

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



DOKTORSKI ŠTUDIJSKI  
PROGRAM III. STOPNJE  
GRAJENO OKOLJE

Kandidat:

**MATIJA KÖNIG**

**SISTEM DELOTOKOV KOT INFORMACIJSKA  
PODPORA PODJETJEM, DEJAVNIM NA PODROČJU  
TRAJNOSTNE GRADNJE**

Doktorska disertacija števil: 13/GO

**A WORKFLOW SYSTEM AS AN INFORMATION  
SUPPORT TO COMPANIES OPERATING IN THE AREA  
OF SUSTAINABLE CONSTRUCTION**

Doctoral thesis No.: 13/GO

Soglasje k temi doktorske disertacije je dala Komisija za doktorski študij Univerze v Ljubljani na 29. seji 13. junija 2012.

Za mentorja je bil imenovan doc. dr. Vlado Stankovski,  
za somentorico izr. prof. dr. Jana Šelih.

Ljubljana, 11. julij 2014



Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



**Komisijo za oceno ustreznosti teme doktorske disertacije v sestavi:**

- doc. dr. Vlado Stankovski,
- doc. dr. Tomo Cerovšek,
- doc. dr. Andrej Tibaut, UM FG,

je imenoval Senat Fakultete za gradbeništvo in geodezijo na 28. seji 29. februarja 2012.

**Poročevalce za oceno doktorske disertacije v sestavi:**

- doc. dr. Tomo Cerovšek,
- izr. prof. dr. Vlatko Bosiljkov,
- doc. dr. Matija Marolt, UL FRI,

je imenoval Senat Fakultete za gradbeništvo in geodezijo na 10. seji 7. maja 2014.

**Komisijo za zagovor doktorske disertacije v sestavi:**

- prof. dr. Matjaž Mikoš, dekan UL FGG, predsednik,
- doc. dr. Vlado Stankovski, mentor,
- izr. prof. dr. Jana Šelih, somentorica,
- doc. dr. Tomo Cerovšek,
- izr. prof. dr. Vlatko Bosiljkov,
- doc. dr. Matija Marolt, UL FRI,

je imenoval Senat Fakultete za gradbeništvo in geodezijo na 12. seji 2. julija 2014.



Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



## IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **Matija König** izjavljam, da sem avtor doktorske disertacije z naslovom **Sistem delotokov kot informacijska podpora podjetjem, dejavnim na področju trajnostne gradnje**.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnih repozitorijih.

Ljubljana, 11. julij 2014

.....  
(podpis)



## **POPRAVKI**

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

**Ta stran je namenoma prazna.**



## **BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

**UDK:** 004:624:(043)  
**Avtor:** Matija König  
**Mentor:** doc. dr. Vlado Stankovski  
**Somentor:** izr. prof. dr. Jana Šelih  
**Naslov:** Sistem delotokov kot informacijska podpora podjetjem, dejavnim na področju trajnostne gradnje  
**Obseg in oprema:** 133 str., 37 sl., 21 pregl.  
**Ključne besede:** delotok, informacijska podpora, semantične tehnologije, prenova stavbe, trajnost.

### **Izvilleček:**

Doktorska disertacija obravnava področje dostopnosti informacij, pomembnih za odločanje o izbiri storitev in proizvodov pri prenovi stavbe. Te so pogosto neurejene in razpršene po celotnem spletu ter zapisane v različnih formatih. Posledično je lahko iskanje zelenih informacij zelo zamudno in nepregledno. Informacije lahko zajamemo v delotoku, ki predstavlja zaporedje povezanih storitev, izvajanih v primerno orkestriranih korakih. Osnovna hipoteza trdi, da lahko model informacijskega sistema delotokov zajame visoko stopnjo ključnih informacij in znanj na področju trajnostne gradnje in načrtovanja ter kot tak predstavlja primerno informacijsko podporo gradbenim podjetjem in investitorjem.

Potrebe po informacijski podpori ugotavljamo s pomočjo raziskave med ključnimi deležniki na področju gradbeništva. Rezultati izvedene raziskave razkrivajo velike potrebe po dostopu do urejenih informacij in kažejo na veliko pripravljenosti deležnikov za sodelovanje ter medsebojno deljenje informacij. Izdelan je pregled obstoječih rešitev in dognanj na omenjenem področju. Predstavljen je trajnosten pogled na stavbe s pregledom najbolj razširjenih in aktualnih pristopov trajnostnega ocenjevanja stavb, ki razkriva razlike pri pripisovanju teže posameznim trajnostnim vidikom. V nadaljevanju izdelamo pregled stanja slovenskega stavbnega fonda, ki razkriva, da je velika večina stavb potencialno potrebnih prenove. Predstavljene so tudi semantične tehnologije, ki omogočajo izdelavo naprednih informacijskih sistemov in ki jih zato uporabimo v nadaljnjem delu.

V nadaljevanju dela je predstavljen razvoj prototipa informacijskega sistema, ki temelji na delotokih. Opisana je zasnova arhitekture informacijskega sistema, model sprejemanja odločitev in razvita ontologija, ki podpira zapis informacij v delotoke in hrambo informacij v pripadajoči podatkovni bazi OWL/RDF.

V zaključnem delu je predstavljena validacija prototipa informacijskega sistema, ki kaže, da smo uspeli zadostiti opredeljenim zahtevam. Postavljena hipoteza je torej potrjena.

**BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION**

**UDC:** 004:624:(043)  
**Author:** Matija König  
**Supervisor:** assist. prof. Vlado Stankovski, Ph.D.  
**Co-adviser:** assoc. prof. Jana Šelih, Ph.D.  
**Title:** A workflow system as an information support to companies operating in the area of sustainable construction  
**Notes:** 133 p., 37 fig., 21 tab.  
**Keywords:** workflow, information support, semantic technologies, building renovation, sustainability;

**Abstract:**

The research presented in this thesis is concerned with the accessibility of information on the world web, crucial for the decision making process regarding products and services required for building refurbishment. This information is often dispersed, poorly structured and written in various formats. As a consequence, information search on the web can be extremely time-consuming and difficult to carry out. The information can be sequenced in a workflow consisting of a series of interconnected services which are executed in orchestrated steps. The research hypothesis postulates that the workflow information system model is able to encompass a large proportion of key information and knowledge from the sustainable construction field. As such, it represents efficient information support to potential clients and construction contracting companies.

Information support requirements of various stakeholders from the construction sector were identified by using a survey. The obtained results exhibit a clear need for structured information, as well as a significant willingness of stakeholders to share the information. An overview of the existing solutions and accomplishments in sustainable construction is presented. The concept of sustainability assessment is presented, along with an overview of the most frequently employed approaches for the sustainability assessment of buildings, which reveals differences in assigning relative importance to individual sustainability aspects. An overview of the Slovenian residential building fund is carried out. It shows that the majority of residential building stock is in need of refurbishment. Further, semantic technologies that enable the establishment of advanced information systems are presented.

The second part presents the development of a workflow-based prototype information system. The design of the information system architecture is presented, together with the decision making model and the ontology that supports information recording into workflows and data storage into the OWL/RDF database.

The validation of the information system is presented in the concluding part. It is shown that the system requirements defined in the beginning of the research were achieved; the initial hypothesis is therefore confirmed.

*Le kdo vam bo škodil,  
če boste vneti za dobro!*  
(1 Pt 3,13)

**Ta stran je namenoma prazna.**

## ZAHVALA

Za strokovno vodenje in vso pomoč pri nastajanju disertacije se še enkrat zahvaljujem mentorju doc. dr. Vladu Stanovskemu. Iskrena zahvala za izčrpno podporo in usmeritve velja tudi somentorici izr. prof. dr. Jani Šelih.

Iskrena hvala Andreju Mlakarju, direktorju arhitekturnega biroja Studio mediterana, d. o. o., za vso podporo in usmeritve pri nastajanju disertacije in omogočanju izvedbe doktorskega projekta.

Hvala tudi vsem sodelavcem KGI za dobro delovno vzdušje in nesebično pomoč.

Nenazadnje hvala tudi ženi Meti za vso ljubezen in podporo.

*»Operacijo delno financira Evropska unija, in sicer iz Evropskega socialnega sklada. Operacija se izvaja v okviru Operativnega programa razvoja človeških virov za obdobje 2007 – 2013, 1. Razvojne prioritete: Spodbujanje podjetništva in prilagodljivosti, prednostne usmeritve 1.1.: Strokovnjaki in raziskovalci za konkurenčnost podjetij.«*

**Ta stran je namenoma prazna.**

## KAZALO VSEBINE

<b>1</b>	<b>UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1	MOTIVACIJA IN OPIS PROBLEMA.....	2
1.2	POTENCIAL SEMANTIČNIH TEHNOLOGIJ .....	4
1.2.1	Storitveno orientirana arhitektura.....	5
1.2.2	Delotoki .....	5
1.3	HIPOTEZA IN CILJI.....	6
1.4	STRUKTURA DELA .....	7
<b>2</b>	<b>PRISPEVEK GRADBENIŠTVA K TRAJNOSTNEMU RAZVOJU</b> .....	<b>10</b>
2.1	Opredelitev TRAJNOSTNEGA RAZVOJA .....	10
2.2	TRAJNOSTNA GRADNJA IN TRAJNOSTNO GRADBENIŠTVO .....	13
2.3	TRAJNOSTNE STAVBE.....	13
2.3.1	Ocenjevanje trajnosti stavb.....	14
2.3.2	Metode certificiranja trajnosti stavb/trajnostnega certificiranja.....	15
2.3.2.1	GBTTool .....	17
2.3.2.2	BREEAM .....	17
2.3.2.3	LEED.....	18
2.3.2.4	LENSE .....	18
2.3.2.5	DGNB.....	18
2.3.3	Projekt OPEN HOUSE (2010–2013 ).....	19
2.3.3.1	Kazalniki za trajnostno vrednotenje stavb .....	19
2.3.3.1.1	Okoljski kazalniki .....	20
2.3.3.1.2	Ekonomski kazalniki .....	20
2.3.3.1.3	Družbeni in funkcionalni kazalniki.....	20
2.3.3.1.4	Tehnični in procesni indikatorji ter indikatorji lokacije .....	21
2.3.3.2	Dozdajšnji rezultati projekta OPEN HOUSE .....	21
2.3.4	Trajnostno vrednotenje stavb v Sloveniji.....	25
2.4	PROIZVODI IN STORITVE Z VIDIKA TRAJNOSTI .....	28
2.5	OBSTOJEČI STAVBNI FOND .....	30

2.5.1	Obstoječi stavbni fond v Evropi.....	30
2.5.2	Stanje stavbnega fonda v Sloveniji .....	31
2.5.3	Starost stanovanjskega fonda v Sloveniji .....	32
2.6	RAZDELITEV ENODRUŽINSKIH STAVB GLEDE NA OBDOBJE IZGRADNJE ....	32
2.6.1	Gradnja do leta 1949 .....	33
2.6.2	Gradnja od leta 1950 do 1979.....	33
2.6.3	Gradnja od leta 1980 do 1999.....	33
2.6.4	Gradnja po letu 2000 .....	34
2.7	MOŽNOSTI UKREPOV ZA IZBOLJŠANJE STANJA STAVBE .....	34
2.7.1	Različni energijski koncepti stavb .....	34
2.8	TEŽNJA K TRAJNOSTNOSTI V GRADBENIŠTVU .....	36
<b>3</b>	<b>ANALIZA ZAHTEV .....</b>	<b>38</b>
3.1	ZAJEM ZAHTEV .....	38
3.2	PRIPRAVA RAZISKAVE ZA ZAJEM ZAHTEV .....	39
3.2.1	Izdelava vprašalnika za zajem izhodiščnih zahtev .....	39
3.2.2	Rezultati ankete .....	40
3.3	PREGLED ZNANSTVENEGA PODROČJA .....	42
3.3.1	Tehnologije za izdelavo informacijskega sistema.....	44
3.3.2	Tehnologije semantičnega spleta.....	45
3.3.2.1	UNICODE in URI .....	46
3.3.2.2	XML .....	46
3.3.2.3	RDF in RDF/S.....	46
3.3.2.4	OWL .....	47
3.3.2.5	SPARQL.....	48
3.3.3	Semantične spletne storitve .....	48
3.3.4	Tehnologije delotokov .....	49
3.3.4.1	Tipi poslovnih delotokov.....	50
3.3.4.1.1	Formalni delotoki .....	50
3.3.4.1.2	Neformalni delotoki.....	50



3.3.4.1.3	Administrativni in proizvodni delotoki .....	51
3.3.5	Storitveno orientirana arhitektura .....	51
3.3.6	Metode modeliranja poslovnih procesov .....	52
3.4	IDEJA AVTOPOIETSKEGA SISTEMA .....	53
3.4.1	Autopoietski sistem živih bitij .....	53
3.4.2	Gradbeništvo in avtopoietski sistem.....	54
3.5	SPECIFIKACIJA ZAHTEV INFORMACIJSKEGA SISTEMA .....	56
3.5.1	Povzetek pregleda tehnologij.....	56
3.5.2	Funkcionalne in nefunkcionalne zahteve .....	56
3.5.2.1	Seznam funkcionalnih zahtev .....	56
3.5.2.2	Seznam nefunkcionalnih zahtev .....	58
<b>4</b>	<b>RAZVOJ INFORMACIJSKEGA SISTEMA DELOTOKOV .....</b>	<b>60</b>
4.1	ŽIVLJENJSKI KROG RAZVOJA INFORMACIJSKEGA SISTEMA.....	60
4.1.1	Izbira procesnega modela.....	61
4.2	KONCEPT INFORMACIJSKEGA SISTEMA DELOTOKOV .....	62
<b>5</b>	<b>RAZVOJ DELOTOKA .....</b>	<b>64</b>
5.1	FORMALNI PRISTOP K RAZVOJU ONTOLOGIJE .....	65
5.1.1	Določitev glavnih konceptov .....	67
5.1.2	Primer zapisa delotoka prenove.....	68
5.2	REALIZACIJA ONTOLOGIJE DELOTOKA .....	72
5.2.1	Implementacija ontologije .....	72
5.2.2	Izdelava ontologije sistema delotokov.....	73
5.3	Preveritev ontologije .....	79
5.3.1	Preveritev hierarhije razredov .....	79
5.3.2	Preveritev lastnosti imaStoritev in imaProizvod.....	80
5.3.3	Preveritev lastnosti imaVrednost.....	81
5.3.4	Povzetek preveritve ontologije .....	83
<b>6</b>	<b>ARHITEKTURA PROTOTIPA .....</b>	<b>84</b>
6.1	ZASNOVA ARHITEKTURE PROTOTIPA INFORMACIJSKEGA SISTEMA .....	84

6.1.1	Podatkovni sloj .....	86
6.1.2	Aplikacijski sloj.....	86
6.1.3	Sloj uporabniškega vmesnika .....	87
6.1.3.1	Usmerjeno iskanje .....	88
6.2	MODEL SPREJEMANJA ODLOČITEV .....	88
6.2.1	Korak 1. Definiranje podatkov obstoječega stanja.....	89
6.2.2	Korak 2. Določitev zelene prenove .....	89
6.2.3	Korak 3. Izbira izvajalcev storitev med predlaganimi podjetji.....	90
6.2.4	Korak 4. Posredovanje povpraševanja možnim izvajalcem .....	90
<b>7</b>	<b>IMPLEMENTACIJA PROTOTIPA .....</b>	<b>91</b>
7.1	UPORABA INFORMACIJSKEGA SISTEMA DELOTOKOV .....	91
7.2	UPORABNIŠKI VMESNIKI PROTOTIPA.....	93
7.2.1	Uporabniški vmesnik za izdelavo prenove stavbe .....	93
7.2.1.1	Vnos podatkov.....	95
7.2.1.2	Izbira ukrepov, določitev nivoja prenove, izbira storitev, izbira proizvodov in primerjava konstrukcijskega sklopa pred in po prenovi .....	96
7.2.1.3	Izbira izvajalca storitev.....	97
7.2.1.4	Izbira najprimernejšega ponudnika .....	99
7.2.2	Uporabniški vmesnik za izvajalce .....	99
7.2.3	Uporabniški vmesnik za proizvajalce .....	100
7.3	PREDPOSTAVKE PROTOTIPA .....	101
<b>8</b>	<b>VALIDACIJA .....</b>	<b>103</b>
8.1	VALIDACIJA PROTOTIPNEGA SISTEMA.....	103
8.1.1	PREIZKUS KONCEPTOV UPORABE INFORMACIJSKEGA SISTEMA .....	104
8.1.1.1	Uporabniški scenarij: povpraševalec.....	104
8.1.1.2	Uporabniški scenarij: izvajalec.....	106
8.1.1.3	Uporabniški scenarij: proizvajalec.....	107
8.1.2	Analiza SWOT .....	108
8.1.3	Raziskava pri končnih uporabnikih.....	110

8.1.3.1	Opis raziskave .....	111
8.1.3.2	Rezultati in ugotovitve raziskave.....	111
8.2	POVZETEK UGOTOVITEV IN SKLEP VALIDACIJE .....	112
<b>9</b>	<b>ZAKLJUČKI .....</b>	<b>114</b>
9.1	POVZETEK GLAVNIH PRISPEVKOV .....	114
9.2	ZAKLJUČEK.....	116
9.3	SMERNICE ZA NADALJNJE DELO .....	118
<b>10</b>	<b>POVZETEK .....</b>	<b>119</b>
<b>11</b>	<b>SUMMARY .....</b>	<b>121</b>
<b>VIRI</b>	<b>.....</b>	<b>124</b>

**KAZALO SLIK**

Slika 1: Trije stebri trajnosti (Vir: Adams, 2006).....	11
Slika 2: Odnos med tremi vejami trajnosti kjer sta tako ekonomija kot družba podrejeni okolju (Vir: Scott-Cato, 2009) .....	12
Slika 3: Vennov diagram trajnostnega razvoja. Tri področja trajnosti (Vir: Adams, 2006) .....	12
Slika 4: Skupine indikatorjev trajnostne gradnje po metodologiji FP7 OPEN HOUSE (Vir: Šijanec Zavrl, 2013).....	20
Slika 5: Zajem in specifikacija zahtev (Vir: Podgorelec, 2008).....	39
Slika 6: Sklad semantičnega spleta (Vir: Berners-Lee, 1999).....	45
Slika 7: Tri ravni jezika OWL.....	48
Slika 8: Evolucija svetovnega spleta (Vir: Pintar, 2008).....	49
Slika 9: Gradbeni trg kot avtopoietski sistem.....	55
Slika 10: Življenjski krog razvoja informacijskih sistemov (Vir: Podgorelec, 2008).....	61
Slika 11: Koncept informacijskega sistema delotokov .....	62
Slika 12: Glavni razredi ontologije .....	73
Slika 13: Predlog hierarhije definiranih razredov ontologije .....	74
Slika 14: Shema skupine ukrepov .....	74
Slika 15: Shema storitev .....	75
Slika 16: Shema postavk.....	75
Slika 17: Slika ontologije delotoka.....	78
Slika 18: Razredi in podrazredi ontologije .....	80
Slika 19: Storitve, postavke in proizvodi .....	81
Slika 20: Proizvodi in njihove vrednosti .....	82
Slika 21: Arhitektura informacijskega sistema .....	85
Slika 22: Koraki metodologije modela za sprejemanje odločitev.....	89
Slika 23: Primeri uporabe sistema delotokov.....	92
Slika 24: Uvodna stran informacijskega sistema .....	93
Slika 25: Uporabniški vmesnik za izdelavo prenove stavbe.....	94
Slika 26: Delovanje modela za sprejemanje odločitev .....	95
Slika 27: Vnos podatkov o obstoječih konstrukcijskih sklopih.....	96
Slika 28: Izbira ukrepov, storitev in proizvodov.....	96
Slika 29: Brskanje po bazi proizvodov .....	97
Slika 30: Izbira izvajalca storitve .....	98
Slika 31: Primer elektorskega sporočila povpraševanja.....	99
Slika 32: Uporabniški vmesnik za registracijo izvajalskega podjetja .....	100
Slika 33: Uporabniški vmesnik za vnos proizvodov .....	101

Slika 34: Uporabniški scenarij: povpraševalec: a) povezava z aplikacijo ENTRAdom, b) vnos podatkov o obstoječem konstrukcijskem sklopu, c) izbira ukrepa in storitve, č) izbira proizvodov, d) pregled definirane prenove, e) izbira izvajalcev storitev in oddaja povpraševanja; .....	105
Slika 35: Uporabniški scenarij: izvajalec: a) povezava z aplikacijo, b) izbira vmesnika za vnos izvajalca, c) vnos izvajalca; .....	107
Slika 36: Uporabniški scenarij: proizvajalec: a) povezava z aplikacijo, b) izbira vmesnika za vnos proizvajalca, c) vnos proizvajalca in proizvodov;.....	108
Slika 37: Rezultati evalvacije prototipa .....	111

## LIST OF FIGURES

Figure 1: The three pillars of sustainability (Source: Adams, 2006) .....	11
Figure 2: The relationship between the three branches of sustainability where both the economy as a company subordinate to the environment (Source: Scott-Cato, 2009).....	12
Figure 3: Venn diagram of sustainable development. Three areas of sustainability (Source: Adams, 2006) .....	12
Figure 4: Groups of indicators of sustainable building according to the FP7 OPEN HOUSE methodology (Source: Šijanec Zavrl, 2013).....	20
Figure 5: Requirements capture and specification (Source: Podgorelec, 2008) .....	39
Figure 6: Semantic Web Stack (Source: Berners-Lee, 1999) .....	45
Figure 7: Three-level OWL language .....	48
Figure 8 : The evolution of the World Wide Web (Source: Pintar, 2008).....	49
Figure 9: Construction market as autopoietic system .....	55
Figure 10: Systems development life cycle (Source: Podgorelec, 2008) .....	61
Figure 11: The concept of the Workflow information system .....	62
Figure 12: Top classes of the ontology.....	73
Figure 13: Proposal hierarchy of defined classes of the ontology .....	74
Figure 14: The scheme of the measure groups.....	74
Figure 15: The service's scheme.....	75
Figure 16: The item's scheme .....	75
Figure 17: Picture of workflow's ontology .....	78
Figure 18: Classes and subclasses of the ontology.....	80
Figure 19: Services, items and products .....	81
Figure 20: Products and their values.....	82
Figure 21: Architecture of information system .....	85
Figure 22: Metodology steps of decision making model .....	89
Figure 23: Workflow system use cases .....	92
Figure 24: Entrance page of the information system .....	93
Figure 25: User interface for building renovation design.....	94
Figure 26: Operation of the decision making model .....	95
Figure 27: Data entry for the existing construction kits .....	96
Figure 28: Selection of measures, services and products .....	96
Figure 29: Browsing through the database of products .....	97
Figure 30: Selection of the service provider .....	98
Figure 31: An example of inquiry e-mail .....	99
Figure 32: The user interface for the service providers registration .....	100

Figure 33: The user interface for entry of the products information .....	101
Figure 34: User scenario: The inquirer: a) connection with the application ENTRAdom, b) data entry for existing construction sections, c) measure and service selection, č) products selection, d) defined renovations overview, e) service providers selection and inquiry submission;.....	105
Figure 35: User scenario: The service provider: a) connection with the application, b) the service provider registration selection, c) service provider registration;.....	107
Figure 36: User scenario: The manufacturer: a) connection with the application, b) the manufacturer registration selection, c) manufacturer registration and products data entry;	108
Figure 37: Prototype evaluation results.....	111

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Najbolj znane metode za okoljsko oziroma trajnostno vrednotenje stavb in vidiki, ki jih njihovo ocenjevanje zajema (Vir: Šijanec Zavrl, 2010b: str. 70).....	17
Preglednica 2: Indikatorji okoljske kakovosti (Vir: Šijanec Zavrl in sod., 2010: str. 44, 45)....	22
Preglednica 3: Indikatorji družbene in funkcionalne kakovosti (Vir: Šijanec Zavrl in sod., 2010: str. 46).....	23
Preglednica 4: Indikatorji ekonomske kakovosti (Vir: Šijanec Zavrl in sod., 2010: str. 47) ....	23
Preglednica 5: Indikatorji tehničnih lastnosti (Vir: Šijanec Zavrl in sod., 2010: str. 47).....	24
Preglednica 6: Indikatorji procesne kakovosti (Vir: Šijanec Zavrl in sod., 2010: str. 48).....	24
Preglednica 7: Indikatorji lokacije stavbe (Vir: Šijanec Zavrl in sod., 2010: str. 49).....	25
Preglednica 8: Glavni kazalniki računske in merjene energetske izkaznice.....	26
Preglednica 9: Razredi energetske učinkovitosti glede na letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe na enoto površine (Vir: <a href="http://www.energetskaizkaznicastavbe.si">http://www.energetskaizkaznicastavbe.si</a> ) .....	27
Preglednica 10: Indikatorji okoljskih vplivov (Vir: ZRMK, 2011: str. 3) .....	29
Preglednica 11: Indikatorji rabe surovin (Vir: ZRMK, 2011: str. 3) .....	30
Preglednica 12: Indikatorji za dodatno okoljsko informacijo (Vir: ZRMK, 2011: str. 3) .....	30
Preglednica 13: Indikatorji izhodnih tokov iz sistema (Vir: ZRMK, 2011: str. 3) .....	30
Preglednica 14: Prebivalci glede na tip stavbe leta 2011 (Vir: MIP, 2012: str. 33) .....	31
Preglednica 15: Delež stanovanjskih stavb glede na leto izgradnje (Vir: MIP, 2012: str. 34) .....	32
Preglednica 16: Mejne vrednosti toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov posamezne skupine stavb (Vir: ZRMK, 2009) .....	36
Preglednica 17: Pripravljenost deležnikov za deljenje informacij .....	41
Preglednica 18: Sintaksa in semantika opisne logike .....	67
Preglednica 19: Lastnosti razredov .....	76
Preglednica 20: Podatkovne lastnosti primerkov .....	76
Preglednica 21: Rezultati analize SWOT .....	109



## LIST OF TABLES

Table 1: The most known methods for environmental or sustainable evaluation of buildings and aspects to their evaluation covers (Source: Šijanec Zavrl, 2010b: pp. 70).....	17
Table 2: Indicators of environmental quality (Source: Šijanec Zavrl in sod., 2010: pp. 44, 45) .....	22
Table 3: Indicators of social and functional quality (Source: Šijanec Zavrl in sod., 2010: pp. 46) .....	23
Table 4: Economic Indicators of quality (Source: Šijanec Zavrl in sod., 2010: pp. 47) .....	23
Table 5: Indicators of technical properties (Source: Šijanec Zavrl in sod., 2010: pp. 47) .....	24
Table 6: Indicators of process quality (Source: Šijanec Zavrl in sod., 2010: pp. 48) .....	24
Table 7: Building's location indicators (Source: Šijanec Zavrl in sod., 2010: pp. 49) .....	25
Table 8: The main indicators of calculated and measured energy performance certificate ...	26
Table 9: Energy efficiency classes according to the annual building heat demand per unit area (Source: <a href="http://www.energetskaizkaznicastavbe.si">http://www.energetskaizkaznicastavbe.si</a> ) .....	27
Table 10: Indicators of environmental impacts (Source: ZRMK, 2011: pp. 3) .....	29
Table 11: Resource use indicators (Source: ZRMK, 2011: pp. 3).....	30
Table 12: Indicators for additional environmental information (Source: ZRMK, 2011: pp. 3)	30
Table 13: Indicators of output stream from the system (Source: ZRMK, 2011: pp. 3).....	30
Table 14: Residents in relation to the type of building in 2011 (Source: MIP, 2012: pp. 33) .	31
Table 15: The proportion of residential buildings in relation to the year of construction (Source: MIP, 2012: pp. 34) .....	32
Table 16: Border thermal transmittance values of constructional complexes for each group of buildings (Source: ZRMK, 2009) .....	36
Table 17: Willingness of the stakeholders for information sharing .....	41
Table 18: Syntax and Semantics of Description Logic.....	67
Table 19: Object properties of classes .....	76
Table 20: Data property of individuals .....	76
Table 21: Results of SWOT analysis.....	109

**OKRAJŠAVE IN SIMBOLI**

<b>OKRAJŠAVA</b>		<b>OPIS</b>
ADPE	Abiotic Depletion Potential for Non-fossil Resources	Potencial izrabe abiotskih (naravnih) virov - surovin
ADPF	Abiotic Depletion Potential for Fossil Fuels	Potencial izrabe abiotskih virov - fosilnih goriv
AJAX	Asynchronous JavaScript and XML	Asinhroni JavaScript in XML
AP	Acidification Potential	Potencial acidifikacije zemlje in vode
BPEL	Business Process Execution Language	Jezik XML za izvajanje poslovnih procesov
BPM	Business Process Management	Upravljanje poslovnih procesov
BPML	Business Process Modeling Language	Jezik za modeliranje poslovnih procesov
BPMN	Business Process Modelling Notation	Notacija za modeliranje poslovnih procesov
CASE	Computer Aided Software Engineering	Orodje za razvoj in vzdrževanje programske opreme
CRU	Components for re-use	Sestavine primerne za ponovno uporabo
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen	Nemško združenje za trajnostno gradnjo
DL	Description Logic	Opisna logika
EE	Exported energy	Oddana energija
EP	Eutrophication Potential	Potencial evtrofikacije
EPBD	Directive on Energy Performance of Buildings	Evropska direktiva o energetski učinkovitosti stavb
EPD	Environmental Product Declaration,	Okoljska deklaracija za proizvode
FOAF	Friend Of A Friend	Ontologija prijatelj prijatelja
FW	Use of fresh water resources	Raba sveže pitne vode
GWP	Global Warming Potential	Potencial globalnega segrevanja
HWD	Hazardous waste disposed	Odlaganje nevarnih odpadkov
iiSBE	International Initiative for a Sustainable Built Environment	Mednarodna iniciativa za trajnostno grajeno okolje
KGH		Klimatizacija, gretje in hlajenje
LCA	Life Cycle Assessment	Analiza življenjskih stroškov
LCC	Life Cycle Costing	Vseživljenjski stroški
MER	Materials for energy recovery	Materiali za obnovljivo energijo
MFR	Materials for recycling	Materiali za reciklažo

OKRAJŠAVA		OPIS
NHWD	Non-hazardous waste disposed	Odlaganje ne-nevarnih odpadkov
NRSF	Non-renewable secondary fuels	Raba neobnovljivih sekundarnih goriv
ODP	Ozone Depletion Potential	Potencial razgradnje ozona
O-LCA	Ontology for Life Cycle Assessment	Ontologija ocene življenjskega kroga
OVE		Obnovljivi viri energije
OWL	Web Ontology Language	Jezik spletnih ontologij
PCR	Product Category Rules	Kategorijska pravila proizvodov
PENRT	Primary energy, non-renewable, total	Skupna raba primarne neobnovljive energije
PERT	Primary energy, renewable, total	Skupna raba obnovljive primarne energije
POCP	Ozone Creation Potential	Potencial fotokemičnega nastajanja ozona
RDF	Resource Description Framework	Ogrodje za opis virov
RSF	Renewable secondary fuels	Raba obnovljivih sekundarnih goriv
RWD	Radioactive waste disposed	Odlaganje radioaktivnih odpadkov
SM	Use of secondary materials	Raba sekundarnih materialov
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol	standardni protokol za prenos elektronske pošte
SOA	Service-Oriented Architecture	Storitveno orientirana arhitekturo
SPARQL	Simple Protocol and RDF Query Language	Poizvedovalni jezik in protokol za dostop do RDF
SUMO	Suggested Upper Merged Ontology	Predlagana visokonivojska združena ontologija
SWEET	Semantic Web for Earth and Environmental Terminology	Ontologija semantičnega spleta za Zemljo in okoljske terminologije
SWOT	Strenghts, Weaknesses, Opportunities and Threats,	Analiza prednosti, slabosti, priložnosti in nevarnosti
URI	Uniform Resource Identifier	Enotni označevalnik vira
W3C	World Wide Web Consotium	Konzorcij svetovnega spleta
WfMC	Workflow Management Coalition	Koalicija za management delotokov
WWW	World Wide Web	Svetovni splet
XML	Extensible Markup Language	Razširljiv označevalni jezik



# 1 UVOD

V zadnjih 20 letih je dobila v razvitih državah težnja k bolj odgovornemu odnosu družbe do okolja vodilno vlogo, kar se odraža tudi pri oblikovanju njihovih nacionalnih politik oziroma usmeritev. Eden od pomembnih vplivov na okolje je poraba energije, ki je povezana z obratovanjem in vzdrževanjem stavb med njihovo uporabo. Ocenjuje se, da je stavbni sektor v Evropi odgovoren za porabo približno 41 % končne energije (Bosseboeuf, 2012). Zato predstavljajo stavbe enega največjih potencialov za zmanjšanje porabe energije in povezanih obremenitev okolja, ki se pojavljajo predvsem pri izčrpanju energentov in pojavu spremljajočih škodljivih izpustov.

Zmanjšanje porabe energije in trajnostna raba naravnih virov postajata vse bolj pomembni vrednoti tudi za lastnike stavb, saj v zadnjih letih opažamo izrazit trend rasti cen energije (Tavčar, 2012), kar vodi k vse večjim obratovalnim stroškom objekta. V kombinacijami s prej omenjenimi nacionalnimi politikami vodijo le-ti k pojavu vse večjega števila projektov na področju gradnje nizko energijskih in okolju prijaznejših stavb, ali pa obnove obstoječih objektov, ki dosegajo enake cilje (zmanjšanja porabe energije).

Lastnik stavbe oziroma investitor, ki se odloči za gradnjo nove stavbe ali prenovo obstoječe stavbe, se znajde v morju možnosti. Na trgu je namreč prisotnih veliko število pristopov in rešitev, informacije o njih pa dandanes lahko dobimo prek reklamnih oglasov, raznih katalogov izdelkov in predvsem spleta, ki je danes glavni vir informacij praktično na vseh področjih, količina dostopnih informacij in znanj pa je vsak dan večja.

Tako imajo njegovi uporabniki na voljo vedno več podatkov, ki jih potrebujejo za sprejemanje najrazličnejših odločitev. Vendar pa so ti podatki pogosto neurejeni, razpršeni po celotnem spletu ter zapisani v različnih formatih. Posledica tega je, da je iskanje zelenih informacij lahko zelo zamudno in nepregledno. Zaradi neurejenosti podatkov jih uporabniki med seboj težko ustrezno primerjajo, kar pogosto privede do neustreznih odločitev. Sprejemanje kakršnih koli odločitev je zato lahko izjemno kompleksno in naporno. Investitorji, arhitekti, inženirji in drugi deležniki morajo identificirati različne pristope, tehnologije oziroma rešitve, ki so dostopne na trgu, in jih primerjati oziroma ovrednotiti med seboj glede na različne, vnaprej

določene kriterije, kot so npr. zmanjšanje porabe energije, znižanje emisij izpustnih plinov, višina investicije, vseživljenjsko vrednotenje stroškov itn.

Opisani postopek primerjave je informacijsko zelo intenzivna operacija, saj je treba upoštevati številne visoko-zmogljive tehnološke rešitve, ki so na razpolago. Informacije o posamezni rešitvi sestojijo iz komercialnih in tehničnih podatkov, vsak proizvajalec pa jih poda na svoj način, tako da je lahko (še posebno pri kompleksnejših proizvodih ali rešitvah) medsebojna primerjava ekvivalentnih proizvodov izjemno otežena. Nadalje se moramo zavedati še, da za obravnavani primer prenove ni primerna vsaka rešitev iz identificiranega nabora. Pogosto imajo informacije, dostopne potencialnemu kupcu, delno tehnično in delno komercialno vsebino, kar dodatno otežuje racionalno izbiro posameznega proizvoda, pa tudi celotnega sklopa proizvodov in storitev, ki jih za prenovo potrebujemo.

Zato je zagotavljanje celovitih in posodobljenih informacij o proizvodih in storitvah v gradbeni industriji ključnega pomena za uspeh gradbenih projektov (Kong in sod., 2005). Ob ustreznih in celovitih informacijah lahko tudi pričakujemo, da bo zadovoljstvo naročnika, ki je eden glavnih gonil poslovnega uspeha izvajalcev gradbenih del, višje.

## **1.1 MOTIVACIJA IN OPIS PROBLEMA**

Pregled dandanašnje gradbene prakse kaže, da na tržišče dnevno prihajajo novi proizvodi in sistemske rešitve. Ker pa poteka razvoj na različnih področjih hkrati in je lokacijsko zelo razpršen, opažamo, da so informacije, ki dosežejo ponudnike storitev kot tudi končne potrošnike (naročnike), nepopolne, nezadostne in sistemske neurejene ter kot take pri uporabnikih vzbujajo dvome in otežujejo razvoj na tem področju. Zato se med potencialnimi kupci gradbenih proizvodov in storitev pojavlja veliko negotovosti, pogosto pa tudi neznanja in neinformiranosti glede uporabnosti različnih materialov, proizvodov in storitev za izvajanje celovitejših pristopov k energetsko in trajnostno učinkovitejšemu načrtovanju in gradnji. Tudi projektantska in izvajalska podjetja, ki jih sicer zakonodaja v nasprotju z naročnikom smatra za strokovno usposobljene pravne osebe, so lahko specializirana le za določene tehnike gradnje ali obnove stavb ter ne pristopajo k obnovi in gradnji stavb na bolj celovit in trajnosten način.

Tudi uporaba svetovnega spleta (angl. World Wide Web, WWW), ki se že uporablja kot sredstvo za objavo in izmenjavo informacij o gradbenih proizvodih in storitvah, ne zagotavlja celovitega pristopa, saj so podatki trenutno razpršeni po spletnih straneh različnih gradbenih

podjetij, katalogih izdelkov, javnih podatkovnih bazah stavbnega fonda, projektnih dokumentacijah stavb, spletnih dnevnikov itd. in se nahajajo v različnih oblikah/zapisih (Kong in sod., 2005).

Rezultat opisanega stanja je težko in zamudno iskanje ustreznih informacij za izdelavo ustrezne primerjave in analizo proizvodov in storitev. Bolj strukturirana zbirka podatkov na tem področju bi lahko vsebovala različna znanja, vključno z informacijami o različnih gradbenih pristopih, projektih obnove, trajnostnih parametrih in neodvisnih strokovnih mnenjih kot tudi informacije o konstrukcijskih in drugih lastnostih stavb, v katerih so bile že izvedene enake ali podobne rešitve. Z uporabo zbirke podatkov, kot jo predlagamo, bi lahko deležniki pridobili celostnejši pregled, potreben pri sprejemanju odločitev, ki bi omogočil večjo prožnost, da bi se lahko hitreje odzvali na dinamično spreminjajoče se tržne razmere, zlasti na področjih, kjer primanjkuje ključnih kompetenc (König in Stankovski, 2011, Dao in sod., 2011).

Stanje na trgu pa se lahko razmeroma hitro spreminja. V zadnjih letih smo priča visokemu upadu gradbenih dejavnosti. Podjetja, ki so tesno povezana z gradbeno panogo, se morajo nenehno prilagajati novim razmeram. Zato predlagamo, da se oblikuje in izdela informacijski sistem, ki bi ustvarjal in zajemal informacije in znanja o obnovi obstoječih stanovanjskih stavb v spreminjajočih se tržnih razmerah in tako omogočal podjetjem, da bi lažje sledila tržnim razmeram in potrebam strank, strankam pa omogočal lažje sprejemanje odločitev o izbiri proizvodov in storitev. To bi lahko dosegli z različnimi pristopi in možnostmi zbiranja in analize informacij, ocen, mnenj itd. s strani deležnikov oziroma končnih uporabnikov.

Strokovnjaki na gradbenem področju pričakujejo, da se bo delež prenov v naslednjem desetletju močno povečal (Križnik, 2011). Največji delež stavb predstavljajo enostanovanjske oziroma enodružinske stavbe, ki pogosto ne dosegajo današnjih standardov s področja energetske in trajnostne učinkovitosti stavb. Zato imajo prenove stanovanjskih stavb, še zlasti pa prenove ovoja stavb, velik potencial za izboljšanje trajnostnega vidika stanovanjskega fonda. V doktorskem delu smo se zato usmerili na to področje, z namenom da utemeljimo in izdelamo informacijski sistem, ki ga lahko uporabijo deležniki na področju trajnostne prenove enodružinskih stavb.

Z vzpostavitvijo opisanega informacijskega sistema na tem področju želimo prispevati k izboljšanju dostopnosti in preglednosti informacij in znanj, ključnih za učinkovito in uspešno reševanje postavljenih izzivov na področju energetske in trajnostne prenove stavb, ter posledično prispevati k učinkovitejšem in hitrejšem doseganju zastavljenih ciljev evropske

Direktive o energetske učinkovitosti stavb (angl. Directive on Energy Performance of Buildings, EPBD).

## 1.2 POTENCIAL SEMANTIČNIH TEHNOLOGIJ

Dandanes je trebna za preživetje v danih tržnih razmerah povečati inovativnost in sposobnost reševanja novih, kompleksnejših inženirskih problemov, dinamičnost in prilagodljivost tržnim razmeram z razvojem novih infrastruktur, ki bi jih nato ponudili v uporabo in integracijo podjetnikom, raziskovalcem, skupinam razvijalcev ter zasebnikom (Stankovski, 2009).

Semantika oziroma pomenoslovje je veda, ki preučuje pomensko plat jezikovnega znaka. Osredotoča se na odnos med označevalci, kot so besede, besedne zveze, znaki in simboli, in njihov pomen. Jezikovna semantika preučuje pomen, ki se uporablja za razumevanje človekovega izražanja skozi jezik. Druge oblike semantike vključujejo semantiko programskih jezikov, formalne logike in semiotiko (Owens, 1994).

Semantika programskega jezika enolično določa interpretacijo (pomen) izrazov v danem programskem jeziku. Na področju semantike programskih jezikov je bila predstavljena nova oblika spletnih dokumentov, imenovanih tehnologije semantičnega spleta, v katerih je definirana semantika njihove vsebine (Berners-Lee in sod., 2001). S tem so dosegli vrsto izboljšav in tako med drugim izboljšali brskanje po spletnih dokumentih (Stankovski, 2009).

Semantični splet temelji na možici ontologij, ki na podlagi skupnega razumevanja strukture in pomena informacij predstavljajo posamezna domenska znanja. Pojem ontologija izvira iz filozofije. Prva sta jo opredelila Platon in Aristotel (ontos v stari grščini pomeni biti, logos pa pomeni beseda). Ontologija kot del filozofije se ukvarja s preučevanjem in analizo najsplošnejše strukture biti in vsega bivajočega. V informatiki razumemo pod tem pojmom formalno predstavitev množice konceptov z nekega področja in razmerij med njimi (Lavbič in Krisper, 2005).

»Ontologija je eksplicitna in formalna specializacija konceptualizacije problemske domene.« (Gruber, 1993). Jedro formalno predstavljenega znanja temelji na konceptualizaciji, tj. predmeti, koncepti in druge entitete, ki naj bi obstajali na nekem interesnem področju, ter odnosi in povezave med njimi (Genesereth in Nilsson, 1987). S pojmom konceptualizacija poimenujemo izveček oziroma poenostavljen pogled na svet, ki ga želimo z določenim



namenom predstaviti. Vsaka zbirka znanja, na znanju temelječ sistem ali agent na ravni znanja je v določeni meri podvržen konceptualizaciji, ki je lahko eksplicitna ali implicitna.

Z uporabo ontologije lahko enoumno opredelimo entitete (tj. različne programe, storitve, naprave, uporabnike, podatkovne vire itd.), ki nastopajo na področju posamezne ontologije. Ontologije definirajo različne odnose, v katerih se nahajajo, določajo pa tudi aksiome nad lastnostmi teh entitet, ki so univerzalno veljavni (Staab in Studer, 2004).

### **1.2.1 Storitveno orientirana arhitektura**

Storitveno orientirano arhitekturo (angl. Service-Oriented Architecture, SOA) opredeljujemo kot način za povezovanje poslovanja podjetja z množico povezanih storitev. Z definiranjem storitev za posamezna poslovna področja naredimo ta področja možna za medsebojno povezovanje s komponiranjem oziroma zlaganjem pripadajočih storitev v obsežne poslovne procese ali obratno tako, da storitve jedra poslovanja razstavimo na različna poslovna področja v množico podrobno razgrajenih storitev (Jehan, 2011).

Menimo, da je SOA primerna za povezovanje informacij o gradbenih storitvah in proizvodih. SOA omogoča širok opis različnih gradbenih storitev ali proizvodov in njihovo medsebojno povezovanje v večje enote, npr. končne izdelke. Tako postanejo razpršene informacije povezane. Povezane informacije pa lahko omogočijo naprednejšo in organizirano analizo ter ponudbo gradbenih storitev in proizvodov.

