelu IFC tudi teren, vegetacija, dovoz za avtomobil in parkirišče. Vse to so elementi, ki nas pri transformaciji v modele, primerne za uporabo v geodetskih evidencah stavb, ne zanimajo in jih je

potrebno izločiti. V osnovi to ne predstavlja večje težave, saj so le-ti modelirani v okviru razredov, ki jih v transformacijo ne vključujemo. Problem nastopi pri elementih, ki so modelirani kot *IfcSlab*, *IfcRoof* in *IfcWall*. Poleg teh razredov lahko problem nastopi tudi pri drugih, ko se srečamo z razredi od katerih bi nekatere elemente modela morali vključiti, nekatere pa izpustiti (kot v prejšnjem primeru modela 1 za zunanjo ploščo). Samodejno ugotavljanje elementov, ki jih je potrebno izločiti je izjemno zahtevno ali celo nemogoče. Slika 46 prikazuje vse elemente *IfcWall*. Vidimo, da so v tem razredu modelirani tako notranji in zunanji zidovi objekta, kot tudi podporni zidovi, betonska ograja in dovoz za avtomobil.



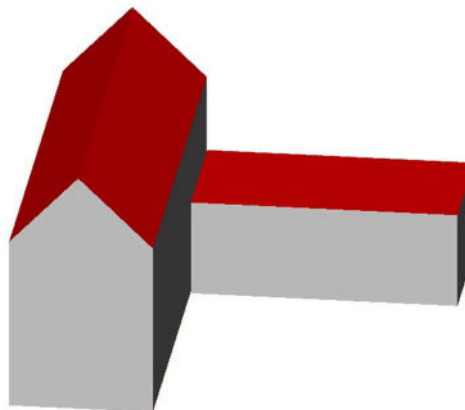
Slika 46: Prikaz elementov modela 2, ki pripadajo razredu *IfcWall*.

Druga posebnost in hkrati izziv pri pretvorbi modela 2 predstavljajo plošče. Poleg etažnih in temeljne plošče objekta so v model vključene tudi vse zunanje plošče, poleg tega pa tudi piloti (slika 47).



Slika 47: Prikaz elementov modela 2, ki pripadajo razredu *IfcSlab*.

V konkretnem primeru, je te elemente mogoče medsebojno ločiti glede na atribut *PredefinedType*, ki določa vrsto plošče. Tako je bilo mogoče izločiti le talne plošče in se tako izogniti zunanjim ploščam in pilotom. Ob upoštevanju opisanega filtriranja določenih elementov pridobimo ustrezen model LOD 2 tudi za drugi testni IFC model (slika 48).

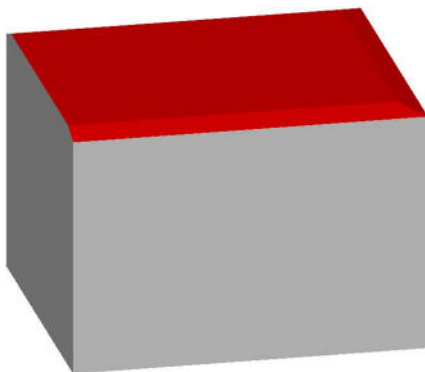


Slika 48: Model LOD 2 za testni IFC model 2.

Posebnost modela 2 predstavljajo tudi strešna okna. Proces smo že v osnovi zasnovali tako, da strešna okna, katerih posledica so luknje v ploskvah streh, ne predstavljajo problema. To smo izvedli tako, da v strešnih ploskvah odstranimo vse luknje (notranje obroče v poligonih). Obravnavan model ima geometrijo sestavljeno iz trikotnikov, zato proces teh lukenj ni zaznal in jih ni odstranil. Dodali smo proces združevanja sosednjih ploskev v isti ravnini v skupni poligon (ang. dissolve), s čemer smo pridobili poligone, ki imajo na mestih strešnih oken luknje.

3.2.2.3 Pretvorba testnega modela 3

Tretji testni IFC model predstavlja enostavno trinadstropno stanovanjsko stavbo (slika 42). V tem primeru ni bilo potrebno izvesti posebnih prilagoditev. Objekt ima izrazite napušče pri strehi, zato ob ogledu rezultata hitro ugotovimo, da napušči v končnem modelu LOD 2 niso modelirani (slika 49).



Slika 49: Model LOD 2 za testni IFC model 3.

Primer tretjega modela pokaže, da zasnovane pretvorbe za enostavnejše objekte zagotavljajo ustrezne rezultate brez posebnih prilagoditev podatkov oz. procesa pretvorbe.

3.3 Diskusija in zaključek

Tretje poglavje poročila obsega aktivnosti tretje faze projekta, v kateri je bilo predvideno testiranje teoretično nakazanih rešitev iz druge faze projekta na realnih podatkovnih nizih. Iz nabora procesov in pretvorb, ki so bili definirani v okviru druge faze, sta bila izbrana testa pretvorbe ZK GJI podatkov in IFC modelov stavb v 3D GIS obliko.

Pri pretvorbi podatkov ZK GJI se je pokazalo, da podatki različnih vsebinskih sklopov (elektrika, kanalizacija...) niso primerljivi v smislu kakovosti podatkov o višinah lomnih točk. Podatke vodovoda in kanalizacije je bilo na testnem območju v veliki meri možno pretvoriti v 3D obliko, pri elektriki pa je bilo mogoče pretvoriti le manjši del podatkov, saj večina linij ni imela podatkov o višinah lomnih točk. V tem primeru, ko liniji ni mogoče določiti višine iz podatkov IVLL in se vod nahaja pod zemljo, je podatek o višini praktično nemogoče naknadno pridobiti.

Pri linijah, ki jim je bilo mogoče določiti višino pa se je pogosto pojavila težava stičnosti linij v 3D prostoru (glej sliko 9). V večini primerov gre najverjetneje za napake v višinah točk IVLL. Razvili smo tudi eno od možnih rešitev, da se ob takšnih podatkih vseeno zagotovi stičnost linij z dodajanjem vertikalnih povezav. Pri križanju več linij takšno samodejno dodajanje linij postane bolj problematično in bi moralo biti izvedeno oz. preverjeno ročno.

Testi s podatki ZK GJI so pokazali, da ima vsak vsebinski sklop podatkov svoje zakonitosti, zato bi bilo potrebno ob pretvorbi podatkov vsak sklop obravnavati ločeno.

V drugem delu poglavja smo izvedli test pretvorbe treh modelov IFC v 3D GIS obliko. V splošnem so testi pokazali, da se modeli med seboj močno razlikujejo glede uporabljenih razredov. Gre za logično posledico velike kompleksnosti in raznolikosti grajenih objektov (npr. nekateri imajo strešna okna, nekateri ne, nekateri imajo zunanje oporne zidove, pilote..., nekateri ne).

Izkazalo se je, da je za vsak model IFC proces pretvorbe potrebno na določenih mestih prilagoditi glede na posebnosti. Proces, ki bi zajemal vse mogoče posebnosti, katere vplivajo na rezultat pretvorbe, bi zahteval obdelavo zelo velikega nabora različnih vhodnih modelov in bi najverjetneje rezultiral v izredno kompleksnem in računsko zelo zahtevnem zaporedju pretvorb. Takšen proces bi bil poleg tega zahteven tudi za razumevanje in vzdrževanje. Glede na pridobljene izkušnje je bolj učinkovito, da se definira enostavnejši proces, ki se nato po potrebi ustrezno dopolni za posamezen model IFC. Tak pristop seveda ni popolnoma samodejen in zahteva usposobljenega strokovnjaka, ki podrobno pozna strukturo vhodnih podatkov IFC, procese pretvorb in specifikacije ciljnih podatkov v 3D GIS obliki.

Tudi na tem mestu je potrebno glede uporabe BIM podatkov kot podatkovnega vira za nepremičninske evidence poudariti, da BIM podatki v veliki večini predstavljajo geometrijo in attribute načrtovanega stanja stavbe in ne dejansko zgrajenega stanja. Gre za enega od ključnih izzivov, ki jih bo potrebno rešiti, da bi omogočili uporabo BIM podatkov na področju evidentiranja nepremičnin.