### **1.2.2 Delotoki**

Delotok je zaporedje povezanih storitev, ki se izvaja v primerno orkestriranih korakih (Taylor in sod., 2007). Delotoki imajo obliko različnih domensko-specifičnih grafov, ki predstavljajo informacijske tokove. So bistveno bolj učinkovito sredstvo za deljenje znanja, procesov, komunikacije, shrambe ali vsebine kot posamezne storitve, ki so bolj elementarni gradniki (Stankovski, 2009).

V sklopu doktorske disertacije smo določili sestavne dele delotokov, ki obravnavajo problem informacijske podpore za odločanje pri prenovi stavbe. Menimo, da lahko z zapisom informacij v delotoke, ki predstavljajo proces informacij od določitve obstoječega stanja stavbe, prek sprejemanja odločitev o izbiri ukrepov, storitev in proizvodov, do določitve novega stanja, t. i. stanja prenove, pripomoremo k izboljšanju preglednosti informacijskega toka v procesu prenove stavbe.

### 1.3 HIPOTEZA IN CILJI

V doktorski disertaciji smo se osredotočili predvsem na informacije, potrebne pri sprejemanju odločitev ob prenovi stavbe. To so informacije o konstrukcijskih sklopih, proizvodih in storitvah, proizvajalcih proizvodov in izvajalcih storitev.

Naše delo je tako najprej usmerjeno na področje dostopnosti in uporabnosti informacij in znanja o trajnostni gradnji in načrtovanju. Informacije in znanja o različnih pristopih, proizvodih, storitvah itn. so trenutno razpršeni po različnih spletnih straneh, katalogih izdelkov, zasebnih podatkovnih bazah podjetij, javnih podatkovnih bazah stavbnega fonda, projektnih dokumentacijah stavb, spletnih dnevnikih itd. in se nahajajo v različnih oblikah oziroma zapisih (Kong in sod., 2005). Posledično je potreba po dostopu do informacij in znanja na urejen in strukturiran način zelo velika.

Cilj raziskovalnega dela je z uporabo tehnologij semantičnega spleta izdelati informacijski sistem, ki bi omogočil zajemanje, integracijo, hranjenje, izmenjavo in uporabo informacij in znanj s področja trajnostne prenove stavb.

Hipoteza našega dela je, da lahko model informacijskega sistema delotokov zajame visoko stopnjo ključnih informacij in znanj na področju trajnostne gradnje in načrtovanja ter kot tak predstavlja primerno informacijsko podporo gradbenim podjetjem in investitorjem, ki podvzemajo projekte na navedenem področju.

Kot podporo dokazovanju hipoteze smo si zastavili naslednje cilje:

- izdelati model baze znanj RDF/OWL in delotokov za zapis in hranjenje informacij o trajnostni prenovi stavb;
- razviti metodologijo za delovanje informacijskega sistema delotokov, na podlagi katere bo lahko uporabnik delotoke sam ustvarjal, shranjeval, izmenjeval, dopolnjeval itd.;
- izdelati model informacijskega sistema delotokov za zajemanje, integracijo, hranjenje in izmenjavo informacij in znanj, ki bo omogočil bolj informiran pristop k trajnostni gradnji, načrtovanju in prenovi;
- preizkusiti in validirati prototip informacijskega sistema delotokov za prenovu ovoja stavbe med uporabniki v praksi; v informacijski sistem bomo vnesli podatke o ukrepih prenove, storitvah, proizvodih, ponudnikih storitev itd., ki so potrebni za poskusno uporabo prototipa.

Cilj disertacije je izdelati informacijski sistem, ki bo udeležence gradbenega projekta, temelječega na načelih trajnostne gradnje, povezoval in vsakemu izmed njih zagotavljal ključne informacije:

- investitorjem, arhitektom in projektantom informacije o razpoložljivih proizvodih, storitvah in izvajalcih;
- izvajalcem povratne informacije o izvedenih storitvah ter predvsem možnost za promocijo in pridobivanje naročil;
- proizvajalcem gradbenih proizvodov pa predvsem možnost za razpoznavnost njihovih proizvodov na tržišču in poleg tega tudi možnost za pridobivanje povratnih informacij o njihovi uporabi.

Zaradi neurejenosti podatkov uporabniki razpoložljive informacije pogosto težko medsebojno primerjajo in vrednotijo, kar pogosto privede do neustreznih odločitev (npr. izbire sanacijskega materiala). Z izdelavo predlaganega informacijskega sistema želimo uporabnikom (npr. investitorjem, lastnikom, upravnikom, arhitektom, projektantom itn.) olajšati sprejemanje odločitev, hkrati pa omogočiti izvajalcem in proizvajalcem razpoznavnost in vidnost njihovih proizvodov in storitev ter pridobivanje povratnih informacij s strani uporabnikov.

## **1.4 STRUKTURA DELA**

V uvodnem poglavju predstavljamo motivacijo za predlagane raziskave, opis problemov, določitev oziroma identifikacijo izzivov, ki jih želimo rešiti, in potenciala, ki jih imajo semantične tehnologije pri njihovem reševanju.

V drugem poglavju predstavljamo pregled trajnostnosti v gradbeništvu. Najprej je predstavljen pogled na trajnostnost v splošnem s kratkim pregledom njenih začetkov in njene projekcije v današnji družbi. Nato podrobneje predstavljamo trajnostno gradnjo in trajnostne stavbe, s posebnim poudarkom na metodah za certificiranje trajnostnih stavb. V povzetku metod izpostavimo njihove različne poglede na pomembnost posameznih trajnostnih kriterijev. Nadalje prikazujemo pregled kazalnikov in indikatorjev trajnostnosti, predstavljenih v okviru EU projekta OPEN HOUSE (2010–2013), ki kaže na kompleksnost takšne obravnave stavb. Prav tako prikazujemo pregled okoljskega ocenjevanja izdelkov s pomočjo okoljskih deklaracij za proizvode (angl. Environmental Product Declaration, EPD), ki prikazuje kompleksnost vplivov proizvodnje posameznih gradbenih proizvodov in objekta, v katerega so vgrajeni. Izdelan je pregled obstoječega stavbnega fonda v Sloveniji.

Ugotavljamo, da je največji delež stavb tipa enodružinskih stavb in da ima večina teh velik potencial za povečanje energetske učinkovitosti in zmanjšanja škodljivih izpustov s pomočjo sanacije ovojne stavbe.

V tretjem poglavju so predstavljene uporabniške zahteve. Izdelana je raziskava in pregled literature, s čimer smo zajeli tako uporabniške zahteve kot tudi systemske in aplikacijske zahteve. Predstavljena je ideja gradbeništva kot avtopoietskega sistema. V nadaljevanju smo izdelali pregled tehnologij za razvoj informacijskih sistemov, ki zajemajo semantične tehnologije, tehnologijo delotokov in druge metode.

V četrtem poglavju predstavljamo koncept razvoja informacijskega sistema delotokov. Prikazujemo življenjski krog razvoja informacijskih sistemov in utemeljimo izbiro kaskadnega modela.

V petem poglavju predstavljamo razvoj delotoka. Z uporabo opisne logike so prikazani glavni koncepti, ki jih delotok vključuje. Predstavljena je ontologija delotoka, ki enoumno definira entitete, vključene v delotok. Izdelana je preveritev ontologije, ki pokaže njeno pravilno delovanje.

V šestem poglavju sta predstavljeni arhitektura informacijskega sistema delotokov in metodologija modela za sprejemanje odločitev, ki predstavlja postopno in bolj informirano sprejemanje odločitev. Izdelani so primeri uporabe informacijskega sistema s predstavitvijo grafa primerov uporabe.

V sedmem poglavju predstavljamo implementacijo prototipa informacijskega sistema. V posameznih podpoglavjih predstavljamo njegove funkcije in uporabniške vmesnike za različne končne uporabnike.

Sledi osmo poglavje, v katerem predstavljamo validacijo prototipa informacijskega sistema, s katero smo preizkusili njegovo pravilno delovanje. Validacija torej preiskuje, ali razviti prototip ustreza zahtevam, ki so bile določene v fazi inicializacije. Validacija je pokazala, da smo uspeli zadostiti večini zahtev na visokem nivoju in da razviti prototip dobro ustreza ključnim zahtevam končnega uporabnika, opredeljenim v uporabniških zahtevah. V zaključku poglavja povzemamo ugotovitve o doseganju predhodno zastavljenih ciljev in potrditvi zastavljene hipoteze.

V zaključku predstavljenega dela še enkrat povzemamo glavne rezultate in ugotovitve ter identificiramo smernice in področja za nadaljnje raziskovalno delo.

## 2 PRISPEVEK GRADBENIŠTVA K TRAJNOSTNEMU RAZVOJU

Visoka potrošnja energije, ki je bila prisotna v preteklem stoletju, je med drugim izzvala tudi premike na področju toplotne zaščite stavb. Prvotni razlog za ta ukrep je bilo zmanjševanje stroškov ogrevanja, medtem ko okoljski vplivi tedaj še niso bili prepoznani kot pomembni. Pravzaprav so se prvi pristopi za optimizacijo porabe energije v stavbah, ki so nastali na osnovi želje po zmanjševanju vplivov ogrevanja stavb na okolje, kot jih poznamo danes, udejanjili praktično šele v novem stoletju. Implementacija teh ukrepov je postala obvezna šele po uveljavitvi evropske Direktive o energetske učinkovitosti stavb EPBD (2002/91/EC) leta 2002. Namen direktive je bil pospešiti izboljšanje energetske učinkovitosti stavb ob upoštevanju klimatskih raznolikosti v EU, zahtev po bivalnem ugodju in stroškovne učinkovitosti (Šijanec Zavrl, 2010a).

Trajnostna gradnja se nanaša na okoljsko in izvorno odgovorne materiale in procese v celotnem življenjskem ciklu stavbe od umestitve v prostor, zasnove, izgradnje, obratovanja, vzdrževanja, prenove ter do odstranitve in razgradnje (IZS, 2011). Evropska politika v zadnjih letih aktivno stremi k trajnostnem razvoju na vseh področjih, vključno z gradbeništvom. Direktiva o energetske učinkovitosti stavb EPBD 2002/91/EC in predvsem prenovljena direktiva EPBD 2010/31/EU zahteva strožje minimalne zahteve energetske učinkovitosti za nove stavbe in večje prenove obstoječih stavb, razvoj metodologije izračuna za določitev energetskih indikatorjev stavb in uvedbo obvezne energetske izkaznice za vse stavbe. Pričakovani rezultati prenovljene direktive EPBD so 5–6 % zmanjšanje porabe končne energije v EU ter 160–210 Mt na leto prihrankov CO<sub>2</sub> do leta 2020 (EPBD, 2010). Tako lahko pričakujemo, da bo v prihodnosti velik del aktivnosti v gradbenem sektorju ravno na področju energetske in trajnostne obnove obstoječega stavbnega fonda ter gradnje novih trajnostnih in energetske učinkovitih stavb (Šijanec-Zavrl in sod., 2009).

### 2.1 OPREDELITEV TRAJNOSTNEGA RAZVOJA

Beseda trajnost izvira iz latinske besede »sustinere« (»tenere« slo. imeti, obdržati, vzdrževati; in »sus« slo. do, naprej). Slovarji zagotavljajo več deset pomenov za trajnost,

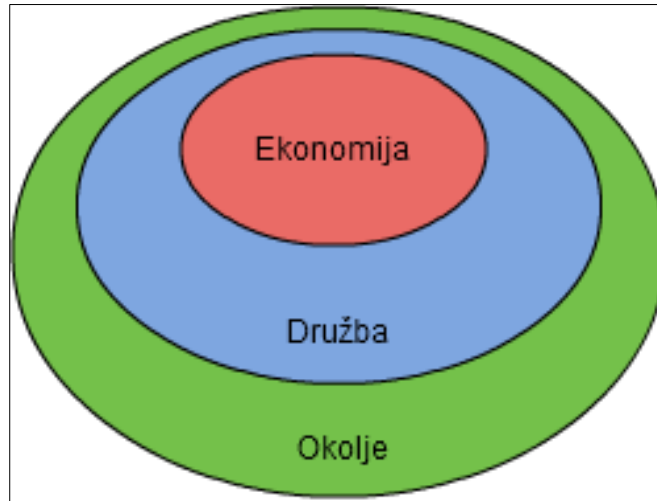
vendar pa se trajnost od leta 1980 uporablja bolj v smislu človekove trajnosti na planetu Zemlja. Izraz je dobil širši družbeni in politični pomen nekoliko pozneje, ko se je pojavil v dokumentu Svetovne komisije za okolje in prostor (angl. World Commission on Environment and Development) z naslovom »Naša skupna prihodnost« (angl. Our Common Future), bolj znanim pod imenom Brundtlandino poročilo leta 1987. To poročilo je razširilo pojem trajnostnega razvoja do te mere, da so ga prevzele skoraj vse mednarodne institucije, agencije in nevladne organizacije, in sicer: »Trajnostni razvoj zadovoljuje potrebe sedanjega človeškega rodu, ne da bi ogrozil možnosti prihodnih rodov, da zadovoljijo svoje potrebe.« (WCED, 1987).

Kljub temu da navedena opredelitev trajnostnega razvoja ne določa natančnih dejanj, zelo spretno zajema temeljna vprašanja degradacije okolja, ki je bila do takrat praviloma premosorazmerna z gospodarsko oziroma ekonomsko rastjo, na drugi strani pa potrebe po takšni rasti in razvoju, ki zmanjšuje revščino (Adams, 2006).



Slika 1: Trije stebri trajnosti (Vir: Adams, 2006)

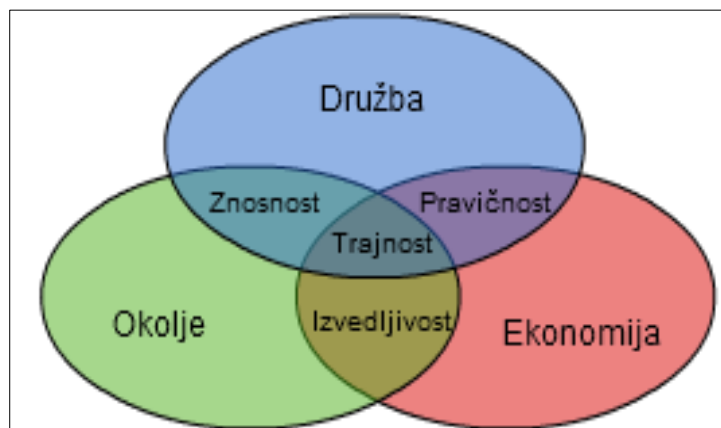
Figure 1: The three pillars of sustainability (Source: Adams, 2006)



**Slika 2: Odnos med tremi vejami trajnosti kjer sta tako ekonomija kot družba podrejeni okolju (Vir: Scott-Cato, 2009)**

**Figure 2: The relationship between the three branches of sustainability where both the economy as a company subordinate to the environment (Source: Scott-Cato, 2009)**

Tako je jedro trajnostnega razvoja postala ideja treh enakovrednih dimenzij, tj. okoljska, socialna in ekonomska trajnost. Te so bile predstavljene na različne načine, in sicer v obliki stebrov, koncentričnih krogov in prepletenih krogov (Slika 1, 2 in 3).



**Slika 3: Vennov diagram trajnostnega razvoja. Tri področja trajnosti (Vir: Adams, 2006)**

**Figure 3: Venn diagram of sustainable development. Three areas of sustainability (Source: Adams, 2006)**

Okoljska trajnost obsega težnje k ohranjanju biotske raznovrstnosti, ravnovesja ozračja, rodovitnosti tal in drugih sistemov naravnega okolja. Predstavlja ohranjanje in odgovorno izkoriščanje naravnih virov. To pomeni, da pridobivanje in poraba obnovljivih virov ne smeta preseči stopnje njihove obnove ter da ne sme biti presežena okoljska absorpcijska



sposobnost odpadkov. Prav tako je treba zmanjšati porabo neobnovljivih virov na dogovorjen minimum (Rockwood in sod., 2008).

Družbeni trajnostni razvoj prav tako narekuje ukrepe na več področjih: spodbujanje socialne pravičnosti prek pravičnega dodeljevanja sredstev, zmanjševanje revščine in vzpostavitev ustreznega dostopa do družbenih storitev, kot so izobraževanje, prehrana, zdravje itn., celotni družbi, zlasti revnim in socialno ogroženim (Docherty in sod., 2008).

Ekonomska trajnost se pokaže, ko sta družbeni in okoljski trajnostni razvoj tudi finančno izvedljiva. Trajnost se z ekonomijo srečuje prek socialnih in ekoloških posledic gospodarske dejavnosti (Anand in Sen, 2000).

## **2.2 TRAJNOSTNA GRADNJA IN TRAJNOSTNO GRADBENIŠTVO**

Trajnostno gradnjo sooblikujejo najrazličnejši deležniki od investitorjev, proizvajalcev gradbenih materialov, izdelkov in strojne opreme, projektantov, arhitektov, urbanistov, raziskovalcev, uporabnikov, zakonodajalcev, finančnega sektorja, lokalne skupnosti, medijev in drugih vpletenih.

Trajnostno gradbeništvo razumemo kot dinamičen odnos vseh deležnikov v gradbeništvu s ciljem dosežati trajnostni razvoj, upoštevajoč okoljski, ekonomski, kulturološki in družbeni vidik (Komisija EU, 2009).

Da bodo rezultati tega skupnega sodelovanja vseh deležnikov uspešno dokončani projekti trajnostnih stavb, pa je ključno povezovanje in sodelovanje vseh deležnikov že od samega začetka. Vendar pa bo za to treba spremeniti dozdajšnji pristop h gradnji. Prvi korak k temu bi lahko bila zaživetev Uredbe o zelenem javnem naročanju (Ur. l. RS, št. 102/2011).

## **2.3 TRAJNOSTNE STAVBE**

Trajnostni vidik stavbe se nanaša na gradbeno konstrukcijo in postopke njene uporabe, ki so okolju prijazni in učinkoviti oziroma optimalni pri porabi naravnih virov v celotnem življenjskem krogu stavbe: od umeščanja v prostor na začetku življenjske dobe, projektiranja, gradnje, obratovanja, vzdrževanja, pa do rušenja ali prenove ob koncu življenjske dobe (Agencija U.E.P., 2011).

Prav tako so v zvezi s tem ključnega pomena učinkovita raba energije, ravnanje z vodnimi in drugimi viri, zaščita zdravja stanovalcev in zmanjšanje količine odpadkov, onesnaževanje in okoljske degradacije.

*»Za trajnostne stavbe velja, da v času načrtovanja, gradnje, obratovanja in odstranitve sledijo načelu skrbnega ravnanja z okoljem in ohranjanja naravnih virov ter da je njihova gradnja in uporaba ekonomična. Trajnostne stavbe morajo biti tudi prijazne do uporabnika in njegovega zdravja, izpolnjevati pričakovanja glede funkcionalnosti in prispevati k ohranjanju družbenih in kulturnih vrednot.« (ZRMK, 2011: str. 1).*

V gradbeni praksi so trajnostne stavbe najpogosteje označene kot energetske učinkovite stavbe z zelo nizko porabo energije, ki je pridobljena predvsem z uporabo obnovljivih virov energije (Šijanec Zavrl, 2010b).

Danes je doseganje trajnostnih stavb skupni cilj različnih interesnih skupin, tako na strani naročnikov kot tudi na strani ponudnikov gradbenih storitev, predvsem visoko specializiranih, manjših in srednje velikih gradbenih podjetij, ki ponujajo številne inovativne rešitve na trgu. Njihova široka paleta izdelkov in storitev vključuje, na primer, različne izolacijske sisteme, senčila, sisteme ogrevanja in hlajenja, toplotne črpalke, solarne sisteme, fotovoltaike, sisteme za inteligentno upravljanje z energijo in nadzor porabe energije (Kolokotsa in sod., 2011). Glavni izziv pri uporabi naštetih tehnologij in proizvodov je, kako združiti več elementov na enem objektu tako, da objekt kot celota ustreza zahtevam trajnostne gradnje.

### **2.3.1 Ocenjevanje trajnosti stavb**

Ocenjevanje, ali lahko štejemo določen proizvod ali proces za trajnosten, je odvisno predvsem od njegovih lastnosti, namer vpletenih strank in danih pogojev. Trenutno tudi v svetovnem merilu ni na voljo nobenega posplošenega modela za ocenjevanje proizvodov oziroma objektov.

Danes poznamo več kot 250 metod, ki ocenjujejo, vsaka po svoje, tj. s svojimi prioritetami, kako trajnostna je določena stavba (ZRMK, 2011). Te metode izhajajo iz dveh splošno različnih in nasprotnih pogledov na ocenjevalna merila, in sicer kvantitativne metode zagovarjajo objektivna, znanstveno utemeljena in zmogljivostna merila, ki se nanašajo na obnašanje stavbe, medtem ko kvalitativne metode zagovarjajo bolj praktična, transparentna, predvsem pa enostavna in razumljiva merila, ki spodbudijo industrijo k obvladljivemu napredku v praksi (ZRMK, 2011).

Ključno težavo torej predstavlja razvoj kriterijev za trajnostno gradnjo, s katerimi lahko dokazujemo okoljsko prijaznost, ekonomsko učinkovitost in družbeno sprejemljivost zasnovanega gradbenega objekta (Capuder, 2012).

Razvoj kriterijev za trajnostno gradnjo je proces, ki zahteva uskladitev oziroma soglasje vseh vpletenih strani v postopku graditve in je posledično zelo specifične narave, npr. za določeno geografsko področje (regijo, državo ali širše gospodarsko interesno območje) ter ustreza zastavljenim smernicam, prioritetam in ciljem trajnostnega razvoja na območju graditve. Nekateri kriteriji so privzeti z mednarodnim konsenzom, ki se oblikuje v okviru mednarodne (ISO) ali evropske (CEN) standardizacije, pa tudi v okviru mednarodne iniciative organizacij, ki so v preteklosti že razvile metode vrednotenja trajnostnega ali zgolj okoljskega vrednotenja stavb. Do zdaj je bilo v okviru delovne skupine CEN TC 350 sprejeto soglasje o indikatorjih za trajnostno vrednotenje stavbe (ne pa tudi o referenčnih vrednostih in utežeh), kar predstavlja bolj dolgoročen pogled na kriterije trajnostne gradnje. Kriteriji za trajnostno vrednotenje stavb predstavljajo nabor indikatorjev, opredelitev metod in postopkov za določitev njihovih vrednosti, določitev nacionalno relevantnih območij vrednosti oziroma benchmarkov (minimalni prag, srednje, dobro, odlično) in določitev uteži za uravnoteževanje vpliva kazalnikov (glede na obravnavano področje) (ZRMK, 2011). V naslednjem poglavju povzemamo ključne indikatorje za trajnostno vrednotenje stavb.

### **2.3.2 Metode certificiranja trajnosti stavb/trajnostnega certificiranja**

Kot že rečeno, poznamo danes v svetovnem merilu več kot 250 metod, ki ocenjujejo, kako trajnostna je določena stavba. Metode lahko razdelimo na tiste prve generacije in druge generacije, pri čemer obravnavajo metode prve generacije le okoljske vplive stavbe, ki so večinoma povezane z izbiro materialov in rabo energije v fazi uporabe stavbe (npr.: GBTool, LEED, BREEAM). Metode druge generacije (npr. LENSE in DGNB) vsebujejo širša merila za vrednotenje trajnostnega vidika stavbe in poleg okoljskega vidika obravnavajo tudi ekonomski in družbeni vidik sprejemljivosti načrtovane gradnje v celotnem življenjskem krogu (Šijanec Zavrl, 2013).

Primer metode, ki za ocenjevanje trajnostnega vidika stavb vpeljuje vzvod uravnoteževanja meril in tako omogoča prilagajanje nacionalnim in lokalnim posebnostim, je predmet raziskovalnega projekta OPEN HOUSE. Podrobneje jo bomo predstavili v naslednjem poglavju. V preglednici

Preglednica 1 prikazujemo najbolj znane in razširjene metode glede na trajnostne vidike, ki jih vključujejo.

**Preglednica 1: Najbolj znane metode za okoljsko oziroma trajnostno vrednotenje stavb in vidiki, ki jih njihovo ocenjevanje zajema (Vir: Šijanec Zavrl, 2010b: str. 70).**

**Table 1: The most known methods for environmental or sustainable evaluation of buildings and aspects to their evaluation covers (Source: Šijanec Zavrl, 2010b: pp. 70).**

<b>Metoda</b>	<b>Okoljski vidik</b>	<b>Družbeni vidik</b>	<b>Ekonomski vidik</b>	<b>Vključenost EU v pripravo metode</b>
GB Tool	DA	DA	Delno	Delno
BREEAM	DA	Delno	NE	NE
LEED	DA	Delno	NE	NE
LENSE	DA	DA	Delno	Delno
DGNB	DA	DA	Delno	NE
<i>OPEN HOUSE</i>	<i>DA</i>	<i>DA</i>	<i>Delno</i>	<i>DA</i>

### **2.3.2.1 GBTool**

Orodje za izdelavo ocene trajnostne učinkovitosti stavb GBTool je izdelano v programskem okolju Microsoft Excel. GBTool je že od samega začetka zasnovan tako, da odraža različne prioritete, tehnologije, pristope gradnje in kulturne vrednote (Cole, 2002). V razvoju je od leta 1996 pod okriljem Mednarodne iniciative za trajnostno grajeno okolje (angl. International Initiative for a Sustainable Built Environment, iSBE). Orodje je narejeno tako, da se prilagaja lokalnim razmeram, kar zahteva pooblaščen organizacijo iz posamezne države, ki določi merila in uteži, ki omogočijo regionalno odražanje dejavnikov gradnje, tehnologij ter socialnih in kulturnih dejavnikov. GBTool sestavljajo kriteriji znotraj glavnih področjih okolja, socialnih in gospodarskih sektorjev ter pokriva področja oziroma faze idejne zasnove, načrtovanja, gradnje in obratovanja stavbe. Poraba virov, okoljske obremenitve in kakovosti notranjega okolja predstavljajo ključne zahteve (Cole, 2002).

### **2.3.2.2 BREEAM**

BREEAM je najpogosteje uporabljen gradbeni sistem okoljskega ocenjevanja stavb v Veliki Britaniji. Metoda orodja opredeljuje kategorije kreditnih točk glede na vpliv stavbe na okolje, upravljanje stavbe, zdravje in dobro počutje v stavbi, potrebo po energiji, transport, porabo voda, rabo materialov, proizvodnjo odpadkov, rabo zemljišč ter ekologije in onesnaževanja. Skupna ocena je izračunana na podlagi razpoložljivih kreditnih točk, števila kreditnih točk, doseženih za vsako kategorijo, in vplivnega faktorja. Splošna učinkovitost stavbe se lahko opredeli kot neklasificirano (<30), ustrezno (≥ 30), dobro (≥ 45), zelo dobro (≥ 55), odlično (≥ 70) in izstopajoče (≥ 85) (Roderick in sod., 2009)..

### **2.3.2.3 LEED**

LEED je ena izmed najbolj priznanih shem presoje vplivov stavb na okolje, ki temelji na nizu pogojev in kreditnih točk. Vsaka skupina kreditnih točk se nanaša na enega od naslednjih vidikov. To so trajnost lokacije, učinkovitost voda, energija in ozračje, materiali in viri, notranje kakovosti okolja ter inovacije in načrtovanje procesa gradnje.

Za vsako izpolnjeno zahtevo je dodeljena kreditna točka, razen pri obravnavi energetske učinkovitosti in obnovljivih virov energije, kjer bo število kreditnih točk dodeljeno glede na to, kako veliko izboljšanje učinkovitosti je doseženo. Metodologija ponuja 69 kreditnih točk, ki jih je mogoče doseči. Na podlagi pridobljenih točk obstajajo štiri stopnje, ki jih stavbe lahko dosežejo, in sicer: certificirano (26–32 točk), srebrno (33–38 točk), zlato (39–51 točk) in platinasto (52–69 točk) (Roderick in sod., 2009).

### **2.3.2.4 LENSE**

LEnSE (angl. Label for environmental, social and economic buildings) je evropski raziskovalni projekt, ki se odziva na naraščajoče potrebe v Evropi za ocenjevanje uspešnosti trajnostnega razvoja v stavbah. Kot rezultat je predstavil metodologijo za trajnostno oceno stavb. Ta predstavlja skupno 56 indikatorjev, povezanih v 11 kategorij v treh področjih trajnostnosti (okoljsko, socialno in ekonomsko). Pristop k točkovanju in pripisovanju uteži posameznim indikatorjem predstavlja osnovo strukture metodologije. Delež vpliva uteži na nivoju kategorij bo določala vsaka država posamično. To omogoča, da vsaka država določi uteži za posamezno kategorijo v skladu z nacionalnimi prioritetami. LEnSE razvršča učinkovitost stavbe najprej v posamezni kategoriji, na lestvici od A do G. Končna splošna ocena učinkovitosti stavbe se tudi uvrsti na lestvico od A do G, ki se določi glede na vsoto točk, doseženih v posameznih kategorijah (LEnSE, 2007).

### **2.3.2.5 DGNB**

Nemška metodologija za certificiranje trajnostnih stavb DGNB (nem. Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) temelji na treh klasičnih stebrih trajnostnega razvoja: ekologiji, ekonomiji in družbenih vidikih, katerim so dodali dve vzdolžni kategoriji, in sicer vidike tehnike in procesa. Lokacija je ocenjena v dodatnem razredu. Metodologija obravnava šest področij kakovosti stavbe: ekološko kakovost, gospodarno kakovost, družbeno-kulturne in funkcionalne kakovosti, tehnične kakovosti, kakovost procesa in kakovosti lokacije. Tehnično kakovost je treba obravnavati kot povprečno kakovost prek celotnega preseka ključnih meril. Enako velja za kakovost procesov, ki že v zgodnji fazi načrtovanja v veliki meri določa

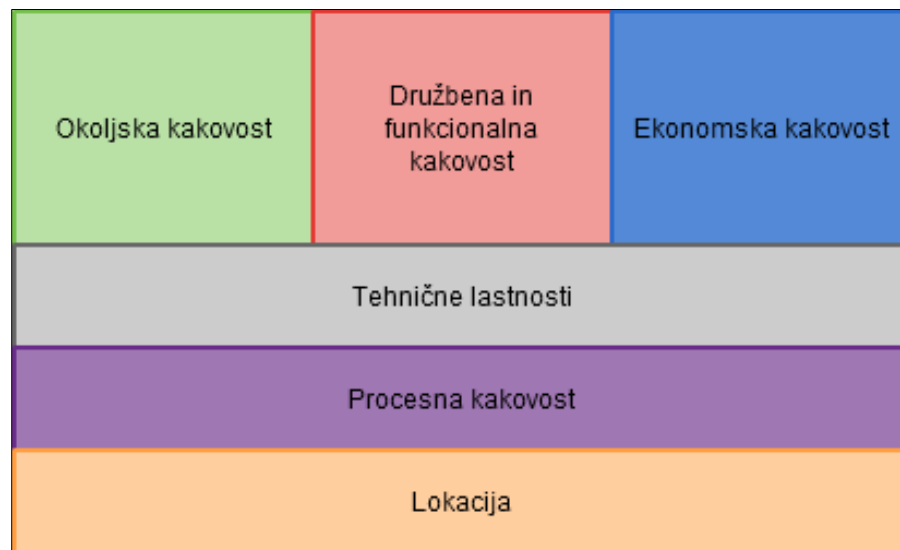
posamezne vidike trajnostni. Področja so razdeljena v skupine, merila in kriterije. Kriteriji vsebujejo kazalnike, ki so ovrednoteni bodisi kvalitativno bodisi kvantitativno. Fleksibilnost ocenjevanja je dosežena z možnostjo uporabe uteži pri posameznih merilih glede na relevantnost za posamezen tip stavbe. Metodologija trenutno vključuje 51 kriterijev. Področja so glede na pomembnost razvrščena na naslednji način: ekološka kakovost 22,5 %, ekonomična kakovost 22,5 %, družbeno-kulturne in funkcionalne kakovosti 22,5 %, tehnična kakovost 22,5 %, kakovost procesa 10 % in kakovosti lokacije (Gertis in sod., 2008).

### **2.3.3 Projekt OPEN HOUSE (2010–2013 )**

Mednarodni raziskovalni projekt 7. Okvirnega programa OPEN HOUSE (2010–2013) ima nalogo razviti skupno, pregledno in javno dostopno evropsko metodo za trajnostno vrednotenje stavbe. Slovenska predstavnika tega projekta sta Gradbeni inštitut ZRMK in Slovenski gradbeni grozd. Predlagana metoda predstavlja nabor kazalnikov trajnostne gradnje. Temelji na evropskih in mednarodnih standardih (CEN/TC/350 in ISO TC59/SC17) ter upošteva aktualne direktive podnebno energijskega paketa, predvsem prenovljeno Direktivo o energijski učinkovitosti stavb – EPBD (31/2010/EU). Metoda temelji na obstoječih metodah vrednotenja stavb, to so ameriške metode LEED in britanske BREEAM, predvsem pa na metodi nemškega certifikacijskega sistema za trajnostno gradnjo DGNB (nem. Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) (Šijanec Zavrl, 2013).

#### **2.3.3.1 Kazalniki za trajnostno vrednotenje stavb**

Oblikovanje kazalnikov trajnostne gradnje metode OPEN HOUSE je razdeljeno na več skupin. Kazalniki trajnostne gradnje so tako združeni v treh glavnih in treh dodatnih skupinah, torej skupaj v 6. skupinah: okoljska kakovost, družbena in funkcionalna kakovost, ekonomska kakovost, tehnične lastnosti, procesna kakovost in kazalniki lokacije stavbe (Slika 4).



**Slika 4: Skupine indikatorjev trajnostne gradnje po metodologiji FP7 OPEN HOUSE  
(Vir: Šijanec Zavrl, 2013)**

**Figure 4: Groups of indicators of sustainable building according to the FP7 OPEN HOUSE methodology (Source: Šijanec Zavrl, 2013)**

#### 2.3.3.1.1 Okoljski kazalniki

Okoljski vidik zajema indikatorje obremenitve okolja, ki jih uporablja analiza življenjskih stroškov (angl. Life Cycle Assessment, LCA). Ti indikatorji so izpusti toplogrednih plinov ( $\text{CO}_2$ ), ki vplivajo na globalno segrevanje ozračja, sproščanje žvepovega dioksida ( $\text{SO}_2$ ) in dušikovih oksidov ( $\text{NO}_x$ ), izčrpavanje naravnih virov (npr. zalog pitne vode, naravnih habitatov), uporaba certificiranega lesa, raba primarne energije iz neobnovljivih virov ter iz obnovljivih virov tako za izdelavo gradbenega proizvoda kot za delovanje stavbe in nenazadnje tudi ravnanje z odpadki (Šijanec Zavrl, 2013).

#### 2.3.3.1.2 Ekonomski kazalniki

Ta skupina kazalnikov temelji predvsem na metodi vrednotenja vseživljenjskih stroškov stavbe (angl. Life Cycle Costing, LCC), ki predstavljajo neto zdajšnjo vrednost stavbe. Ekonomski kazalniki se dopolnjujejo še z nekaterimi metodami, kot je npr. stabilnost vrednosti stavbe (Šijanec Zavrl, 2013).

#### 2.3.3.1.3 Družbeni in funkcionalni kazalniki

V to skupino sodijo kazalniki, kot so npr. dostopnost do stavbe brez funkcionalnih ovir, raven toplotnega, zvočnega in vidnega ugodja, funkcionalnost stavbe glede na predvideno rabo, prilagodljivost zasnove pri drugačni namembnosti, dostopnost z javnim prometom ali kolesom (Šijanec Zavrl, 2013).



#### 2.3.3.1.4 Tehnični in procesni indikatorji ter indikatorji lokacije

V to skupino kazalnikov spadajo kazalniki tehnične kakovosti toplotne zaščite, zrakotesnost, raven kakovosti priprave projekta, obseg in podrobnost analiz, opravljene meritve, kakovost procesa graditve, sistematična kontrola kakovosti stavbe in spremljanje doseženih zmogljivosti stavbe v fazi uporabe (Šijanec Zavrl, 2013).

#### **2.3.3.2 Dozdajšnji rezultati projekta OPEN HOUSE**

Dozdajšnji opaznejši rezultati projekta so predvsem rezultat izbire indikatorjev trajnosti stavb. V okviru omenjenega projekta je bila namreč izvedena obširna raziskava oziroma anketa med strokovnjaki iz vseh držav, ki so vključene v ta projekt. V anketi so spraševali strokovnjake z različnih področij, ki so vpleteni v proces graditve stavb, kako smotrni so posamezni indikatorji pri trajnostnem vrednotenju stavb. Tako so na podlagi ankete in strokovnjakov, vključenih v omenjeni projekt, izdelali t. i. »celosten sistem indikatorjev«, ki vsebuje 56 posameznih indikatorjev. Predstavili pa so tudi t. i. »sistem osnovnih indikatorjev«, ki vsebuje 30 posameznih indikatorjev, razdeljenih v 6 skupin (Šijanec Zavrl in sod., 2010).

V preglednicah 2 do 7 so prikazani izbrani indikatorji obeh sistemov, ki jih predlaga projekt Open HOUSE (Šijanec Zavrl in sod., 2010).

**Preglednica 2: Indikatorji okoljske kakovosti (Vir: Šijanec Zavrl in sod., 2010: str. 44, 45)**

**Table 2: Indicators of environmental quality (Source: Šijanec Zavrl in sod., 2010: pp. 44, 45)**

<b>Celosten sistem indikatorjev</b>	<b>Sistem osnovnih indikatorjev</b>
Potencial globalnega segrevanja GWP	Potencial globalnega segrevanja GWP
Potencial razgradnje ozonske plasti ODP	Potencial razgradnje ozonske plasti ODP
Potencial zakisljevanja ozračja AP	Potencial zakisljevanja ozračja AP
Potencial evtrofikacije EP	Potencial evtrofikacije EP
Potencial fotokemičnega nastajanja ozona POCP	Potencial fotokemičnega nastajanja ozona POCP
Tveganje zaradi materialov	
Certificiran les	Certificiran les
Biotska raznovrstnost in izčrpavanje habitatov	
Svetlobno onesnaževanje	
Raba neobnovljive primarne energije PEne	Raba neobnovljive primarne energije PEne
Celotna raba primarne energije in delež obnovljive primarne energije	Celotna raba primarne energije in delež obnovljive primarne energije
Voda in poraba vode	Voda in poraba vode
Onesnaževanje neokrnjenih območij	Onesnaževanje neokrnjenih območij
Odpadki	Odpadki
Odgovorno ravnanje z viri materialov	Odgovorno ravnanje z viri materialov
Uporaba lokalnih materialov	Uporaba lokalnih materialov
Energetska učinkovitost stavbne opreme	

Za vrednotenje trajnosti stavb na najvišjem nivoju sta potrebna upoštevanje vseh vidikov oziroma čim širšega nabora kazalnikov in analiza definiranih indikatorjev. Večina današnjih metod daje največji poudarek na okoljski vidik stavb. Seveda pa se moramo ob tem zavedati, da sta tu še družbeni in ekonomski vidik (Srdić in Šelih, 2011).

**Preglednica 3: Indikatorji družbene in funkcionalne kakovosti (Vir: Šijanec Zavrl in sod., 2010: str. 46)**

**Table 3: Indicators of social and functional quality (Source: Šijanec Zavrl in sod., 2010: pp. 46)**

<b>Celosten sistem indikatorjev</b>	<b>Sistem osnovnih indikatorjev</b>
Nemoten dostop	Nemoten dostop
Osebna varnost in varovanje uporabnikov	
Toplotno udobje	Toplotno udobje
Kakovost notranjega zraka	Kakovost notranjega zraka
Kakovost vode	
Akustično udobje	Akustično udobje
Vizualno udobje	Vizualno udobje
Obratovalno udobje	Obratovalno udobje
Kakovost storitev	
Elektro magnetno onesnaževanje	Elektro magnetno onesnaževanje
Dostopnost	Dostopnost
Hrup stavbe in okolice	
Kakovostno načrtovanje in umestitev v okolico	
Učinkovita izraba lokacije	Učinkovita izraba lokacije
Izvedljivost posegov	Izvedljivost posegov
Prijaznost za kolesarje	Prijaznost za kolesarje

**Preglednica 4: Indikatorji ekonomske kakovosti (Vir: Šijanec Zavrl in sod., 2010: str. 47)**

**Table 4: Economic Indicators of quality (Source: Šijanec Zavrl in sod., 2010: pp. 47)**

<b>Celosten sistem indikatorjev</b>	<b>Sistem osnovnih indikatorjev</b>
Vseživljenjsko vrednotenje stroškov	Vseživljenjsko vrednotenje stroškov
Stabilnost vrednosti stavbe	

Indikatorji družbene in ekonomske kakovosti so pomembni indikatorji trajnosti, ki so vedno pogosteje vključeni v metode trajnostnega vrednotenja stavb. Ti indikatorji razločneje prikažejo vpliv nekega projekta oziroma stavbe na družbo in ocenijo predvidene stroške v njegovi življenjski dobi.

**Preglednica 5: Indikatorji tehničnih lastnosti (Vir: Šijanec Zavrl in sod., 2010: str. 47)****Table 5: Indicators of technical properties (Source: Šijanec Zavrl in sod., 2010: pp. 47)**

<b>Celosten sistem indikatorjev</b>	<b>Sistem osnovnih indikatorjev</b>
Požarna varnost	
Življenjska doba in robustnost konstrukcije	
Čiščenje in vzdrževanje	
Odpornost na točo, nevihte, poplave in potres	
Zaščita pred hrupom	
Kakovost stavbnega ovoja	Kakovost stavbnega ovoja
Razgradnja, ločevanje in ponovna uporaba	

Kot smo obrazložili v začetnem delu poglavja, so indikatorji razdeljeni v dve skupini oziroma v dva sistema. Tako drugi sistem, tj. sistem osnovnih indikatorjev, vsebuje najpomembnejše indikatorje iz prvega sistema, tj. celostnega sistema indikatorjev, ki so glede na analizo najpogostejših metod za ocenjevanje trajnosti stavb, opravljene v okviru projekta OPEN HOUSE, najpogosteje uporabljeni indikatorji.

**Preglednica 6: Indikatorji procesne kakovosti (Vir: Šijanec Zavrl in sod., 2010: str. 48)****Table 6: Indicators of process quality (Source: Šijanec Zavrl in sod., 2010: pp. 48)**

<b>Celosten sistem indikatorjev</b>	<b>Sistem osnovnih indikatorjev</b>
Kakovost priprave projekta	Kakovost priprave projekta
Integralno načrtovanje	
Kompleksnost in optimizacija načrtovanja	
Razpis in izbor izvajalca	
Vpliv lokacije gradnje in proces gradnje	Vpliv lokacije gradnje in proces gradnje
Kakovost pogodbenih izvajalcev	
Zagotavljanje kakovosti izvedbe	
Usposobitev, monitoring, uporaba in delovanje	Usposobitev, monitoring, uporaba in delovanje
Uporaba in delovanje	

Indikatorji tehnične in procesne kakovosti ter kakovosti lokacije stavbe so najbolj poredko obravnavani indikatorji, kar je razvidno v seznamu drugega sistema indikatorjev, saj so izbrani le redki. Kljub temu pa je njihovo upoštevanje zelo koristno in omogoča boljši in trajnostnejši pristop k reševanju specifičnih izzivov na projektu in njegovi lokaciji.

**Preglednica 7: Indikatorji lokacije stavbe (Vir: Šijanec Zavrl in sod., 2010: str. 49)**

**Table 7: Building's location indicators (Source: Šijanec Zavrl in sod., 2010: pp. 49)**

<b>Celosten sistem indikatorjev</b>	<b>Sistem osnovnih indikatorjev</b>
Nevarnosti na lokaciji	Nevarnosti na lokaciji
Okoliščine vezane na lokacijo	
Možnosti transporta	Možnosti transporta
Izgled in stanje lokacije in njene okolice	
Prednosti okolice	
Razpoložljivi mediji/navezave	

V prototipu informacijskega sistema, ki je bil izdelan v okviru doktorskega dela, so vključene informacije o različnih gradbenih proizvodih, ki bodo vključevali informacije, dostopne iz različnih trajnostnih podatkovnih baz proizvodov (npr. oekobau.dat). Na ta način želimo uporabnikom olajšati in izboljšati sprejemanje odločitev, ko se odločajo o izbiri proizvodov za izdelavo projekta oziroma stavbe. Stopnja primernosti posameznih proizvodov je v različnih okoljih različna.

#### **2.3.4 Trajnostno vrednotenje stavb v Sloveniji**

Trajnostno obravnavanje proizvodov in storitev je dandanes globalna paradigma, ki pa jo lahko obravnavamo le upoštevajoč lokalne danosti, cilje in prioritete. Energetski vidik trajnostnega vrednotenja stavb v Sloveniji je bil vzpostavljen z uvedbo energetskih izkaznic stavb v letu 2012 z dopolnitvijo Energetskega zakona (Zakon o spremembah in dopolnitvah energetskega zakona (EZ-B) (Ur. l. RS št. 118/2006, z dne 17. 11. 2006) in (EZ-E) (Ur. l. RS št. 10/2012, z dne 10. 02. 2012)), ki zajemajo le del področja trajnosti, saj se osredotočajo zgolj na obdobje energetske porabe stavbe med njenim obratovanjem.

Energetska izkaznica stavbe je javna listina, ki podaja vrednosti o energetski učinkovitosti stavbe in tudi priporoča generične ukrepe, s katerimi se lahko izboljša. Podrobno opredeljuje pojme, postopke in računske metode, ki so navedene v področnih zakonih in pravilnikih. Pod te spadajo:

- Energetski zakon (uradno prečiščeno besedilo) (EZ-UPB2) (Ur. l. RS, št. 27/ 2007 z dne 26. 3. 2007), ki predpisuje obveznost energetske izkaznice, veljavnost in licence. V nadaljevanju EZ.

- Zakon o spremembah in dopolnitvah energetskega zakona (EZ-E) (Ur. l. RS št. 10/2012, z dne 10. 02. 2012), ki predpisuje posebne obveznosti glede pridobitve energetske izkaznice stavbe v večstanovanjskih stavbah ter prispevek za izdajo energetske izkaznice. V nadaljevanju EZ-E.
- Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb (Ur. l. RS št. 77/2009, z dne 2. 10. 2009), ki predpisuje podrobnejšo vsebino in obliko energetskih izkaznic stavbe, metodologijo za izdajo energetske izkaznice ter vsebino podatkov, način vodenja registra energetskih izkaznic in način prijave izdane energetske izkaznice za vpis v register. V nadaljevanju PEI.
- Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah PURES (Ur. l. RS št. 52/2010 z dne 30. 06. 2010). V nadaljevanju PURES.
- Tehnična smernica TSG-1-004:2010 (povezava), ki določa računsko metodologijo energetske izkaznice stavb. V nadaljevanju TSG.

### **Preglednica 8: Glavni kazalniki računske in merjene energetske izkaznice**

**Table 8: The main indicators of calculated and measured energy performance certificate**

<b>Računska energetska izkaznica</b>	<b>Merjena energetska izkaznica</b>
Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe $Q_{nh}$ (kWh/m <sup>2</sup> a) pomeni toplotno potrebo stavbe zaradi transmisijskih in ventilacijskih toplotnih izgub, zmanjšana za izkoristljive pritoke sončnega sevanja in notranjih toplotnih virov.	Letna dovedena energija, namenjena pretvorbi v toploto stavb $Q_{f,h}$ (kWh/m <sup>2</sup> a), pomeni celotno končno energijo, ki se dovaja sistemu v stavbo z namenom pretvorbe v toploto in se določi na podlagi standarda SIST EN 15603.
Letna dovedena energija za delovanje stavbe $Q(f)$ (kWh/m <sup>2</sup> a) pomeni celotno končno energijo, ki jo stavba potrebuje za pokrivanje potreb za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje, klimatizacijo in razsvetljava.	Letna poraba električne energije zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe (kWh/m <sup>2</sup> a).
Letna primarna energija za delovanje stavbe $Q_p$ (kWh/m <sup>2</sup> a) pomeni energijo primarnih nosilcev energije, ki je pridobljena z izkoriščanjem naravnih energetskih virov, ki niso izpostavljeni tehnični pretvorbi in so porabljeni za delovanje stavbe.	Letna primarna energija za delovanje stavbe $Q_p$ (kWh/m <sup>2</sup> a) pomeni energijo primarnih nosilcev energije, ki je pridobljena z izkoriščanjem naravnih energetskih virov, ki niso izpostavljeni tehnični pretvorbi in so porabljeni za delovanje stavbe.

<b>Računska energetska izkaznica</b>	<b>Merjena energetska izkaznica</b>
Letne emisije CO <sub>2</sub> pomenijo emisije zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe (kg/m <sup>2</sup> a) ter se določijo v skladu s predpisi, ki urejajo učinkovito rabo energije v stavbah.	Letne emisije CO <sub>2</sub> pomenijo emisije zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe (kg/m <sup>2</sup> a) ter se določijo v skladu s predpisi, ki urejajo učinkovito rabo energije v stavbah.

Glavni kazalniki računske in merjene energetske izkaznice so prikazani v preglednici Preglednica 8. Glede na višino letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe na enoto uporabne površine stavbe  $Q(NH)/A(u)$  se stavba uvrsti v pripadajoč razred energetske učinkovitosti (Preglednica 9) (Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaje energetskih izkaznic (Ur. l. RS, št. 77/2009)).

**Preglednica 9: Razredi energetske učinkovitosti glede na letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe na enoto površine (Vir: <http://www.energetskaizkaznicastavbe.si>)**

**Table 9: Energy efficiency classes according to the annual building heat demand per unit area (Source: <http://www.energetskaizkaznicastavbe.si>)**

<b>Razred energetske učinkovitosti</b>	<b>Q(NH) / A(u) [kWh/m<sup>2</sup>a]</b>
A1	od 0 do vključno 10
A2	nad 10 do vključno 15
B1	nad 15 do vključno 25
B2	nad 25 do vključno 35
C	nad 35 do vključno 60
D	od 60 do vključno 105
E	od 105 do vključno 150
F	od 150 do vključno 210
G	od 210 do 300 in več

Uvedba obveznih energetskih izkaznic stavb je velik korak v smeri širše uveljavitve trajnostnih stavb. Energetske izkaznice sicer vrednotijo le del trajnosti stavbe, ki temelji predvsem na potrebni letni toploti in energiji za delovanje stavbe, primarni energiji in izpustih CO<sub>2</sub>.

## 2.4 PROIZVODI IN STORITVE Z VIDIKA TRAJNOSTI

Proizvodnja, uporaba in odlaganje vseh proizvodov in storitev predstavljajo določen vpliv na okolje. Stavbo, ki predstavlja neko zaključeno celoto, lahko ponazorimo s sistemom, ki je zgrajen oziroma sestavljen iz manjših enot – proizvodov. Proizvodi so vgrajeni v sistem prek izvedenih storitev. Dandanes spremljajo proizvode tehnične specifikacije, ki podajajo tehnične lastnosti proizvoda, vse pogosteje pa se pojavljajo tudi informacije o njegovem vplivu na okolje. Predvsem z uveljavitvijo zelenega javnega naročanja v posameznih državah so proizvajalci in dobavitelji dobili motivacijo oziroma razlog za preverjanje in posredovanje relevantnih okoljskih informacij prek okoljskih označb in deklaracij (GZS, 2012).

Evropska komisija je sprejela t. i. integrirano produktno politiko (IPP), ki ima za nalogo zmanjšati okoljske vplive skozi celoten življenjski krog proizvoda in povzročiti povečanje povpraševanja po okoljsko prijaznejših proizvodih. Povečanje povpraševanja, ki temelji med drugim tudi na povečanem zaupanju potrošnika do obravnavanega proizvoda, lahko dosežemo le, če so na voljo zanesljive informacije v standardizirani obliki, kot so na primer okoljske deklaracije izdelkov (Environmental Product Declaration – EPD). Danes tako poznamo različne oblike okoljskega označevanja izdelkov, ki so prostovoljne narave, sicer pa so v skladu z mednarodnimi standardi (ISO 14021, ISO 14025). To so:

- okoljska oznaka Tipa I – namenjena je proizvodom, ki so boljši od povprečja (tj. EU Eco-label oziroma okoljska marjetica, Nordijski labod, Modri angel),
- okoljska oznaka Tipa II – proizvajalcu daje možnost, da sam deklarira okoljske lastnosti proizvoda (npr. obnovljivo, naravno, biorazgradljivo),
- okoljska oznaka Tipa III – okoljska deklaracija za proizvode EPD je bila razvita, da bi zagotovila visoko stopnjo zaupanja pri predstavljanju okoljskih lastnosti določenega proizvoda.

Cilj Evropske komisije je, da bi v označevanje proizvodov vključili čim večje število proizvajalcev, saj tako označeni proizvodi predstavljajo konkurenčno prednost in omogočijo kupcu, da lahko pri izbiri proizvoda upošteva tudi okoljske vidike. EPD-ji bodo glavna podlaga za izdelavo ocene okoljskega vidika pri trajnostnem vrednotenju stavbe. Pričakujemo lahko tudi, da bodo predstavljali glavno podlago pri uveljavitvi zelenega javnega naročanja, ko bodo za posamezne produktne skupine EPD dorekli pogoje priprave pravil za kategoriziranje (angl. Product Category Rules, PCR), tako da bodo programi izdajanja EPD medsebojno usklajeni po vsej Evropi. V ta namen so v pripravi evropski standardi (osnutek prEN 15804). Ključnega pomena za praktično uporabo je tudi zadostna razširjenost zaenkrat



še neobveznih EPD-jev na trgu gradbenih proizvodov. Le v primeru, da imamo na voljo deklaracije EPD za vse proizvode, ki so vgrajeni v objekt, lahko določamo okoljski vpliv na ravni celotne stavbe, ki izvira iz okoljskih vplivov posameznih proizvodov. Večje evropske države (npr. Nemčija, Francija, Združeno kraljestvo, Švedska, Švica, Nizozemska, Finska) so že vzpostavile nacionalne podatkovne zbirke EPD-jev, ob čemer pa se moramo zavedati, da je trenutni razpoložljivi nabor gradbenih proizvodov omejen. V širšem evropskem prostoru pa naj bi se že oblikovala iniciativa za oblikovanje mednarodne baze EPD (ZRMK, 2011).

Metodo za okoljsko vrednotenje stavb, ki temelji na EPD (SIST EN 15804) vgrajenih proizvodov, lahko uvrščamo med kvantitativne metode, ki računsko določajo vplive stavbe na okolje z različnimi indikatorji v posamezni kategoriji okoljskih vplivov, kot so npr. globalno segrevanje ozračja zaradi izpustov CO<sub>2</sub>, zakisanje ozračja, zmanjšanje koncentracije ozona v stratosferi itd., kot jih navajajo preglednice 10, 11, 12 in 13 (ZRMK, 2011).

**Preglednica 10: Indikatorji okoljskih vplivov (Vir: ZRMK, 2011: str. 3)**

**Table 10: Indicators of environmental impacts (Source: ZRMK, 2011: pp. 3)**

<b>Indikator</b>	<b>Enota</b>
Potencial za globalno segrevanje zaradi izpustov CO <sub>2</sub> pri fosilnih gorivih (GWP)	kg CO <sub>2</sub> ekv.
Potencial za zmanjševanje koncentracije ozona v stratosferi zaradi CFC plinov (ODP)	kg CFC-11 ekv.
Potencial za zakisljevanje ozračja zaradi povečanega sproščanja SO <sub>2</sub> in NO <sub>x</sub> (AP)	kg SO <sub>2</sub> ekv.
Evtrofikacijski potencial zaradi neposredne in posredne uporabe gnojil (EP)	kg PO <sub>4</sub> ekv.
Poletni smog – potencial fotokemičnega nastajanja ozona v nižjih plasteh ozračja (POCP)	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ekv.
Potencial izčrpavanja abiotskih (naravnih) virov - surovin (ADP_e)	kg Sb ekv.
Potencial izčrpavanja abiotskih (naravnih) virov – fosilnih goriv (ADP_f)	MJ

**Preglednica 11: Indikatorji rabe surovin (Vir: ZRMK, 2011: str. 3)****Table 11: Resource use indicators (Source: ZRMK, 2011: pp. 3)**

Indikator	Enota
Raba neobnovljive primarne energije (PENRT)	MJ, kWh
Raba obnovljive primarne energije (PERT)	MJ, kWh
Raba sekundarnih materialov (SM)	kg
Raba obnovljivih sekundarnih goriv (RSF)	MJ, kWh
Raba neobnovljivih sekundarnih goriv (NRSF)	MJ, kWh
Raba sveže pitne vode (FW)	MJ, kWh

**Preglednica 12: Indikatorji za dodatno okoljsko informacijo (Vir: ZRMK, 2011: str. 3)****Table 12: Indicators for additional environmental information (Source: ZRMK, 2011: pp. 3)**

Indikator	Enota
Odlaganje nevarnih odpadkov (HWD)	kg
Odlaganje ne-nenevarnih odpadkov (NHWD)	kg
Odlaganje radioaktivnih odpadkov (RWD)	kg

**Preglednica 13: Indikatorji izhodnih tokov iz sistema (Vir: ZRMK, 2011: str. 3)****Table 13: Indicators of output stream from the system (Source: ZRMK, 2011: pp. 3)**

Indikator	Enota
Sestavine primerne za ponovno uporabo (CRU)	kg
Materiali primerni za recikliranje (MFR)	kg
Material primeren za vračanje odpadne toplote (ne s sežigom) (MER)	kg
Oddana energija – po nosilcu energije (EE)	MJ, kWh

**2.5 OBSTOJEČI STAVBNI FOND****2.5.1 Obstoječi stavbni fond v Evropi**

V Evropi imamo danes obsežen zgrajen stavbni fond, ki je energetsko potraten in okoljsko obremenjujoč. Analize v Evropi so pokazale, da znaša poraba energije v stanovanjskem in storitvenem sektorju okoli 40% končne energije in povzroča 36 % vseh emisij CO<sub>2</sub> (EPBD, 2010). Obstoječi stavbni fond, ki porablja energijo zlasti za ogrevanje in hlajenje, predstavlja

ogromen potencial za zmanjšanje porabe energije. Pričakujemo, da bodo v prihodnjih letih največ priložnosti ponujale energijske preнове stavb. Gradbeni inženirji predvidevajo, da bo v prihodnje prenova postala prevladujoča gradbena dejavnost (Bourn, 2007).

Zaradi zgoraj navedenih dejstev smo se odločili, da v svojem delu največjo pozornost posvetimo ravno prenovam obstoječih stavb. V naslednjem poglavju zato predstavljamo kratek pregled stanja stavbnega fonda v Sloveniji.

## 2.5.2 Stanje stavbnega fonda v Sloveniji

Stavbni fond je dinamičen in se nenehno kvantitativno in kvalitativno spreminja. Kvantitativno se stavbni fond na eni strani povečuje z novogradnjami, na drugi pa zmanjšuje s trajnim opuščanjem in njihovim rušenjem oziroma odstranitvijo. Kvalitativno se fond slabša s staranjem (fizičen propad elementov in funkcionalno staranje glede na spreminjajoče bivalne standarde), izboljšuje pa se z njegovo obnovo. Podatki o številu in velikosti stanovanjskih enot, deloma pa tudi o kakovosti, so vodeni v registru nepremičnin, ki je bil vzpostavljen ob popisu nepremičnin v letu 2007 (MIP, 2012).

Po podatkih Statističnega urada Republike Slovenije je stanovanjski stavbni fond v letu 2011 obsegal več kot 840.000 stanovanjskih enot (SURS, 2012). V istem letu je bilo naseljenih dobrih 680.000 stanovanjskih enot. Večina teh, kar 59 %, predstavlja stanovanjske enote v enostanovanjskih in dvostanovanjskih stavbah, kjer prebiva 68 % vseh prebivalcev Slovenije (Preglednica 14) (MIP, 2012).

### **Preglednica 14: Prebivalci glede na tip stavbe leta 2011 (Vir: MIP, 2012: str. 33)**

**Table 14: Residents in relation to the type of building in 2011 (Source: MIP, 2012: pp. 33)**

Tip stavbe	Naseljena stanovanja		Prebivalci		Gospodinjstva	
	število	%	število	%	število	%
Enostanovanjska stavba	344.481	51	1.217.003	61	449.972	57
Dvostanovanjska stavba	50.634	8	135.533	7	51.585	7
Tri ali večstanovanjska stavba	259.038	39	587.000	30	270.035	34
Nestanovanjska stavba	15.932	2	49.520	2	20.278	3

Zato smo se v nadaljevanju osredotočili na enostanovanjske stavbe. Za to skupino stavb bomo v nadaljevanju predstavili primere, na katerih bomo uporabili izdelan informacijski sistem.

### 2.5.3 Starost stanovanjskega fonda v Sloveniji

Pri analizi starosti stavb je bilo ugotovljeno, da je skoraj 70 % stanovanjskih stavb starejših od 30 let (Preglednica 15). Del teh stavb je bil v bližnji preteklosti že deležen energetske preнове, velika večina pa je s tega vidika še nespremenjena. Seveda imajo stavbe glede na svoje značilnosti konstrukcijskih sklopov, vgrajenih sistemov za klimatizacijo, gretje in hlajenje (KGH), lokacije in leto izgradnje različne potrebe po prenovi. Zato so potrebni različni pristopi glede na dane pogoje posamezne stavbe.

**Preglednica 15: Delež stanovanjskih stavb glede na leto izgradnje (Vir: MIP, 2012: str. 34)**

**Table 15: The proportion of residential buildings in relation to the year of construction (Source: MIP, 2012: pp. 34)**

Leto izgradnje stavb	Slovenija	Delež [%]
Skupaj	844.349	100
do 1918	119.765	14,2
1919-1945	61.246	7,3
1946-1960	87.812	10,4
1961-1970	132.329	15,7
1971-1980	185.335	21,9
1981-1990	127.490	15,1
1991-2000	54.932	6,5
2001-2010	75.440	8,9

V naši raziskavi smo enostanovanjske stavbe razvrstili v različne skupine glede na obdobje izgradnje.

## 2.6 RAZDELITEV ENODRUŽINSKIH STAVB GLEDE NA OBDOBJE IZGRADNJE

V Republiki Sloveniji obstaja obsežen stavbni fond, ki je bil zgrajen v različnih obdobjih. Za vsako posamezno obdobje so značilni načini gradnje, ki jih moramo poznati, če želimo

pristopati k prenovi učinkovito ter na sistematičen način. Za posamezno obdobje je tako značilna izbira podobnih arhitekturnih pristopov, gradbenih materialov in konstrukcijskih sklopov. V različnih obdobjih v preteklosti je bila izbira materialov neprimerljivo manjša kot danes, kar posledično pomeni, da so si stavbe iz določenega obdobja med seboj mnogo bolj podobne kot dandanes. V našem delu smo pri opisu stavbnega fonda določenega časovnega obdobja največjo pozornost namenili predvsem uporabljenim konstrukcijskim sklopom in njihovi materialni sestavi.

Za potrebe našega dela in izdelave prototipa informacijskega sistema smo določili 4 glavne skupine stavb glede na obdobje izgradnje. Stavbe smo razdelili glede na naslednja obdobja njihove izgradnje: do 1949, od 1950 do 1979, od 1980 do 1999 in od 2000 naprej. Značilnosti teh obdobji predstavljamo v naslednjih poglavjih.

### **2.6.1 Gradnja do leta 1949**

Stavbe iz predvojnega obdobja so v večini dobro grajene, zidovi so iz naravnega kamna ali polnih opečnih zidakov debelini do 50 cm, tudi še z lesenimi stropovi, enostavnimi lesenimi okni in enojno ali dvojno zasteklitvijo. Strešna konstrukcija ne vsebuje toplotne izolacije, razen če so bile še kdaj sanirane. Prav tako so neizolirana tla in zunanje stene (Kovič in Praznik, 2008). Pri teh stavbah je mogoča izvedba toplotne izolacije na vseh konstrukcijskih sklopih, tj. na strehi oziroma podstrešju, zunanjih stenah in temeljnih tleh, ter zamenjava dotrajanega stavbnega pohištva.

### **2.6.2 Gradnja od leta 1950 do 1979**

Stavbe, zgrajene do sredine sedemdesetih let, so bile podvržene predvsem pomanjkanju in varčevanju z gradbenimi materiali. Stene so zgrajene iz votle opeke debeline 30 cm, pojavljajo se tudi liti beton, zidaki iz žindre in elektrofiltrskega pepela. Konstrukcijski sklopi so v večini brez toplotne izolacije. Pogosti so balkoni. Okna so lesena z enojno ali dvojno zasteklitvijo (Kovič in Praznik, 2008). Tudi pri teh stavbah je mogoča izvedba toplotne izolacije na vseh konstrukcijskih sklopih.

### **2.6.3 Gradnja od leta 1980 do 1999**

Stavbe iz osemdesetih let so večjih tlorisnih površin, v večini brez toplotne izolacije ali pa je ta minimalna. Kot izolacijski material sta se najpogosteje uporabljala siporeks in porolit. Zaradi novih materialov in razmaha samograditeljstva so pogoste nedoslednosti pri izvedbi

detajlov, zato je pogost pojav toplotnih mostov in zamakanje. Okna so velika, aluminijasta ali lesena in večinoma z dvoslojno zasteklitvijo. V devetdesetih letih postane gradnja vse bolj raznolika, pojavi se tudi montažna gradnja. Konstrukcijski sklopi vsebujejo toplotno izolacijo, katere debelina z leti počasi narašča. Debelina toplotne izolacije v konstrukcijskih sklopih zunanje stene in temeljnih tal je okoli 5 cm, medtem ko je streha med škarniki izolirana s tudi do 15 cm toplotne izolacije (Kovič in Praznik, 2008). Glede na današnje standarde je potencial za izboljšanje toplotne izolativnosti v vseh konstrukcijskih sklopih.

#### **2.6.4 Gradnja po letu 2000**

Pri izbiri pristopa k izboljšanju energetske in trajnostne učinkovitosti stavbe z njeno prenovo obstaja danes kopica možnosti. Naša naloga se osredotoča predvsem na področje toplotnega ovoja stavbe, ki je ključen pri zmanjševanju potreb stavbe po energiji, saj zmanjšuje toplotne izgube objekta. Temu koraku nato navadno sledita še korak za doseganje učinkovitosti sistema KGH in korak za povečanje izrabe OVE.

Zahteve, ki jim mora objekt po prenovi zadostiti, so določene s Pravilnikom o učinkoviti rabi energije v stavbah (Ur. l. RS št. 52/2010), ki med drugim določa minimalne zahtevane karakteristike stavbnega ovoja.

## **2.7 MOŽNOSTI UKREPOV ZA IZBOLJŠANJE STANJA STAVBE**

Danes obstaja kopica možnosti pri izbiri pristopa k izboljšanju energetske in trajnostne učinkovitosti stavbe z njeno prenovo. Naša naloga se osredotoča predvsem na področje toplotnega ovoja stavbe, ki je ključen pri zmanjševanju potreb stavbe po energiji, saj zmanjšuje njene toplotne izgube. Temu koraku nato navadno sledita še korak za doseganje učinkovitosti sistema KGH in korak za povečanje izrabe OVE. Na tem mestu velja naprej omeniti normative oziroma pravilnike, ki jih je izdala država, npr. PURES, ki med drugim določa minimalne zahtevane karakteristike stavbnega ovoja.

### **2.7.1 Različni energijski koncepti stavb**

V svetu obstajajo najrazličnejši pristopi h gradnji stavb, ki jih v okviru tega dela ne bomo obravnavali. Smo pa izdelali pregled različnih vrst energetske in trajnostno učinkovite stavbe, in sicer: nizkoenergijska hiša, pasivna hiša, ničenergijska hiša, energetske samozadostne hiše in plusenergijska hiša.

Nizkoenergijska hiša je stavba, ki za ogrevanje na leto porabi med 40 do 60 kWh električne energije na kvadratni meter bivalne površine. Za doseg take porabe sta potrebna dobra toplotna izolacija in zrakotesen ovoj stavbe ter zasteklitev s toplotnoizolacijskim steklom. V nizkoenergijski stavbi so potrebni konvencionalni ogrevalni sistemi in grelna telesa. Svež zrak se v hišo dovaja s pomočjo prezračevalnega sistema.

Pasivna hiša je nizkoenergijska stavba, pri kateri je primerno bivalno ugodje zagotovljeno brez običajnega ogrevalnega sistema ali klimatskih naprav. Hiša za ogrevanje enega kvadratnega metra uporabne površine porabi največ 15 kWh električne energije na leto. Potrebna toplota za ogrevanje se dovaja s pomočjo prezračevalne naprave za vračanje toplote odpadnega zraka. Stavba mora biti izdelana brez toplotnih mostov.

Ničenergijska hiša je stavba, ki v letnem povprečju celotno porabljeno energijo (toploto in električno energijo) pridobi iz obnovljivih virov energije (sonce, veter), sicer pa je stavba priključena na javno energetska omrežje. Poleti viške električne energije oddaja v omrežje, pozimi pa manjkajočo električno energijo pridobi iz omrežja. Ničenergijska hiša je lahko narejena po standardih pasivne hiše. Poleg vseh lastnosti pasivne hiše je zanjo značilen tudi velik hranilnik toplote, ki jo izkorišča v hladnejših in bolj oblačnih dneh.

Energijsko samozadostna hiša je stavba, ki vso potrebno energijo (ogrevanje, sanitarna voda, elektrika za gospodinjstvo in razsvetljavo) pridobi iz obnovljivih virov energije. V primerjavi z ničenergijsko hišo potrebuje še nekoliko več energije, kar se običajno doseže z večjimi površinami sončnih celic in kolektorjev. Stavba ni priključena na javno energetska omrežje, ampak se proizvedena električna energija shranjuje v posebnih akumulatorjih tako, da se poletni presežek električne energije shrani za zimsko obdobje.

Plusenergijska hiša je stavba, ki ustreza standardu energijsko samozadostne hiše. S pomočjo sončnih celic se ustvari presežek električne energije. Presežek energije se odda v javno električno omrežje in pomeni finančni prihodek stavbe.

Ničenergijska hiša, samozadostna hiša in plusenergijska hiša so glede na lastnosti toplotnega ovoja stavbe enake zahtevam standarda, ki ga predpisuje pasivna gradnja. V spodnji preglednici predstavljamo mejne vrednosti toplotnih prehodnosti posameznega konstrukcijskega skopa vsake od skupin (Preglednica 16).

Glede na karakteristike konstrukcijskih sklopov oziroma toplotnega ovoja stavbe, predvsem nivo njihove toplotne prehodnosti, lahko poenostavljeno razdelimo stavbe v tri skupine, in sicer:

- stavbe, ki zadovoljujejo minimalnim zahtevam najnovejšega PURES-a,
- stavbe, ki ustrezajo standardom NEH in
- stavbe, ki ustrezajo standardom PH.

**Preglednica 16: Mejne vrednosti toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov posamezne skupine stavb (Vir: ZRMK, 2009)**

**Table 16: Border thermal transmittance values of constructional complexes for each group of buildings (Source: ZRMK, 2009)**

U (W/m <sup>2</sup> K)	PURES	NEH	PH
Zunanja stena	0,28	0,25	0,15
Streha	0,20	0,20	0,15
Tla	0,35	0,25	0,16
Okna (okvir in steklo)	1,30	1,20	0,80

Te tri skupine oziroma standarde stavb smo vključili v prototip informacijskega sistema, kjer bodo uporabniku na voljo kot izbira nivoja zelenih ukrepov.

## 2.8 TEŽNJA K TRAJNOSTNOSTI V GRADBENIŠTVU

Tako kot drugod po Evropi imamo tudi v Sloveniji danes obsežen obstoječ stavben fond, v katerem je skoraj 70 % stavb starejših od 30 let (MIP, 2012). Raziskave kažejo, da je 81 % obstoječih stavb potrebnih prenove (Nemanič, 2011). Ta raziskava ugotavlja tudi, da če želimo doseči cilj evropske direktive, tj. znižanje rabe energije in izpustov CO<sub>2</sub> za 20 % do leta 2020, bi morali vsako leto obnoviti približno 3,7-krat več stavb, kot smo jih v predhodnem letu.

Kljub dejstvu, da se Slovenija že sedmo leto zapored nahaja v finančni krizi, in da je financiranje energetske obnov stavb s strani države oziroma Eko sklada dosti nižje od povpraševanja, je izvajanje prenov v porasti (Križnik, 2013). Torej obstaja zavedanje potreb po zmanjšanju potrošnje energije in splošna težnja k povečanju energijske in ekonomske učinkovitosti na strani lastnikov. Ob tem moramo izpostaviti, da želijo lastniki stavb oziroma



investitorji pogosto čimprejšnjo povrnitev investicije v prenovo, kar lahko pomeni tudi zmanjšanje začetnega stroška prenove oziroma izbiro najcenejših rešitev, vendar pa se skozi življenjsko dobo objekta take rešitve izkažejo za dražje in netrajnostne.

Investitorji so žrtve slabe ozaveščenosti o življenjskem krogu posameznih rešitev. Malokateri proizvajalci gradbenih proizvodov so pripravljene deliti informacije o trajnostnih indikatorjih njihovih proizvodov, vendar pa z uvajanjem zelenih javnih naročil in rastjo trajnostne ozaveščenosti investorjev počasi narašča tudi njihovo število. Na tem mestu pa se pojavi problem nedostopnosti in neurejenosti informacij o proizvodih, kar investorjem in drugim deležnikom močno otežuje sprejemanje odločitev o izbiri le-teh.

Z izdelanim prototipom informacijskega sistema želimo narediti prvi korak k izboljšanju informiranosti in preglednosti informacij o različni proizvodih in storitvah, med katerimi se investorji odločajo. Izdelan prototip je namenjen predvsem investorjem in tistim, ki sprejemajo odločitve o prenovi ovojne enodružinskih stavb, ki so daleč najpogostejša oblika stanovanjskih stavb pri nas, ter tudi vsem ponudnikom proizvodov in storitev.

Prototip omogoča vpogled v informacije o proizvodih in storitvah ter uporabo le-teh pri odločanju. Poudarek pa je predvsem na tem, da bo prototip uporabnikom omogočal uporabo informacij o trajnostnih lastnostih proizvodov, kjer bodo za potrebe izbire in analize proizvodov uporabnikom na voljo trajnostni indikatorji, ki so bili določeni po sistemu EPD (SIST EN 15804) za posamezen proizvod.

## 3 ANALIZA ZAHTEV

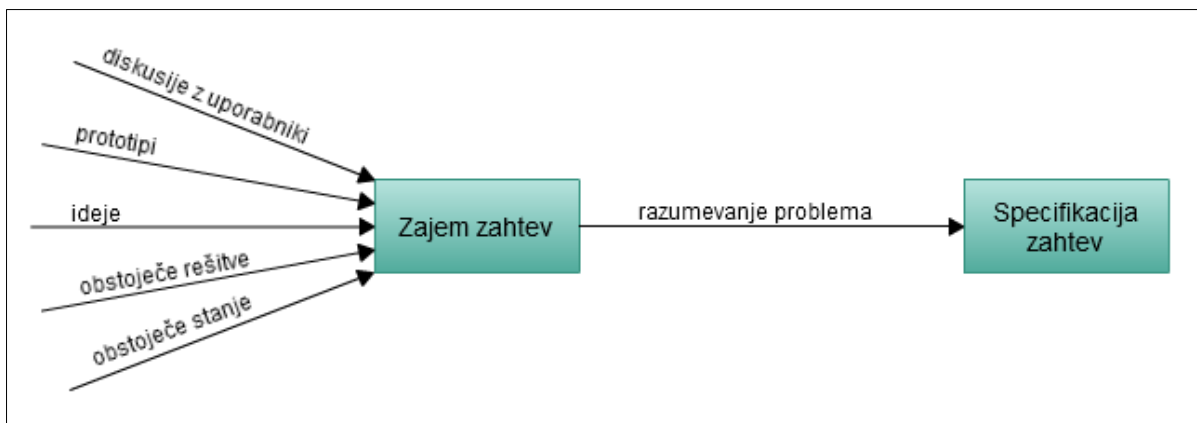
Razvoj informacijskega sistema, ki bi ustrežal potrebam različnih deležnikov v procesu prenove ovojne stavbe, zahteva nabor zahtev in njihovo podrobno analizo. Ko določimo zahteve (ki jih podajo vsi deležniki), pregledamo vse možne informacijske in tehnološke rešitve, ki lahko pridejo v poštev pri implementaciji sistema, ter na podlagi ocene primernosti določimo tehnologije in programska orodja, s katerimi bo realizirana končna aplikacija. Nato sledi preveritev skladnosti izbranih orodij za implementacijo s programsko in strojno opremo. Sledi analiza koristi tako zasnovane rešitve in preveritev sovpadanja s planom implementacije. Končni rezultat te razvojne stopnje sta analiza zahtev in specifikacija sistema (Sukanović, 2012).

V naslednjih podpoglavjih tako predstavljamo zajem zahtev, ki smo ga pripravili s pomočjo raziskave pri končnih uporabnikih, pregledom literature in razpoložljive tehnologije na tem področju in analizo ideje o avtopoietskih sistemih.

### 3.1 ZAJEM ZAHTEV

Na stopnji analize je treba najprej zajeti zahteve in zbrati čim več informacij o potrebah bodočih končnih uporabnikov načrtovanega informacijskega sistema. Treba je odgovoriti na naslednja vprašanja (Podgorelec, 2008):

- Komu bo informacijski sistem namenjen?
- Na kakšen način ga bodo posamezni uporabniki uporabljali?
- Katere funkcije naj podpira?
- Kateri podatki so potrebni za pravilno njegovo delovanje?
- Kakšne izpise je treba pripraviti?



**Slika 5: Zajem in specifikacija zahtev (Vir: Podgorelec, 2008)**

**Figure 5: Requirements capture and specification (Source: Podgorelec, 2008)**

Zajem zahtev je mogoče izvesti z različnimi tehnikami (Slika 5). Poznamo klasične tehnike, kot so razgovor, anketa, opazovanje ljudi pri delu, preučevanje obstoječe dokumentacije itn., in moderne tehnike, kot so skupno načrtovanje, sistemi za skupinsko delo, uporaba orodij za razvoj in vzdrževanje programske opreme (angl. Computer Aided Software Engineering, CASE), prototipiranje itn. (Podgorelec, 2008). V našem delu smo z razvojem začeli brez obstoječega prototipa ali stanja, zato je zajem zahtev izvedli z izdelavo ankete pri ciljnih končnih uporabnikih, pregledom obstoječe dokumentacije in vpeljavo ideje avtopoietskega sistema.

### **3.2 PRIPRAVA RAZISKAVE ZA ZAJEM ZAHTEV**

Cilj raziskave je bilo pridobiti širši pregled nad potrebami in morebitnimi prispevki v zvezi z razvojem delotokov in pripadajoče baze znanja na področju trajnostnih vidikov stavb. Raziskali smo, katere vrste informacijskih virov interesne skupine vsakodnevno uporabljajo, katere informacije težko najdejo ali do njih dostopajo, njihovo pripravljenost za prosto medsebojno izmenjavo informacij, katere vrste informacij in znanj bi bili pripravljeni deliti oziroma bi lahko ponudili ter kakšne bi bile lahko potencialne koristi za njihovo poslovanje, če bi vzpostavili predlagan informacijski sistem. Raziskava je temeljila na anketi, v kateri so sodelovali različni deležniki. Rezultate predstavljamo v naslednjem razdelku.

#### **3.2.1 Izdelava vprašalnika za zajem izhodiščnih zahtev**

V prvem koraku smo sistematično oblikovali vsebino vprašalnika. Pregledali smo študije s podobno tematiko (Frontczak in sod., 2012, McGilligan in sod., 2010) in na tej osnovi pripravili vprašalnik odprtega tipa s 14 vprašanji odprtega tipa, ki dopušča različnim

strokovnjakom, da svobodno izrazijo svoje mnenje in ocenijo stopnjo pomembnosti različnih vidikov povezovanja informacij.

Vprašanja odprtega tipa so tista, na katera anketiranec odgovarja s svojimi besedami. Prednosti odprtih vprašanj so, da ji je lahko sestaviti, da ne usmerjajo anketiranca na določen odgovor, da odgovore lahko uporabimo za sestavljanje zaprtih vprašanj in večja informativnost podanih odgovorov, saj dobimo bolj individualne in podrobne odgovore (Toš in Hafner, 1998).

K sodelovanju smo povabili več mikro, majhnih in srednje velikih podjetij s področja gradbeništva v Sloveniji.

Skupaj je bilo razdeljenih 180 vprašalnikov. Vrnjenih je bilo 68, kar pomeni, da je bila stopnja odziva 38-odstotna in to na področju gradbeništva velja za spodbuden rezultat (Akintoye in Fitzgerald, 2000). Ker domnevamo, da izobrazba in poklic vplivata na odgovore, smo zbrali podatke tudi o tem. Analiza rezultatov ankete kaže, da je 27 % anketirancev arhitektov, 24 % gradbenih inženirjev, 15 % strojnih inženirjev, 12 % menedžerjev gradnje, 9 % elektroinženirjev ter po 6 % upravljalcev objektov. Glede na stopnjo izobrazbe pa so anketiranci razdeljeni sledeče: 9 % vprašanih ima doktorat znanosti, 6 % magisterij, 70 % visoko strokovno izobrazbo in 15 % poklicno izobrazbo.

### **3.2.2 Rezultati ankete**

Ker smo želeli pridobiti širši vpogled na problematiko obravnavanega področja, smo pripravili vprašalnik odprtega tipa (brez vnaprej pripravljenih odgovorov). Vprašalnik smo poslali anketirancem. V naslednjem koraku smo prejete izpolnjene vprašalnike oziroma odgovore analizirali in povzeli najpogostejše navedbe, ki jih v nadaljevanju uporabimo kot eno od osnov za specifikacijo uporabniških zahtev. Analizo odgovorov anketirancev povzemamo v nadaljevanju.

#### *Vprašanje 1. Katere informacije najpogosteje iščete?*

Najpogostejši odgovori kažejo, da anketiranci pogosto iščejo tehnične podrobnosti različnih izdelkov in storitev z željo po informacijah o lastnostih in za potrebo medsebojne primerjave. Prav tako navajajo potrebo po primerjavi primerov uporabe ter pridobljene izkušnje in komentarje obstoječih uporabnikov. Nekateri arhitekti so pojasnili, da pogosto uporabljajo spletne kataloge izdelkov in dostopnost izdelkov, njihove podrobnosti in načrte, video posnetke itd.

*Vprašanje 2. Na katere težave naletite, ko iščete informacije na svetovnem spletu?*

Najpogosteje se anketiranci soočajo s težavami glede načina zapisa dokumenta (za kar potrebujejo orodja za pretvarjanje), pomanjkanjem podrobnosti, neaktualnostjo informacij in potrebo po dostopu do več različnih podatkovnih baz za doseg neke kompletne informacije.

*Vprašanje 3. Katera orodja uporabljate za izračun trajnostnih parametrov stavb?*

Glede na odgovore so najpogosteje uporabljena komercialno dostopna orodja za analizo energetskih parametrov stavb: ArchiMAID<sup>1</sup>, KI energija<sup>2</sup>, Ursa 4<sup>3</sup>in PHPP<sup>4</sup>.

*Vprašanje 4. Katere informacije ste pripravljeni deliti na predlaganem informacijskem sistemu?*

Ugotovitve v zvezi s tem skupkom vprašanj so povzete v preglednici Preglednica 17. Vidimo lahko, da so anketiranci v večini pripravljeni deliti informacije o svojih proizvodih in storitvah. Pripravljeni so deliti svoje reference in mnenja o različnih pristopih k trajnostni gradnji ter svoje izkušnje na področju izdelkov in storitev. Vsi vprašani se strinjajo, da je na tem področju določen potencial za integracijo informacij.

**Preglednica 17: Pripravljenost deležnikov za deljenje informacij**  
**Table 17: Willingness of the stakeholders for information sharing**

Informacije	Da	Pogojno	Ne
Ponudba proizvodov in storitev	88 %	9 %	3 %
Pridobljeni certifikati	72 %	24 %	4 %
Referenčni projekti, proizvodi, storitve	60 %	22 %	18 %
Mnenja in komentarji	59 %	38 %	3 %
Ocene proizvodov - indikatorji	31 %	66 %	3 %
Podrobne informacije o projektih	16 %	24 %	60 %

<sup>1</sup> <http://www.xps.si/fibran-xps/tehnica-podpora-informacije/archimaid>,

<sup>2</sup> <http://www.knaufinsulation.si/sl/gradbena-fizika>,

<sup>3</sup> [http://www.ursa.si/950\\_952.html](http://www.ursa.si/950_952.html),

<sup>4</sup> [http://www.passivhaustagung.de/Passive\\_House\\_E/PHPP.html](http://www.passivhaustagung.de/Passive_House_E/PHPP.html),

### *Vprašanje 5. Kako bi uporabljali takšen informacijski sistem na področju trajnosti stavb?*

Večina anketirancev bi uporabljala takšen sistem znanja za iskanje podatkov o različnih izdelkih in storitvah, njihovih stroških, izdelavo primerjav med podobnimi proizvodi ali storitvami, ocenjevanje njihove uporabnosti v različnih situacijah, iskanje izkušenj, komentarjev, ocen in idej.

Rezultati raziskave razkrivajo, da so potrebe udeležencev raznolike. Prav tako so raznoliki tudi viri informacij, ki jih uporabljajo pri svojem vsakodnevem delu. Zato sta povezovanje in izmenjava teh informacij pomemben izziv.

Analiza odgovorov anketirancev oziroma rezultati raziskave kažejo, da viri informacij niso primerno organizirani z vidika različnih metodologij, s katerimi dandanes vrednotimo trajnostni vidik stavb. Anketiranci izkazujejo veliko potrebo po dostopu do informacij s področja trajnostne gradnje in načrtovanja, za katere menijo, da bi omogočile dostop do informacij o materialih, proizvodih in storitvah na bolj učinkovit in organiziran način.

## **3.3 PREGLED ZNANSTVENEGA PODROČJA**

Različne raziskave po vsem svetu poročajo o velikem potencialu približujočih se tehnologij na različnih področjih, tudi na področju gradbeništva, kjer v ospredje prihaja težnja ne samo po okolju prijaznim pristopom ampak tudi širše z obravnavo vseživljenjskih stroškov in vplivov na družbo. V naslednjih odstavkih so podane nekatere ugotovitve izdelanega pregleda znanstvenega področja.

V okviru evropskega projekta IntUBE (angl. Intelligent Use of Buildings' Energy Information) so razvili detajlni model življenjskega kroga stavbe in v zvezi s tem definirali vsa mesta, kjer so informacije trajnosti v smislu materialov, izdelkov in naprav za povečanje energetske učinkovitosti najbolj koristne (Crosbie in sod., 2011). Takšne objavljene raziskave bomo lahko neposredno uporabili v okviru raziskovalnega dela, da bi povečali pretok informacij med različnimi deležniki (arhitekti, projektanti, gradbeniki, proizvajalci in investitorji).

Tajski znanstveniki vodijo raziskavo (Takhom in sod., 2013), kjer obravnavajo t. i. sistem priporočanja, temelječega na ontologiji ocene življenjskega kroga (angl. Ontology for Life Cycle Assessment, O-LCA), ki je implementiran na primeru naftne rafinerije. Raziskava prikazuje sposobnost sklepanja ontologije, temelječe na sistemu opisne logike (angl. Description Logic, DL), vpeljane v sistem priporočanja, ki sledi pristopu t. i. čistejših

tehnologij (angl. Cleaner Technologies) (Jain in Sikdar, 2004, Getzner, 2002) za zmanjšanje vplivov na okolje. Namen raziskave je bil zmanjšati vpliv predmeta preiskave na oceno rezultatov. Sistemi DL omogočajo različne storitve sklepanja, znane tudi kot probleme sklepanj (angl. Inference problems), za eksplicitno razlago nekega implicitnega znanja, logično zapisanega v ontologiji. V razviti spletni ontologiji so vključena znanja o okolju, proizvodnih procesih, vsebujočih snoveh, kakor tudi o metodah ocenjevanja le-teh. V dokaz koristi uporabe logičnega formalizma in sklepanja za potrebe ocene življenjskega kroga je bil poleg ontologije razvit tudi sistem priporočanja uporabe virov, na katerem je bila izdelana študija uporabnosti sistema.

Raziskava, ki jo vodi japonski raziskovalec Apisakmontri s sod. (2013), deluje na področju obvladovanja naravnih in drugih nesreč. Obvladovanje nesreč je proces, ki zahteva dobro usklajenost mnogih področij oziroma služb. Zahteva hitro povezavo informacij in seznanitev s podatki iz mnogih virov, obenem pa hitro širjenje informacij navzven. V raziskavi je predstavljena ontologija, ki sledi metodologiji za razvoj ontologije, ki sta jo določila raziskovalca Uschold in Gruninger (1996). Razvita ontologija za humanitarno pomoč beguncem v izrednih razmerah (angl. Humanitarian Aid for Refugee in Emergencies - HARE) povzema in upošteva zahteve iz različnih virov, ki predstavljajo sistem humanitarne pomoči v realnosti. Redukcija težav ontologije HARE s semantično interoperabilnostjo je smiselno izpeljana prek integracije s t. i. višjimi ontologijami, kot so ontologija semantičnega spleta za Zemljo in okoljske terminologije (angl. Semantic Web for Earth and Environmental Terminology, SWEET), predlagana visokonivojska združena ontologija (angl. Suggested Upper Merged Ontology, SUMO), ontologija Prijatelj prijatelja (angl. Friend Of A Friend, FOAF) itn. Povezovanje z višjimi ontologijami izdatno pripomore k preprečevanju dvoumnosti na področju obsežne informacijske integracije.