4 LITERATURA

- A. Borman et al., Synchronous collaborative tunnel design based on consistency-preserving multi-scale models, 2014, Corpus ID: 18392740, <https://www.semanticscholar.org/paper/Synchronous-collaborative-tunnel-design-based-on-Borrman-Flurl/6b6dc6e581133d30bfe4c4c087c3940919edc84e/figure/0>
- Adouane, K., Stouffs, R., Janssen, P., Domer, B. 2020. A model-based approach to convert a building BIM-IFC data set model into CityGML. *Journal of Spatial Science*, 65(2), 257–280. <https://doi.org/10.1080/14498596.2019.1658650>
- Aien, A., Kalantari, M., Rajabifard, A., Williamson, I., Wallace, J. 2013. Towards integration of 3D legal and physical objects in cadastral data models. *Land Use Policy*, 35, 140–154. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.05.014>
- Alsem, D., 2016, Application of BIM and GIS for Dutch Infrastructure assets, <https://geo-bim.org/europe/presentation/application-of-BIM-and-GIS-for-dutch-infrastructure-assets.pdf>
- Amirebrahimi, S., Rajabifard, A., Mendis, P., Ngo, T. 2016. A framework for a microscale flood damage assessment and visualization for a building using BIM–GIS integration. *International Journal of Digital Earth*, 9(4), 363–386. <https://doi.org/10.1080/17538947.2015.1034201>
- Arroyo Ogori, K., Diakit , A., Krijnen, T., Ledoux, H., Stoter, J. 2018. Processing BIM and GIS Models in Practice: Experiences and Recommendations from a GeoBIM Project in The Netherlands. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(8), 311. <https://doi.org/10.3390/ijgi7080311>
- Atazadeh, B., Rajabifard, A., Kalantari, M. 2017. Assessing Performance of Three BIM-Based Views of Buildings for Communication and Management of Vertically Stratified Legal Interests. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(7), 198. <https://doi.org/10.3390/ijgi6070198>
- Atazadeh, B., Rajabifard, A., Zhang, Y., Barzegar, M. 2019. Querying 3D Cadastral Information from BIM Models. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(8), 329. <https://doi.org/10.3390/ijgi8080329>
- Biljecki, F., Stoter, J., Ledoux, H., Zlatanova, S.,  ltek n, A. 2015. Applications of 3D City Models: State of the Art Review. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4(4), 2842–2889. <https://doi.org/10.3390/ijgi4042842>
- Bolton, L. Butler, I. Dabson et al., *The Gemini Principles*, Report of Cambridge: Centre for Digital Built Britain, Cambridge, UK, 2018.
- C. Ellul, F. Noardo, L. Harrie, and J. Stoter, 2020, THE EUROS DR GEOBIM PROJECT – DEVELOPING CASE STUDIES FOR THE USE OF GEOBIM IN PRACTICE, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLIV-4/W1-2020, 33–40, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIV-4-W1-2020-33-2020>, 2020
- C. Ellul, J. Stoter, L. Harrie, M. Shariat, A. Behan, and M. Pla, 2018, INVESTIGATING THE STATE OF PLAY OF GEOBIM ACROSS EUROPE, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-4/W10, 19–26, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W10-19-2018>, 2018
- Clemen, C., Grone, H. 2019. Level of Georeferencing (LoGeoRef) using IFC for BIM. *Journal of Geodesy*, September 2018, 15–20. https://jgcc.geoprevi.ro/docs/2019/10/jgcc_2019_no10_3.pdf
- De Laat, R., van Berlo, L. 2010. Integration of BIM and GIS: The Development of the CityGML GeoBIM Extension. In: *Advances in 3D Geo-Information Sciences*. Springer Berlin Heidelberg, 2010, pp. 211–225. doi:10.1007/978-3-642-12670-3_13.
- Definicija personalizacije: <https://www.dictionary.com/browse/personalization?s=t>, pridobljeno 15. 11. 2021.
- Digital twin. 2021. Definition of a Digital Twin. <https://www.digitaltwinconsortium.org/initiatives/the-definition-of-a-digital-twin.htm>

Donkers, S. 2013. Automatic generation of CityGML LoD3 building models from IFC models. PhD thesis. Delft University of Technology.