Po nekaterih študijah inženirji kar 50 % časa porabijo za iskanje informacij in le 15–20 % za delo z njimi (Turk, 2002). Sicer pa raziskovalci poročajo o spoznanjih, da se deležniki na področju trajnostne gradnje srečujejo s pomanjkljivimi oziroma nezadostnimi informacijami o stroških celotnega življenjskega kroga materialov, izdelkov, storitev itd. (Srdič in Šelih, 2011). Prav tako obstaja veliko pomanjkanje okoljskih informacij o materialih, tehnologijah itd., kar vpletenim preprečuje obravnavo in izdelavo verodostojnih ocen vplivov na okolje in zmanjšanje le-teh (Šelih, 2007).

Informacijsko-tehnološke možnosti za integracijo informacij neposredno na svetovnem spletu se nenehno izboljšujejo. Svetovni splet se že uporablja kot velika informacijska baza, vendar še vedno ne kaže lastnosti baze znanja. Baza znanja je opredeljena kot podatkovno

skladišče, ki zagotavlja sredstva za informacije, ki se zbirajo, organizirajo, delijo, iščejo in uporabljajo (König in sod., 2013).

Nekatere dostopne raziskave (Berners-Lee, 1999, Tah in Abanda, 2011) kažejo velike sposobnosti tehnologij semantičnega spleta, z uporabo katerih bi lahko bistveno izboljšali zastopanost, izmenjavo in ponovno uporabo informacij o trajnostni gradnji ter podporo pri sprejemanju odločitev o izbiri pristopa gradnje in prenove stavb. Nekatere aplikacije socialnih omrežij (O'Reilly, 2005, Cena in sod., 2009) in tehnologije povezanih podatkov (Tramp in sod., 2011) omogočajo spravilo in izkoriščanje inteligence strokovnih skupnosti. Z vključitvijo le-teh pa bi lahko še posebej prispevali k doseganju boljše izmenjave informacij med deležniki na obravnavanem področju.

Zadnji projekti na področju povezanih podatkov (Lehmann in sod., 2011) so pokazali možnosti za razvoj odprtih in dobro strukturiranih baz znanja, ki temeljijo na načelih semantičnega spleta (Khan in sod., 2013, Felfernig in Wotawa, 2013). Konzorcij svetovnega spleta (angl. World Wide Web Consortium, W3C), ki bdi nad standardi svetovnega spleta, je s ciljem povezovanja informacij predstavil tudi standarde za izdelavo tehnologij povezanih podatkov (angl. Linked-Data technology), npr. ogrodje za opis virov (angl. Resource Description Framework, RDF) (RDF, 2004) in jezik spletnih ontologij (angl. Web Ontology Language, OWL) (OWL, 2009). Uporabnost in učinkovitost teh tehnologij so raziskovali v okviru obsežnih projektov, kot je npr. digitalna knjižnica Europeana (Haslhofer in sod., 2011).

Velik razvojni potencial kažejo predvsem tehnologije delotokov (Stankovski in sod., 2010). Njihova ključna prednost uporabe je, da omogočajo bolj eksplicitno predstavitev znanja o različnih procesih (Stankovski 2009). Več o tehnološki ravni delotokov in drugih tehnologijah je opisano v sledečih poglavjih.

### **3.3.1 Tehnologije za izdelavo informacijskega sistema**

V tem poglavju so predstavljene tehnologije, protokoli in metode, ki smo jih uporabili za izdelavo informacijskega sistema. Predstavljamo model zbirke znanja in delotokov, razvitih z uporabo tehnologij semantičnega spleta. Model baze smo izdelali za potrebe testiranja razvitega koncepta delotoka.

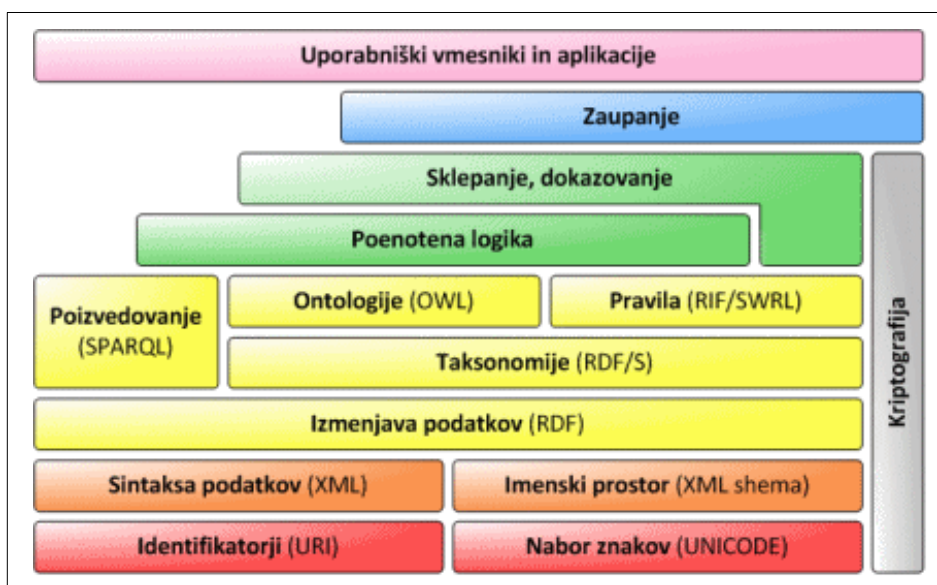


### 3.3.2 Tehnologije semantičnega spleta

Za delovanje spleta z uporabo semantičnih tehnologij obvezno potrebujemo standardiziran način za pripisovanje semantike podatkom oziroma potrebujemo standardizirano tehnologijo za povezovanje podatkov in metapodatkov (Dennis, 2008).

Za učinkovito izvajanje, upravljanje informacij, integracijo podatkov in aplikacij v okviru semantičnih tehnologij mora biti izpolnjen glavni predpogoj, da so vse osnovne informacije in procesi opisani semantično, tj. da so povezani z opisom svojega pomena, ki omogoča strojno obdelavo informacij. Tako opredeljena temeljna ideja semantičnega spleta je bila zasnovana leta 1990 in v novejši obliki v začetku leta 2000 (Davies in sod., 2006).

Za potrebe semantičnega spleta so v organizaciji W3C razvili veliko temeljnih tehnologij, kot so standardi XML in RDF itd. Vsi ti standardi, jeziki in tehnologije so organizirani v večslojni arhitekturi, ki jo imenujemo Sklad semantičnega spleta (angl. Semantic Web Stack) (Berners-Lee, 1999) (Slika 6).



Slika 6: Sklad semantičnega spleta (Vir: Berners-Lee, 1999)

Figure 6: Semantic Web Stack (Source: Berners-Lee, 1999)

Najnižji nivoji podedujejo od že obstoječega spleta, medtem ko preostali nivoji poskušajo zgraditi semantični splet. Zadnji, najvišji nivo dodaja zaupanje in s tem dokončuje semantični splet zaupanja. Nivoji semantičnega spleta so razvrščeni po stopnji kompleksnosti od spodaj navzgor. Višji nivoji so torej odvisni od nižjih. Takšen pristop omogoča prilagodljivost in spodbuja uporabo preprostejših orodij za določen namen (Garcia in Delgado, 2001).

Pri izdelavi informacijskega sistema je uporaba teh tehnologij ključna, saj omogočajo semantičen zapis procesov, npr. proces trajnostne prenove stavbe, ki jih lahko nadalje dopolnjujemo, spreminjamo in drugače uporabljamo. V sledečih razdelkih sledijo krajši opisi pomembnejših slojev.

### **3.3.2.1 UNICODE in URI**

Najnižja raven arhitekture temelji na URI in UNICODE, ki sta pomembna elementa obstoječega svetovnega spleta. UNICODE je standard za računalniško prikazovanje znakov, medtem ko je enotni označevalnik vira (angl. Uniform Resource Identifier, URI) standard za identifikacijo in lociranje virov na svetovnem spletu (npr. spletne strani). Zagotavljata osnovo za prikazovanje znakov, ki se uporabljajo v večini jezikov v svetu, in določitev njihovih virov (Matthews, 2005).

### **3.3.2.2 XML**

XML je jezikovno ogrodje in osnova vsem novim jezikom, ki se uporabljajo za izmenjavo podatkov na spletu. XML in podobne tehnologije, kot so imenski prostori in XML Shema, so skupna sredstva za oblikovanje podatkov na spletu (Passin, 2004). XML se vedno bolj uveljavlja kot glavni standard za izmenjavo informacij med računalniškimi sistemi ter za prenos ukazov in navodil v odprtih sistemih. XML je postal prevladujoč standard za označevanje informacij na uporaben način. Skupaj s splošno uporabo UNICODE-a oblikuje osnovne temelje za označevanje vsega, kar je jezikovno neodvisno. V povezavi z URI-ji pa je omogočena globalna identifikacija. Skupina omenjenih tehnologij omogoča osnovno strukturiranje, pravilno predstavitev in navajanje podatkov (virov) za spletne aplikacije (Vossen in Hagemann, 2010).

### **3.3.2.3 RDF in RDF/S**

RDF je osnovni standard in jezik za zapis podatkov na semantičnem spletu, ki se uporablja kot ogrodje za predstavitev podatkov o virih v obliki grafa. Njegova glavna naloga je bila predstavitev metapodatkov o virih na svetovnem spletu. Danes pa so naloge jezika razširjene, saj omogoča shranjevanje vseh drugih podatkov. Omogoča interoperabilnost med aplikacijami, ki si medsebojno izmenjujejo računalniku razumljive podatke. Temelji na trojicah osebke-predikat-predmet, ki sestavljajo graf podatkov. Vsi podatki na semantičnem spletu uporabljajo RDF kot primarni jezik predstavitve podatkov. RDF omogoča pisanje preprostih stavkov o virih, lastnostih in vrednostih. RDF/S ali RDF shema je dodatek k jeziku RDF, ki

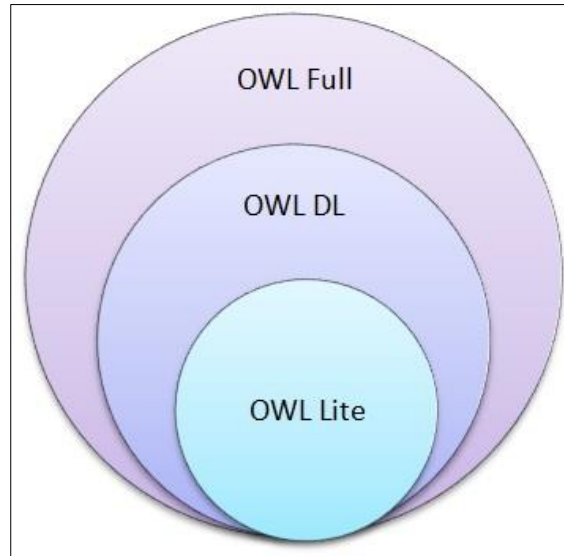
daje razredom in lastnostim pomen. Je naslednja raven, ki je nastala z namenom standardiziranega načina za opis taksonomij (Kashyap in sod., 2008).

#### **3.3.2.4 OWL**

Ontologije so pogosti besednjaki za opis metapodatkov, ki so oblikovani s standardom RDF. Zagotavljajo kompleksnejše omejitve virov in njihove lastnosti. Ontologije se lahko uporabljajo za opisovanje določenega dela realnega sveta z vsemi informacijami ali za poenotenje podatkov iz različnih semantičnih okolij. Kot jezik na tem nivoju je bil izbran spletni ontološki jezik OWL (angl. Web Ontology Language) kot višjenivojski besednjak za opis lastnosti in razredov. OWL presega RDF/S s tem, da omogoča podrobnejši opis povezav med razredi, kardinalnost in bogatejši opis atributov (Vossen in Hagemann, 2010).

OWL omogoča večjo strojno prevedljivost vsebin, kot so npr. specifikacije XML, RDF, RDF/S. V družino OWL spadajo trije jeziki, ki se razlikujejo glede na svojo izrazno moč (Brickley and Guha, 2004) (Slika 7):

- OWL Lite nudi najmanj izrazne moči. Uporabljajo ga predvsem uporabniki, ki potrebujejo hierarhično klasifikacijo konceptov in preproste omejitve. V praksi se uporablja redkeje kot drugi jeziki, kljub temu da je njegova izrazna moč večja od RDF/S.
- OWL DL nudi visoko raven izraznosti, pri tem pa ohranja celovitost izračunljivosti in rešljivost v sistemu sklepalnih mehanizmov. Vključuje vse konstrukte jezika OWL, ki pa so lahko uporabljeni pod določenimi pogoji. Zanj je značilna predvsem skladnost z opisno logiko.
- OWL Full je namenjen uporabnikom, ki želijo največjo izrazno moč in sintaktično svobodo jezika RDF. Zaradi svoje kompleksnosti pa je zelo malo verjetno, da bodo v prihodnosti razvita orodja, ki bodo omogočala sklepanje na podlagi OWL Full.



**Slika 7: Tri ravni jezika OWL**  
**Figure 7: Three-level OWL language**

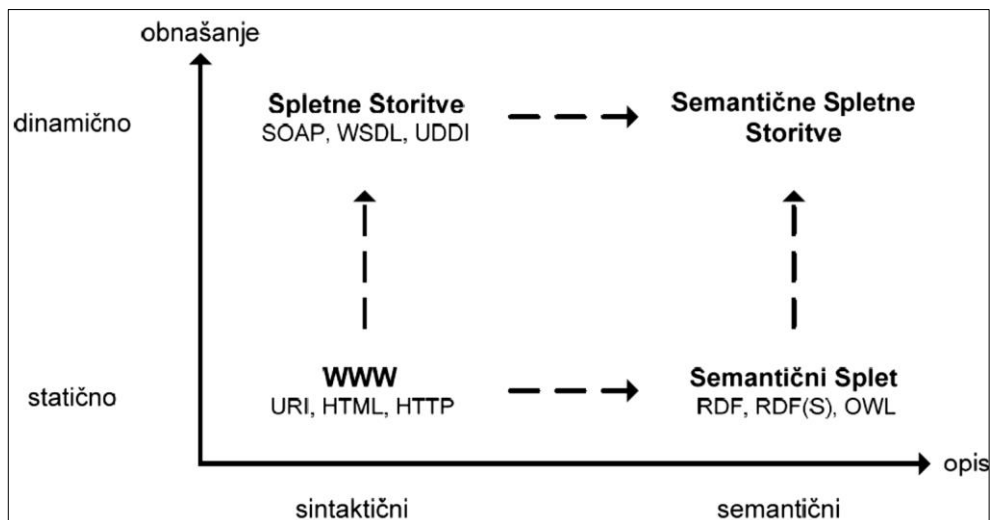
### 3.3.2.5 SPARQL

Poizvedbe po podatkih RDF ter RDF/S in ontologijah OWL izvajamo s poizvedovalnim jezikom (Simple Protocol and RDF Query Language, SPARQL). Poizvedovalni jezik SPARQL uporablja trojice RDF in vire za predstavitev poizvedbe in za vrnjene rezultate. Ker oba jezika RDF/S in OWL temeljita na standardu RDF, je SPARQL neposredno uporaben tudi za poizvedovanje po ontologijah. SPARQL tako ni zgolj poizvedovalni jezik, ampak tudi protokol za dostop do podatkov RDF (Lavbič, 2009).

### 3.3.3 Semantične spletne storitve

Povezovanje semantičnega spleta in spletnih storitev ima velik potencial (Slika 8). Ta dva dopolnjujoča se trenda obljubljata prehod iz spleta, ki je namenjen samo človeškemu uporabniku, v splet, kjer bodo spletne storitve sposobne procesiranja računalniku razumljivih vsebin (Pintar, 2008).

Trenutni opisi spletnih storitev imajo veliko pomanjkljivost, saj v spletno storitev ne vnašajo dovolj semantike, ki je za avtomatizacijo spletnih storitev nujno potrebna. Omogočajo sicer opis, kako lahko storitev obudimo, katere operacije lahko kličemo itd., vendar pa je ta opis v naravnem jeziku, tako da je berljiv le za človeške uporabnike. Da bi odpravili ta problem, so bili raziskovalci dejavni na področju semantičnih spletnih storitev. Razvili so več ontologij, s katerimi lahko opišemo spletno storitev in tako vanjo vnesemo potrebno semantiko (Pintar, 2008).



**Slika 8: Evolucija svetovnega spleta (Vir: Pintar, 2008)**

**Figure 8 : The evolution of the World Wide Web (Source: Pintar, 2008)**

### 3.3.4 Tehnologije delotokov

Raziskovalno delo v zadnjih letih (Stankovski in sod. 2007, 2008a, 2008b) kaže, da so tehnologije delotokov bistveno bolj učinkovito sredstvo za deljenje znanja, procesov, komunikacije ali vsebine kot posamezne storitve, ki so bolj elementarni gradniki. Ključna prednost uporabe delotokov je, da omogočajo bolj eksplicitno predstavitev znanja o različnih procesih (Stankovski 2009). V kombinaciji z drugimi novostmi na področju informacijskih in komunikacijskih tehnologij, W3C standardov OWL/RDF, tehnologij Spleta 2.0 (O'Reilly 2005), Spleta 3.0 (Cena in sod. 2009) itd. pa lahko predstavljajo osnovo za izdelavo informacijskega sistema delotokov, ki bi omogočal bolj celovito podporo pri sprejemanju odločitev, ki lahko pripeljejo do bolj trajnostne prenove stavb.

V poslovnem svetu obstaja koncept delotokov že precej časa. Upravljanje delotokov lahko učinkovito podpira poslovne procese v različnih organizacijah, zato je bilo v zadnjih desetih letih razvito veliko število informacijskih orodij in tehnologij, ki so namenjene njihovemu upravljanju. Strokovna javnost je prepoznala potrebo po izmenjavi znanj s tega področja že v devetdesetih letih prejšnjega stoletja. V tem obdobju je bila ustanovljena Koalicija za management delotokov (angl. Workflow Management Coalition, WfMC), v okviru katere je bila razvita velika količina referenčnih modelov, dokumentov in standardov s tega področja. Vendar pa znanstvena sfera teh standardov ni v splošnem sprejela zaradi tehničnih odstopanj med poslovnimi in znanstvenimi standardi (Taylor in sod., 2007).

WfMC je v devetdesetih letih definiral delotok kot »avtomatizacijo poslovnega procesa v delu ali celoti, skozi katerega so dokumenti, informacije ali naloge prenesene od enega udeleženca do drugega za ukrepanje v skladu s proceduralnimi pravili« (WfMC, 1996). To je sicer predhodna definicija trenutno razvijajočih se modelov delotokov, ki temeljijo na storitveno orientirani arhitekturi, vendar pa predstavlja osnovo izvirnega koncepta delotokov, ki temelji na upravljanju poslovnih procesov (angl. Business Process Management, BPM).

### **3.3.4.1 Tipi poslovnih delotokov**

Poslovni proces je primer kakršne koli dobro definirane naloge, ki je pogosto dopolnjena kot del standardnih nalog podjetja (Leymann in Roller, 2000). Avtorja opisujeta štiri osnovne tipe poslovnih delotokov. Večina od njih ima neposrednega »sorodnika« v znanosti. Skupine delotokov, kot jih definirata avtorja, so predstavljene v nadaljevanju.

#### 3.3.4.1.1 Formalni delotoki

Kot prve definirata skupinske oziroma delotoke za sodelovanje (angl. Collaborative Workflows), kot takšne, ki imajo visoko poslovno vrednost za podjetje in vključujejo en sam velik projekt in verjetno veliko posameznikov. V to kategorijo na primer spadajo proizvodnja, promocija, dokumentiranje in objava obsežnega proizvoda. Delotok je navadno specifičen za posamezen projekt, vendar pa lahko sledi standardnemu vzorcu, ki ga uporablja neko podjetje. V inženirski sferi to pomeni sledenje nalog in integracija podsistemov, potrebnih za oblikovanje in izpustitev novega mikroprocesorja. Na znanstvenem področju se to lahko nanaša na upravljanje in porazdelitev podatkov, dobljenih na podlagi velikega znanstvenega eksperimenta (Taylor in sod., 2007).

#### 3.3.4.1.2 Neformalni delotoki

Drugi tip delotokov so neformalni delotoki ali ad-hoc delotoki (angl. Ad-hoc Workflows). Aktivnosti, ki jih opisujejo te vrste delotokov, so manj formalne, tako po strukturi kot potrebnem odzivu. V primeru podjetja bi lahko v to skupino delotokov sodilo obvestilo o spremembi poslovne politike, kar je naznanjeno vsem zaposlenim. V znanosti so takšni obvestilno vodeni delotoki (angl. Notification-driven workflow) pogosti. Lep primer je procesni agent (angl. Agent process), ki spremlja izhodne podatke nekega instrumenta. Glede na dogodke, ki jih instrument zazna, so potrebna različna ukrepanja, lahko pa tudi izdelava podrejenega delotoka za potrebe reševanja nastalih situacij (Taylor in sod., 2007).

#### 3.3.4.1.3 Administrativni in proizvodni delotoki

Tretji tip so administrativni delotoki, ki opisujejo različne aktivnosti znotraj podjetja, kot so na primer interno knjigovodstvo, upravljanje podatkovne baze in preventivno vzdrževanje, kar se mora redno izvajati, vendar pa nima neposredne povezave z glavno poslovno dejavnostjo podjetja. Na drugi strani pa je četrti tip delotokov, imenovan proizvodni delotok (angl. Production Workflow), ki je neposredno povezan z osnovno dejavnostjo podjetja. Tak primer je lahko proces izdajanja predračuna za neko storitev. Proizvodne delotoke uporabniki dnevno uporabljajo na področju standardne podatkovne analize in simulacije podatkov (Taylor in sod., 2007).

Delotoki, ki jih predstavljamo v našem delu, opisujejo vsebino, zaporedje in pravila med različnimi gradbenimi storitvami in so medsebojno povezljivi. Najbolj ustrezajo definiciji formalnih delotokov, saj so urejeni po v naprej določenih korakih, ki si sledijo v določenem redu. Tako si procesi, zajeti v delotoku, kot so ukrepi, storitve, izbira proizvoda in izbira izvajalca, sledijo v določenem sosledju, ki na eni strani uporabniku omogoča lažje sprejemanje odločitev, na drugi strani pa informacije o uporabnikovih odločitvah zapisuje v delotok.

#### 3.3.5 Storitveno orientirana arhitektura

Storitvena arhitektura predstavlja model za izdelavo spletnih storitev in je tudi sama tip porazdeljenega sistema. Porazdeljeni sistemi so zgrajeni iz več programskih komponent (storitve, agenti, itd.), ki se med seboj povezujejo in na ta način implementirajo določeno funkcionalnost. Z ekonomskega vidika pa je SOA pomembno izhodišče za izboljšanje učinkovitosti poslovanja podjetij in njihovega konkurenčnega položaja. Poslovne funkcije so predstavljene kot storitve, ki jih uporabniki lahko delijo in ponovno uporabljajo prek medmrežja (Jurič, 2007).

SOA omogoča, da se lahko sistemske komponente z malo napora povezujejo v mrežo povezanih storitev, ki predstavljajo nek poslovni proces. Prednosti na SOA temelječih sistemov so zlasti rahla povezanost sistemskih komponent, enostavnost in prožnost pri ponovni rabi, nadgradljivost, medobratovalnost in abstrakcija od nižjenivojskih tehnologij (Plaszczak in Wellner, 2006). Podprta je z več nastajajočimi standardi, ki omogočajo definiranje, implementacijo in zagotavljanje storitev na univerzalen način, tako da so lahko ponovno uporabljene v drugih okoliščinah (Taylor in sod., 2007).

SOA se izkaže za ključno pri procesno usmerjenem pristopu, kjer so eksplicitno definirane povezave in sodelovanje storitev v poslovnih procesih. Razvoj storitev in njihovo usklajevanje v procesnem smislu prinese organizaciji bolj učinkovito in prilagodljivo informacijsko infrastrukturo ter s tem prispeva k lažji in hitrejši realizaciji poslovnih ciljev (Stankovski, 2009).

Bistvo SOA leži v neodvisnih storitvah, ki so medsebojno povezane s sporočanjem. Vsaka storitev je samostojen blok kod in podatkov, ki so last storitve in so lahko opisani, objavljeni, najdeni, orkestrirani in razporejeni po celotnem omrežju, kot je svetovni splet. Storitve komunicirajo med seboj izključno in samo s sporočili (Taylor in sod., 2007).

### **3.3.6 Metode modeliranja poslovnih procesov**

Najbolj razširjena metoda modeliranja poslovnih procesov je t. i. notacija za modeliranje poslovnih procesov (angl. Business Process Modelling Notation, BPMN). Nastala je pod okriljem iniciative za upravljanje poslovnih procesov BPMI (angl. Business Process Management Initiative) in v letu 2006 prešla pod okrilje skupine za objektno upravljanje (angl. Object Management Group, OMG) (Colomb in sod., 2006).

Metode modeliranja procesov ne določajo poti ali smeri, kako pristopiti k reševanju problemov, ampak zgolj definirajo načine prikaza in opis problema (Cerovšek, 2003).

Notacija BPMN je namenjena modeliranju konceptov, ki so značilni za poslovne procese. Omogoča modeliranje tako enostavnih kot tudi zahtevnih poslovnih procesnih konceptov. Modeli so neposredno in nedvoumno prevedljivi v izvajalne jezike. Primerna je tako za poslovne kot tehnične uporabnike. Glavni cilj notacije BPMN je zagotoviti razumljiv jezik za opis poslovnih procesov vsem zainteresiranim stranem, od analitikov organizacije, katerih naloga je izdelava začetnih orisov organizacije, in razvijalcev, zadolženih za implementacijo tehnologije, ki bo poslovne procese podprla, do samih uporabnikov, ki bodo poslovne procese upravljali in nadzirali. Cilj notacije BPMN je tudi zagotoviti standardizirano notacijo za vizualno predstavitev jezikov XML za izvajanje poslovnih procesov, kot sta BPEL (angl. Business Process Execution Language) in BPML (angl. Business Process Modeling Language) (Berce, 2009).



### **3.4 IDEJA AVTOPOIETSKEGA SISTEMA**

V zadnjih letih smo v Sloveniji in tudi v večjem delu Evropske unije priča visokemu upadu gradbenih dejavnosti. Gradbeni trg je sestavljen iz več segmentov, ki se med seboj bistveno razlikujejo glede na vrsto objektov v izgradnji, stopnjo specializiranosti izvajalskih in projektantskih podjetij ter števila in stopnje strokovne poučenosti naročnika in prevzemnika. Velik del gradbenih objektov (predvsem infrastrukturnih objektov in stavb, ki so namenjene javni rabi) naročajo javni naročniki. Edini segment gradbenega trga, kjer se sreča večje število ponudnikov (gradbenih izvajalskih podjetij) in kupcev, je segment stanovanjske gradnje (še zlasti gradnja in prenova enodružinskih hiš). V tem tržnem segmentu se stopnja povpraševanja nenehno spreminja in je močno odvisna od gospodarske situacije in trendov na obravnavanem geografskem področju (Hendrickson in Au, 1989).

Če želijo uspešno poslovati, se morajo podjetja, ki so tesno povezana z gradbeno panogo, stalno prilagajati razmeram na trgu, in sicer povpraševanju po njihovih izdelkih in tudi ponudnikom, od katerih kupujejo proizvode in storitve. V informacijskem sistemu, ki ga želimo izdelati, želimo prispevati k bolj učinkovitemu prilagajanju trenutnim tržnim razmeram. Informacijski sistem mora biti zato sposoben zbiranja, kopičenja in ustvarjanja informacij, ki so potrebne za uspešno delovanje podjetij v trenutnih tržnih razmerah. K temu bi lahko pripomogli z različnimi pristopi in možnostmi zbiranja in analize informacij, ocen, mnenj itd. s strani vseh udeleženi, še zlasti pa končnih uporabnikov oziroma naročnikov.

Autopoieza je teorija o živečem sistemu, ki samoustvarja za svoj obstanek potrebne gradnike. V sledečih podpoglavjih predstavljamo povzetek ideje o avtopoietskem sistemu živih bitij in idejo implementacije avtopoietskega sistema na področju gradbeništva.

#### **3.4.1 Autopoietski sistem živih bitij**

Teorijo avtopoieze sta prva predstavila čilska biologa Humberto Maturana in Francesko Varela (Maturana in Varela, 1980). Iskala sta odgovor na vprašanje, kaj je življenje oziroma kaj razlikuje živeče od neživečega. Z razvojem teorije avtopoieze sta podala odgovor, ki pravi, da se živ organizem sam reproducira oziroma ponovno ustvarja. To samoustvarjanje sta poimenovala avtopoieza (iz grščine: auto = "samo" in poiein = "ustvarjanje"). Torej, avtopoietski sistem je sistem, ki ponavljajoče oziroma rekurzivno ustvarja svoje gradnike z lastnimi gradniki (Pregeljc, 2011).

Ideja avtopoieze temelji na predpostavki organskih sistemov (od celice do človeškega organizma) kot celotnega sistema vzajemno delujočih delov. Organizmi kot avtopoietične enote so proces. Sestojijo iz nekega omrežja produkcije sestavnih delov, ki rekurzivno učinkujejo na to isto omrežje, znotraj katerega se ti sestavni deli tudi producirajo. Na tej podlagi se to omrežje produkcije uresničuje kot enota v prostoru, v kateri so ti sestavni deli (Maturana. 1982, str. 158).

Organski sistemi nastopajo kot sistemi, ki reproducirajo sami sebe. Samih sebe ne reproducirajo samo v običajnem smislu genetične replikacije in generacijskega zaporedja, temveč tudi v zelo specifičnem smislu stalno prisotne samoprodukcije lastnega sistema. V tem pomenu avtopoietičnost bioloških sistemov ni empirična, temveč konceptualna entiteta (Mali, 1993).

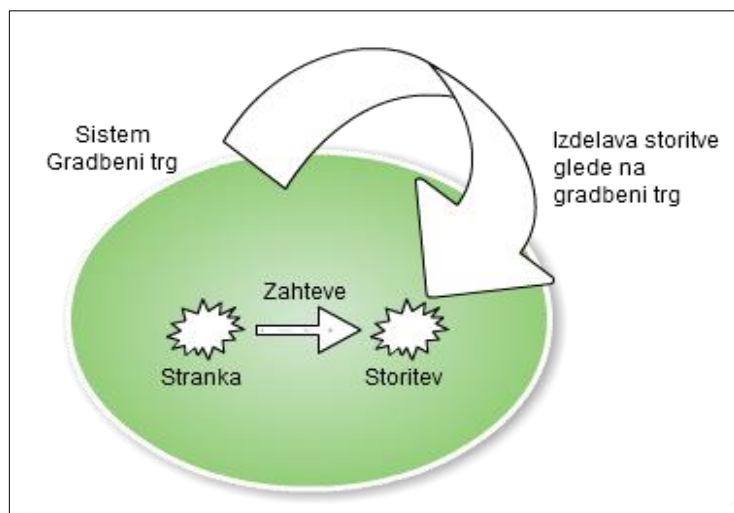
Na biološki ravni podaja avtopoietični sistem razlago naših interakcij s svetom. Kot živi sistemi imamo zaprto organizacijo, ki pa je interaktivno odprta za naše okolje. Vrste interakcij in njihove omejitve so primarno določene z lastno fizično določeno strukturo in ne z okoljem. Zunanji dražljaji izzovejo ali sprožijo odziv, vendar je narava odziva določena s strukturo organizma v tistem trenutku, ne pa z dražljaji. Poleg tega struktura določa, kaj je lahko ali pa ne more biti spodbuda oziroma dražljaj za organizem (npr. organizmi brez oči ali enakovrednega organa ne morejo biti aktivirani s svetlobo). Vzdrževanje avtopoietičnega sistema skozi ponavljajoče se interakcije z okoljem in drugimi organizmi bo pripeljalo do generacije medsebojno prilagojenih struktur, za katere lahko rečemo, da so strukturno povezane (Mingers, 2001).

### **3.4.2 Gradbeništvo in avtopoietični sistem**

Idejo avtopoietičnega sistema bi lahko vpeljali na področje gradbeništva, in sicer z uporabo tehnologije delotokov, s katerimi bi zapisali in povezali informacije in znanja z omenjenega področja. Tehnologije delotokov namreč omogočajo zapis informacij v skupine procesov, ti pa se lahko nadalje med seboj povezujejo in tako tvorijo večje urejene zapise informacij, ki bi lahko predstavljale vir informacij, potrebnih za delovanje oziroma preživetje deležnikov na gradbenem trgu, tako podjetij kot posameznikov.

Menimo, da narava delotokov dovoljuje opis in zapis avtopoietičnih sistemov. V disertaciji želimo s pomočjo tehnologije delotokov predstaviti informacijski sistem, ki bi podjetjem na gradbenem trgu oziroma gradbenemu trgu samemu vlil lastnost avtopoietičnega sistema.

Avtopoietski sistem bi torej lahko predstavljal delovanje gradbenega trga, kjer podjetja nudijo storitve na področju gradnje stavb, stranke pa po njih povprašujejo. Osnovni gradniki tega sistema so vsi vključeni deležniki. To so lahko: podjetja na področju gradbeništva, storitve, povpraševanja, stranke, lastniki stavb, investitorji, arhitekti, projektanti, strojniki in elektroinženirji, nadzorniki, izvajalci itn. Osnovni gradniki pa so na drugi strani tudi vsi naravni viri ter materiali, izdelki in rešitve, ki iz njih izhajajo in so del stavbe.



**Slika 9: Gradbeni trg kot avtopoietski sistem**

**Figure 9: Construction market as autopoietic system**

Gradniki predstavljenega avtopoietskega sistema so podjetja in storitve, ki jih ponujajo, ter stranke in njihove zahteve. Če bodo podjetja nudila storitve, po katerih stranke povprašujejo, si bodo zagotovile poslovno uspešnost ter s tem svoj nadaljnji obstoj. Predlog, kako bi lahko gradbeni trg deloval kot avtopoietski sistem, je prikazan na zgornji sliki (Slika 9). Slika prikazuje nastanek osnovnega gradnika (storitve) kot posledice drugega gradnika (stranke) preko njenih zahtev ali kot posledice sistema (gradbenega trga).

Kot smo že omenili, je ideja, ki smo jo poskušali implementirati v predstavljeni informacijski sistem, ideja o gradbenem trgu kot avtopoietskem sistemu, tj. sistemu, ki je sposoben samoustvarjanja za svoje delovanje potrebnih gradnikov. Pričakujemo, da ko bi lahko tak informacijski sistem zaživel med uporabniki v praksi, bi lahko pridobil sposobnost samoustvarjanja in bi tako sam priskrbel gradnike, potrebne za svoj obstoj.

Implementacija značilnosti avtopoietskih sistemov v predlagan informacijski sistem na področju trajnostne gradnje bi lahko privedla do boljšega prilagajanja podjetij aktualnim razmeram na trgu in lažjega sprejemanja odločitev drugih deležnikov na tem področju.

### **3.5 SPECIFIKACIJA ZAHTEV INFORMACIJSKEGA SISTEMA**

Ob upoštevanju pregleda literature in rezultatov ankete, ki smo jih predstavili v predhodnih podpoglavjih tega poglavja, je bilo definiranih in analiziranih več zahtev za razvoj baze znanj glede trajnosti stavb. Sledi ureditev zahtev, ki se nanašajo na potrebe potencialnih končnih uporabnikov in potrebe po zmogljivosti predlaganega sistema.

Na ravni ureditev zahtev skušamo naše razumevanje razvijajočega informacijskega sistema opredeliti s konkretnimi zahtevami informacijskega sistema, ki so podane bolj formalno in jedrnato. Tako nastala specifikacija zahtev lahko služi kot temeljna podlaga za začetek razvoja informacijskega sistema (Dennis in sod, 2008).

Specifikacija zahtev navadno vključuje opis funkcionalnih in nefunkcionalnih zahtev, uporabniških vmesnikov in primerov uporabe. V nadaljevanju te elemente podrobneje predstavljamo.

#### **3.5.1 Povzetek pregleda tehnologij**

Izdelan pregled in raziskava predstavljata podlago za izbiro tehnologij za razvoj informacijskega sistema. V naslednjih odstavkih so povzete njegove specificirane zahteve.

#### **3.5.2 Funkcionalne in nefunkcionalne zahteve**

Funkcionalne zahteve so zahteve, ki se nanašajo na želeno funkcionalnost informacijskega sistema, medtem ko se nefunkcionalne nanašajo na tehnične in druge nevsebinske zahteve sistema (Podgorelec, 2008).

Funkcionalne zahteve torej zadevajo uporabniško izkušnjo in funkcije, ki jih bo ta ponujala. Nefunkcionalne zahteve pa zadevajo tehnično naravo izvedbe informacijskega sistema, ki bo ponujal in zagotavljal določene funkcionalne zahteve.

V naslednjih poglavjih predstavljamo seznam specificiranih zahtev.

##### **3.5.2.1 Seznam funkcionalnih zahtev**

- *Možnost prostega iskanja besedila.*  
Rezultati raziskave kažejo, da deležniki pogosto uporabljajo storitev prostega iskanja besedila na svetovnem spletu, kot sta Google in Najdi.si. Iz tega razloga mora zbirka znanja omogočati tudi funkcionalnost prostega iskanja besedila.
- *Možnost za strukturirano iskanje*  
Pregled literature je izpostavil tudi prednosti uporabe zahtevnih baz znanja v gradbenem sektorju (Pauwels in sod., 2011), zato je treba zagotoviti tudi možnost strukturiranega iskanja v bazi znanja, npr. z vpeljavo poizvedb SPARQL.
- *Možnost komentiranja, ocenjevanja, označevanja in etiketiranja*  
Nanašajoč se na rezultate ankete imajo različni deležniki potrebo po pridobivanju povratnih informacij uporabnikov. To je mogoče doseči z uvedbo možnosti za komentiranje, ocenjevanje, označevanje in etiketiranje, kot je to običajno za socialno mreženje. S tem imajo uporabniki možnost oddaje povratnih informacij, ki so koristne za naslednje uporabnike in seveda za podjetja, ki ponujajo proizvode in storitve, da lahko dobijo povratne informacije o zadovoljstvu strank in možnostih izboljšave njihove ponudbe.
- *Možnost primerjave parametrov trajnosti in energetske učinkovitosti*  
Na osnovi podatkov o določenem problemu (npr. obnova) lahko uporabnik uporabi zunanja programska orodja za izračun trajnostnih parametrov objekta pred in po prenovi strehe. Informacije o izračunu naj vključujejo npr. podatke o višini porabe energije, emisij v okolje, ki jih uporabnik lahko shrani v bazo znanja in tako služi kot primer, ki ga lahko drugi uporabniki uporabijo v svojih dejavnostih.
- *Možnosti izdelave analiz različnih prenov stavbe*  
Rezultati ankete kažejo na potrebo po uporabi podatkov, ki jih baza znanja že vsebuje, za analize različnih scenarijev prenove njihove stavbe. Uporabnik lahko z uporabo vmesnika za izdelavo prenove stavbe, kjer po korakih sprejema odločitve o tem, katere konstrukcijske sklope naj prenova obravnava, kakšen nivo ukrepov želi izbrati in katere storitve in proizvodi naj bodo vključeni.
- *Možnost izdelave različnih primerjav*  
Rezultati ankete so izpostavili tudi potrebe uporabnikov po primerjavi različnih izdelkov in storitev podobne narave po različnih kriterijih in dostopanja do uporabnih primerov rešitev in ocene različnih pristopov. Razvit sistem baze znanja bi omogočil

primerjavo dveh (ali več) proizvodov, ki imajo podobne lastnosti. Poleg tega bi moral po mnenju anketirancev sistem omogočati razvrščanje in filtriranje podatkov po različnih parametrih hkrati, kar bi omogočilo, da bi lahko uporabnik primerjal proizvode glede na zelene parametre.

- *Možnost uporabe multimedijских vsebin*

Glede na pregled literature kot tudi na ugotovitve ankete so vedno dobrodošle in iskane informacije v različnih katalogih izdelkov, vključno z detajli in načrti, navodili in video posnetki. Zato mora razvita baza znanja zagotoviti in poskrbeti za shranjevanje in dostop do vseh teh sredstev in virov informacij in znanja.

- *Povezava na ustrezne izdelke ali storitve*

Anketiranci s področja arhitekturnega načrtovanja so izrazili potrebo po povezavi med različnimi pristopi glede na konstrukcijske lastnosti stavbe, lokacijo in želenim nivojem energetske učinkovitosti ter najprimernejšimi proizvodi in storitvenimi praksami za določen primer uporabe, saj bi tako lažje in učinkoviteje dostopali do zelenih informacij. Opisani navigacijski mehanizmi naj temeljijo na celoviti ontologiji trenutno dostopnih metod, proizvodov, storitev in pristopov.

- *Integracija z drugimi aplikacijami*

Večina anketirancev uporablja obstoječa orodja za izračun energetske učinkovitosti stavb. Tehnologija predlaganega sistema bi morala biti prožna, da bi omogočala izvajanje t. i. programskih vstavkov za orodja in uporabo različnih uporabniških vmesnikov. Tako da bi bilo mogoče uporabljati bazo znanja neposredno s temi orodji.

- *Zasebnost podatkov, varnost in uporabniško upravljanje*

V splošnem morajo aplikacije na svetovnem spletu slediti različnim varnostnim ukrepom in ukrepom varovanja zasebnosti za preprečitev pomanjkljivosti v oblikovanju, razvoju, uvajanju, nadgradnji in vzdrževanju aplikacije. S tega vidika bi bilo primerno vpeljati ukrepe za bazo znanja tudi na tem nivoju.

### **3.5.2.2 Seznam nefunkcionalnih zahtev**

- *Arhitektura informacijskega sistema*

Arhitektura informacijskega sistema naj sledi načinu odjemalec-strežnik in naj bo zgrajena po principu trinivojske arhitekture.

- *Hramba podatkov*

Podatki naj se hranijo v podatkovni bazi Virtuoso. Virtuoso Universal Server je spletna platforma, ki kontaminira različne funkcionalnosti pri upravljanju z relacijskimi podatki ter podatki RDF in XML podatkovnega in spletnega strežnika (Erling in Mikhailov, 2009).

- *Aplikacijski strežnik*

Aplikacijski strežnik naj bo izdelan v okolju Ruby, ki uporablja odprtokodno zbirko programskih knjižnic Ruby On Rails (Carneiro in sod., 2010). Uporabi naj se storitev oblakovnega računalništva PaaS (angl. Platform as a service) prek spletne platforme Heroku. Heroku je ponudnik gostovanja spletnih strani v oblaku, ki za delovanje uporablja strežnike ponudnika oblčnih storitev Amazon (Kemp in Gyger, 2013). Omogoča enostavno povečanje števila procesnih enot, instanc podatkovnih baz, ko se za to pojavi potreba.

- *Uporabniški nivo*

Uporabniški strežnik naj bo zasnovan tako, da bo omogočal uporabo sistema na vseh najbolj aktualnih brskalnikih, kot tudi na različnih napravah (android, iPhone, iPad).

Ugotovljene zahteve smo uporabili pri oblikovanju tako konceptualnega okvira kot tudi funkcionalnih komponent prototipnega informacijskega sistema.

## 4 RAZVOJ INFORMACIJSKEGA SISTEMA DELOTOKOV

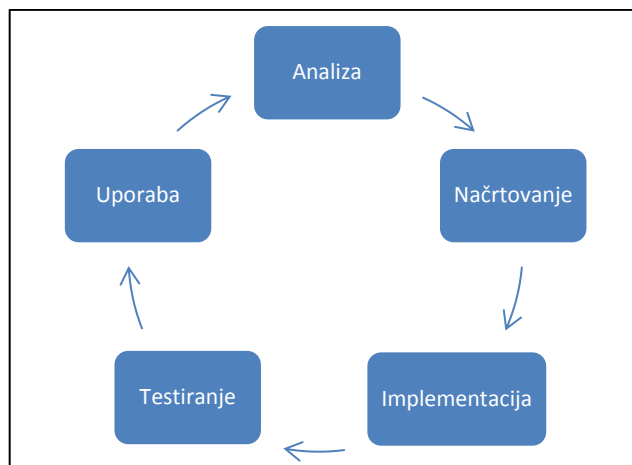
Ko se odločamo za razvoj informacijskega sistema, je treba razumeti, da razvoj le-tega ni samo programiranje ali inženirsko delo. Nezanemarljiv prispevek imajo predvsem sociološki dejavniki, tj. kako dojemamo dano problematiko, kako razumemo potrebe uporabnikov in kako najbolje uvedemo rešitve v prakso. V okviru razvoja informacijskega sistema nas zanima, kako razviti računalniške rešitve, ki bodo čim boljše podprle delovanje informacijskega sistema (Podgorelec, 2008).