Drobne S., Janežič, M., Lisec, A., Žnidaršič, H., Ferlan, M., Tekavec, J., Oštir, K., Trobec, B., Fetai, B., Primožič, E., Tič, K. (2021): Vzpostavitev večnamenske evidence podatkov o nepremičninah in prostorskega informacijskega sistema za nepremičnine v lasti Republike Slovenije in v upravljanju Ministrstva za pravosodje (NEPIS-MP). Končno poročilo, oktober 2021.

Ellul, C., Stoter, J., Harrie, L., Shariat, M., Behan, A., Pla, M. 2018. Investigating the state of play of geobim across europe. 13th 3D GeoInfo Conference, Delft, The Netherlands, XLII(October), 1–2.

El-Mekawy, M., Östman, A., Hijazi, I. 2012. A Unified Building Model for 3D Urban GIS. ISPRS International Journal of Geo-Information, 1(2), 120–145. <https://doi.org/10.3390/ijgi1020120>

ESRI GeoBIM. 2021. <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-geobim/overview>

Evropska komisija (1985): European Economic Interest Grouping. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=LEGISUM%3A126015>

Evropska komisija (2019): Single Market Scoreboard: Collaborative Economy. Reporting period: 2013–2017. https://ec.europa.eu/internal_market/scoreboard/docs/2019/performance_per_policy_area/collaborative_economy_en.pdf

Evropska komisija (2020). Oblikovanje digitalne prihodnosti Evrope. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/shaping-europe-digital-future_sl

Evropska komisija (2021): Uredba evropskega parlamenta in sveta o določitvi harmoniziranih pravil o umetni inteligenci (akt o umetni inteligenci) in spremembi nekaterih zakonodajnih aktov unije. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/ALL/?uri=CELEX:52021PC0206>

F. Noardo, Multisource spatial data integration for use cases applications, 2021, www.preprints.org

G. Dal Forno, 3D Utility Mapping - powered by ENVIA, 2016, <https://www.youtube.com/watch?v=9sNowHhvCyA>

GCM, 2014. INSPIRE Generic Conceptual Model, Version 3.4, <http://inspire.ec.europa.eu/documents/inspire-genericconceptual-model>

Geodetski inštitut Slovenije (2021): Pilotni projekt za implementacijo prostorske in gradbene zakonodaje: Vpeljava uporabe naprednih tehnologij pri vizualizaciji in interpretaciji prostorskih podatkov; Metodologija oz. smernice za uporabo naprednih tehnologij pri vizualizaciji in interpretaciji prostorskih podatkov. Končno poročilo, 2021.

Gerič, T. (2010). Poslovna logistika, Konzorcij šolskih centrov, Ministrstvo za šolstvo in šport.

GI (2021). Projekt: »Nepremičnine v lasti Republike Slovenije in upravljanju Ministrstva za pravosodje – Nadgradnja evidence podatkov o nepremičninah in prostorskega informacijskega sistema«, Ministrstvo za pravosodje.

H. Tauscher [6:40:00-6:54:35], *IFC2CityGML tool*

Hintz, D., Jadidi, M. A., Pla, M., Sanchez, S., Soini, V. P., Stouffs, R., Tekavec, J., Stoter, J. 2020. Tools for BIM-GIS integration (IFC georeferencing and conversions) - results from the GeoBIM benchmark 2019. ISPRS international journal of geo-information 9, 502: 1–33, ilustr. doi:10.3390/ijgi9090502

<https://3d.bk.tudelft.nl/projects/eunet4dbp/>

<https://3d.bk.tudelft.nl/projects/eurodr-geobim/>

<https://community.safe.com/s/article/bim-to-gis-basic-ifc-lod-100-to-lod-2-citygml>

<https://terrasolid.com/news/estonia-3d/>

<https://www.researchgate.net/publication/339722956> EUROS DR GEOBIM PROJECT A STUDY IN EUROPE ON HOW TO USE THE POTENTIALS OF BIM AND GEO DATA IN PRACTICE

<https://www.researchgate.net/publication/344560063> THE EUROS DR GEOBIM PROJECT - DEVELOPING CASE STUDIES FOR THE USE OF GEOBIM IN PRACTICE

<https://www.researchgate.net/publication/347241489> Reference study of CityGML software support The GeoBIM benchmark 2019-Part II

<https://www.researchgate.net/publication/348160843> Reference study of IFC software support the GeoBIM benchmark 2019---Part I

<https://www.youtube.com/watch?v=1L8hus0ETnE>, prevedbo podatkov v 3D v ArcGIS Pro.

<https://www.youtube.com/watch?v=1o1zoJiqLu4>

<https://www.youtube.com/watch?v=abhQsACc5aQ>, tri predstavitve na temo konverzije med IFC in CityGML izvedena na delovnem srečanju projekta GeoBIM drugi dan: 3. 12 2019 v TU Delft.

<https://www.youtube.com/watch?v=Ddgn80Dktvo&t=1103s>

<https://www2.isprs.org/commissions/comm4/wg2/events/geobim-benchmark-2019/>

IFC. 2022. IFC Road Conceptual Model Report str. 43 in 44.

<https://app.box.com/s/tsmjlt88w6ye0apbqlg5xkucu7hr6kky>

Indeks digitalnega gospodarstva in družbe (DESI) (2020). <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi-slovenia>

Inženirska zbornica Slovenije, (2018). Priročnik za pripravo projektne naloge za implementacijo BIM - pristopa za gradnje.

ISO 16739:2013. 2013. Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries.

Jones, N. (2021). 10 Megatrends That Will Define Your Future.

<https://www.gartner.com/en/webinars/4000560/10-megatrends-that-will-define-your-future>

K. Arroyo Ogori et al., 3D modelling of the built environment, v 0.8, 2022-02-04-Initial release

K. Oven et. al., ZK GJI in 3D geometrija, Študija, 2019, Geodetska uprava RS

Kalogianni, E., van Oosterom, P., Dimopoulou, E., Lemmen, C. 2020. 3D land administration: A review and a future vision in the context of the spatial development lifecycle. ISPRS International Journal of Geo-Information, 9(2). <https://doi.org/10.3390/ijgi9020107>

Knoth, L., Scholz, J., Strobl, J., Mittlböck, M., Vockner, B., Atzl, C., Rajabifard, A., Atazadeh, B. 2018. Cross-Domain Building Models—A Step towards Interoperability. ISPRS International Journal of Geo-Information, 7(9), 363. <https://doi.org/10.3390/ijgi7090363>

Kolbe, T. H. and Plumer, L. 2004. Bridging the gap between GIS and CAD geometry, referencing, representations, standards and semantic modelling. GIM international, 18: 12–38.

Kumar, K., Labetski, A., Ogori, K. A., Ledoux, H., Stoter, J. 2019. The LandInfra standard and its role in solving the BIM-GIS quagmire. Open Geospatial Data, Software and Standards, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s40965-019-0065-z>

Liu, X., Wang, X., Wright, G., Cheng, J. C. P., Li, X., Liu, R. 2017. A state-of-the-art review on the integration of Building Information Modeling (BIM) and Geographic Information System (GIS). ISPRS International Journal of Geo-Information, 6(2), 1–21. <https://doi.org/10.3390/ijgi6020053>

MOP (2021). Pilotni projekt za implementacijo prostorske in gradbene zakonodaje: Vpeljava uporabe naprednih tehnologij pri vizualizaciji in interpretaciji prostorskih podatkov; Metodologija oz. smernice za uporabo naprednih tehnologij pri vizualizaciji in interpretaciji prostorskih podatkov. Ministrstvo za okolje in prostor.

N. Sahleb [5:56:30-6:20:05], [Options for conversions: IFC to CityGML and CityGML to IFC \(GeoBIM benchmark Task 4\)](#)

N. Sahleb [6:20:05-6:38:27], [Automatic Conversion of CityGML to IFC](#)

Noardo, F., C. Ellul, L. Harrie, E. Devys, K. Arroyo Ohori, P. Olsson, and J. Stoter, 2019, EUROS DR GEOBIM PROJECT A STUDY IN EUROPE ON HOW TO USE THE POTENTIALS OF BIM AND GEO DATA IN PRACTICE, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-4/W15, 53–60, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W15-53-2019>, 2019