Sam pristop k razvoju informacijskega sistema je odvisen od vrste in namena informacijskega sistema, vsi pristopi pa vsebujejo določene stopnje razvoja oziroma procesa, ki si sledijo v določenem zaporedju. Poznamo več vrst informacijskih sistemov, za katere so značilni specifični pristopi. Sem sodijo ekspertni sistemi, sistemi za podporo odločanju in sistemi za podporo delovnim procesom. V tem delu predstavljamo razvoj informacijskega sistema, ki uporabnikom nudi informacijsko podporo pri sprejemanju odločitev o prenovi stavbe, podjetjem pa možnost za objavo storitev in proizvodov, ki jih ponujajo.

### 4.1 ŽIVLJENJSKI KROG RAZVOJA INFORMACIJSKEGA SISTEMA

Življenjski krog razvoja informacijskega sistema (angl. System Development Life Cycle, SDLC) obravnava informacijski sistem od ideje pa do njegove dejanske izvedbe in uporabe. Vsaka razvojna stopnja ima določen namen in vlogo, ki je ključna za zagotavljanje kvalitetne izvedbe končnega izdelka (Arellano in Tavarez, 2012). Glavne razvojne stopnje informacijskih sistemov so prikazane na sliki Slika 10.





**Slika 10: Življenjski krog razvoja informacijskih sistemov (Vir: Podgorelec, 2008)**  
**Figure 10: Systems development life cycle (Source: Podgorelec, 2008)**

#### 4.1.1 Izbira procesnega modela

Različni pristopi oziroma procesni modeli razvoja informacijskih sistemov določajo različne poti njegovega razvoja. Poznamo več osnovnih procesnih modelov: zaporedni ali kaskadni model, iterativni model, prototipni model in inkrementalni model. Obstajajo pa tudi različne kombinacije in izpeljanke iz le-teh.

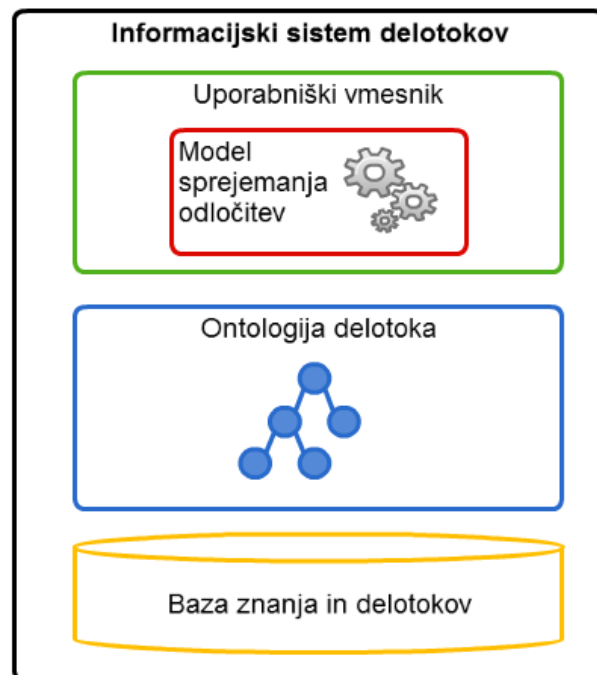
Zaporedni ali kaskadni procesni model temelji na zaporednem izvajanju posameznih razvojnih stopenj. Je najstarejši razvojni model, ki se je pojavil v prvih poskusih strukturiranega pristopa k razvoju informacijskih sistemov. Stopnje razvoja si zaporedno sledijo, kar pomeni, da se vsaka naslednja faza začne šele, ko je predhodna v celoti končana. Primeren je za kompleksnejše projekte, kjer zahteve dobro razumemo in se le-te med projektom ne spreminjajo bistveno. Tak procesni model omogoča dobro in natančno projektno vodenje.

Seveda pa ima ta procesni model svoje prednosti in slabosti. Prednost kaskadnega procesnega modela je čvrsta opora sistematičnega razvoja in manjša količina režijskega dela, ki ni v neposredni povezavi z izdelavo programske opreme (npr. vodenje projekta), saj je načrtovanje mogoče v celoti izvesti vnaprej. Slabosti takšnega procesnega modela pa so lahko njegova nefleksibilnost, kjer zahteva vsaka naknadna sprememba veliko dodatnega napora. Kot slabost navajajo oteženo možnost paralelnega izvajanja delov postopkov (Podgorelec, 2008).

Pojavile so se tudi različne modificirane različice kaskadnega razvoja, v katerih so bile odpravljene nekatere pomanjkljivosti, npr. uvedba enostavnejšega prehajanja med postopki in paralelno izvajanje delov različnih postopkov. V razvoju našega informacijskega sistema je bil uporabljen nekoliko modificiran kaskadni model, kjer smo mestoma paralelno izvajali posamezne stopnje. Tako so se ponekod prekrivali analiza zahtev in načrtovanje sistema ter tudi samo načrtovanje sistema in njegova implementacija.

## 4.2 KONCEPT INFORMACIJSKEGA SISTEMA DELOTOKOV

Kot smo že omenili, želimo s hipotezo disertacije preveriti, ali lahko z modelom informacijskega sistema delotokov zajamemo visoko stopnjo ključnih informacij in znanj na področju trajnostne gradnje in če lahko sistem delotokov kot tak predstavlja primerno informacijsko podporo gradbenim podjetjem in investorjem. V tem poglavju predstavljamo koncept informacijskega sistema delotokov. Na sliki Slika 11 predstavljamo koncept informacijskega sistema delotokov, ki je zgrajen iz naslednjih elementov: baze znanja in delotokov, ontologije delotoka in uporabniškega vmesnika z vgrajenim modelom sprejemanja odločitev. Koncept informacijskega sistema delotokov pokriva področje prenove toplotnega ovoja enodružinskih stavb.



Slika 11: Koncept informacijskega sistema delotokov

Figure 11: The concept of the Workflow information system

Baza znanja in delotokov ima vlogo hranjenja podatkov, ki so zapisani v delotokih, ter drugega znanja in informacij, ki uporabniku omogočajo predvsem podporo pri odločanju.

Ontologija delotoka ureja podatke o konceptih, primerkih in njihovih medsebojnih odnosih.

Uporabniški vmesnik je namenjen različnim uporabnikom. Zasnovali smo ga glede na potrebe različnih uporabnikov in tako oblikovali tri uporabniške vmesnike. Vanj smo vgradili tudi model sprejemanja odločitev na področju prenove enodružinskih stavb.

Vse zgoraj predstavljene koncepte podrobneje opisujemo v naslednjih poglavjih.

## 5 RAZVOJ DELOTOKA

Delotok, ki ga želimo razviti, zajema informacije na področju prenove toplotnega ovoja stavbe. Gre za najrazličnejše informacije o prenovi stavbe, od podatkov o obstoječem stanju konstrukcijskih sklopov do izbire ukrepov za prenovo, storitev, proizvodov in nazadnje tudi izvajalcev. Predstavitev informacij, ki jih vsebuje delotok smo zajeli s predstavitvijo glavnih konceptov in primera delotoka prenove z uporabo opisne logike (angl. Description Logic, DL) ter izdelavo ontologije delotoka.

Semantično strukturiranje, ki ga dosežemo z vpeljavo ontologij, ni zgolj površinsko oblikovanje informacij, kakršne nam ponujajo relacijske in XML -podatkovne baze, saj mora biti v tem primeru semantična vsebina na nivoju podatkovnih baz zajeta v uporabniških programih. Ontologije predstavljajo objektivno specifikacijo informacij za določeno domeno, kjer s predstavitvijo konceptov in medsebojnih relacij prikažemo znanje. Tako imenovana specifikacija je prvi korak pri izgradnji naprednejših informacijskih sistemov, ki temeljijo na souporabi obstoječega znanja (Lavbič in Krisper, 2005).

Uporaba ontologij na semantičnem spletu prinaša veliko prednosti, in sicer omogoča (Stankovski, 2009):

- *povečanje razumevanja okolja in razmerij*, ki vladajo med njegovimi deli,
- *olajšanje različnih vrst poizvedovanja* (poizvedbe lahko opravljajo tako ljudje kot tudi avtomatizirani programi, ki jim pravimo agenti),
- *izboljšanje interakcije med ljudmi oziroma umetnimi agenti in entitetami*,
- *zmožnost semantičnega odkrivanja entitet na spletu*,
- *zmožnost interakcije »novih« entitet* (entitet, ki sledijo ali pripadajo drugim ontologijam) s sistemom na preprost način,
- *preverjanje*, ali so opisi določenih entitet konsistentni z aksiomi, ki so definirani v ontologiji, in *zmožnost določanja pravil* za kontekstno občutljivo obnašanje različnih entitet s strani ljudi ali agentov.

## 5.1 FORMALNI PRISTOP K RAZVOJU ONTOLOGIJE

Koncept delotoka smo razvili tako, da zajema informacije na področju prenove stavbe na nivoju toplotnega ovoja. V prejšnjem poglavju predstavljen model sprejemanja odločitev predstavlja osnovo oziroma temelje določitve zapisa delotoka prenove, tj. zapisa informacij o prenovi stavbe v urejene skupine informacij.

Zajemamo najrazličnejše informacije o prenovi stavbe, od podatkov o obstoječem stanju konstrukcijskih sklopov do izbire ukrepov za prenovo, storitev, proizvodov in nazadnje tudi izvajalcev. Predstavitev informacij, ki jih vsebuje delotok, smo zajeli s predstavitvijo glavnih konceptov in primera delotoka prenove z uporabo opisne logike.

Formalni temelji opisne logike so temelj semantične spletne tehnologije, kot je spletni ontološki jezik OWL. Sklepalni mehanizem opisne logike (angl. DL reasoner) lahko pomaga vzpostaviti in vzdrževati deljive ontologije na način razkrivanja nedoslednosti, prikrite odvisnosti, odpuščanja in napačnih razvrstitev (Knublauch in sod., 2004).

Opisna logika določa koncepte, vloge in primerke ter njihov medsebojni odnos (Horrocks in sod., 2008). Uporablja se v umetni inteligenci za formalno obrazložitev konceptov na področju uporabe (t. i. terminološko znanje). To je zlasti pomembno pri zagotavljanju logičnega formalizma za ontologije in semantični splet (Grau in sod., 2008). Opisna logika tako predstavlja glavne koncepte zajete v ontologiji – jo formalizira. Ontologija je podrobneje predstavljena v nadaljevanju poglavja.

Osnovna različica opisne logike je *ALC*. Sicer opisna logika obstaja v več različicah, ki ponujajo različen kompromis med izrazitostjo in zmogljivostjo sklepanja (Baader in sod., 2003). V preglednici

Preglednica 18 predstavljamo sintakso opisne logike, ki ureja odnose med koncepti, vlogami in posamezniki, ki jim rečemo tudi konstruktorji. Kompleksne opise konceptov gradimo z uporabo konstruktorjev, kjer konstruktorja  $C$  in  $D$  predstavljata osnovni koncept,  $r$  pa omejitve vloge.

**Preglednica 18: Sintaksa in semantika opisne logike**  
**Table 18: Syntax and Semantics of Description Logic**

Konstruktor	Sintaksa	Semantika
Konjunkcija	$C \sqcap D$	$C' \cap D'$
Disjunkcija	$C \sqcup D$	$C' \cup D'$
Komplement	$\neg C$	$\Delta' \setminus C'$
Univerzalna kvantifikacija	$\exists r.C$	$\{x   \exists y. r'(x,y) \wedge C'(y)\}$
Eksistenčna kvantifikacija	$\forall r.C$	$\{x   \forall y. r'(x,y) \rightarrow C'(y)\}$
Vključenost koncepta	$C \sqsubseteq D$	$C' \subseteq D'$

### 5.1.1 Določitev glavnih konceptov

Najprej smo definirali glavni koncept, tj. *DelotokPrenove*. Namen tega koncepta je zajeti čim več informacij, ki se pojavijo v fazi sprejemanja odločitev pri prenovi stavbe in samega načrtovanja le-te. Ta koncept vključuje vse informacije o načrtovani prenovi, ki jo uporabnik izdela z uporabo prototipa informacijskega sistema. Določajo ga drugi koncepti, ki nosijo specifične informacije.

Koncept *ObstojeceStanje* definira glavne lastnosti posameznega konstrukcijskega sklopa, ki je v delotoku obravnavan (npr. vrste in lastnosti materialov, vgrajenih v konstrukcijski sklop). Naslednji koncept *Ukrep* za posamezen izbran konstrukcijski sklop določa nivo prenove. Po izbranem nivoju ukrepa sledi *Storitev*, ki z definiranjem postavk natančno določa želeno prenovo posameznega konstrukcijskega sklopa. Glede na prej določene koncepte nato sledi določitev koncepta *Izvajalec* za vsako posamezno *Storitev*, kjer je izbran izvajalec, ki bi definirano storitev lahko izvedel.

Opis glavnih konceptov se nahaja v spodnjem okviru:

DelotokPrenove	⊆	∃imaObstojeceStanje.ObstojeceStanje ∩ ∃imaUkrep.Ukrep ∩ ∃imaStoritev.Storitev ∩ ∃imalzvajalec.Izvajalec
ObstojeceStanje	⊆	∃imaSklop.Sklop
Ukrep	⊆	∃imaSklop.Sklop ∩ ∃imaNivoPrenove.NivoPrenove
Storitev	⊆	∃imaPostavka.Postavka
Izvajalec	⊆	∃imaNazivIzvajalca.Naziv ∩ ∃imaNaslov.Naslov ∩ ∃imaElektronskaPosta.ElektronskaPosta ∩ ∃imaTelefonskaStevilka.TelefonskaStevilka ∩ ∃imaSpletnaStran.SpletnaStran ∩ ∃imaStoritev.Storitev
Sklop	⊆	∃imaMaterial.Material
Postavka	⊆	∃imaEnotaPostavke.Enota ∩ ∃imaProizvod.Proizvod
Proizvod	⊆	∃imaNazivProizvoda.NazivProizvoda ∩ ∃imaOznaka.Oznaka ∩ ∃imaProizvajalec.Proizvajalec ∩ ∃imaTehničniPodatek.Podatek ∩ ∃imaTrajnostniIndikator.Indikator
Proizvajalec	⊆	∃imaNazivProizvajalca.Naziv ∩ ∃imaNaslov.Naslov ∩ ∃imaElektronskaPosta.ElektronskaPosta ∩ ∃imaTelefonskaStevilka.TelefonskaStevilka ∩ ∃imaSpletnaStran.SpletnaStran ∩ ∃imaProizvod.Proizvod

### 5.1.2 Primer zapisa delotoka prenove

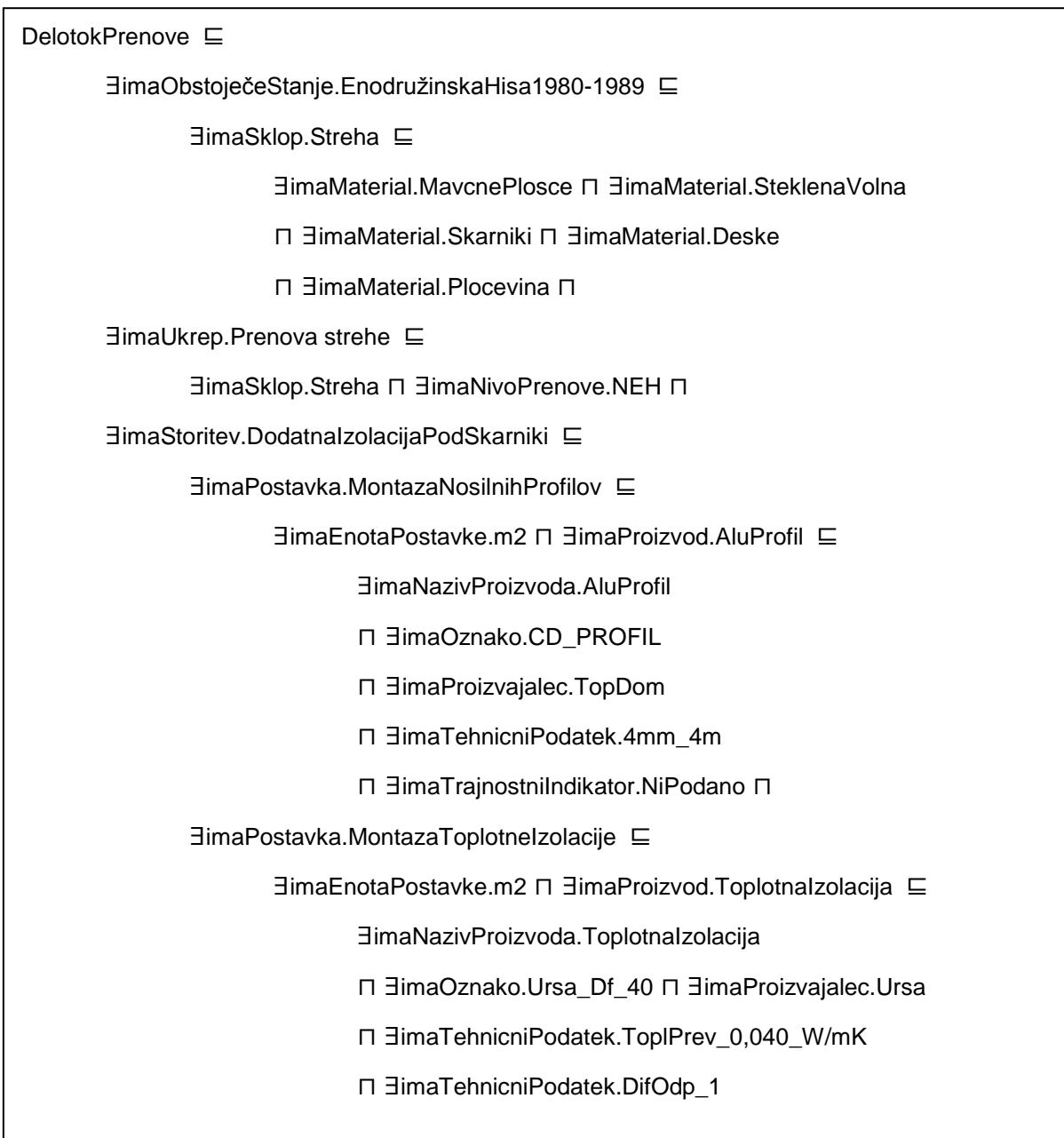
V tem poglavju predstavljamo prikaz zapisa delotoka z uporabo opisne logike za primer prenove toplotnega ovoja stavbe, in sicer za prenovo strehe. Primer opisuje oziroma zajema informacije za primer prenove strešne konstrukcije.

*DelotokPrenove* najprej vključuje definiranje mejnih podatkov z določitvijo obdobja izgradnje stavbe z definiranjem *EnodružinskaHisa1980-1989* v konceptu *Obstoječe stanje*. Ta koncept nadalje definira *Streho* kot določitev *Sklopa*. Streha definira obstoječe sestavne *Materiale*, kot so *MavcnePlosce*, *SteklenaVolna*, *Skarniki*, *Deske* in *Plocevina*. Nato sledi definicija obravnavanih *Ukrepov* (na nivoju konstrukcijskega sklopa *Streha*) in določitev *NivojaPrenove (NEH)*. Koncept *Storitev* nadalje definira koncept *DodatnaIzolacijaPodSkarniki*, ki nato vključuje in definira naslednje *Postavke*: *MontazaNosilnihProfilov*, *MontazaToplotneIzolacije*,



*Montaza Toplotne izolacije, Izvedba Parne Ovire, Zaprtje Z Oblozanim Materialom in Zaključni Sloj Barve.* Vsaka izmed *Postavk* je definirana z *Enota Postavke*, ki lahko vključuje *Proizvod*, ta pa vsebuje *Naziv Proizvoda*, *Oznako*, *Proizvajalec*, *Tehnicni Podatek* in *Trajnostni Indikator*.

Primer delotoka prenove je predstavljen kot:



Π ΞimaTehnicniPodatek.SpecTopl\_1030\_J/kgK  
 Π ΞimaTehnicniPodatek.Gostota\_18\_kg/m3  
 Π ΞimaDeklariranaEnota.m3  
 Π ΞimaTrajnostniIndikator.GWP\_2,21E+01\_kgCO2ekv.  
 Π ΞimaTrajnostniIndikator.ODP\_3,01E-06\_kgCFC11ekv.  
 Π ΞimaTrajnostniIndikator.AP\_1,54E-01\_kgSO2ekv.  
 Π ΞimaTrajnostniIndikator.EP\_4,72E-02\_kg(PO4)3ekv.  
 Π ΞimaTrajnostniIndikator.POCP\_1,22E-02\_kgC2H4ekv.  
 Π ΞimaTrajnostniIndikator.ADPE\_1,18E-03\_kgSbekv.  
 Π ΞimaTrajnostniIndikator.ADPE\_3,92E+02\_MJ Π

ΞimaPostavka.IzvedbaParneOvire ≡

ΞimaEnotaPostavke.m2 Π ΞimaProizvod.ParnaOvira ≡

ΞimaimaNazivProizvoda.ParnaOvira  
 Π ΞimaOznako.PARNA\_OVIRA\_DELTA\_LUXX  
 Π ΞimaProizvajalec.DELTA  
 Π ΞimaTehnicniPodatek.ToplPrev\_0,190\_W/mK  
 Π ΞimaTehnicniPodatek.DifOdp\_2000  
 Π ΞimaTehnicniPodatek.SpecTopl\_960\_J/kgK  
 Π ΞimaTehnicniPodatek.Gostota\_200\_kg/m3  
 Π ΞimaDeklariranaEnota.m2  
 Π ΞimaTrajnostniIndikator.GWP\_2,38E+00\_kgCO2ekv.  
 Π ΞimaTrajnostniIndikator.ODP\_3,22E-09\_kgCFC11ekv.  
 Π ΞimaTrajnostniIndikator.AP\_4,65E-03\_kgSO2ekv.  
 Π ΞimaTrajnostniIndikator.EP\_3,91E-04\_kg(PO4)3ekv.  
 Π ΞimaTrajnostniIndikator.POCP\_1,09E-03\_kgC2H4ekv.  
 Π ΞimaTrajnostniIndikator.ADPE\_3,97E-02\_kgSbekv.  
 Π ΞimaTrajnostniIndikator.ADPE\_NiPodatka Π

ΞimaPostavka.ZaprteZObloznimMaterialom ≡

ΞimaEnotaPostavke.m2 Π ΞimaProizvod.MavcnaPlosca ≡

ΞimaimaNazivProizvoda.MavcnaPlosca

```
    □ ÷imaOznako.GKB-A_15 □ ÷imaProizvajalec.KNAUF
    □ ÷imaTehnicniPodatek.NiPodatka
    □ ÷imaDeklariranaEnota.m2
    □ ÷imaTrajnostniIndikator.GWP_2,16E+00_kgCO2ekv.
    □ ÷imaTrajnostniIndikator.ODP_1,71E-07_kgCFC11ekv.
    □ ÷imaTrajnostniIndikator.AP_5,53E-03_kgSO2ekv.
    □ ÷imaTrajnostniIndikator.EP_8,77E-04_kg(PO4)3ekv.
    □ ÷imaTrajnostniIndikator.POCP_4,79E-04_kgC2H4ekv.
    □ ÷imaTrajnostniIndikator.ADPE_1,63E-02_kgSbekv.
    □ ÷imaTrajnostniIndikator.ADPE_NiPodatka □
÷imaPostavka.ZakljucniBarvniSloj ≡
    ÷imaEnotaPostavke.m2 □ ÷imaProizvod.ZakljucnaBarva ≡
    ÷imaimaNazivProizvoda.JupolClassic
    □ ÷imaOznako.Classic □ ÷imaProizvajalec.JUB
    □ ÷imaTehnicniPodatek.Gostota_1650_kg/m3
    □ ÷imaDeklariranaEnota.m2
    □ ÷imaTrajnostniIndikator.GWP_1,01E+00_kgCO2ekv.
    □ ÷imaTrajnostniIndikator.ODP_3,64E-09_kgCFC11ekv.
    □ ÷imaTrajnostniIndikator.AP_3,58E-03_kgSO2ekv.
    □ ÷imaTrajnostniIndikator.EP_2,58E-04_kg(PO4)3ekv.
    □ ÷imaTrajnostniIndikator.POCP_4,44E-03_kgC2H4ekv.
    □ ÷imaTrajnostniIndikator.ADPE_1,63E-02_kgSbekv.
    □ ÷imaTrajnostniIndikator.ADPE_NiPodatka □
```

V zgornjem okviru so v spodnjih vrsticah navedeni *Tehnicni.Podatek* in *TrajnostniIndikator*. Trajnostnih indikatorjev, kot jih določa sistem za okoljsko vrednotenje materialov EPD, je dvajset. Zgoraj predstavljen *Proizvod* vključuje le nekatere izmed njih, in sicer: potencial za globalno segrevanje (GWP), potencial za razgradnjo ozona (ODP), potencial za acidifikacijo zemlje in vode (AP), potencial evtrofikacije (EP), potencial za fotokemično nastajanja ozona (POCP), potencial izrabe abiotskih (naravnih) virov – surovin (ADPE) in potencial izrabe abiotskih virov – fosilnih goriv (ADPF). Drugi indikatorji niso dosegljivi oziroma sploh še ne obstajajo. Vendar pa se v zadnjih letih kaže, da se proizvajalci vedno bolj zavedajo, da

dostopnost do teh podatkov za proizvajalce pomeni tržno prednost, saj so deležniki na tem področju vedno bolj osveščeni in te podatke zahtevajo.

∃imalzvajalec.Zidar ⊆

∃imaNazivIzvajalca.Zidar\_Gradbenistvo\_d.o.o.

∏ ∃imaNaslov.Gradbeniska\_19\_Ljubljana

∏ ∃imaElektronskaPosta.Zidar@gradbenistvo.si

∏ ∃imaTelefonskaStevilka.012345678

∏ ∃imaSpletnaStran.www.zidargradbenistvo.si

Zadnji okvir predstavlja koncept *Izvajalca*, ki je definiran z *NazivIzvajalca*, *Naslov*, *ElektronskaPosta*, *TelefonskaStevilka* in *SpletnaStran*. Povpraševalec nato izbranim izvajalcem pošlje povpraševanje za izbrane storitve. Posamezni izvajalec lahko potem povpraševalcu posreduje ponudbo za prejeto povpraševanje.

Zgoraj predstavljeni delotok je prikaz konceptualne zasnove zapisa informacij o prenovi stavbe v obliko delotoka. Zapis informacij v delotoke in njihovo shranjevanje, spreminjanje in ponovna uporaba prispevajo k boljši preglednosti in transparentnosti informacijskega toka v procesu, kot je prenova stavbe.

## 5.2 REALIZACIJA ONTOLOGIJE DELOTOKA

### 5.2.1 Implementacija ontologije

Ontologija sistema delotokov je zasnovana na podlagi formalizma opisne logike in tako vsebuje v njej določene koncepte, vloge in njihove medsebojne odnose. Ontologija omogoča zapis informacij v sistem delotokov, ki so bile zbrane v celotnem procesu uporabe sistema za izdelavo prenove stavbe.

Izdelano ontologijo smo izvozili v formatu OWL in jo obdelali v programskem orodju Jena. Povpraševanje po modelu se izvaja z jezikom SPARQL endpoint.

Izdelana ontologija predstavlja logično povezanost podatkov. Podatki se v podatkovni bazi logično hranijo v obliki trojčkov, poizvedbe po njih pa se vršijo z uporabo poizvedb SPARQL.

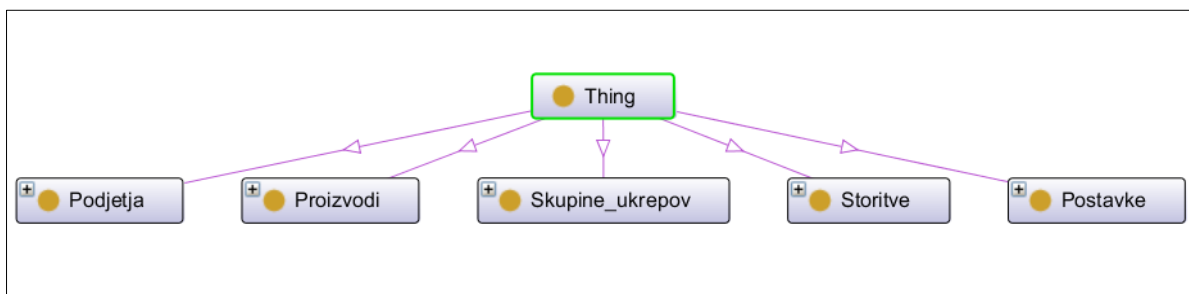
Ontologija delotoka je izdelana z uporabo jezika OWL. Jezik OWL temelji na opisni logiki in je sintaktično integriran v RDF, tako da kot RDF/S prinaša dodaten standardiziran slovar. Za poimenovanje uporablja spletne identifikatorje URI in spletno opisno ogrodje RDF (Shadbolt in sod., 2006).

Prednost opisa v ontologiji je enostavno razširjanje baze, saj podatki niso vpisani v fiksni stolpcih, kot npr. v relacijski podatkovni bazi, ampak se podatki hranijo v obliki trojčkov in lahko enostavno dodajamo nove koncepte brez potrebe po migraciji podatkovne baze, kot v primeru relacijske podatkovne baze. Tak pristop ne omogoča zgolj hranjenja podatkov, ampak predvsem njihovo logično povezanost.

### 5.2.2 Izdelava ontologije sistema delotokov

Izdelavo ontologije sistema delotokov za prototip informacijskega sistema smo izvedli v orodju Protégé (različica 4.3). Zajem konceptov, relacij in aksiomov opisne logike je bil izveden s tehnologijo OWL.

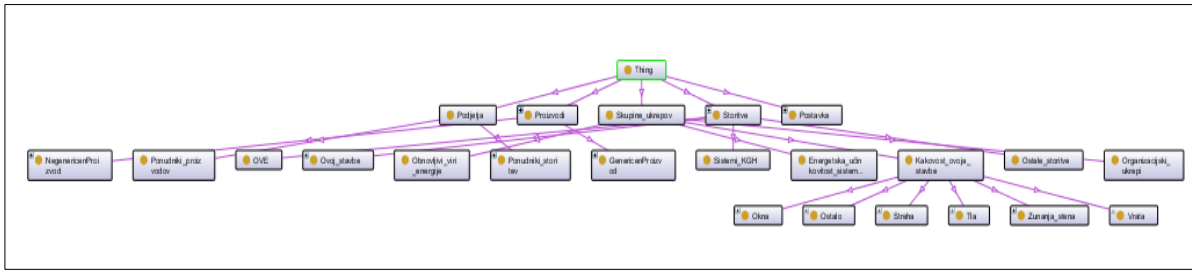
Vsaka ontologija je sestavljena iz glavni razredov (angl. Classes), ki jim lahko pripišemo posamezne lastnosti (angl. Object properties). Ti vsebujejo primerke (angl. Members), ki zavzemajo določene vrednosti (angl. Data properties). Najprej smo definirali glavne razrede, ki so predstavljeni na sliki Slika 12.



**Slika 12: Glavni razredi ontologije**

**Figure 12: Top classes of the ontology**

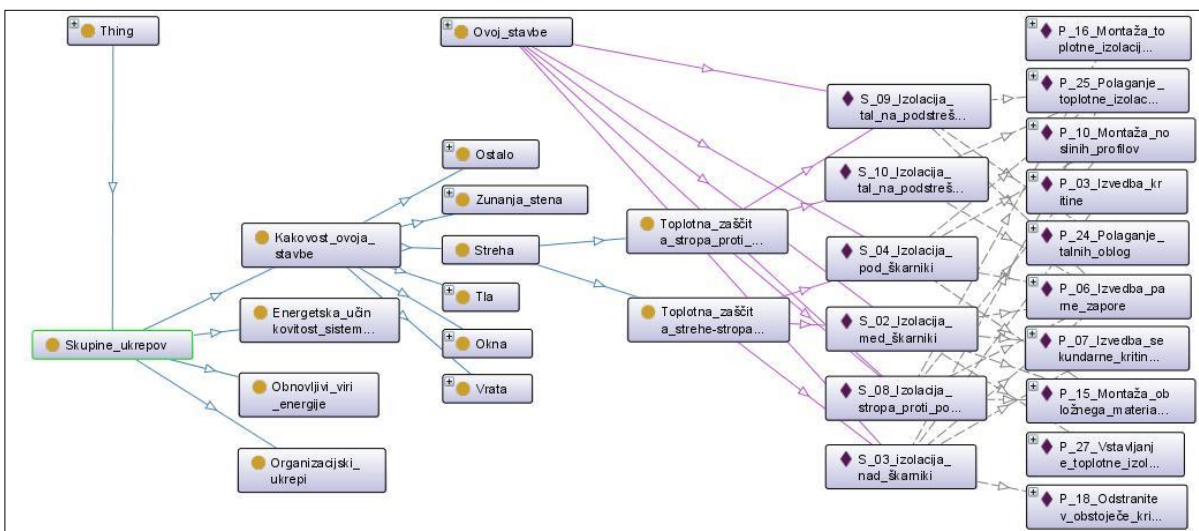
Na naslednjem nivoju smo glavnim razredom dodelili podrazrede. Nato smo določili še naslednji nivo podrazredov. Predlog hierarhije vseh v ontologiji določenih razredov predstavljamo na sliki Slika 13.



**Slika 13: Predlog hierarhije definiranih razredov ontologije**

**Figure 13: Proposal hierarchy of defined classes of the ontology**

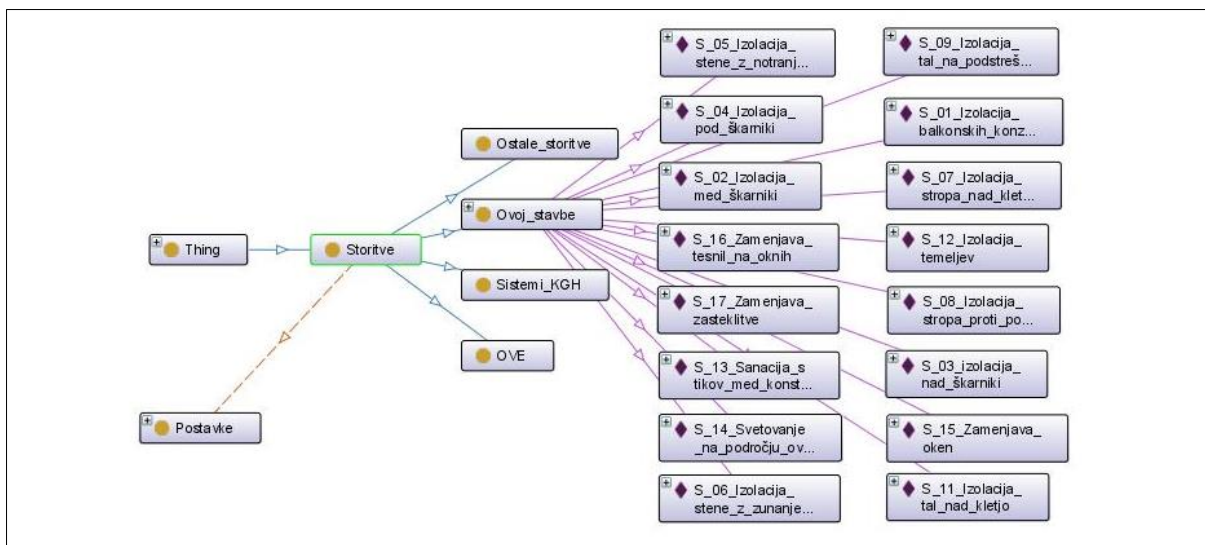
Glavni razredi ontologije so *Skupine\_ukrepov*, *Storitve*, *Postavke*, *Proizvodi* in *Podjetja*. Razred *Skupina\_ukrepov* se deli na naslednje podrazrede *Energetska\_učinkovitost\_sistemov\_KGH*, *Obnovljivi\_viri\_energije*, *Organizacijski\_ukrepi* in *Kakovost\_ovoja\_stavbe*. Slednji vsebuje naslednje podrazrede: *Zunanja\_stena*, *Streha*, *Tla*, *Okna*, *Vrata* in *Ostalo*. Na spodnji sliki so predstavljeni ukrepi za konstrukcijski sklop *Streha*, in sicer: *Toplotna\_zasčita\_stropa\_proti\_podstrešju* in *Toplotna\_zasčita\_strehe-stropa\_v\_mansardi*. Nato sledijo še možne storitve in pripadajoče postavke (Slika 15).



**Slika 14: Shema skupine ukrepov**

**Figure 14: The scheme of the measure groups**

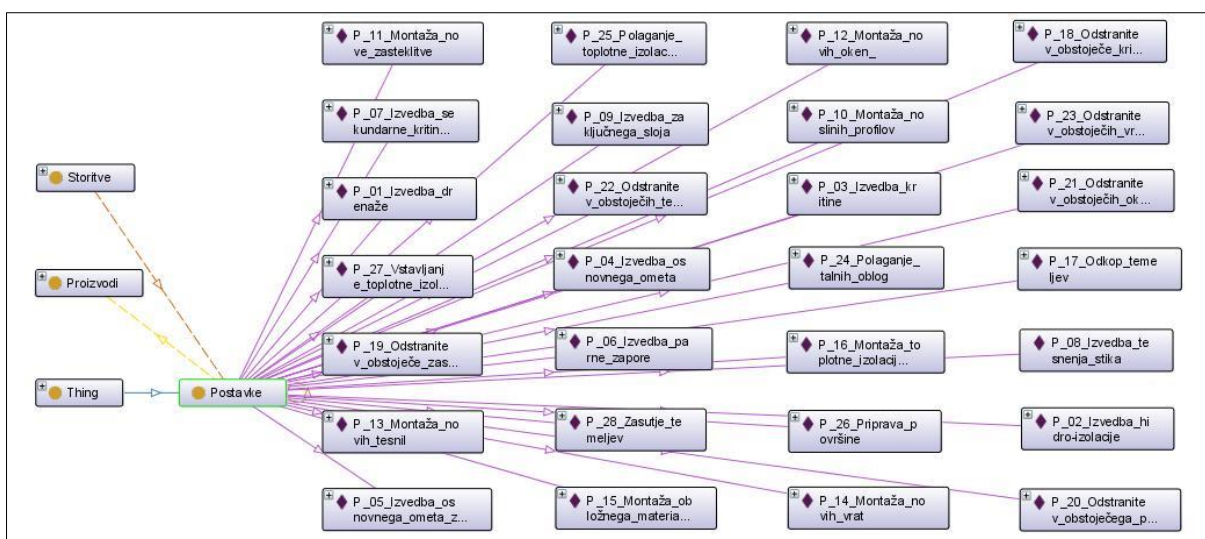
Glavnim razredom smo pripisali veliko število primerkov, kot so npr. *Storitve* na nivoju *Ovojstavbe*. Ti primeri so grafično prikazani na sliki Slika 15.



Slika 15: Shema storitev

Figure 15: The service's scheme

Na sliki Slika 16 se nahaja grafična predstavitev primerkov v razredu *Postavke*.



Slika 16: Shema postavk

Figure 16: The item's scheme

Ontologija je namenjena zapisu informacij o prenovi stavbe v sistem delotokov, ki se shranijo v pripadajočo bazo znanj, ki jo prototip informacijskega sistema uporablja za vir informacij, ki omogoča uporabnikom načrtovanje prenove stavbe in izdelavo povpraševanj.

Predstavljena ontologija tako zajema različne storitve, postavke, proizvode in podjetja ter jih med seboj povezuje z različnimi lastnostmi in jim pripisuje določene vrednosti.

Za ureditev razmerij in odnosov, ki urejajo hierarhijo razredov, smo v ontologiji zajeli naslednje lastnosti predstavljene v preglednici Preglednica 19.

**Preglednica 19: Lastnosti razredov**

**Table 19: Object properties of classes**

Razred	Lastnost	Podrazred
Storitev	<i>imaPodrazred</i>	Postavka
Ukrep	<i>imaStoritev</i>	Storitev
Storitev	<i>imaPrimerek</i>	Primerek
Storitev	<i>imaPostavko</i>	Postavka
Postavka	<i>slediPostavka</i>	Postavka
Postavka	<i>vsebujeProizvod</i>	Proizvod

Ko so bili določeni vsi razredi ontologije, smo vnesli še primerke ter konkretne podatke o njih in jim tako pripisali dejanske vrednosti. Primerki so konkretni primeri storitev, postavk, proizvodov in podjetij, ki ponujajo storitve ali proizvode. Za opis primerkov smo določili različne podatkovne lastnosti oziroma vrednosti, ki jih lahko posamezni primerki zavzemajo. Podatkovne lastnosti, ki smo jih zajeli v razviti ontologiji, so zbrane v preglednici Preglednica 20.

**Preglednica 20: Podatkovne lastnosti primerkov**

**Table 20: Data property of individuals**

Razred	Lastnost	Vrednost
Podjetje	<i>imaSpletnoStran</i>	Naslov URI
Podjetje	<i>imaTelefonskoStevilko</i>	Število
Podjetje	<i>imaMail</i>	Naslov URI
Podjetje	<i>imaNaslov</i>	Besedilo
Proizvod, Podjetje	<i>imaNaziv</i>	Besedilo
Proizvod	<i>imaDifuzijskoOdpornost</i>	Celo število
Proizvod	<i>imaEnergijskiRazred</i>	Celo število
Proizvod	<i>imaGostoto</i>	Celo število
Proizvod	<i>imaMaterial</i>	Celo število
Proizvod	<i>imaPrehodnostSoncneEnergije</i>	Celo število
Proizvod	<i>imaPrehodnostSvetlobe</i>	Celo število

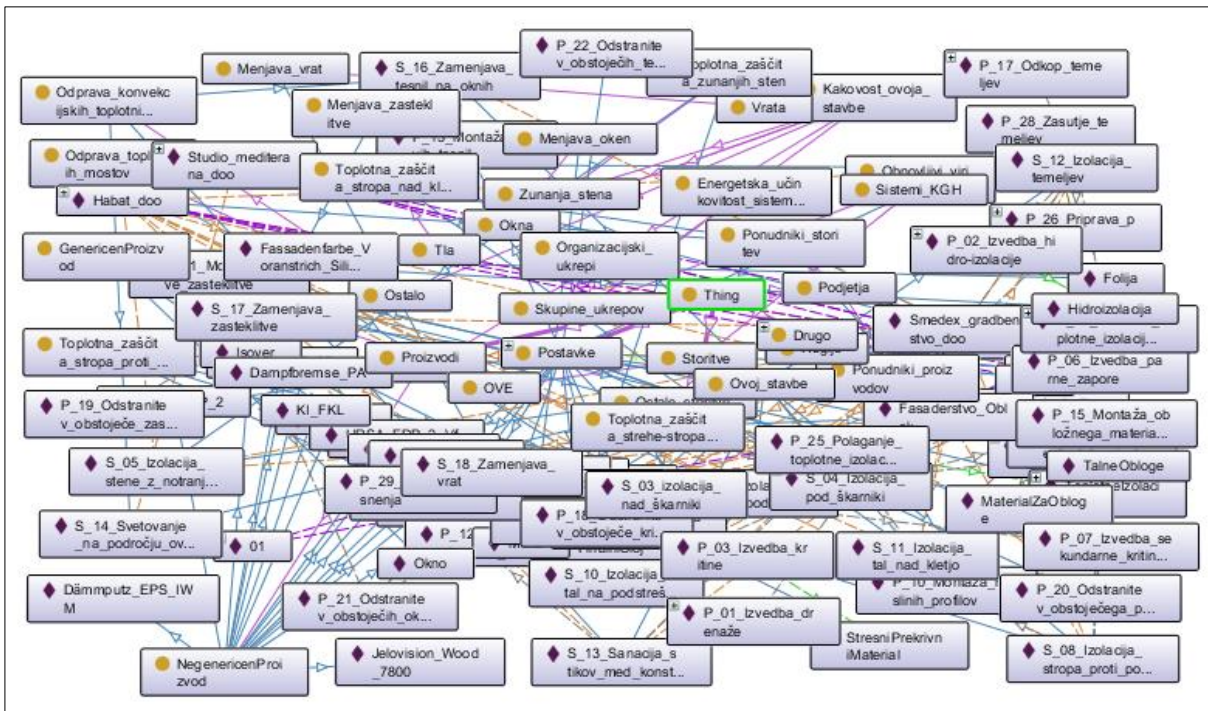


Proizvod	<i>imaSistemZasteklitve</i>	Celo število
<b>Razred</b>	<b>Lastnost</b>	<b>Vrednost</b>
Proizvod	<i>imaDeklariranoEnoto</i>	Celo število
Proizvod	<i>imaSpecificnoToploto</i>	Celo število
Proizvod	<i>imaToplotnoPrehodnost</i>	Celo število
Proizvod	<i>imaToplotnoPrehodnostOkna</i>	Celo število
Proizvod	<i>imaToplotnoPrehodnostStekla</i>	Celo število
Proizvod	<i>imaToplotnoPrevodnost</i>	Celo število
Proizvod	<i>imaZvocnoIzolativnost</i>	Celo število
Proizvod	<i>imaPovezavoDoSlike</i>	Celo število
Proizvod	<i>imaVirPodatkov</i>	Celo število
Proizvod	<i>imaVrednost_ADPE</i>	Celo število
Proizvod	<i>imaVrednost_ADPF</i>	Celo število
Proizvod	<i>imaVrednost_AP</i>	Celo število
Proizvod	<i>imaVrednost_CRU</i>	Celo število
Proizvod	<i>imaVrednost_EE</i>	Celo število
Proizvod	<i>imaVrednost_EP</i>	Celo število
Proizvod	<i>imaVrednost_FW</i>	Celo število
Proizvod	<i>imaVrednost_GWP</i>	Celo število
Proizvod	<i>imaVrednost_HWD</i>	Celo število
Proizvod	<i>imaVrednost_MER</i>	Celo število
Proizvod	<i>imaVrednost_MFR</i>	Celo število
Proizvod	<i>imaVrednost_NHWD</i>	Celo število
Proizvod	<i>imaVrednost_NRSF</i>	Celo število
Proizvod	<i>imaVrednost_ODP</i>	Celo število
Proizvod	<i>imaVrednost_PENRT</i>	Celo število
Proizvod	<i>imaVrednost_PERT</i>	Celo število
Proizvod	<i>imaVrednost_POCP</i>	Celo število
Proizvod	<i>imaVrednost_RSF</i>	Celo število
Proizvod	<i>imaVrednost_RWD</i>	Celo število
Proizvod	<i>imaVrednost_SM</i>	Celo število

V preglednici Preglednica 20 se tako nahajajo lastnosti, ki smo jih definirali za potrebe opisa podjetij, predvsem pa proizvodov. Opis posameznega proizvoda tako vsebuje najrazličnejše

vrednosti, kot so naziv, oznaka, povezava do vira, fizikalne lastnosti materiala (gostota, toplotna prehodnost, difuzijska odpornost itn.) in vrednosti trajnostnih indikatorjev (potencial globalnega segrevanja, potencial evtrofikacije, potencial tanjšanja ozonske plasti itn.).

Celotna slika ontologije, ki prikazuje ureditev konceptov in njihove medsebojne povezave, vsebovane primerke in njihove lastnosti, je vidna na sliki Slika 17.



**Slika 17: Slika ontologije delotoka**

**Figure 17: Picture of workflow's ontology**

Z uporabo prototipnega informacijskega sistema delotokov, ko uporabnik prek uporabniškega vmesnika izdelava in preučuje možnost prenove ovoja stavbe ali vnaša podatke o nekem proizvodu, ga ocenjuje in komentira itd., se vrši zapis informacij v podatkovno bazo, ki predstavlja ontologijo delotokov.

Pričakujemo, da bo po določenem času, ko bo v bazi večja količina delotokov, mogoča izdelava študij, ki bodo pokazale, katere ukrepe, storitve, proizvode, podjetja itn. so uporabniki najpogosteje izbrali in kakšno je npr. obstoječe stanje ovojev stavb, za katere je bila načrtovana prenova.

### 5.3 PREVERITEV ONTOLOGIJE

Po predstavitvi razvoja ontologije je treba izdelati njeno preveritev in potrditev, da je zgrajena tako, kot je bilo načrtovano. Na tem mestu želimo predvsem preveriti in se prepričati, da so povezave, ki urejajo odnose med koncepti in primerki, pravilno določene.

Preveritev je možno izvesti z izvajanjem poizvedb po ustvarjeni ontologiji. V našem primeru smo uporabili funkcijo poizvedb SPARQL (angl. SPARQL Query), ki jo ponuja programsko okolje Protégé. Z uporabo protokola SPARQL smo izdelali vrsto poizvedb po posameznih konceptih oziroma razredih, primerkih in medsebojnih odnosih. V nadaljevanju poglavja predstavljamo nekatere izmed njih.

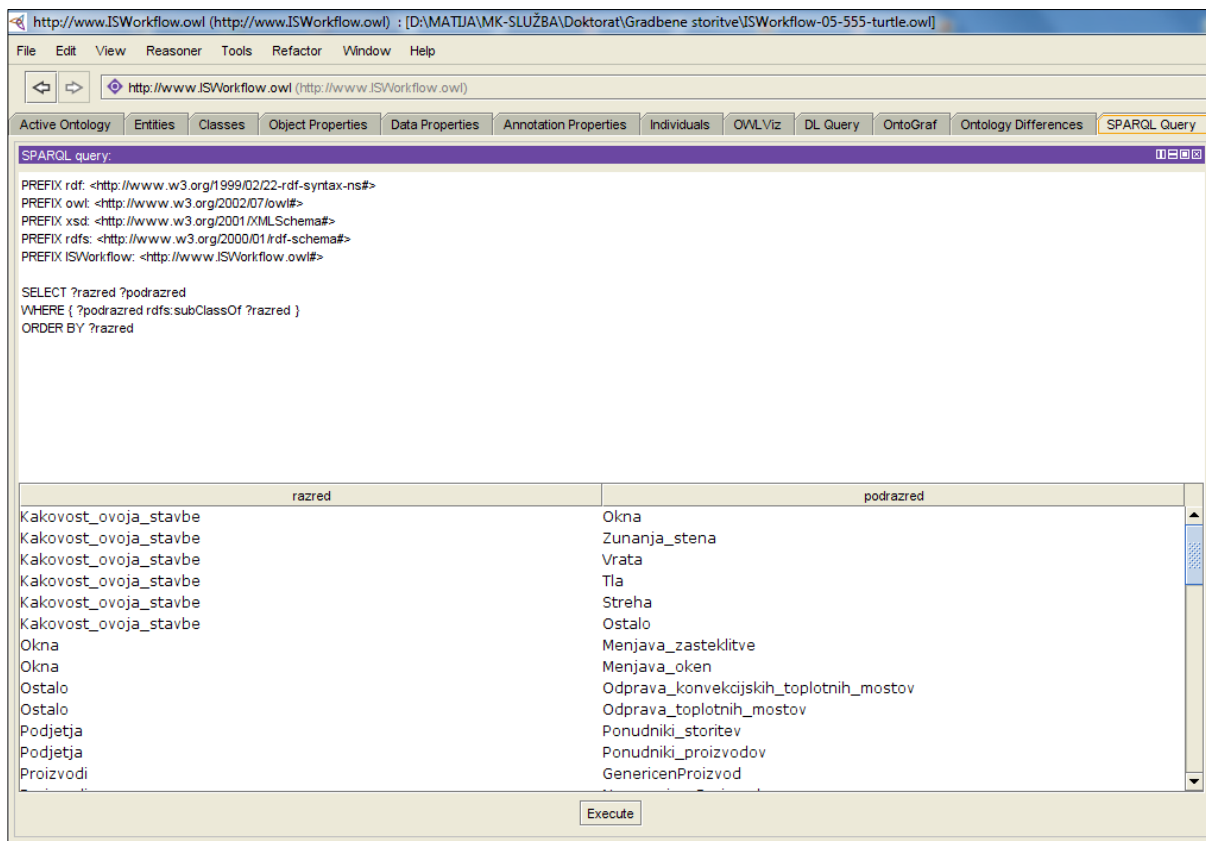
#### 5.3.1 Preveritev hierarhije razredov

V prvi vrsti smo želeli preveriti pravilno urejenost odnosov med posameznimi koncepti oziroma razredi. To smo izvedli z vnosom spodaj navedenega povpraševanja:

```
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX ISWorkflow: <http://www.ISWorkflow.owl#>

SELECT ?razred ?podrazred
      WHERE { ?podrazred rdfs:subClassOf ?razred }
      ORDER BY ?razred
```

Preverili smo razrede in pripadajoče podrazrede ter jih abecedno razvrstili po razredih. Tako je na sliki Slika 18 prikazan rezultat izvedenega povpraševanja.



Slika 18: Razredi in podrazredi ontologije

Figure 18: Classes and subclasses of the ontology

### 5.3.2 Preveritev lastnosti imaStoritev in imaProizvod

Preveriti smo želeli tudi druge lastnosti, kot sta *imaStoritev* in *imaProizvod*. Vnesli smo povpraševanje, ki nam poda rezultate, tj. odnose med razredi in primerki. V spodnjem okviru predstavljamo vneseno povpraševanje.

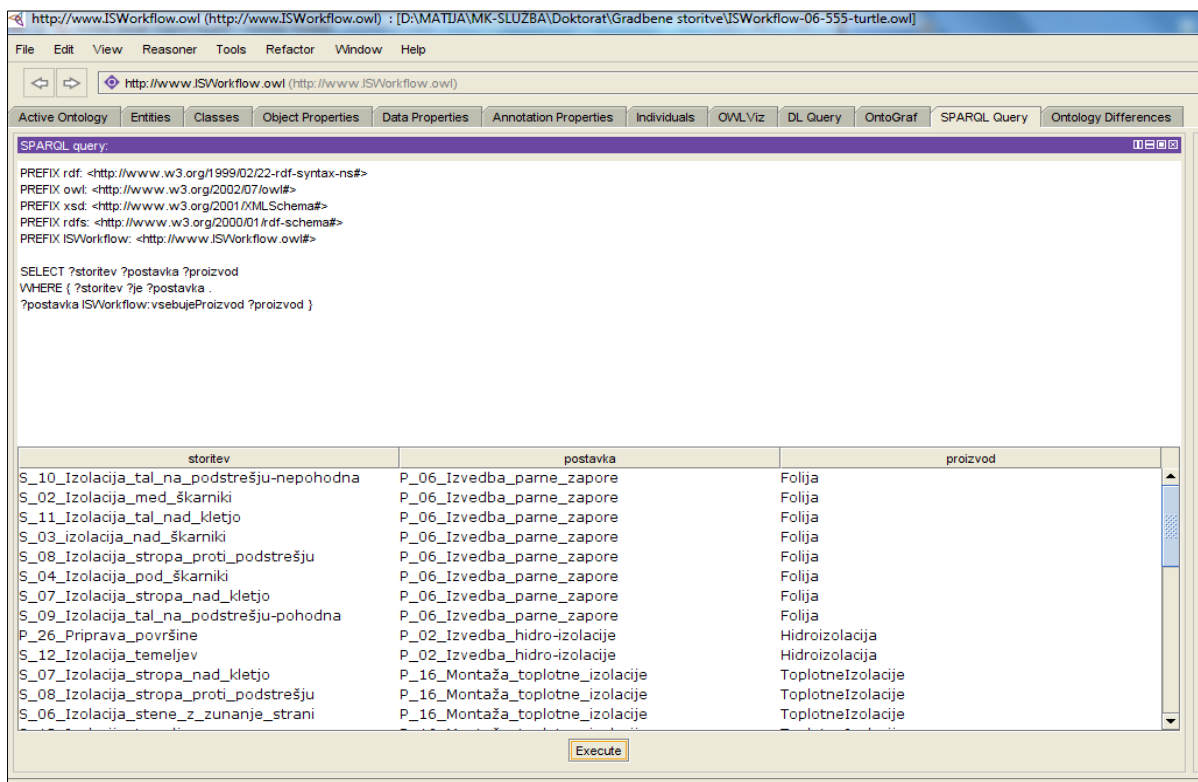
```

PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX ISWorkflow: <http://www.ISWorkflow.owl#>

SELECT ?storitev ?postavka ?proizvod
WHERE { ?storitev ?je ?postavka .
        ?postavka ISWorkflow:vsebujeProizvod ?proizvod }

```

Na sliki Slika 19 je viden rezultat izvedenega povpraševanja, ki nam vrne odnos med storitvami, postavko in proizvodom. Razvidno je, kateri proizvod pripada kateri postavki in katera postavka pripada kateri storitvi.



The screenshot shows a SPARQL query interface with the following query:

```
SPARQL query:
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX ISWorkflow: <http://www.ISWorkflow.owl#>

SELECT ?storitev ?postavka ?proizvod
WHERE {
  ?storitev ?je ?postavka .
  ?postavka ISWorkflow:vsebujeProizvod ?proizvod }

```

storitev	postavka	proizvod
S_10_Izolacija_tal_na_podstrešju-nepohodna	P_06_Izvedba_parne_zapore	Folija
S_02_Izolacija_med_škarniki	P_06_Izvedba_parne_zapore	Folija
S_11_Izolacija_tal_nad_kletjo	P_06_Izvedba_parne_zapore	Folija
S_03_izolacija_nad_škarniki	P_06_Izvedba_parne_zapore	Folija
S_08_Izolacija_stropa_proti_podstrešju	P_06_Izvedba_parne_zapore	Folija
S_04_Izolacija_pod_škarniki	P_06_Izvedba_parne_zapore	Folija
S_07_Izolacija_stropa_nad_kletjo	P_06_Izvedba_parne_zapore	Folija
S_09_Izolacija_tal_na_podstrešju-pohodna	P_06_Izvedba_parne_zapore	Folija
P_26_Priprava_površine	P_02_Izvedba_hidro-izolacije	Hidroizolacija
S_12_Izolacija_temeljev	P_02_Izvedba_hidro-izolacije	Hidroizolacija
S_07_Izolacija_stropa_nad_kletjo	P_16_Montaža_toplotne_izolacije	ToplotneIzolacije
S_08_Izolacija_stropa_proti_podstrešju	P_16_Montaža_toplotne_izolacije	ToplotneIzolacije
S_06_Izolacija_stene_z_zunanje_strani	P_16_Montaža_toplotne_izolacije	ToplotneIzolacije

**Slika 19: Storitve, postavke in proizvodi**  
**Figure 19: Services, items and products**

### 5.3.3 Preveritev lastnosti imaVrednost

Preverili smo tudi lastnost *imaVrednost*. Ta lastnost je pripisana primerkom iz razreda proizvodi, torej proizvodom. V spodnjem okviru je prikazano izvedeno povpraševanje, ki prikazuje proizvode, ki imajo podano vrednost potenciala za globalno segrevanje *imaVrednost\_GWP*. Povpraševanje naroča razporeditev vrednosti po velikosti.

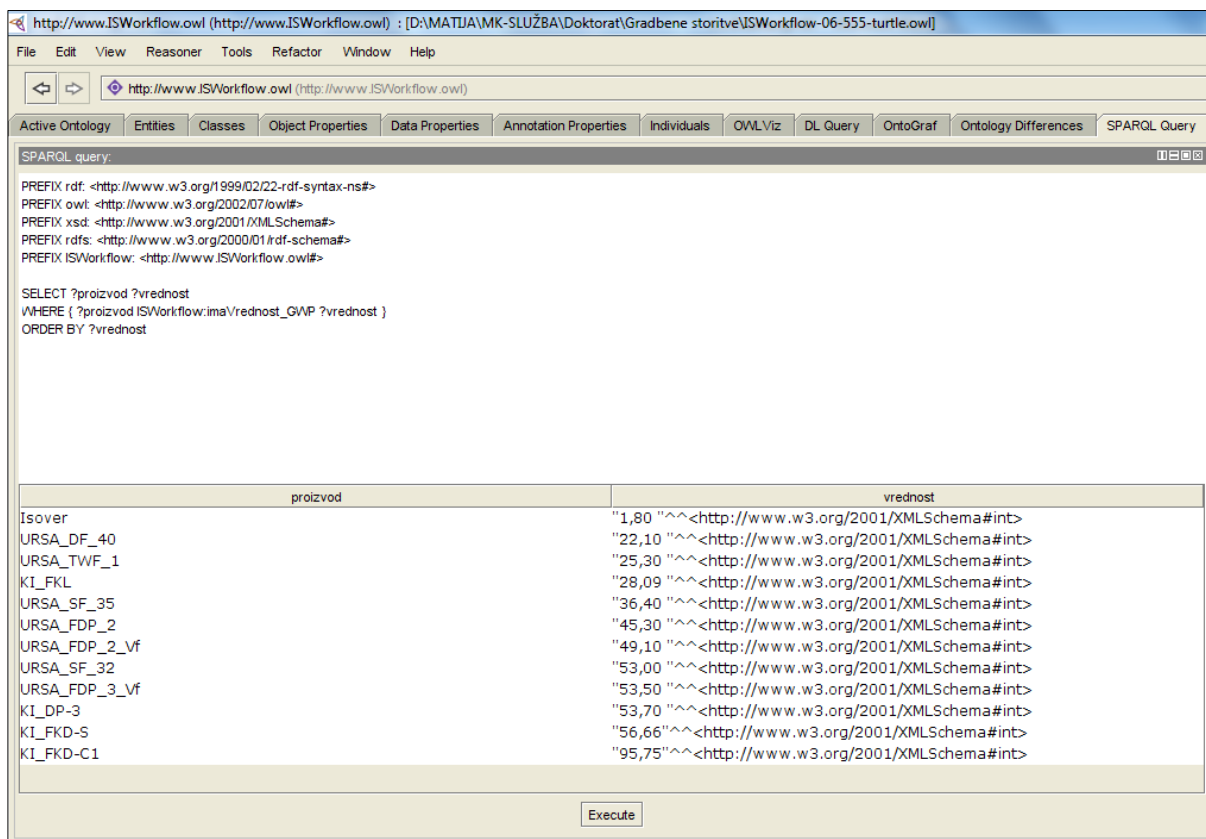
```

PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX ISWorkflow: <http://www.ISWorkflow.owl#>

SELECT ?proizvod ?vrednost
  WHERE { ?proizvod ISWorkflow:imaVrednost_GWP ?vrednost }
  ORDER BY ?vrednost

```

Slika 20 prikazuje rezultat izvedenega povpraševanja. Levi stolpec prikazuje proizvode, ki vsebujejo iskano lastnost in so razporejeni po velikosti te vrednosti. Ta preizkus kaže na pravilno urejenost lastnosti in vrednosti primerkov, kar je pomembno za pravilno delovanje sistema. Sicer pa je možnost urejanja podatkov po lastnostih in njihovih vrednostih praktična, ko uporabnik želi razporediti proizvode glede na neko vrednost, npr. glede na vrednost potenciala za globalno segrevanje.



proizvod	vrednost
Isover	"1,80"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int>
URSA_DF_40	"22,10"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int>
URSA_TWF_1	"25,30"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int>
KI_FKL	"28,09"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int>
URSA_SF_35	"36,40"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int>
URSA_FDP_2	"45,30"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int>
URSA_FDP_2_Vf	"49,10"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int>
URSA_SF_32	"53,00"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int>
URSA_FDP_3_Vf	"53,50"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int>
KI_DP-3	"53,70"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int>
KI_FKD-S	"56,66"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int>
KI_FKD-C1	"95,75"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int>

**Slika 20: Proizvodi in njihove vrednosti**

**Figure 20: Products and their values**

#### **5.3.4 Povzetek preveritve ontologije**

S preveritvijo ontologije smo se želeli prepričati, da je ontologija zgrajena načrtovano, torej, da so povezave, ki urejajo odnose med koncepti in primerki, pravilno določene.

Preveritve smo izvedli s poizvedbami SPARQL v programskem okolju Protégé, kjer je bila razvita predstavljena ontologija. Rezultati vrste izdelanih poizvedb (nekateri smo predstavili v tem poglavju) kažejo na ustrezno zgrajeno ontologijo, ki ponuja urejen sistem podatkov o konceptih, primerkih in njihovih medsebojnih odnosih.

## 6 ARHITEKTURA PROTOTIPA

Po izdelani analizi zahtev in specifikaciji sistema sledi načrtovanje informacijskega sistema. Na tej stopnji se določi funkcije, operacije in delovanje sistema. Natančno določimo vloge oziroma naloge posameznih komponent sistema in jih predstavimo z izdelavo različnih diagramov. Končni rezultat te razvojne stopnje je določitev funkcij, operacij in delovanja sistema na nivoju komponent in definicija strukture podatkov (Burbach, 1998).

V tem poglavju predstavljamo zasnovano arhitekturo informacijskega sistema, ki sledi izdelani analizi zahtev. Prav tako predstavljamo metodologijo delovanja informacijskega sistema, ki sledi definiranim zahtevam in enostavni uporabi.

### 6.1 ZASNOVA ARHITEKTURE PROTOTIPA INFORMACIJSKEGA SISTEMA

Zasnovan prototip informacijskega sistema deluje po principu odjemalec-strežnik in je zgrajen po principu trinivojske arhitekture.

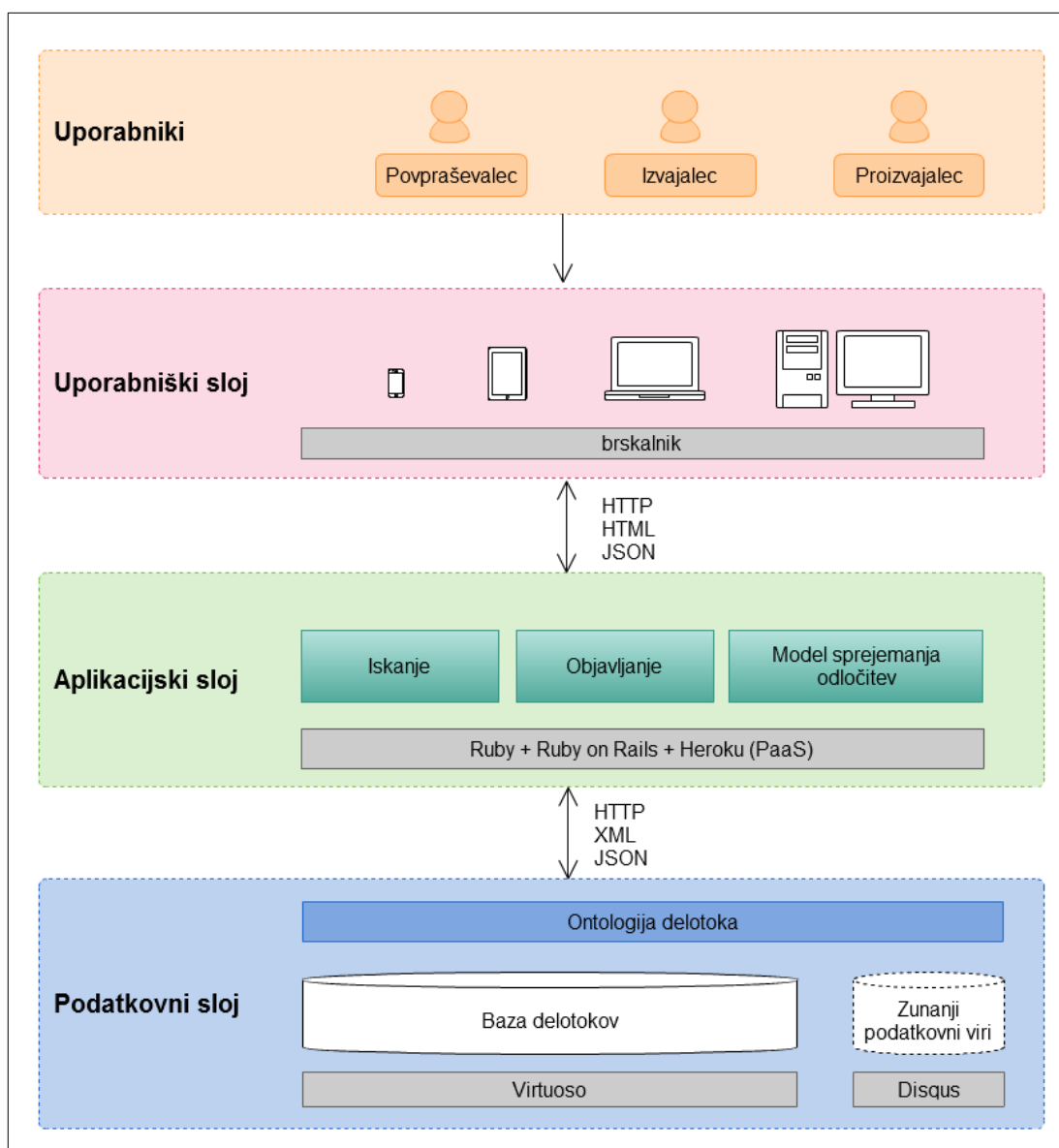
Za programske arhitekture vrste odjemalec-strežnik (angl. client-server) je značilno porazdeljeno izvajanje med odjemalcem, ki uporablja uporabniški vmesnik, in strežnikom, ki ureja poslovno logiko in določa komunikacijo s podatkovno bazo.

Za trinivojske arhitekture aplikacij je značilno, da je odjemalec razbremenjen procesiranja na svojem računalniku, kar naredi uporabniško izkušnjo bolj udobno. Celotno procesiranje in uporabo poslovne logike izvaja aplikacijski strežnik, ki komunicira s podatkovnim strežnikom, katerega naloga je preverjanje veljavnosti podatkov in nadzor nad vsemi dostopi do podatkov (Lončarić in sod., 2007).

Prednosti aplikacij, ki so osnovane na trinivojski arhitekturi, so visoka stopnja skalabilnosti, kar pomeni, da imamo lahko več aplikacijskih strežnikov, ki se dinamično uravnavajo. Dostop do podatkovne baze ureja zgolj povezava z aplikacijskim strežnikom, kar omogoča lažjo zamenjavo in nadgradnjo komponent sistema. Večja je možnost za ponovno uporabo istih programskih komponent in višja je njihova transparentnost. Boljša je integriteta podatkov, saj



vse spremembe potekajo skozi aplikacijski sloj, ki zagotavlja izvajanje dovoljenih sprememb. Zaradi dodatnega aplikacijskega nivoja je zagotovljena visoka stopnja varnosti podatkov (v primerjavi z nižjenivojskimi aplikacijami), kar zmanjšuje potrebo po redistribuciji aplikacij, saj lahko morebitne posodobitve poslovnih pravil izvajamo zgolj na aplikacijskem strežniku. Izboljšana je razpoložljivost aplikacije, saj imamo lahko podvojene aplikacijske in podatkovne strežnike, s čimer zmanjšamo verjetnost hkratne odpovedi sistema. Slabost trinivojskih aplikacij pa je predvsem večja kompleksnost izdelave aplikacij. Potrebna je vzpostavitev dvojne komunikacije, in sicer z uporabniškim in podatkovnim slojem. Slaba stran je tudi, da na trgu obstaja manj razvojnih orodij kot za nižjenivojske aplikacije, kar pa se iz leta v leto izboljšuje (Lončarić in sod., 2007).



**Slika 21: Arhitektura informacijskega sistema**  
**Figure 21: Architecture of information system**

Zbrane zahteve so bile koristne pri določitvi arhitekture informacijskega sistema, ki je predstavljena na sliki Slika 21, pri čemer uporabimo za prikazovanje njenih ključnih funkcij večslojni diagram. Ključne komponente sistema so opisane z uporabo pristopa od spodaj navzgor.

V našem primeru je arhitektura razvitega prototipa informacijskega sistema osnovana na principu trinivojske arhitekture, ki s povezavo z zunanjimi storitvami po pravilih storitveno usmerjene arhitekture dobiva dodatni nivo. Dodatni nivo se tvori v podatkovnem sloju, kjer se poleg hrambe podatkov izvaja tudi dostop do podatkov. Tu gre predvsem za storitev oddajanja komentarjev in ocen.

Izdelava arhitekture prototipa je potekala tako, da smo izdelali več modelov v različnih tehnologijah. Tako smo med drugim uporabili tehnologijo za razvoj aplikacij in sistemov za upravljanje z vsebino OntoWiki, ki je odprtokodni produkt projekta Lod2 (Tramp in sod., 2011). Sistem uporablja napreden sistem shranjevanja Virtuoso advanced RDF (Haslhofer in sod., 2011). Kljub vsem prednostim, ki jih tehnologija OntoWiki ponuja, ima tudi določene pomanjkljivosti, predvsem na področju interakcije z obstoječimi sistemi za upravljanje vsebine in znanj (Auer in sod., 2006). Zato smo se odločili, da za izdelavo prototipa uporabimo v nadaljevanju predstavljene tehnologije.

### **6.1.1 Podatkovni sloj**

Podatkovni nivo smo uredili z uporabo tehnologije podatkovnega hranjenja v podatkovni bazi Virtuoso. Virtuoso omogoča shranjevanje trojic, s katerimi definiramo odnose v ontologiji. Poizvedbe se izvršijo z ukazi SPARQL.

Na tem nivoju se poleg hrambe podatkov vzporedno tvori tudi nivo dostopa do podatkov, ki je dosežen z uporabo tehnologije Disqus. Disqus je spletna gostovalna storitev v obliki spletnega dnevnika za oddajanje ocen in komentarjev, ki uporablja mrežno platformo (Pyster in sod., 2012).

### **6.1.2 Aplikacijski sloj**

Aplikacijski strežnik je primer storitve, ki teče pri ponudniku oblačnega gostovanja Heroku (PaaS). Spletna platforma Heroku omogoča gostovanje aplikacij, napisanih v okolju Ruby in drugih. Tako postavljena aplikacija za delovanje ne potrebuje lastnega strežnika. Podjetje

Heroku je eno izmed prvih ponudnikov platforme v oblaku oziroma storitve oblakovnega računalništva PaaS (Merljak, 2009).

Aplikacija je napisana v programskem jeziku Ruby, njen nezamenljiv del pa je odprtokodna zbirka programskih knjižnic Ruby On Rails. Je odprtokoden in objektno orientiran jezik (Carneiro in sod., 2010). Aplikacijski strežnik kot vhod bere izvorno kodo, napisano v programskem jeziku Ruby in jo tolmači v (X)HTML, kar vrne kot izhod. Spletni brskalniki to prikažejo kot spletno stran.

Na tem nivoju smo implementirali tudi tehnologijo SendGrid, ki omogoča spletno gostovanje za storitev pošiljanja elektronske pošte individualnim uporabnikom ali listi uporabnikov (Yuan in Long, 2012). Storitev uporablja standardni protokol za prenos elektronske pošte (angl. Simple Mail Transfer Protocol, SMTP) (LaRoche in sod., 2011).

Za implementacijo programskih vložkov je mogoče uporabiti tehnologijo SPARQL Endpoint, ki je standard za poizvedovanje v bazi znanj, ustanovljen s strani konzorcija W3C.

### **6.1.3 Sloj uporabniškega vmesnika**

Spletna aplikacija se pri odjemalcu izvaja znotraj spletnega brskalnika. S tem je omogočena prenosljivost aplikacije na veliko število naprav. Čeprav se poslovna opravila večinoma izvajajo na nivoju aplikacijskega strežnika, se jih del izvaja tudi pri odjemalcu. V ta namen je bila uporabljena razvojna tehnika spletnega programiranja Ajax.

Ajax je skupina medsebojno povezanih razvojnih tehnik spletnega programiranja, uporabljenih za ustvarjanje interaktivnih spletnih aplikacij. Z Ajaxom lahko spletne aplikacije pridobivajo podatke s strežnika asinhrono v ozadju, brez potrebe po ponovnem nalaganju strani. Tako je mogoče tekoče in hitrejše spremljanje ter spreminjanje vsebine na spletni strani (Garret, 2005).

Informacije, vsebovane v skladišču na znanju temelječega RDF-ja, so kompleksne narave, saj je povezan s številnimi različnimi koncepti, kot so izdelki na eni strani in strokovne storitve na drugi strani. To zahteva splošen pristop k zasnovi končnih uporabniških vmesnikov za zagotovitev intuitivne raziskovalne zmogljivosti za končne uporabnike, ki niso strokovnjaki na področju informacijske tehnologije.

### **6.1.3.1 Usmerjeno iskanje**

Usmerjeno iskanje uporablja vnaprej določene razrede (npr. okna, vrata, stena, streha, tla) kot izhodišča za izgradnjo kompleksne definicije koncepta. To se doseže z omejitvami lastnosti vrednosti (npr. okno visoke energetske učinkovitosti). Na ta način je mogoče specifične vidike vnaprej določiti za različne strokovnjake in splošne uporabnike. Ko je uporabnik tako prijavljen v sistem, je znano njegovo interesno področje in se na podlagi tega vnaprej določijo vidiki, ki so zanj najbolj zanimivi. Tak primer lahko predstavlja nek arhitekt, ki pogosto išče okna, ki so najbolj primerna za določene tipe stavb. Usmerjeno iskanje omogoča filtriranje le tiste vrste oken, ki so povezana z npr. energijskim razredom A++ in izdelana iz ekoloških materialov.

## **6.2 MODEL SPREJEMANJA ODLOČITEV**

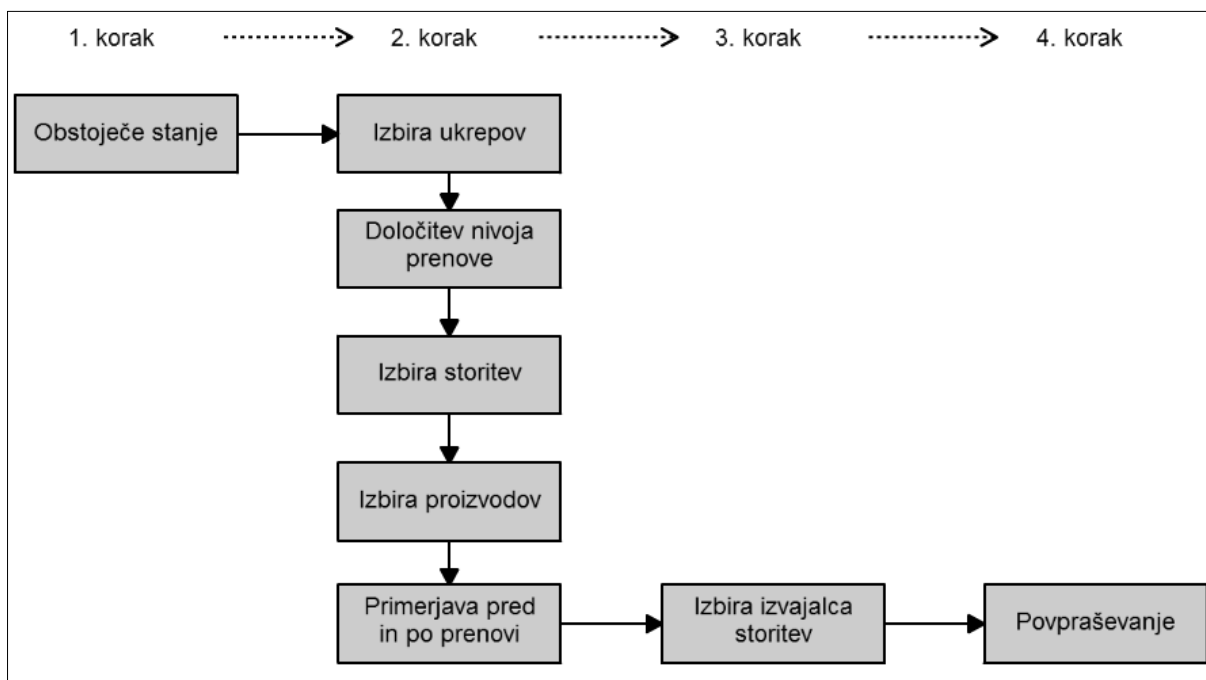
S predlaganim informacijskih sistemom želimo investitorjem izboljšati pregled nad razpoložljivimi proizvodi in pristopi k prenovi toplotnega ovoja stavbe, podjetjem (arhitektom, projektantom, izvajalcem in proizvajalcem) pa olajšati dostop do strank, njihovih zahtev in povpraševanj.

Delovanje sistema smo zasnovali tako, da temelji na postopku izdelave projekta prenove toplotnega ovoja za enodružinsko stavbo. Metodologija modela vsebuje več stopenj oziroma korakov, skozi katere uporabnik določi glavne lastnosti želene prenove.

Uporabnik začne z vnosom trenutnega stanja nekega konstrukcijskega sklopa ali elementa stavbe in nadaljuje preko izbire možnih ukrepov za izboljšanje ovoja stavbe. Aplikacija uporabniku tako ponudi določitev ukrepov na vseh konstrukcijskih sklopih: strehi, zunanji steni, oknih in temeljnih tleh (ali tal nad hladno kletjo). Ti ukrepi prenove so osnovani na podlagi priporočil za stroškovno upravičene izboljšave energetske učinkovitosti stavbe, določenih v Pravilniku o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb (Ur. l. RS, št. 77/2009 in spremembe: Ur. l. RS, št. 93/2012). Metodologija nato deli ukrepe na možne storitve, storitve pa nadalje na postavke. Na zadnji stopnji se uporabnik še odloči o izbiri izvajalca, kateremu je poslana specifikacija želene prenove. Na podlagi slednjega izvajalec pripravi ponudbo in jo posreduje uporabniku.

Metodologija modela je predstavljena na sliki Slika 22. Model je zasnovan tako, da uporabniku nudi enostavno, logično urejeno in pregledno sprejemanje odločitev. Vsak

posamezen korak oziroma stopnjo metodologije smo utemeljili in skrbno določili. Podrobnejši opis sledi v nadaljevanju.



Slika 22: Koraki metodologije modela za sprejemanje odločitev

Figure 22: Methodology steps of decision making model

### 6.2.1 Korak 1. Definiranje podatkov obstoječega stanja

V tem koraku uporabnik vnese lastnosti obstoječega stanja posameznega konstrukcijskega sklopa, npr. kateri materiali so uporabljeni, kakšne so njihove fizikalne lastnosti, debelina itd.

### 6.2.2 Korak 2. Določitev želene prenove

#### Izbira med predlaganimi ukrepi in določitev konkretnih storitev.

Uporabnik izbira med možnimi ukrepi. Odloči se, ali bo naredil analizo za vse konstrukcijske sklope, lahko pa tudi samo za posamezne oziroma najmanj enega. Na voljo ima streho, zunanjo steno, tla in okna.

#### Izbira nivoja želene prenove.

Uporabnik lahko izbere nivo želene prenove posameznega sklopa. Sistem mu ponuja naslednje nivoje: PURES, NEH, PH ali samostojen vnos podatkov. Prvi nivo zadovoljuje minimalne zakonske zahteve aktualnega pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah, drugi nivo sledi smernicam gradnje NEH in tretji PH.

**Izbira določenih storitev in določitev izbranih proizvodov.**

V tem koraku uporabnik izbira konkretne storitve. Če se torej odloči za ukrep na strehi, v tem koraku določi, da bo to npr. izolacija ostrešja z notranje strani. Nato lahko določi tudi proizvode, ki naj jih storitev vključuje, npr. toplotno izolacijo iz steklene volne proizvajalca URSA, ime proizvoda URSA RD 40, itd.

**Primerjava lastnosti konstrukcijskih sklopov pred in po izvedenih/izbranih ukrepih.**

Po izbiri storitev in proizvodov sistem prikaže lastnosti sklopa pred in po prenovi. Uporabnik vidi rezultat izdelane prenove in se lahko odloči za vrnitev korak nazaj in korekcijo vnosa, lahko pa nadaljuje na naslednji korak.

**6.2.3 Korak 3. Izbira izvajalcev storitev med predlaganimi podjetji**

Na tem mestu uporabnik izbere med možnimi izvajalci, ki izvajajo izbrane storitve. Pri tem se odloča o izbiri izvajalca glede na njegove reference, ocene in izkušnje predhodnih uporabnikov.

**6.2.4 Korak 4. Posredovanje povpraševanja možnim izvajalcem**

Uporabnik, ki izbere izvajalce, nato izvajalcem posreduje svoj kontakt in povpraševanje z vsemi podatki, zajetimi prek modela sprejemanja odločitev. Pozneje se na podlagi prejetih ponudb odloči za najprimernejšega izvajalca.

## 7 IMPLEMENTACIJA PROTOTIPA

V fazi implementacije uporabimo izbrana orodja za izdelavo in urejanje informacijskega sistema. Oblikujemo uporabniške vmesnike, izdelamo podatkovno bazo in vzpostavimo poslovno logiko, ki zagotavlja delovanje informacijskega sistema (Sukanović, 2012). Rezultat te stopnje je izdelan prototip informacijskega sistema, pripravljen za vsebinsko testiranje.

V tem poglavju predstavljamo graf uporabe informacijskega sistema delotokov, glavne koncepte njegovih uporabnikov, izdelan prototip in v zaključku poglavja definiramo predpostavke, ki jih prototip povzema za preprečitev nastanka negativnih oziroma napačnih rešitev kot posledice uporabe le-tega.

### 7.1 UPORABA INFORMACIJSKEGA SISTEMA DELOTOKOV

Slika 23 predstavlja glavne koncepte uporabe informacijskega sistema delotokov s predstavitvijo grafa primerov uporabe.

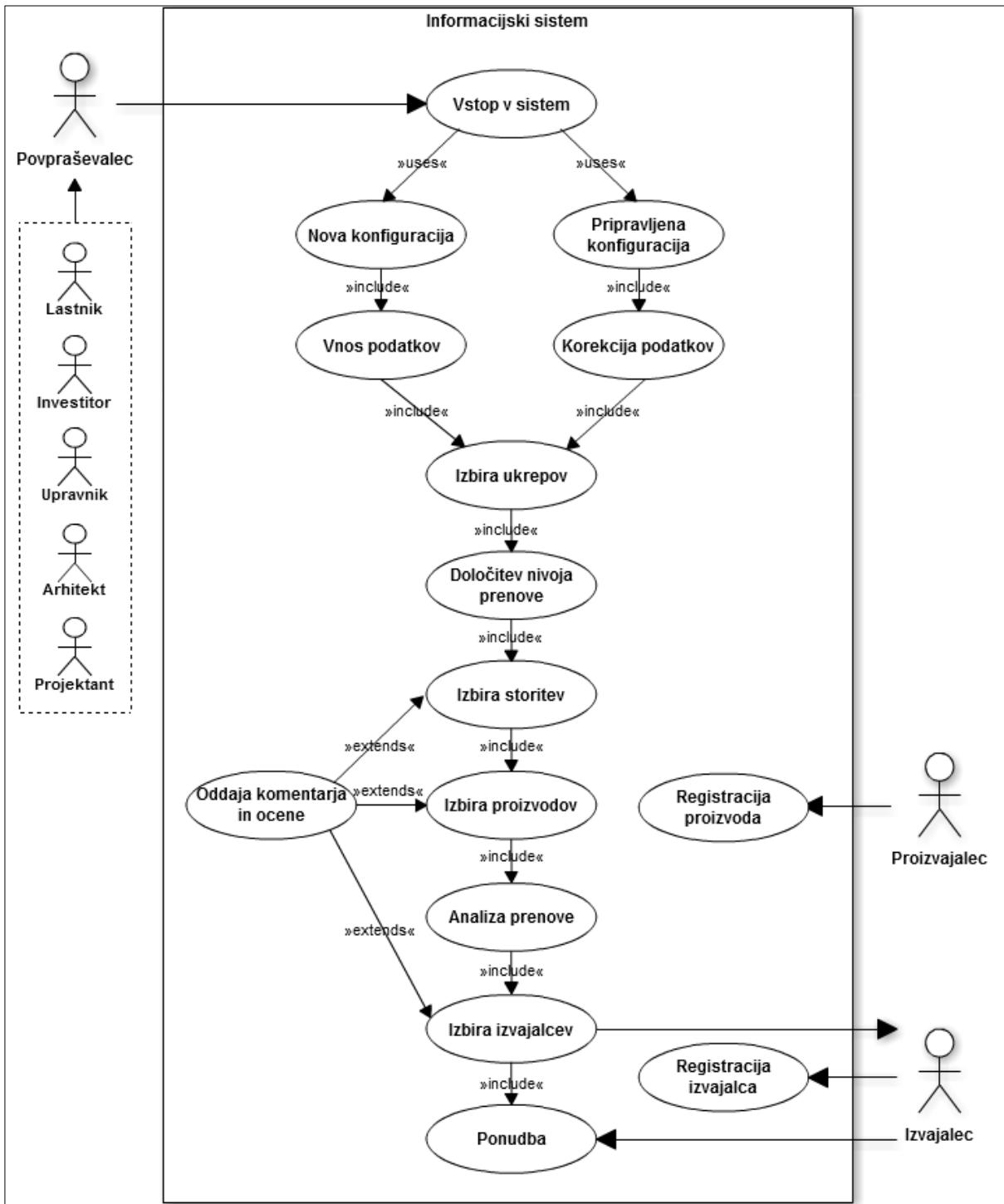
Glavni koncepti so nato konkretnije predstavljeni v sledečih podpoglavjih, ki prikazujejo tudi vidno stran izdelanega prototipa oziroma uporabniški vmesnik spletne aplikacije ENTRAdom. Koncepti so bili vgrajeni v aplikacijo z uporabo različnih tehnologij.