Noardo, F., Ellul, C., Harrie, L., Overland, I., Shariat, M., Ohori, K.A., & Stoter, J., 2020, Opportunities and challenges for GeoBIM in Europe: developing a building permits use-case to raise awareness and examine technical interoperability challenges, Journal of Spatial Science, 65:2, 209-233, DOI: 10.1080/14498596.2019.1627253

Noardo, F., F. Biljecki, G. Agugiaro, K. Arroyo Ohori, C. Ellul, L. Harrie, and J. Stoter, 2019, GEOBIM BENCHMARK 2019: INTERMEDIATE RESULTS, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-4/W15, 47–52, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W15-47-2019>, 2019

Noardo, F., Harrie, L., Ohori, K. A., Biljecki, F., Ellul, C., Krijnen, T., Eriksson, H., Guler, D., Hintz, D., Jadidi, M. A., Pla, M., Sanchez, S., Soini, V. P., Stouffs, R., Tekavec, J., Stoter, J. 2020. Tools for BIM-GIS integration (IFC georeferencing and conversions): Results from the GeoBIM benchmark 2019. ISPRS International Journal of Geo-Information, 9(9). <https://doi.org/10.3390/ijgi9090502>

Noardo, F., K. Arroyo Ohori, F. Biljecki, C. Ellul, L. Harrie, T. Krijnen, M. Kokla, and J. Stoter, 2019, THE ISPRS-EUROS DR GEOBIM BENCHMARK 2019, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLIII-B5-2020, 227–233, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B5-2020-227-2020>, 2020

Noardo, F., K. Arroyo Ohori, F. Biljecki, T. Krijnen, C. Ellul, L. Harrie, and J. Stoter, GEOBIM BENCHMARK 2019: DESIGN AND INITIAL RESULTS, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-2/W13, 1339–1346, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W13-1339-2019>, 2019

Noardo, F., Krijnen, T., Arroyo Ohori, K., Biljecki, F., Ellul, C., Harrie, L., Eriksson, H., Polia, L., Salheb, N., Tauscher, H., van Liempt, J., Goerne, H., Hintz, D., Kaiser, T., Leoni, C., Warchol, A., Stoter, J. 2021. Reference study of IFC software support: The GeoBIM benchmark 2019—Part I. Transactions in GIS, 25(2), 805–841. <https://doi.org/10.1111/tgis.12709>

Ohori, A. K., Diakité, A., Krijnen, T., Ledoux, H., Stoter, J. 2018, Processing BIM and GIS Models in Practice: Experiences and Recommendations from a GeoBIM Project in The Netherlands c. ISPRS International Journal of Geo-Information 7, 8: 311. doi:10.3390/ijgi7080311

Oldfield, J., Bergs, R., van Oosterom, P., Krijnen, T.F., Galano, M.M., Lemmen, C., van Oosterom, P. and Fendel, E., 2018. 3D Cadastral Lifecycle: An Information Delivery Manual ISO 29481 for 3D Data Extraction from the Building Permit Application Process.

Olsson, P. O., Axelsson, J., Hooper, M., Harrie, L., 2018. Automation of building permission by integration of BIM and geospatial data. ISPRS International Journal of Geo- Information, 7(8), 307.

Open Geospatial Consortium (OGC). 2016. OGC Land and Infrastructure Conceptual Model Standard (LandInfra), version 1.0. <https://www.ogc.org/standards/infragml> (Pridobljeno: 16. 12. 2021)

Open Geospatial Consortium (OGC). 2021. OGC CityGML, version 3.0. <https://www.ogc.org/standards/citygml>

OpenIFCModel,2022,<http://smartlab1.elis.ugent.be:8889/IFC-repo/http.openifcmodel.cs.auckland.ac.nz/> (dostop 23. 11. 2022)