Določili smo tri koncepte uporabnikov, in sicer: povpraševalce, izvajalce in proizvajalce, ter razvili njihovim potrebam prilagojene uporabniške vmesnike.

Prva skupina uporabnikov so t. i. povpraševalci. To so lahko lastniki ali upravniki stavb, investitorji ali arhitekti in inženirji, ki iščejo ponudbe za izvedbo določenih rešitev za svoje stranke. Te končne uporabnike zanimajo predvsem možnosti pristopov, izbire primernih proizvodov in izvajalcev ter pridobitev več konkurenčnih ponudb za prenovo njihove stavbe.

Druga skupina so t. i. izvajalci oziroma podjetja, izvajalci gradbenih del, ki ponujajo svoje usluge na trgu. Te končne uporabnike zanima pridobivanje povpraševanj in naročil ter povratnih informacij s strani trga – povpraševalcev.

Tretja skupina končnih uporabnikov je skupina t. i. proizvajalcev. To so podjetja, ki izdelujejo proizvode za gradbeni trg in želijo vidnost svojih proizvodov in pridobitev povratnih informacij o le-teh.



Slika 23: Primeri uporabe sistema delotokov

Figure 23: Workflow system use cases



## 7.2 UPORABNIŠKI VMESNIKI PROTOTIPA

Kot že omenjeno, je informacijski sistem delotokov namenjen različnim končnim uporabnikom z različnimi potrebami. V prejšnjem poglavju smo predstavili tri skupine končnih uporabnikov, v nadaljevanju pa predstavljamo uporabniške vmesnike za posamezno skupino uporabnikov.

Vizualni del sistema je spletna aplikacija ENTRAdom, ki je postavljena na spletni platformi Heroku. Uvodna stran aplikacije je vidna na sliki Slika 24.



**Slika 24: Uvodna stran informacijskega sistema**

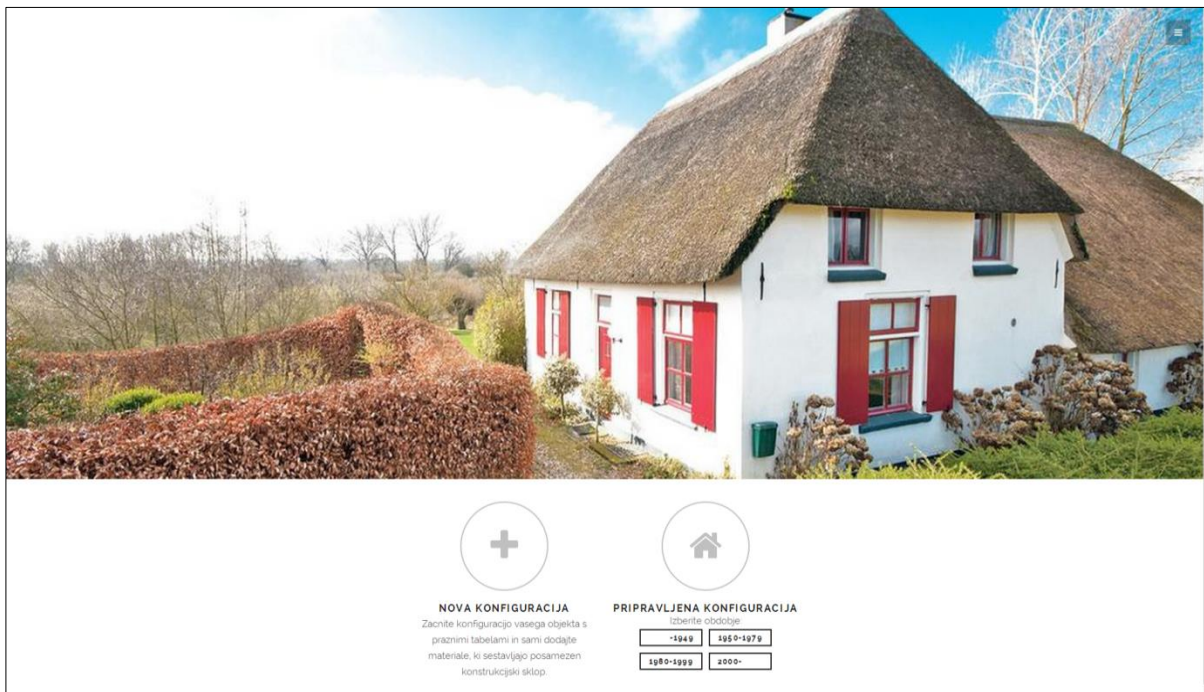
**Figure 24: Entrance page of the information system**

### 7.2.1 Uporabniški vmesnik za izdelavo prenove stavbe

Uporabniški vmesnik za povpraševalce ima vgrajen model sprejemanja odločitev, ki uporabnika vodi in informacijsko podpira skozi posamezen korak in tako omogoča uporabniku postopno in informacijsko polno sprejemanje odločitev o prenovi ovojne stavbe.

Na tem mestu se uporabnik povpraševalec odloči, ali začne vnos podatkov v sistem z načinom *nova konfiguracija* (vnos v prazna okna) ali pa uporabi *pripravljeno konfiguracijo*, ki glede na obdobje izgradnje njegove stavbe predpripravi lastnosti konstrukcijskih sklopov

stavbe, značilne za izbrano obdobje in jih uporabnik skozi korake zgolj še dopolni oziroma popravi (Slika 25).

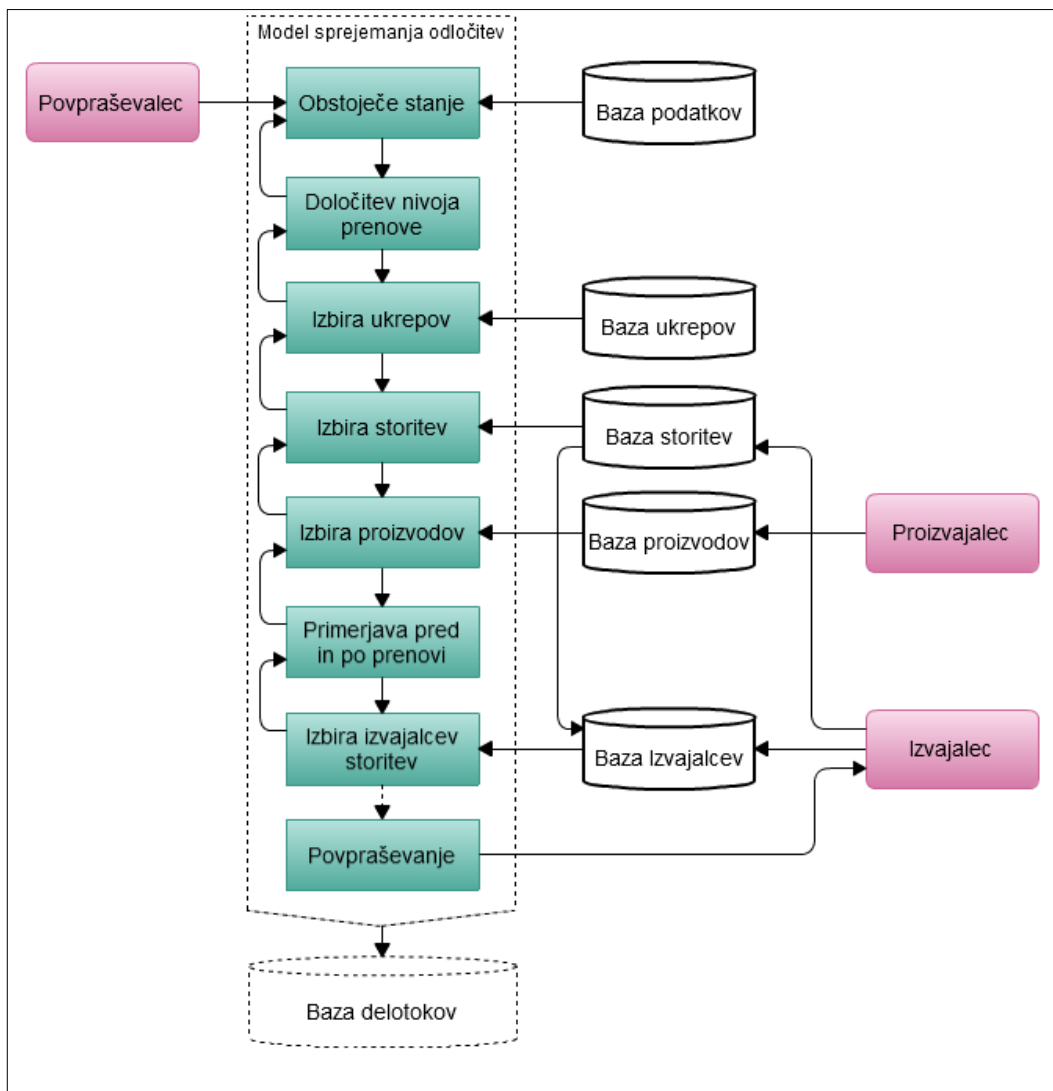


**Slika 25: Uporabniški vmesnik za izdelavo prenove stavbe**

**Figure 25: User interface for building renovation design**

Sicer pa je uporabniški vmesnik za izdelavo prenove stavbe zastavljen tako, da uporabnika vodi po zaporedju prej določenih korakov, ki predstavljajo smiselno zaporedje vnosa podatkov in izvajajo podporo odločanja. Sistem sprejemanja odločitev deluje na podlagi v informacijski sistem vgrajenega modela sprejemanja odločitev. Na sliki Slika 26 prikazujemo zaporedje korakov, ki so podrobneje predstavljeni v nadaljevanju.

Model sprejemanja odločitev je vgrajen v informacijski sistem tako, da je na posameznih korakih sprejemanja odločitev podprt s potrebnimi informacijami. Delovanje v sistem vgrajenega sistema je podrobneje predstavljeno v naslednjih razdelkih.



Slika 26: Delovanje modela za sprejemanje odločitev

Figure 26: Operation of the decision making model

### 7.2.1.1 Vnos podatkov

V prvem koraku uporabnik najprej izbere in vnese podatke o *obstojećem stanju* konstrukcijskih sklopov (Slika 27). Uporabnik se lahko odloči, da v svoji prenovi vključi en konstrukcijski sklop, lahko pa vključi vse, ki jih informacijski sistem ponuja (streha, zunanja stena, okna in tla). Najprej v orodni vrstici izbere konstrukcijski sklop, za katerega želi določiti podatke. Sestavo zaporedja slojev materialov v posameznem konstrukcijskem sklopu izvede z uporabo ukaza *dodaj material*. Ko je posamezen material dodan, vnese tudi njegovo debelino. V orodni vrstici so mu na voljo še ukazi *ponastavi sklop*, *ponastavi vse* in *pomoč*. Na podlagi izbranih materialov se izračuna toplotna prehodnost sklopa, ki se izpiše pod njimi (glej rdeč okvir). Uporabnik nato vnese še površino obravnavanega konstrukcijskega sklopa.

1. KORAK  
**KONSTRUKCIJSKI SKLOPI**

**IZBERI SKLOP**

- > Streha
- > Zunanja stena
- > Tla
- > Okna

---

- + dodaj material
- ✕ ponastavi sklop
- ! ponastavi vse
- ? pomoč

	Naziv	Kategorija	Vrednost $\lambda$	Debelina d	Vrednost R	
	Ekstrudiran polistiren	Toplotne izolacije	0.035	10	2.86	✕
	Armirani beton	Zidovi	2.04	20	0.147	✕
	Cementna malta	Malte	1.40	1	0.221	✕

Debelina sklopa: 31 cm  
 Toplotna prehodnost sklopa: 0.310 W/m<sup>2</sup>K  
 Povrsina sklopa: 100 m<sup>2</sup>

Izračun toplotne prehodnosti za izbrano skupino materialov

Slika 27: Vnos podatkov o obstoječih konstrukcijskih sklopih

Figure 27: Data entry for the existing construction kits

### 7.2.1.2 Izbira ukrepov, določitev nivoja prenove, izbira storitev, izbira proizvodov in primerjava konstrukcijskega sklopa pred in po prenovi

V drugem koraku uporabnik najprej izbere posamezen ukrep na konstrukcijskem sklopu, ki ga zanima (Slika 28). Po izbranem ukrepu (npr. Toplotna zaščita zunanjih sten), se odloči za konkretno storitev (npr. Dodatna izolacija sten z zunanje strani).

2. KORAK  
**IZBIRA UKREPA**

**IZBERI SKLOP**

- > Streha
- > Zunanja stena
- > Tla
- > Okna
- > Ostalo

---

- 🔍 izberi material
- ✕ ponastavi sklop
- ! ponastavi vse
- ? pomoc

▼ OSNOVNO STANJE  
 Konstrukcijski sklop zunanja stena ima toplotno prehodnost 0.281 W/m<sup>2</sup>K.  
 > Ne ustreza zahtevam po zakonu PURES-2:  $U < 0.28 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 > Ne ustreza zahtevam nizko energijske hiše:  $U < 0.19 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 > Ne ustreza zahtevam pasivne hiše:  $U < 0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$

▼ UKREPI  
**TOPLOTNA ZASČITA ZUNANJIH STEN**  
 Dodatna izolacija stene z zunanje - fasadni sistem - F1  
 Dodatna izolacija stene z notranje strani - F2

▼ NOVO STANJE  
**IZBRAN MATERIAL**  
 > Toplotna izolacija URSA FDP 2,  $\lambda = 0.035 \text{ W/mK}$

V seznamu spodaj je navedena debelina izbranega materiala, da boste dosegli ustrezen nivo energetske učinkovitosti:

> zakon PURES-2:  $U < 0.28 \text{ W/m}^2\text{K}$  - **1cm**  
 > zahteve nizko energijske hiše:  $U < 0.19 \text{ W/m}^2\text{K}$  - **7cm**  
 > zahteve pasivne hiše:  $U < 0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$  - **18cm**

Slika 28: Izbira ukrepov, storitev in proizvodov

Figure 28: Selection of measures, services and products



Po izbrani storitvi izbere proizvode, ki naj jih storitev vključuje. Na tem koraku informacijski sistem uporabniku omogoča napredno brskanje po bazi proizvodov z uporabo različnih filtrov, ki omogočajo uporabniku pregledno in informacijsko polno sprejemanje odločitev (Slika 29).

2. KORAK  
IZBIRA TOPLOTNE IZOLACIJE

	Naziv	Tip	Vrednost $\lambda$	Gostota	Spec. toplota	+
	URSA DF 40	Steklena volna	0.040	18	1030	+
	URSA FDP 2 Vf	Steklena volna	0.035	18	1030	+
	URSA FDP 2	Steklena volna	0.035	18	1030	+
	URSA FDP 3 Vf	Steklena volna	0.034	18	1030	+
	URSA SF 32	Steklena volna	0.032	18	1030	+
	URSA SF 35	Steklena volna	0.035	18	1030	+
	URSA TWF 1	Steklena volna	0.040	18	1030	+

Prikazujem vnose 1 - 7 od skupno 18 Prejsnja Naslednja

Slika 29: Brskanje po bazi proizvodov

Figure 29: Browsing through the database of products

### 7.2.1.3 Izbira izvajalca storitev

Uporabnik v prejšnjih korakih določi obstoječe stanje obravnavanih konstrukcijskih sklopov in z določitvijo prenove tudi novo stanje le-teh. Po določitvi konkretnih storitev in izbiri proizvodov nato uporabnik izbere med predlaganimi oziroma možnimi izvajalci storitev (glede na izbrane storitve), katerim naj sistem pošlje povpraševanje (Slika 30).

3. KORAK  
**IZBIRA IZVAJALCEV**

**STORITVE**

F1  F2  K1  
 K2  M1  M2  
 M3  M4  O1  
 O2  S1  S2  
 S3  S4  S5  
 S6

**IZVAJALEC NUDI**

> vsaj eno  
> vse storitve

→ pošlji povpraševanje  
↻ ponastavi filter  
! ponastavi vse  
? pomoč

		Naziv	Naslov	Telefon	eMail	<input checked="" type="checkbox"/>
		komentar ★ ocena → vec	Habat d.o.o.	mapa	051 371 300	<input type="checkbox"/>
		komentar ★ ocena → vec	Demir gradnje d.o.o.			<input type="checkbox"/>
		komentar ★ ocena → vec	GMG Peter Žula d.o.o.			<input type="checkbox"/>
		komentar ★ ocena → vec	Smedex gradbeništvo d.o.o.			<input type="checkbox"/>
		komentar ★ ocena → vec	KALKO GRAD gradbeništvo d.o.o.	mapa	051 805 156	<input type="checkbox"/>

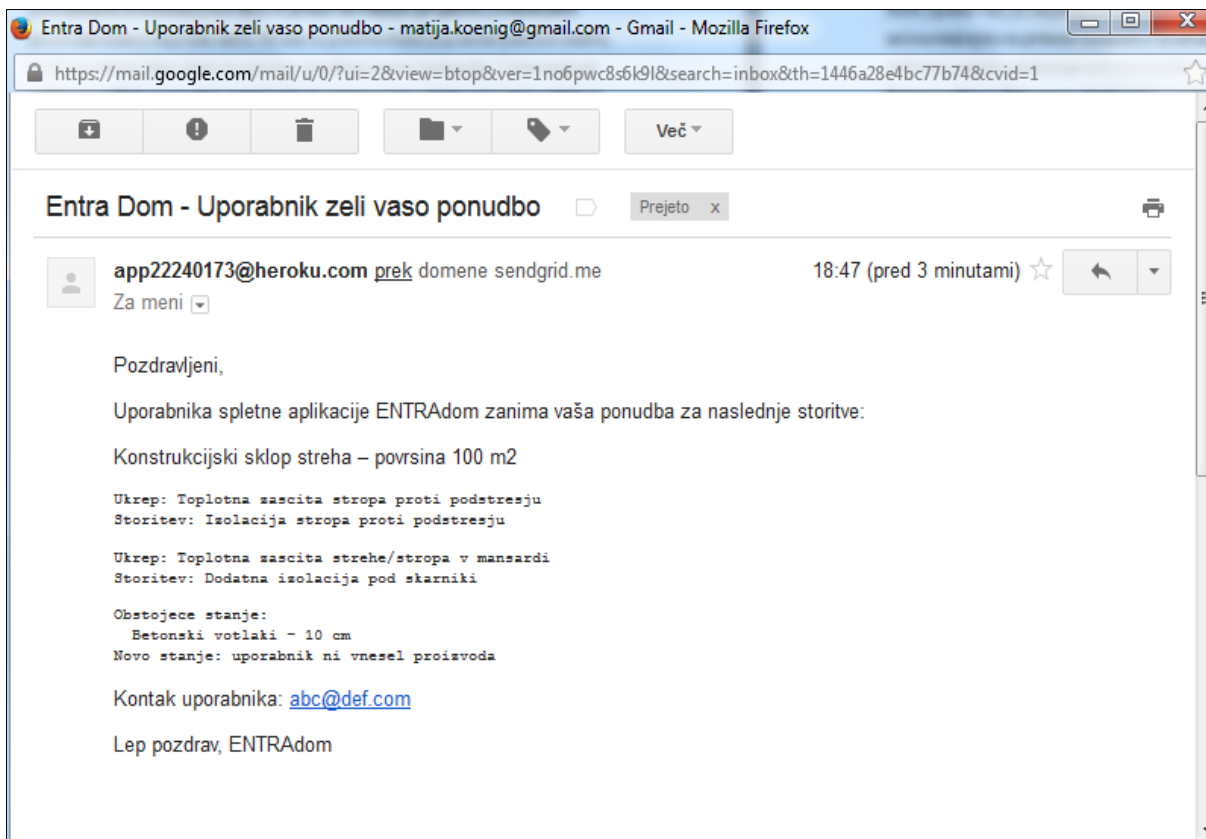
Prikazujem vnose 1 - 5 od skupno 5 - filtrirano od vseh 8 vnosov Prejsnja Naslednja

fgg @ 2014

Slika 30: Izbira izvajalca storitve

Figure 30: Selection of the service provider

Uporabniku je poleg vseh kontaktnih podatkov izbranega podjetja na voljo tudi storitev google.maps, kjer je na zemljevidu vidna lokacija posameznega podjetja. Koristna pa je možnost vpogleda v *ocene* in *komentarje* posameznega izvajalca, kjer so vidne objave vseh uporabnikov. Oddajanje ocen in komentarjev se vrši preko spletne storitve Disqus. Uporabnik nato na levi strani vnese svoj elektronski naslov in s klikom na ukaz *pošlji povpraševanje* izbranim izvajalcem pošlje povpraševanje na njihov elektronski naslov, ki ga na podlagi vnesenih zahtev skozi model sprejemanja odločitev izdela informacijski sistem (Slika 31). Pošiljanje elektronske pošte se vrši preko uporabe spletne storitve SendGrid, ki smo jo implementirali v prototip informacijskega sistema.



**Slika 31: Primer elektorskega sporočila povpraševanja**

**Figure 31: An example of inquiry e-mail**

#### **7.2.1.4 Izbira najprimernejšega ponudnika**

Rezultat povpraševanja je okvirna ponudba oziroma predračun za izvedbo storitev. Tako ima uporabnik možnost pridobiti večje število ponudb za ista dela na enem mestu z eno potezo. Na podlagi pridobljenih ponudb pa se uporabnik lažje in pregledneje odloči za izbiro najprimernejšega izvajalca.

#### **7.2.2 Uporabniški vmesnik za izvajalce**

Pomemben interes podjetij, ki izvajajo gradbene storitve, je izboljšanje njihove vidnosti na tržišču, saj lahko le tako pridobijo nove stranke. Prav tako pa so jim pomembne tudi povratne informacije in druga mnenja, ki jih lahko pridobijo preko predstavljenega informacijskega sistema. Ponudniki gradbenih proizvodov in storitev imajo torej poslovni interes za vpis v podatkovno zbirko, ki je predmet tega dela. Na sliki Slika 32 prikazujemo vmesnik za vnos podatkov izvajalskega podjetja in področja storitev, ki jih ponujajo.

<

## VNOS IZVAJALCA

**OSNOVNI PODATKI**

Naziv:

Naslov:

eMail:

Telefon:

www:

bizi.si:

Logotip:

**REGIJA**

- 01 -Notranjska regija
- 02 -Štajerska, koroška in prekmurska regija
- 03 -Štajersko-savinjska regija
- 04 -Gorenjska regija
- 05 -Primorska regija
- 07 -Dolenjska regija

**STORITVE**

**STREHA**

- S1 - Izolacija stropa proti podstresju
- S2 - Izolacija tal na podstresju - pohodna
- S3 - Izolacija tal na podstresju - nepohodna
- S4 - Izolacija prostora med skarniki
- S5 - Dodatna izolacija pod skarniki
- S6 - Dodatna izolacija nad skarniki

**ZUNANJA STENA**

- F1 - Dodatna izolacija stene z zunanje - fasadni sistem
- F2 - Dodatna izolacija stene z notranje strani

**TLA**

- K1 - Izolacija stropa nad kletjo
- K2 - Izolacija tal nad kletjo

**OKNA**

- O1 - Montaza novih oken
- O2 - Zamenjava zasteklitve

**OSTALO**

- M1 - Izolacija balkonskih konzol
- M2 - Izolacija temeljev
- M3 - Menjava tesnil na oknih
- M4 - Zatesnjenje stikov met oknom in konstrukcijo

> REFERENCE

> CERTIFIKATI

**Slika 32: Uporabniški vmesnik za registracijo izvajalskega podjetja**

**Figure 32: The user interface for the service providers registration**

### 7.2.3 Uporabniški vmesnik za proizvajalce

Podjetja, ki proizvajajo razne proizvode za gradbeni trg, želijo čim večjo vidnost svojih proizvodov. Vmesnik je zasnovan tako, da proizvajalci končnim uporabnikom ponudijo čim več informacij o svojih proizvodih. Informacijski sistem daje proizvajalcem možnost, da poleg vnosa klasičnih oziroma fizikalnih lastnosti proizvodov vnesejo tudi informacije o trajnostnih indikatorjih posameznih proizvodov (Slika 33). Tako imajo uporabniki informacijskega sistema na voljo tudi informacije o trajnostnem vidiku proizvodov in možnost, da se odločajo tudi na podlagi tega kriterija.



**DODAJ PROIZVOD**

**DODAJ**

- > Toplotna izolacija
- > Parna ovira
- > Fasadni omet
- > Malta
- > Talna obloga
- > Mavčno-kartonska plošča
- > Okno

**PROIZVAJALEC**

Naziv podjetja:  
Naslov:  
Telefonska številka:  
eMail naslov:  
Spletna stran:

**PROIZVOD**

Naziv proizvoda:

× ponastavi  
← nazaj  
? pomoc

Fizikalne lastnosti | **Indikatorji okoljskih vplivov** | Indikatorji rabe surovin  
Indikatorji za dodatno okoljsko informacijo | Indikatorji izhodnih tokov iz sistema

Potencial globalnega segrevanja:	kg CO2 ekviv.
Potencial razgradnje ozona:	kg CFC 11 ekviv.
Acidifikacija zemlje in vode:	kg SO2 ekviv.
Potencial evtrofikacije:	kg (PO4)3 ekviv.
Potencial fotokemičnega nastanka ozona:	kg C2H4 ekviv.
Izraba abiotskih (naravnih) virov - surovin:	kg Pb ekviv.
Izraba abiotskih (naravnih) virov - fosilnih goriv:	MJ

fgg @ 2014

Slika 33: Uporabniški vmesnik za vnos proizvodov

Figure 33: The user interface for entry of the products information

### 7.3 PREDPOSTAVKE PROTOTIPA

Razviti prototip omogoča različnim deležnikom na gradbenem področju dostop do informacij, ki so potrebne pri načrtovanju prenove stavbe. Poleg tega pa omogoča podjetjem na gradbenem trgu njihovo lastno promocijo preko objave storitev in proizvodov, ki jih ponujajo.

Predpostavke, ki jih prototip zajema, zadevajo področje obstoječega stanja konstrukcije in reševanje detajlov načrtovane prenove. Predpostavki prototipa informacijskega sistema delotokov sta naslednji:

- Ustreznost nosilne konstrukcije

Prototip informacijskega sistema predpostavlja, da je pred začetkom planiranja prenove preverjeno stanje nosilne konstrukcije stavbe s strani usposobljenega strokovnjaka. V kolikor analiza konstrukcije pokaže nepravilnosti oziroma nevarnosti porušitve, je najprej potrebna izvedba in zagotovitev ustrezne nosilnosti konstrukcije.

- Rešitev detajlov načrtovane prenove

Informacijski sistem delotokov predpostavlja, da rešitve načrtovane prenove na nivoju detajlov naknadno izdelata arhitekt ali gradbeni projektant, ki določi najustreznejše rešitve na nivoju stikov med posameznimi konstrukcijskimi sklopi. To je zelo pomembno, saj napačno reševanje detajlov občutno zmanjšuje učinkovitost načrtovane prenove in njeno finančno upravičenost.

## 8 VALIDACIJA

Na zadnji stopnji razvoja informacijskega sistema delotokov je na vrsti validacija prototipnega sistema. Tu se preizkusi pravilnost delovanja pri njegovi uporabi. Namen validacije je potrditev pravilnega delovanja in odkrivanje morebitnih napak, ki jih je treba odpraviti. Ko so napake odpravljene in informacijski sistem deluje, kot je bilo načrtovano, je ta stopnja zaključena. Končni rezultat je dodelana verzija oziroma prototip informacijskega sistema, ki je pripravljen za uporabo s strani končnih uporabnikov.

V tem poglavju predstavljamo izdelano validacijo informacijskega sistema, kjer povzemamo preveritev konceptov, analizo zastavljene arhitekture in ugotovitve izdelane raziskave pri končnih uporabnikih.

### 8.1 VALIDACIJA PROTOTIPNEGA SISTEMA

Validacija je pomemben korak v razvoju informacijskega sistema. Obravnava veljavnost in pravilnost izdelanega sistema v skladu s specificiranimi zahtevami informacijskega sistema. Validacija torej preiskuje, ali razviti prototip ustreza zahtevam, ki so bile določene v fazi inicializacije.

Validacijo smo zastavili tako, da zajema širše področje razvitega prototipa informacijskega sistema. Vsak sistem, ki je razvit za pomoč uporabniku pri sprejemanju določitev, mora biti validiran s strani glavnih vidikov (Hastak, 1998). V našem primeru smo razviti prototip obravnavali v zvezi z naslednjimi vidiki:

- uporabnost – preveritev uporabnosti predlaganega koncepta za končne uporabnike; preveritev glavnih konceptov uporabe oziroma analiza scenarijev uporabe,
- arhitektura sistema – preveritev se nanaša na sam razvoj prototipa glede na specificirane funkcionalne zahteve; preveritev z izvedbo analize SWOT,
- uporabniški vmesnik – preverjanje se nanaša na doprinos informacijskega sistema oziroma uporabniškega vmesnika za končnega uporabnika. Preveritev je izdelana z raziskavo pri uporabnikih.

Koncepte uporabe informacijskega sistema smo preverili z izdelavo uporabniških scenarijev. Tehnično ustreznost prototipa smo preverili z izdelavo analize SWOT zasnovane arhitekture le-tega. Doprinos in uporabnost prototipa smo končno preverili z izvedbo raziskave pri končnih uporabnikih. Podrobnejši opis naštetega sledi v naslednjih podpoglavjih.

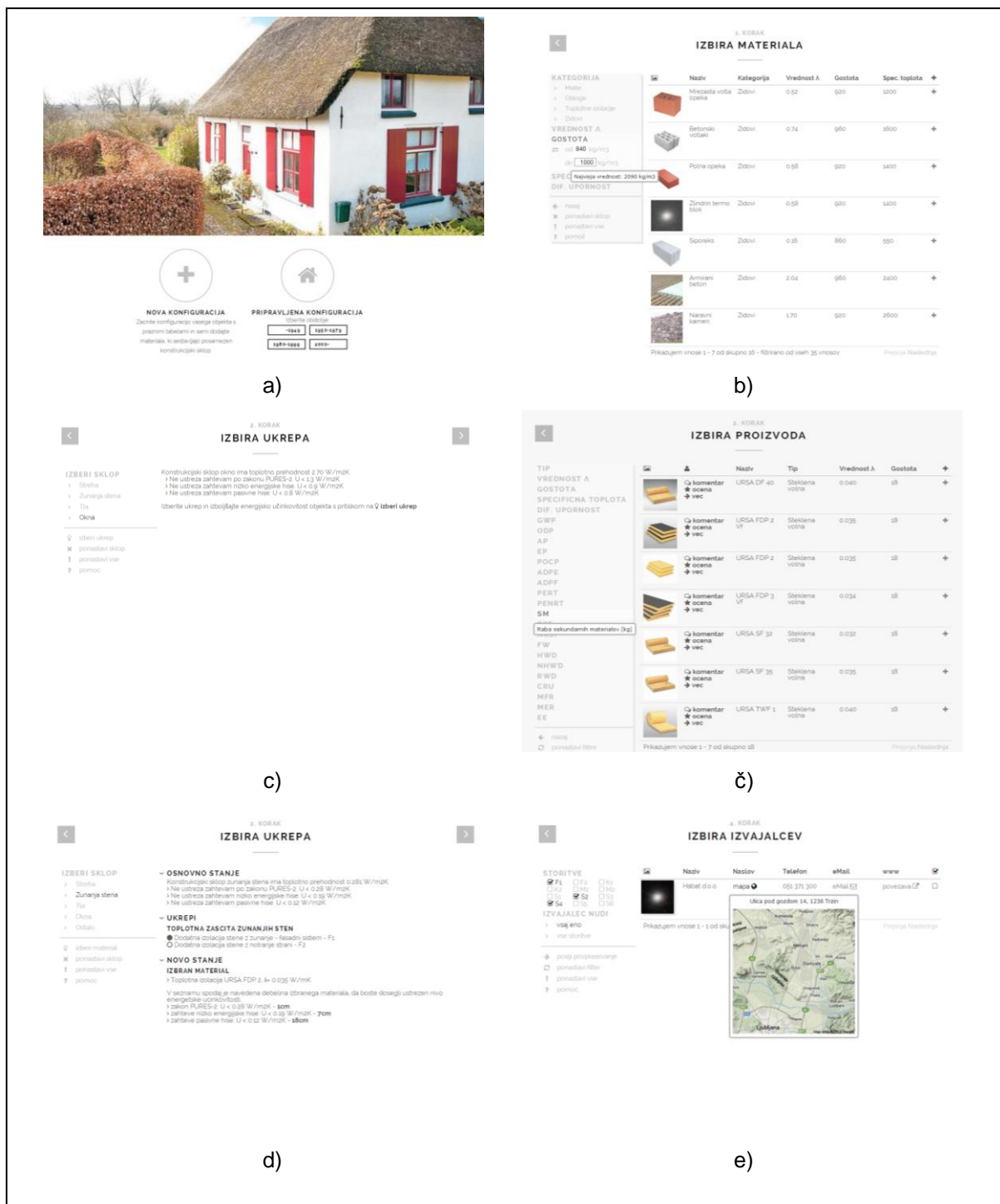
### **8.1.1 PREIZKUS KONCEPTOV UPORABE INFORMACIJSKEGA SISTEMA**

V poglavju 7.1, Uporaba informacijskega sistema delotokov, smo predstavili primere uporabe informacijskega sistema, in sicer z grafom primerov uporabe (Slika 23). V tem poglavju pa predstavljamo analizo možnih scenarijev uporabe informacijskega sistema. Predstavljamo uporabniške scenarije za tri posamezne skupine uporabnikov: povpraševalce, izvajalce in proizvajalce.

#### ***8.1.1.1 Uporabniški scenarij: povpraševalec***

Janez Novak je lastnik enodružinske stavbe v okolici Ljubljane. Stavba je bila zgrajena v sedemdesetih letih in ni bila deležna nikakršne prenove na toplotnem ovoju stavbe. Janez se zaveda, da so stroški ogrevanja in hlajenja stavbe vedno višji, zato se odloči za prenovo toplotnega ovoja, s čimer bi zmanjšal potrebe stavbe po ogrevanju pozimi in hlajenju poleti.

Od prijatelja je izvedel za spletno aplikacijo ENTRAdom (Energetska in trajnostna prenova doma), ki uporabnika vodi skozi proces sprejemanja odločitev o prenovi stavbe. Aplikacija je narejena tako, da uporabnik sprejema odločitve korak za korakom, najprej bolj splošne opredelitve prenove, nato konkretne, kot npr. o izbiri ukrepov, storitev in proizvodov za posamezen konstrukcijski sklop.



Slika 34: Uporabniški scenarij: povpraševalec: a) povezava z aplikacijo ENTRAdom, b) vnos podatkov o obstoječem konstrukcijskem sklopu, c) izbira ukrepa in storitve, č) izbira proizvodov, d) pregled definirane prenovе, e) izbira izvajalcev storitev in oddaja povpraševanja;

Figure 34: User scenario: The inquirer: a) connection with the application ENTRAdom, b) data entry for existing construction sections, c) measure and service selection, č) products selection, d) defined renovations overview, e) service providers selection and inquiry submission;

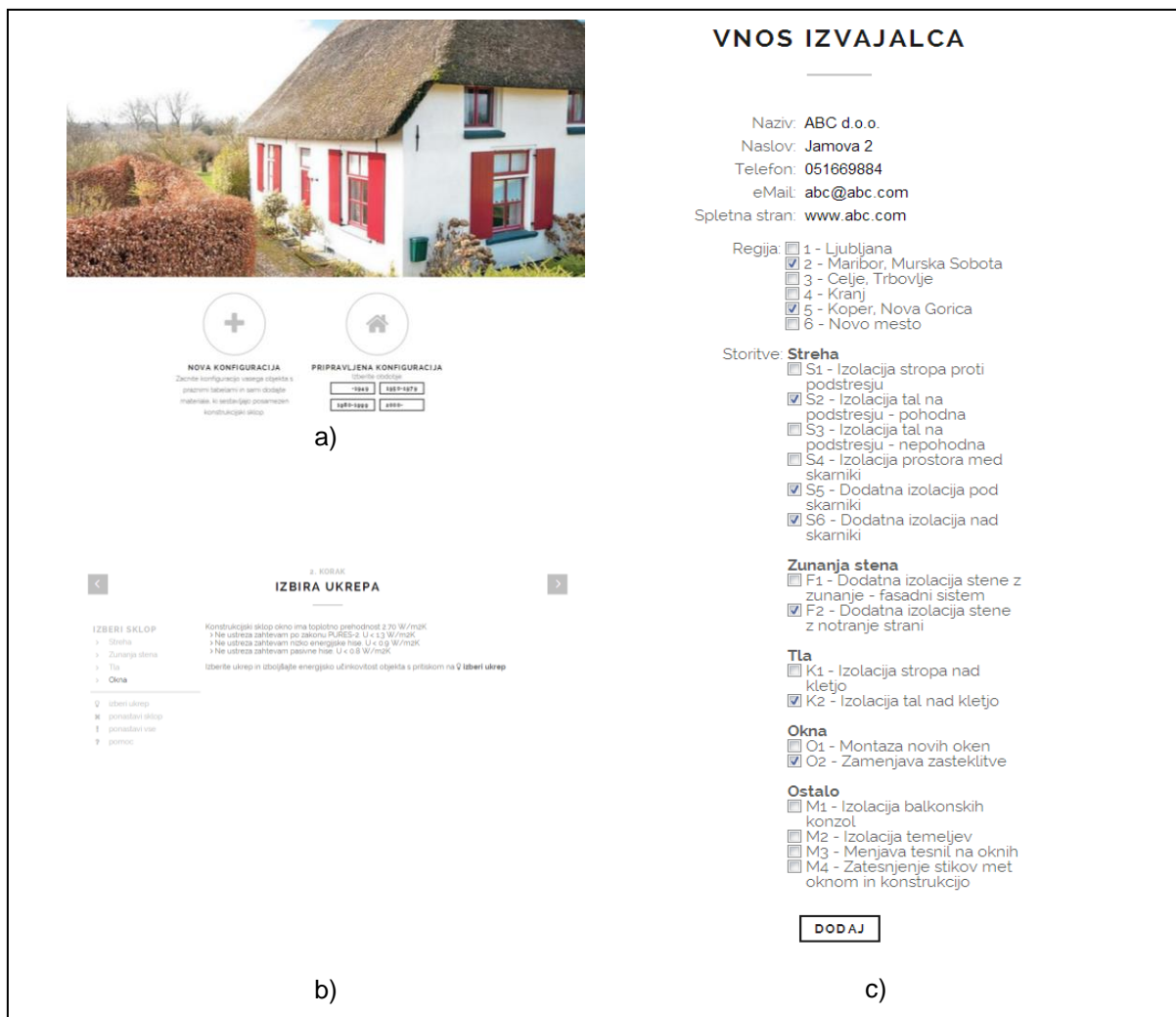
Janez se poveže na spletno aplikacijo prek osebnega računalnika in začne z vnosom podatkov (Slika 34, a in b). Aplikacija uporabnika vodi dalje po korakih. Potem ko Janez vnese podatke o obstoječih konstrukcijskih sklopih, sledijo izbira konstrukcijskega sklopa, ukrep prenove, ki ga želi izvesti, in konkretne storitve, ki izbrani ukrep opišejo (Slika 34, c). Ko je posamezna storitev izbrana, je treba določiti še, kateri proizvod naj vključuje (Slika 34, č). Po izbiri proizvoda je ukrep natančno določen in ko uporabnik določi vse želene ukrepe, lahko preveri, kako je definiran ukrep izboljšal toplotno izolativnost obravnavanega konstrukcijskega sklopa (Slika 34, d).

V zadnjem koraku Janez izbere med ponujenimi izvajalci posameznih storitev, ki jim želi poslati povpraševanje (Slika 34, e). Sistem nato izdelava povpraševanje in ga pošlje izbranim izvajalcem. Ko Janez prejme ponudbe, se odloči za podjetje Zidar, d. o. o., saj je ugotovil, da ponuja najboljše razmerje med ceno in izkušnjami dozdajšnjih naročnikov (pregledal je namreč komentarje in ocene izvajalcev, ki jih ponuja sistem).

#### **8.1.1.2 Uporabniški scenarij: izvajalec**

Božo je lastnik podjetja Zidar, d. o. o., ki izvaja zaključna dela v gradbeništvu. Na spletu je izvedel za spletno aplikacijo ENTRAdom. Prek osebnega računalnika se prijavi v aplikacijo in vstopi na stran za izvajalce (Slika 35, a in b). Vnos v sistem je enostaven, zato ga Božo opravi v nekaj minutah (Slika 35, c).

Naslednji dan dobi Božo na elektronski naslov povpraševanje za izdelavo fasade za enodružinsko hišo iz okolice Ljubljane. Glede na podane površine in količine ter izbrane materiale izdelava ponudbo in jo pošlje povpraševalcu. Ta je s ponudbo zadovoljen, zato ga še isti dan kontaktira in dogovorita se za termin ogleda objekta, kjer bosta lahko določila preostale podrobnosti.



**Slika 35: Uporabniški scenarij: izvajalec: a) povezava z aplikacijo, b) izbira vmesnika za vnos izvajalca, c) vnos izvajalca;**

**Figure 35: User scenario: The service provider: a) connection with the application, b) the service provider registration selection, c) service provider registration;**

### 8.1.1.3 Uporabniški scenarij: proizvajalec

Podjetje Slamko, d. o. o., izdeluje toplotno izolacijo iz slame. Direktor podjetja Drago je na spletu izvedel za spletno aplikacijo ENTRAdom. Prek osebnega računalnika se poveže z aplikacijo in izbere uporabniški vmesnik za proizvajalce (Slika 36, a in b). V naslednjem koraku s pomočjo predloge za vnos proizvodov vnese podatke o proizvodih, ki jih izdelujejo (Slika 36, c).

Naslednji dan dobi klic izvajalskega podjetja, ki se zanima za njihove proizvode, saj želijo imeti stranke podjetja v svojo stavbo vgrajen prav njihov proizvod.



**Slika 36: Uporabniški scenarij: proizvajalec: a) povezava z aplikacijo, b) izbira vmesnika za vnos proizvajalca, c) vnos proizvajalca in proizvodov;**

**Figure 36: User scenario: The manufacturer: a) connection with the application, b) the manufacturer registration selection, c) manufacturer registration and products data entry;**

### 8.1.2 Analiza SWOT

Analiza prednosti, slabosti, priložnosti in nevarnosti (angl. Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats, SWOT) temelji na kombinaciji zunanjih in notranjih faktorjev pri analizi strategije ali programa (Zalar, 2008). Je orodje, s katerim lahko odkrijemo tako prednosti in slabosti obravnavanega sistema, kot tudi nevarnosti in izzive, s katerimi se bomo



morali soočiti. Če je analiza izvedena skrbno, se lahko z njeno pomočjo osredotočimo na zmanjšanje nevarnosti in izkoristimo svoje priložnosti. Analizo sestavljajo štiri območja, in sicer območje slabosti (pomanjkljivi viri, neugoden denarni tok, kakovost, prodiranje na trg), prednosti (nove izkušnje, inovativni vidiki, marketing ...), izzivov (inovacija proizvodnje, inovacija tehnologije, geografska širitev, napovedovanje trendov ...) in nevarnosti (konkurenca, problemi z denarnim tokom, ključno osebje, spremembe na trgu ...). Področji prednosti in slabosti sta interne narave, medtem ko sta področji izzivov in nevarnosti odvisni od zunanjih dejavnikov (Kolšek, 2008).

Prototip informacijskega sistema smo kritično pretresli z izdelavo analize SWOT. V preglednici Preglednica 21 so po posameznih področjih predstavljene ugotovitve analize SWOT.