- P. Craven, Underground Service Mapping in 3D, 2014, <https://www.youtube.com/watch?v=YY6jgbM7240>
- PostGIS. 2022. PostGIS 3.2.4dev Manual. <https://postgis.net/docs/manual-3.2/>
- Rafiee, A., Dias, E., Fruijtjer, S., Scholten, H. 2014. From BIM to Geo-analysis: View Coverage and Shadow Analysis by BIM/GIS Integration. *Procedia Environmental Sciences*, 22(0), 397–402. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2014.11.037>
- Rajabifard, A., Atazadeh, B., Kalantari, M. 2019. *BIM and Urban Land Administration*. CRC Press.
- Revizto, 2022, <https://revizto.com/en/>
- S. Meža, A. M. Pranjić, R. Vežočanik, I. Osmokrovič, S. Lenart, Digital Twins and Road Construction Using Secondary Raw Materials, *Hindawi*, Volume 2021, Article ID 8833058
- Sani, M. J., Rahman, A. A. 2018. GIS and BIM integration at data level: A review. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 42(4/W9), 299–306. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W9-299-2018>
- Služba Vlade Republike Slovenije za razvoj in evropsko kohezijsko politiko, (2017). *Strategija razvoja Slovenije 2030*.
- Smart cities. 2021. What are smart cities? https://ec.europa.eu/info/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/city-initiatives/smart-cities_en
- Song, Y., Wang, X., Tan, Y., Wu, P., Sutrisna, M., Cheng, J. C. P., Hampson, K. 2017. Trends and opportunities of BIM-GIS integration in the architecture, engineering and construction industry: A review from a spatio-temporal statistical perspective. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(12), 1–32. <https://doi.org/10.3390/ijgi6120397>
- Spletna stran TU Delft in EUnet4DBP (European Network for Digital Building Permits)
- Spletna stran TU Delft in EuroSDR – 3D geoinformation z podnaslovom: »EuroSDR GeoBIM Project«
- Stoter, J. (2004). 3D Cadastre. Doctoral thesis. TU Delft, Delft.
- Stoter, J. Arroyo Ohori, K., Krijnen, T., Ledoux, H. 2017. Overview of GeoBIM project. GeoBIM conference, Amsterdam. URL: <https://geo-bim.org/europe/2017/pdf/presentation/Jantien-Stoter-bim-loket-geobim-2017-24-11.pdf>
- Stotter, J. 2017 International 3D Developments, 2017, Stoter_3dgi2017_keynote_1_stoter_EN.pdf
- Sun, J., Olsson, P., Eriksson, H., Harrie, L. 2020. Evaluating the geometric aspects of integrating BIM data into city models. *Journal of Spatial Science*, 65(2), 235–255. <https://doi.org/10.1080/14498596.2019.1636722>
- Tekavec, J., Čeh, M., Lisec, A. 2020a. Indoor space as the basis for modelling of buildings in a 3D Cadastre. *Survey Review*. <https://doi.org/10.1080/00396265.2020.1838761>
- Tekavec, J., Lisec, A. 2020b. Cadastral data as a source for 3D indoor modelling. *Land Use Policy*, 98. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104322>
- Urad RS za makroekonomske analize in razvoj, (2020). Poročilo o produktivnosti 2020.
- Wang, H., Pan, Y., Luo, X. 2019. Integration of BIM and GIS in sustainable built environment: A review and bibliometric analysis. *Automation in Construction*, 103(March), 41–52. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.005>
- Werbach, K., Hunter, D., Fort the Win, How Game Thinking Can Revolutionize Your Business, Wharton, 2012.
- Yan, J.; Jaw, S.W.; Son, R.V.; Soon, K.H.; Schrotter, G. THREE-DIMENSIONAL DATA MODELLING FOR UNDERGROUND UTILITY NETWORK MAPPING. *ISPRS – International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 2018, XLII-4, 711–715. doi:10.5194/isprs-archives-XLII-4-711-2018.

ZENDMPE 2000. Zakon o evidentiranju nepremičnin, državne meje in prostorskih enot. Uradni list RS, št. 52/2000, 87/2002 – SPZ in 47/2006 – ZEN.

Zhu, J., Wu, P. 2021. A common approach to geo-referencing building models in industry foundation classes for bim/gis integration. ISPRS International Journal of Geo-Information, 10(6).

<https://doi.org/10.3390/ijgi10060362>

ZK GJI. 2012. Zbirni kataster gospodarske javne infrastrukture - izdaja podatkov, šifrant slojev in opis strukture izdanih podatkov. Verzija dokumenta: 2.

ZUreP-1 2002. Zakon o urejanju prostora. Uradni list RS št. 110/2002: 5386 in spremembe.