### Preglednica 21: Rezultati analize SWOT

Table 21: Results of SWOT analysis

Prednosti	Odprtokodna zasnova Enostavna uporaba Uporaba najnovejših tehnologij Dostop do velike količine podatkov – širši vpogled Enostavno objavljanje novih ponudnikov storitev in proizvodov Shranjevanje in ponovna uporaba delotokov preнове Enostaven dostop do ponudb več izvajalcev hkrati Spodbujanje uporabnikov k prenovi stavb
Slabosti	Zasebnost Varnost Slaba dostopnost informacij o lastnostih proizvodov Težke razmere na gradbenem trgu
Priložnosti	Vedno večje zanimanje za izboljšanje in doseganje energetske in trajnostne učinkovitosti stavb Veliko ponudbe na trgu, vedno več storitev in proizvodov Nadgradnja in povezovanje z obstoječimi podatkovnimi bazami Enostaven in hiter dostop do ponudb izvajalcev Uporaba prek pametnih telefonov in androidov
Nevarnosti	Oglaševanje Potrebe po osebju v administraciji Manj primerno za računalniško manj pismene uporabnike

Prednosti, ki bi jih lahko predstavljal izdelan prototip, se kažejo predvsem v njegovih odprtokodni zasnovi in uporabi najnovejših tehnologij za izdelavo informacijskih sistemov (tehnologije semantičnega spleta), ki omogočajo enostavno nadgradnjo sistema, ko je to potrebno. Zasnova sistema na pregleden način je prednost, ki uporabniku omogoča enostavno uporabo. Prototip je narejen tako, da omogoča uporabniku vpogled v podatke o proizvodih, storitvah, podjetjih, že izdelanih prenovah itn. in tako ponuja širši vpogled. Prednost prototipa je tudi, da omogoča vnašanje ponudnikov storitev in proizvodov. Izdelava projekta prenove z razvitim prototipom omogoča uporabniku, da pošlje povpraševanje za želene storitve več podjetjem hkrati, s čimer privarčuje na času in pridobi na številu ponudb. Ponovna uporaba že izdelanih delotokov prenove je koristna, v kolikor uporabnik želi že izdelan projekt prenove popraviti, ponovno poslati izvajalcem, ali pa želi zgolj videti primere že izdelanih prenov obojih stavb. Prototip omogoča uporabniku izdelavo projektov prenove stavbe in kot tak uporabnika spodbuja h konkretnemu razmisleku in odločitvam za prenovo obojih stavb in s tem izboljšanju njene energetske učinkovitosti. Tako analiza kaže na priložnost za povečanje zanimanja za prenovo stavb in omogoči vidnost podjetjem na trgu. Povezovanje z obstoječimi bazami (EPD, eProstor) bi lahko omogočilo uporabo velike količine podatkov in izdelavo različnih analiz. Uporaba prototipa tudi s pametnimi telefoni in androidi je priložnost za dvig zanimanja ter možnost za enostaven in hiter dostop do ponudb izvajalcev.

Slabosti takšnega prototipa pa so lahko zagotavljanje zasebnosti in varnosti, saj ne ponuja zasebnega okolja uporabniku in so vsi shranjeni delotoki in drugi podatki dostopni vsem. Večina proizvajalcev še vedno ne želi razkriti več podatkov o njihovih proizvodih in tako povzročajo slabo dostopnost podatkov. Razlog za slabši učinek prototipa bi lahko bile zaostrene razmere na gradbenem trgu in želja investitorjev zgolj po čim nižjih stroških investicije. Nevarnost za neuspeh razvitega prototipa bi lahko bili stroški oglaševanja in administracije ter velik delež računalniško nepismenih med potencialnimi končnimi uporabniki.

### **8.1.3 Raziskava pri končnih uporabnikih**

Za oceno doprinosov in uporabnosti prototipa informacijskega sistema smo ga preverili tudi z izvedbo raziskave pri končnih uporabnikih. Prototip smo napolnili s podatki o proizvodih, materialih, storitvah, postavkah, izvajalcih itn. in ga predstavili potencialnim končnim uporabnikom. Podrobnejši opis raziskave, njeni rezultati in ugotovitve sledijo v nadaljevanju.

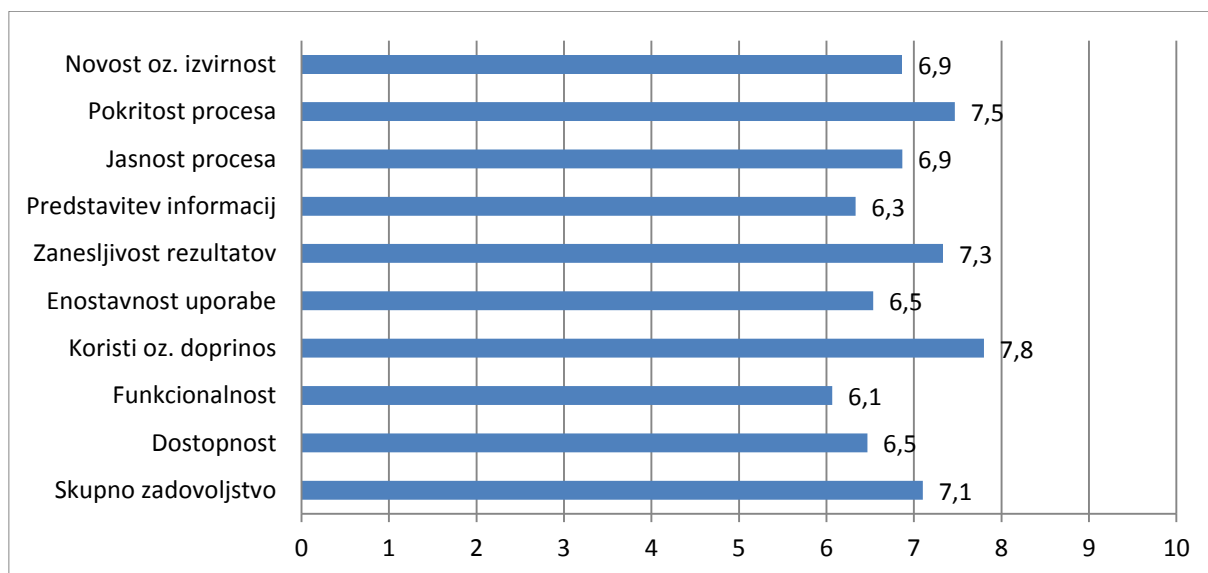
### 8.1.3.1 Opis raziskave

Prototip informacijskega sistema delotokov smo predstavili 15 različnim potencialnim končnim uporabnikom, od tega 5 lastnikom stavb, 8 strokovnjakom s področja gradbeništva in dvema proizvajalcema oziroma ponudnikoma gradbenih proizvodov.

Raziskavo smo zastavili tako, da smo anketirancem (potencialnim končnim uporabnikom) predstavili prototip informacijskega sistema in jim ga ponudili v uporabo. Po uporabi so uporabniki izpolnili vprašalnik, kjer so najprej ocenili stopnjo zadovoljstva oziroma izpolnitve pričakovanj na posameznih področjih oziroma karakteristik prototipa. Zatem je sledila še prosta podaja mnenja in kritik o uporabi prototipa informacijskega sistema.

### 8.1.3.2 Rezultati in ugotovitve raziskave

V uvodnem delu smo uporabnike spraševali, v kolikšni meri predstavljen in preizkušen prototip izpolnjuje njihova pričakovanja na različnih področjih. Uporabniki so ocenili model z oceno od 1 do 10 (10 je odlično), in sicer naslednje lastnosti prototipa: novost oziroma izvirnost, pokritost procesa, jasnost procesa, predstavitev informacij, zanesljivost rezultatov, enostavnost uporabe, koristi oziroma doprinos, funkcionalnost, dostopnost in skupno zadovoljstvo. Dobljeni rezultati so prikazani na sliki Slika 37.



**Slika 37: Rezultati evalvacije prototipa**

**Figure 37: Prototype evaluation results**

Uporabniki so najvišje ocenili koristnost oziroma doprinos, pokritost procesa in zanesljivost rezultatov, ki so jih uporabniki v povprečju ocenili z oceno višjo od 7. Druge značilnosti, kot so novost oz. izvirnost prototipa, jasnost procesa, predstavitev informacij, enostavnost uporabe in dostopnost, so ocenili med 6 in 7. Najnižjo oceno je prejela funkcionalnost, kjer uporabniki pogrešajo funkcijo zasebnega okolja znotraj informacijskega sistema, kjer bi lahko varno in diskretno operirali z informacijami in podatki, ki bi jih želeli zadržati zase. Splošno zadovoljstvo z izdelanim prototipom pa so uporabniki v povprečju ocenili s 7,1.

Osnovna funkcionalnost razvitega informacijskega sistema je katalog informacij. Različni končni uporabniki, vsak s svojimi poslovnimi cilji in zahtevami, lahko izdelani prototip uporabljajo za izdelavo analiz primerov prenove stavbe in za nudenje svojih storitev ter proizvodov.

Končni uporabniki so izrazili zadovoljstvo nad možnostmi za enostavno objavo informacij o proizvodih, storitvah in izkušnjah (ocene, komentarji) s posameznimi proizvodi, storitvami in izvajalci.

Uporabniki so najbolj pogrešali možnost osebne uporabniškega profila, kjer bi lahko dostopali do svojih podatkov in informacij, ki bi jih želeli obdržati zasebne. Razviti prototip je namreč odprtega tipa, torej imajo vsi uporabniki dostop do vseh informacij. Vključitev te funkcionalnosti je stvar nadaljnjega razvoja informacijskega sistema, ki jo je za uspešno uporabo v praksi treba izvesti.

## **8.2 POVZETEK UGOTOVITEV IN SKLEP VALIDACIJE**

Validacija prototipa informacijskega sistema je pokazala, da smo uspeli zadostiti večini zahtev na visokem nivoju. Lahko rečemo, da je razvoj prototipa potekal v skladu s smernicami, ki smo jih določili v fazi analize zahtev. Razviti prototip tako dobro ustreza ključnim zahtevam končnega uporabnika, opredeljenim v uporabniških zahtevah.

Glavne značilnosti razvitega prototipa so torej:

- uporablja se za podporo pri sprejemanju odločitev pri načrtovanju prenove ovoja stavbe,
- omogoča shranjevanje in ponovno uporabo izdelanih analiz,
- omogoča vnos podatkov o podjetjih ter storitvah in proizvodih, ki jih nudijo,

- lahko se uporablja za izmenjavo informacij o izdelkih, storitvah in strokovnem znanju,
- ponuja raziskovalne vmesnike, primerne za različne skupine končnih uporabnikov,
- omogoča hitro prilagajanje podjetij zahtevam na trgu prek prejetih povpraševanj in tako deluje po principu avtopiezije.

## 9 ZAKLJUČKI

### 9.1 POVZETEK GLAVNIH PRISPEVKOV

V okviru doktorskega disertacije smo razvili informacijski sistem, ki z uporabo najsodobnejših informacijskih tehnologij omogoča integracijo, hranjenje, izmenjavo in analiziranje informacij, znanj ter praktičnih izkušenj na področju prenove stavb za potrebe gradbenih podjetij in investitorjev.

Disertacija podaja naslednje glavne prispevke k znanosti:

- model sprejemanja odločitev na področju prenove enodružinskih stavb. Metodologija modela temelji na ureditvi, ki je zasnovana tako, da obravnava stavbo (ali njen posamezen konstrukcijski sklop) od trenutnega stanja, prek procesa sprejemanja odločitev in do možnega novega stanja ter njegovih učinkov oziroma posledic;
- model OWL/RDF baze znanj in delotokov, ki so usmerjeni na področje trajnostne gradnje, ki je novost tako na področju gradbene informatike kot tudi na širšem področju gradbeništva; ontologija sistema delotokov, na podlagi katere lahko uporabnik delotoke sam ustvarja, shranjuje, spreminja, dopolnjuje itn.;
- trinivojska arhitektura informacijskega sistema delotokov, ki je zgrajena na način odjemalec-strežnik;
- prototip informacijskega sistema delotokov, ki temelji na trinivojski arhitekturi in s katerim potrjujemo hipotezo dela.

Disertacija predstavlja tudi praktičen prispevek h gradbeni stroki in njeni praksi, tj. razvit prototip informacijskega sistema delotokov, ki je novost na tem področju.

Prototip informacijskega sistema tako omogoča uporabnikom, kot so proizvajalci gradbenih proizvodov in ponudnikov najrazličnejših gradbenih storitev, vnos in objavo njihovih izdelkov

in storitev v omenjenem sistemu. S tem omogočijo drugim uporabnikom, kot so investitorji oziroma končni uporabniki, lažje primerjanje in posledično uporabo teh izdelkov in storitev v informacijskem sistemu. Za njih same pa je takšna promocija lahko tržna prednost.

Izdelan informacijski sistem, ki omogoča obravnavo prenove enodružinskih stavbe na različne načine, je informativno orodje za različne deležnike v procesu graditve. Sistem vodi uporabnika skozi različne nivoje obnove stavbe, pri izbiri materialov omogoča pregled njihovih trajnostnih indikatorjev, pri izbiri izvajalca pa pregled referenc, mnenj in ocen dozdajšnjih uporabnikov.

Posamezni deli vsebine disertacije so bili objavljeni mednarodni znanstveni reviji:

- König, M., Dirnbek, J., Stankovski, V. 2013. Architecture of an open knowledge base for sustainable buildings based on Linked Data technologies. *Automation in construction*, 35: 542 – 550,

in predstavljeni na več mednarodnih konferencah:

- König, M., Stankovski, V. 2012. An Ontology of Energy Efficiency and Renewable Energy Sources in Buildings. V: CSCE 2012: Annual Conference Leadership in Sustainable Infrastructure, Edmonton, Alberta, 6-9, 2012. Edmonton: Canadian Society of Civil Engineering, 1 – 10,
- Stankovski, V., König, M. 2012. A Sustainable Building Application Design Based on the mOSAIC API and Platform. V: SKG 2012 : 2012 Eighth International Conference on Semantics, Knowledge and Grids, 22-24 October 2012, Beijing, China. Beijing: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 249 – 252,
- König, M., Troung, H.-L., Dustdar, S., Stankovski, V. 2011. Information modelling for sustainable buildings, in: D. Taniar, E. Pardede, H.-Q. Nguyen, W. Rahayu, I. Khalilr (Eds.), *The 13th International Conference on Information Integration and Web-based Applications and Services*, volume 595 of *Proceedings of iiWAS2011*, Association for Computing Machinery, Inc (ACM), 507 – 510,
- König, M., Stankovski, V. 2011. Energy efficiency along the building lifecycle: A conceptual model for knowledge and information exchange among AEC professionals, in: P. Morand, A. Zarli (Eds.), *Proceedings of the CIB W78-W102 2011: International Conference - Sophia Antipolis, France, 26-28 October*, volume 206 of *Proceedings of CIB W78-W102 2011*, Wiley-Blackwell, 1 – 8.

## 9.2 ZAKLJUČEK

Doktorska disertacija obravnava problematiko dostopnosti informacij, ki so potrebne za sprejemanje odločitev pri načrtovanju prenove stavbe. Dandanes je teh informacij izjemno veliko in udeleženci v procesu graditve se z njimi vsakodnevno srečujejo. Boljša dostopnost in transparentnost najrazličnejših informacij s področja gradbeništva bi identificirani problem olajšali.

V začetnem delu disertacije postavimo hipotezo, da lahko model informacijskega sistema delotokov zajame visoko stopnjo ključnih informacij in znanj na področju trajnostne gradnje in načrtovanja ter kot tak predstavlja primerno informacijsko podporo gradbenim podjetjem, investitorjem in drugim deležnikom v procesu graditve.

V nadaljevanju doktorskega dela smo raziskali možnosti povezovanja in sodelovanja med posameznimi deležniki na področju gradbeništva s pomočjo prototipa informacijskega sistema. Ugotovitve izdelane raziskave, ki temelji na anketiranju izbranega vzorca različnih udeležencev v procesu graditve, kažejo na veliko pripravljenost deležnikov za medsebojno deljenje informacij o proizvodih, storitvah, certifikatih in referencah projektov, kar bi lahko vidno izboljšalo njihovo informiranost. Zgoraj postavljena hipoteza je torej potrjena.

Pregled trajnostnega razvoja v gradbeništvu s poudarkom na področju ocenjevanja trajnostnosti stavb identificira in presoja najbolj razširjene metode za ocenjevanje trajnostnosti stavb. Izvedena analiza izpostavlja njihove podobnosti in razlike pri obravnavi posameznih vidikov trajnosti, iz katere je razvidno, da obravnavane metodologije vključujejo podobne ali celo enake kriterije, vendar pa jim pripisujejo različno relativno pomembnost. Izdelani pregled kazalnikov in nadalje indikatorjev trajnostnosti za vrednotenje stavb, ki so bili predstavljeni v okviru EU projekta OPEN HOUSE (2010–2013), kaže na kompleksnost takšne obravnave stavb, saj šteje celoten nabor več kot petdeset kazalnikov. Kompleksnost področja je vidna tudi na nivoju proizvodov, kjer poteka npr. okoljsko ocenjevanje izdelkov EPD. Trajnostni razvoj teži k čim manj škodljivemu vplivu na okolje in družbo in posledično čim nižjim vrednostim trajnostnih indikatorjev. Ti podatki so zato nepogrešljivi za deležnike na področju gradbeništva, ki želijo v svojem delu spoštovati načela trajnostnega razvoja ter jih zato potrebujejo za sprejemanje pravih in informiranih odločitev pri svojem delu.

V drugem delu je predstavljen pregled znanstvenega področja, kjer smo obravnavali različne tehnologije za razvoj informacijskega sistema, kot so: tehnologije semantičnega spleta, semantične spletne storitve, storitveno orientirana arhitektura, metode modeliranja procesov



in tehnologije delotokov. Predvsem slednje kažejo velik razvojni potencial. Ključna prednost njihove uporabe je, da omogočajo bolj eksplicitno predstavitev znanja o različnih procesih.

V nadaljevanju disertacije je predstavljen razvoj prototipa informacijskega sistema, ki je zasnovan na podlagi zahtev, ki so bile predhodno identificirane v tretjem poglavju. Prototip informacijskega sistema, ki smo ga izdelali, temelji na trinivojski arhitekturi in deluje po načelu odjemalec-strežnik, za katerega je značilno porazdeljeno izvajanje med odjemalcem, ki uporablja uporabniški vmesnik, in strežnikom, ki ureja poslovno logiko in določa komunikacijo s podatkovno bazo.

Ideja, ki smo jo poskušali implementirati v predstavljeni informacijski sistem delotokov, je ideja o podjetju kot avtopoietskem sistemu, tj. sistemu, ki je sposoben samoustvarjanja za svoje delovanje potrebnih gradnikov. Pričakujemo, da bo v prihodnosti, ko bo izdelani informacijski sistem zaživel med uporabniki v praksi, lahko pridobil sposobnost samoustvarjanja, tj. postal avtopoietski.

V okviru informacijskega sistema smo razvili model sprejemanja odločitev na področju prenove enodružinskih stavb, ki zapisujejo informacije v obliki delotoka. Delotoki zajemajo informacije, ki določajo načrt prenove stavbe in so lahko dobra podlaga za nadaljnje faze procesa graditve, predvsem za fazo izdelave ponudbe prenove. Model sprejemanja odločitev temelji na ureditvi, ki je zasnovana tako, da obravnava stavbo (ali njen posamezen konstrukcijski sklop) od trenutnega stanja, preko procesa sprejemanja odločitev in do načrtovanega oziroma novega stanja. Delotoki se shranjujejo v podatkovno bazo OWL/RDF. Baza znanja je definirana kot podatkovno skladišče, ki zagotavlja sredstva za informacije, ki se zbirajo, organizirajo, delijo, iščejo in uporabljajo (König in sod., 2013). Deluje na podlagi izdelane ontologije, ki določa in ureja odnose med posameznimi koncepti in primerki.

Za razliko od obstoječih konceptov povezuje predlagani koncept delotoka model sprejemanja odločitev na eni strani ter podatkovno bazo proizvodov in bazo storitev na drugi strani. S tem je sklenjena povezava med povpraševanjem in ponudbo. Povpraševanje izdelava uporabnik skozi model sprejemanja odločitev, ponudbo pa predstavlja izvajalsko podjetje, ki je s svojimi storitvami, ki jih ponuja, prisotno v bazi storitev. Storitve omogoča povezavo s konkretnim proizvodom, ki se nahaja v bazi proizvodov. Tja ga vnese podjetje, ki se ukvarja s proizvodnjo oziroma trženjem proizvodov.

Validacija prototipa informacijskega sistema delotokov je pokazala, da ima izdelani prototip potencial kot informacijska podpora in podpora pri sprejemanju odločitev na področju

preнове stavb. Prav tako je validacija pokazala potencial prototipa kot informacijska podpora podjetjem, ki lahko dobijo s pomočjo izdelanega informacijskega sistema neposredno povezavo z zahtevami na trgu.

V fazi validacije prototipa smo izvedli anketo med ciljnim končnimi uporabniki, ki smo jim ponudili prototip v uporabo. Udeleženci so podali oceno zadovoljstva za posamezna področja uporabe prototipnega orodja. Analiza odgovorov je pokazala, da so najvišje ocenili koristnost oziroma doprinos prototipnega sistema, pokritost procesa in zanesljivost podatkov, ki jih ima razvit prototip v fazi sprejemanja odločitev, in možnost pridobivanja primernih izvajalcev načrtovane preнове. Razviti prototip dobro ustreza ključnim zahtevam končnega uporabnika, opredeljenim v uporabniških zahtevah, v prihodnjem razvoju pa kaže največ potenciala razširitev obravnavne problematike tudi na novogradnje.

Razvit prototip informacijskega sistema na področju trajnostne preнове stavb bi lahko pomembno vplival na izboljšanje in dvig zavedanja za bolj trajnostno obnašanje pri sprejemanju odločitev o prenovi stavbe in posledično privedel do bolj trajnostnih rešitev. Dostop do širšega spektra podatkov o razpoložljivih proizvodih in storitvah namreč omogoča uporabnikom bolj informirano sprejemanje odločitev o prenovi toplotnega ovoja stavbe.

### **9.3 SMERNICE ZA NADALJNJE DELO**

Nadaljnje delo bo osredotočeno na razvoj prototipa informacijskega sistema v smislu razširitve na druga področja stavbe, iz trenutnega toplotnega ovoja stavbe na sisteme za kurjavo, gretje in hlajenje (KGH) in sisteme obnovljivih virov energije. Velik korak pri razvoju aplikacije bi bil tudi v smeri za obravnavo novogradenj in vpeljava zasebnega uporabniškega okolja znotraj informacijskega sistema.

Prav tako vidimo priložnosti nadaljevanja zdajšnjih raziskav na področju vključitve modelov poslovnih procesov na osnovi BPMN (Doe, 2011, Natschläger, 2011) in vzorcev poslovnih procesov za aktivnosti, potrebne za doseg optimalnih rezultatov. Ti vzorci poslovnih procesov se bodo postopoma izvajali v vseh fazah življenjskega kroga stavbe. Prav tako želimo v prihodnosti raziskati možnosti za medsebojno povezovanje podatkov iz obstoječe baze znanja z različnimi javnimi bazami, kot so npr. EPD, eProstor ali GURS.

## 10 POVZETEK

Doktorska disertacija obravnava problematiko dostopnosti informacij, ki so potrebne za sprejemanje odločitev pri načrtovanju prenove stavbe. Ta je zelo široka in udeleženci v procesu graditve se z njo vsakodnevno srečujejo. Boljša dostopnost in transparentnost najrazličnejših informacij s področja gradbeništva bi lahko ta problem bistveno zmanjšala.

V disertaciji smo raziskovali možnosti povezovanja in sodelovanja med posameznimi deležniki na področju gradbeništva. V tem okviru smo izdelali raziskavo, katere rezultati kažejo na veliko načelno pripravljenost za sodelovanje različnih deležnikov.

V nadaljevanju prikazujemo pregled področja trajnostnega razvoja v gradbeništvu s poudarkom na ocenjevanju trajnostnega vidika stavb. Pregled najbolj razširjenih metod za ocenjevanje trajnostnega vidika stavb izpostavlja njihove podobnosti in razlike pri določanju posameznih kazalnikov. Izdelani pregled kazalnikov in nadalje indikatorjev trajnostnosti za vrednotenje stavb, ki so bili predstavljeni tudi v okviru EU projekta OPEN HOUSE (2010–2013), kaže na kompleksnost takšne obravnave stavb. Prav tako je bil izdelan pregled trajnostnega oziroma okoljskega ocenjevanja izdelkov EPD, ki kaže na to, kako kompleksen je lahko vpliv proizvodnje izdelkov. Trajnostni razvoj teži k čim manj škodljivemu vplivu na okolje in družbo in posledično čim nižjim vrednostim indikatorjev. Našteti podatki so nepogrešljivi za deležnike na področju gradbeništva, ki potrebujejo te podatke za sprejemanje pravih in informiranih odločitev.

Izvedena analiza obstoječega stavbnega fonda v Sloveniji kaže, da je največji delež stavb tipa enodružinskih stavb in da ima večina teh velik potencial za povečanje energetske učinkovitosti in zmanjšanja škodljivih izpustov s sanacijo ovoja stavbe.

V drugem delu je predstavljen pregled znanstvenega področja, kjer smo obravnavali različne tehnologije za razvoj informacijskega sistema, kot so: tehnologije semantičnega spleta, semantične spletne storitve, storitveno orientirana arhitektura, metode modeliranja procesov in tehnologije delotokov. Predvsem slednje kažejo velik razvojni potencial. Ključna prednost njihove uporabe je, da omogočajo bolj eksplicitno predstavitev znanja o različnih procesih.

Ideja, ki smo jo poskušali implementirati v predstavljen informacijski sistem delotokov, je obravnavanje podjetja (organizacije) kot avtopoietski sistem, tj. sistem, ki je sposoben samoustvarjanja za svoje delovanje potrebnih gradnikov. Pričakujemo, da bo, ko bo informacijski sistem zaživel med uporabniki v praksi, lahko pridobil sposobnost samoustvarjanja oziroma bo postal avtopoietski.

V nadaljevanju disertacije je predstavljen razvoj prototipa informacijskega sistema, ki je zasnovan na podlagi zahtev, ki smo jih identificirali v tretjem poglavju. Razviti prototip informacijskega sistema je zgrajen po sistemu trinivojske arhitekture in deluje po načelu odjemalec-strežnik, za katerega je značilno porazdeljeno izvajanje med odjemalcem, ki uporablja uporabniški vmesnik, in strežnikom, ki ureja poslovno logiko in določa komunikacijo s podatkovno bazo.

Preizkus in validacija prototipa informacijskega sistema sta pokazala, da smo uspeli zadostiti večini zahtev na visokem nivoju. Razviti prototip tako dobro ustreza ključnim zahtevam končnega uporabnika, opredeljenim v uporabniških zahtevah. Raziskava, izdelana pri potencialnih uporabnikih, je namreč pokazala visoko oceno za koristnost oziroma doprinos in splošno zadovoljstvo z razvitim prototipom.

Posredno se je z uspešnostjo prototipa izkazal tudi koncept delotoka, s katerim zajamemo vse informacije, ki lahko zadevajo prenovo enodružinske stavbe. Na tem področju delotok kot tak še ni bil vpeljan. Tako predlagan koncept delotoka, za razliko od obstoječih konceptov, povezuje model sprejemanja odločitev na eni strani ter bazo proizvodov in bazo storitev na drugi strani. S tem je sklenjena povezava med povpraševanjem in ponudbo. Povpraševanje izdelava uporabnik skozi model sprejemanja odločitev, ponudbo pa predstavlja izvajalsko podjetje, ki je s storitvami, ki jih ponuja, prisotno v bazi storitev. Storitve pa omogoča povezavo s konkretnim proizvodom, ki se nahaja v bazi proizvodov, kamor ga je vneslo podjetje, ki se ukvarja s proizvodnjo oziroma trženjem proizvodov.

Razvit prototip informacijskega sistema na področju trajnostne prenove stavb bi lahko pomembno vplival na izboljšanje in dvig zavedanja za bolj trajnostno obnašanje pri sprejemanju odločitev o prenovi stavbe in posledično privedel do bolj trajnostnih rešitev. Dostop do širšega spektra podatkov o proizvodih in storitvah omogoča uporabnikom bolj informirano sprejemanje odločitev o prenovi toplotnega ovoja stavbe.

## 11 SUMMARY

The present doctoral dissertation deals with the issue of the availability of information required for decision-making in planning the renovation of the building. The issue is very broad and actors dealing with renovation are faced with it on a daily basis. The increased accessibility and transparency of a wide range of information related to construction has the potential to significantly reduce this challenge.

The thesis first studies the connectivity and cooperation among various actors in the construction sector. For this purpose, a survey among various stakeholders in construction sector was conducted. The results show that the respondents demonstrate a significant willingness for increased cooperation among various stakeholders.

An overview of the field of sustainable development related to the construction sector, with the emphasis on the sustainability assessment of buildings, is presented next. The review of the most frequently encountered methods for sustainability assessment of buildings points to the similarities and differences in determining the individual indicators. The overview of the indicators used for the sustainability assessment of buildings, presented within the framework of the OPEN HOUSE (EU-sponsored project, 2010-2013) indicates that this type of building assessment can be extremely complex. The overview of the sustainability assessment methods used for the Environmental Product Declaration (EPD) shows that the production of construction products can have various environmental effects as well. All these data are indispensable for the stakeholders within the construction field, who need these pieces of information in order to make informed decisions.

The analysis of the existing residential fund in Slovenia shows that single-family houses represent the largest share of the total fund under consideration. The majority of these buildings have a large potential for increasing the energy efficiency and reducing the emission of harmful substances by carrying out the renovation of the building envelope.

The second part presents an overview of the scientific field where various technologies for the development of an information system are discussed, such as semantic web

technologies, semantic web services, service-oriented architecture, modelling processes and technology workflows. It turns out that technology workflows exhibit significant potential, due to their key advantage: the ability to represent the knowledge related to various processes in an explicit manner.

The idea that we try to implement in our workflow information system is addressing the enterprise (organization) as an autopoietic system. Such system continuously generates and specifies its own organization through its operation as a system of self-production of its own components. We expect that when a workflow information system like that would come to life among users in practice, it would acquire ability of self-production.

The following thesis in the dissertation describes the development of a prototype of a workflow information system, which is designed based on the defined requirements presented in the third chapter. The developed prototype of a workflow information system is built according to the three-tier architecture system and it works on the principle of client-server, which is characterized by a distributed application that uses the user interface and the server which regulates the business logic and provides communication with the database.

The testing and validation of the information system prototype showed that we were able to meet most of the requirements on a high level. The developed prototype also meets the key end user requirements specified in the User Requirements. A survey including potential users revealed a high potential for the usefulness or contribution, and overall satisfaction with the developed prototype.

The prototype indirectly proved the workflow concept, which captures all the information that may be relevant to the renovation of single-family building. In this area workflow as such has not yet been introduced. Thus the proposed workflow concept, unlike the existing concepts, links the model of decision-making on the one hand and the product and service database on the other side. It is the linking element between demand and supply. The demand is formed by the user through the model of decision-making and the offer is represented by a construction contracting company present in the database service. The service allows connection to a concrete product located in the base product, where it was recorded by the company engaged in manufacturing and marketing of products.

The developed prototype of a workflow information system could have a significant impact on improving and raising the awareness of more sustainable behaviour in decision-making in

the field of building renovation and could consequently lead to more sustainable solutions. Access to a wider range of information on products and services would allow users to make a more informed decision when renovating the building envelope.

## VIRI

Adams, W. M. 2006. The future of sustainability: Re-thinking environment and development in the twenty-first century. In Report of the IUCN renowned thinkers meeting. 29-31 January, Hotel Uto Kulm in Zurich, The World Conservation Union. (Vol. 29, p. 31).

Agencija U.E.P. 2011. U. E. P. Agency, Green Building - Basic Information. <http://www.epa.gov/greenbuilding/pubs/about.htm> (Pridobljeno 15. 5. 2013.)

Akintoye, A., Fitzgerald, E. 2000. A survey of current cost estimating practices in the UK, Construction Management and Economics, 18: 161 – 172.

Anand, S., Sen, A. 2000. Human development and economic sustainability. World Development, 28(12): 2029 – 2049.

Apisakmontri, P., Nantajeewarawat, E., Buranarach, M., Ikeda, M. 2013. Towards the Use of Upper Ontologies for Refugee Emergencies in Disaster Management. In Proceedings of Asian Conference on Information Systems 2013: ACIS 2013, October 31 November 2, 2013 Phuket Thailand. Phuket: ACIS 2013, 153 – 160.

Arellano, M. M., Tavaréz, J. M. M. 2012. A comparative analysis about Software Development Life Cycle Methodologies involving Business Processes and Web Services. In Information Systems and Technologies (CISTI), 2012 7th Iberian Conference on IEEE. 1 – 6.

Auer, S., Dietzold, S., Riechert, T. 2006. OntoWiki – A tool for social, semantic collaboration. In The Semantic Web-ISWC 2006. Springer Berlin Heidelberg. 736 – 749.

Baader, F., Calvanese, D., McGuinness, D., Nardi, D., Patel-Schneider, P. 2003. The Description Logic Handbook. Cambridge University Press.

Berce, B. 2009. Primerjalna analiza modeliranja poslovnih procesov s tehnikama eEPC in BPMN. Magistrsko delo. Univerza v Ljubljani. Ekonomska fakulteta.



Berners-Lee, T. 1999. Weaving the Web: The Past, Present and Future of the World Wide Web by its Inventor, Britain: Orion Business.

Berners-Lee, T., Hendler, J., Lassila, O. 2001. The Semantic Web. Scientific American 284, 5: 34 – 43.

Bosseboeuf, D. 2012. Energy Efficiency Trends in Buildings in the EU. Lessons from the ODYSSEE MURE project.

<http://www.odyssee-indicators.org/publications/PDF/Buildings-brochure-2012.pdf>

(Pridobljeno 15. 12. 2013.)

Bourn, J. 2007. Building for the future: Sustainable construction and refurbishment on the government estate.

<http://www.nao.org.uk/wp-content/uploads/2007/04/0607324.pdf> (Pridobljeno 5. 11. 2013.)

Brickley, D. Guha, R. V. 2004. RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema, W3C Recommendation 10 Februar 2004.

<http://www.w3.org/TR/rdf-schema/> (Pridobljeno 11. 1. 2014.)

Burback, R. 1998. Software engineering methodology: The watersluice. Stanford University.

<http://infolab.stanford.edu/~burback/watersluice/watersluice.pdf> (Pridobljeno 15. 10. 2012.)

Carneiro, C., Al Barazi, R., Alameda, E. 2010. Beginning Rails 3. Apress.

Cena, F., Farzan, R., Lops, P. 2009. Web 3.0: Merging SemanticWeb with Social Web, in: HT 2009: Proceedings of the Twentieth ACM Conference on Hypertext and Hypermedia, ACM, New York, NY, USA.

Cerovsek, T. 2011. A review and outlook for a 'Building Information Model' (BIM): A multi-standpoint framework for technological development, Advanced Engineering Informatics, 25: 224 – 244.

Colomb, R., Raymond, K., Hart, L., Emery, P., Welty, C., Xie, G. T., Kendall, E. 2006. The object management group ontology definition metamodel. In Ontologies for software engineering and software technology. Springer Berlin Heidelberg. 217 – 247.

Crosbie, T., Dawood, N., Dawood, S. 2011. Improving the energy performance of the built environment: The potential of virtual collaborative life cycle tools, *Automation in Construction* 20(2): 205 – 216.

Dao, V., Langella, I., Carbo, J. 2011. From green to sustainability: Information technology and an integrated sustainability framework, *Journal of Strategic Information Systems* 20:63 – 79.

Dennis, A., Wixom, B. H., Roth, R. M. 2008. *Systems analysis and design*. John Wiley and Sons. 4th Edition.

Docherty, P., Kira, M., Shani, A. R. (ur.). 2008. *Creating sustainable work systems: Developing social sustainability*. Routledge.

Doe, R. 2011. BPMN information home.

Energetski zakon, uradno prečiščeno besedilo (EZ-UPB2). 2007. Uradni list RS št.27/2007. <http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200727&stevilka=1351> (Pridobljeno 15. 10. 2012.)

Erling, O., Mikhailov, I. 2009. RDF Support in the Virtuoso DBMS. In *Networked Knowledge- Networked Media*. In: Proceedings of the 1st Conference on Social Semantic Web (CSSW) September 26-28, Leipzig, Germany. Springer Berlin Heidelberg, 7 – 24.

EPBD, 2010. Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in sveta z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb(prenovitev). Uradni list EU, 18.6.2010. <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:SL:PDF> (Pridobljeno 15. 10. 2012.)

Felfernig, A., Wotawa, F. 2013. Intelligent engineering techniques for knowledge bases, *AI Communications*, 26: 1 – 2.

Frontczak, M., Andersen, R. V., Wargotcki, P. 2012. Questionnaire survey on factors influencing comfort with indoor environmental quality in danish housing, *Building and Environment*, 50: 56 – 64.

Garret, J.J., 2005. Ajax: A new approach to web applications. Adaptive path essay, objavljeno: 18. 2. 2005,

<http://www.adaptivepath.com/ideas/essays/archives/000385.php> (Pridobljeno 15. 11. 2013).

Genesereth, M. R., Nilsson, N. J. 1987. Logical foundations of artificial intelligence (Vol. 9). Los Altos: Morgan Kaufmann.

Gertis, K., Hauser, G., Sedlbauer, K., & Sobek, W. (2008). Was bedeutet "Platin"?–Zur Entwicklung von Nachhaltigkeitsbewertungsverfahren. Bauphysik, 30(4): 244 – 256.

Getzner, M. 2002. The quantitative and qualitative impacts of clean technologies on employment. Journal of Cleaner Production, 10(4): 305 – 319.

Grau, B. C., Horrocks, I., Motik, B., Parsia, B., Patel-Schneider, P., Sattler, U. 2008. OWL 2: The next step for OWL. Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web, 6(4), 309-322.

Gruber, T. R. 1993. A translation approach to portable ontology specifications. Knowledge acquisition, 5(2): 199 – 220.

GZS 2012.

[http://www.gzs.si/slo/skupne\\_naloge/varstvo\\_okolja/odpadki\\_in\\_snovni\\_tokovi/sistemi\\_in\\_odja/okoljske\\_oznake](http://www.gzs.si/slo/skupne_naloge/varstvo_okolja/odpadki_in_snovni_tokovi/sistemi_in_odja/okoljske_oznake) (Pridobljeno 15. 11. 2013.)

Haslhofer, B. Momeni, E. Schandl, B. Zander, S. 2011. Europeana rdf store report, Research Group Multimedia Information Systems. Faculty of Computer Science, University of Vienna, March 8, 2011, 1 – 30.

Hastak, M. 1998. Advanced automation or conventional construction process? Automation in construction, 7(4): 299 – 314.

Hendrickson, C., Au, T. 1989. Project management for construction: Fundamental concepts for owners, engineers, architects, and builders. Chris Hendrickson.

Horrocks, I., Baader, F., Sattler U. 2008. Description Logics. In Frank van Harmelen, Vladimir Lifschitz, and Bruce Porter, editors, Handbook of Knowledge Representation, chapter 3, pages 135 – 180. Elsevier, 2008.

Jain, R. in Sikdar, S. K. 2004. Clean Technologies and Environmental Policy. Springer Verlag.

Jehan, M. 2011. Katalog storitev in orodja za njegovo upravljanje. Diplomsko naloga. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko.

Jurič, M.B. 2007. Storitveno usmerjena arhitektura. SRC info 49: 14 – 18.

Kashyap, V. Bussler, C. Moran, M. 2008. The Semantic Web, Semantics for Data and Services on the Web, Springer, Berlin Heidelberg.

Kemp, C., Gyger, B. 2013. Professional Heroku Programming. John Wiley and Sons.

Khan, A., Martin, D., Tiropanis, T. 2013. Using semantic indexing to improve searching performance in web archives. In, The First International Conference on Building and Exploring Web Based Environments (WEB2013), Sevilla, Spain, 27 Jan - 01 Feb 2013., 101 – 104.

Knez F., Jordan S. 2010. Celovita presoja stavbe s stališča trajnostnega gradbeništva. [http://www.lesena-gradnja.si/html/img/pool/Celovita\\_presoja\\_stavbe\\_s\\_stali\\_a\\_trajnostnega\\_gradbeni\\_tva.pdf](http://www.lesena-gradnja.si/html/img/pool/Celovita_presoja_stavbe_s_stali_a_trajnostnega_gradbeni_tva.pdf) (Pridobljeno 15. 10. 2012.)

Knublauch, H., Musen, M. A., Rector, A. L. 2004. Editing description logic ontologies with the Protégé OWL plugin. In International Workshop on Description Logics (Vol. 49).

Kolokotsa, D., Rovas, D., Kosmatopoulos, E., Kalaitzakis, K. 2011. A roadmap towards intelligent net zero- and positive-energy buildings, Solar Energy 85: 3067 – 3084.

Kolšek, J., 2008. Management inovacij v gradbenem sektorju Diplomaska naloga. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Odd. za gradbeništvo, Konstrukcijska smer.

Komisija EU, 2006. Sporočilo komisije. Akcijski načrt za energetska učinkovitost: uresničitev možnosti. Bruselj, 19.10.2006.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0545:FIN:SL:PDF>  
(Pridobljeno 15. 10. 2012.)

Kong, S. C., Li, H. Liang, Y., Hung, T., Anumba, C., Chen, Z. 2005. Web services enhanced interoperable construction products catalogue, *Automation in Construction*, 14: 343 – 352.

König, M., Dirnbek, J., Stankovski, V. 2013. Architecture of an open knowledge base for sustainable buildings based on Linked Data technologies. *Automation in construction*, 35: 542 – 550.

König, M., Stankovski, V. 2011. Energy efficiency along the building lifecycle: A conceptual model for knowledge and information exchange among AEC professionals, in: P. Morand, A. Zarli (Eds.), *Proceedings of the CIB W78-W102 2011: International Conference - Sophia Antipolis, France, 26-28 October*, volume 206 of *Proceedings of CIB W78-W102 2011*, Wiley-Blackwell, 1 – 8.

König, M., Stankovski, V. 2012. An Ontology of Energy Efficiency and Renewable Energy Sources in Buildings. V: *CSCE 2012 : Annual Conference Leadership in Sustainable Infrastructure*, Edmonton, Alberta, 6-9, 2012. Edmonton: Canadian Society of Civil Engineering, 1 – 10.

König, M., Troung, H.-L., Dustdar, S., Stankovski, V. 2011. Information modelling for sustainable buildings, in: D. Taniar, E. Pardede, H.-Q. Nguyen, W. Rahayu, I. Khalilr (Eds.), *The 13th International Conference on Information Integration and Web-based Applications and Services*, volume 595 of *Proceedings of iiWAS2011*, Association for Computing Machinery, Inc (ACM), 507 – 510.

Križnik, B. 2011. Prenova bo postala glavni vir ponudbe stanovanj. <http://www.delo.si/gospodarstvo/posel-in-denar/prenova-bo-postala-glavni-vir-ponudbe-stanovanj.html> (Pridobljeno 15. 3. 2014.)

Križnik, B. 2013. Prihranki in subvencije – spodbuda za energetske prenove stavb. <http://www.delo.si/gospodarstvo/potrosnik/prihranki-in-subvencije-ndash-spodbuda-za-energetske-prenovo-stavb.html> (Pridobljeno 15. 3. 2014.)

LaRoche, P., Zincir-Heywood, A. N., Heywood, M. I. 2011. Exploring the state space of an application protocol: A case study of SMTP. In *Computational Intelligence in Cyber Security (CICS)*, 2011 Symposium on IEEE. 152 – 159.

Lavbič, D. 2009. Semantični splet: Predstavitev področja. <http://www.lavbic.net/delo-in-raziskovanje/semanticni-splet/> (Pridobljeno 15. 1. 2014.)

Lavbič, D., Krisper., M. 2005. Semantika podatkov in ontologije.

<http://lpt.fri.uni->

[lj.si/files/papers/2005.%20UI%20Semantika%20podatkov%20in%20ontologije%20Dejan%20Lavbic,%20Marjan%20Krisper.pdf](http://lpt.fri.uni-lj.si/files/papers/2005.%20UI%20Semantika%20podatkov%20in%20ontologije%20Dejan%20Lavbic,%20Marjan%20Krisper.pdf) (Pridobljeno 11. 1. 2014.)

Lehmann, J., Auer, S., Bühmann, L., Tramp, S. 2011. Class expression learning for ontology engineering, *Journal of Web Semantics*, 9: 71 – 81.

LENSE 2007. METHODOLOGY FOR SUSTAINABILITY ASSESSMENT OF BUILDINGS.

[http://www.cesb.cz/cesb07\\_proceedings/017\\_Putzeys.pdf](http://www.cesb.cz/cesb07_proceedings/017_Putzeys.pdf) (Pridobljeno 15. 10. 2012.)

Leymann, F., Roller, D. 2000. Production workflow: concepts and techniques. Upper Saddle River: Prentice Hall PTR.

Mali, F. 1993. Pojem avtopoetičnosti in njegova uporaba v družbenih znanostih, *Vir: Teorija in praksa*, 1993, letnik 30, številka 9/10, Izvor: Narodna in univerzitetna knjižnica

Marks, E. A., Bell, M. 2006. Service Oriented Architecture (SOA): A Planning and Implementation Guide for Business and Technology. John Wiley and Sons Ltd.: str. 384.

Maturana. H. R., 1982. Erkennen - Die Organisation und Verkörperung von Wirklichkeit Braunschweig: Vieweg Verlag.

McGilligan, C., Skunikka-Blank, M., Natarajan, S. 2010. Subsidy as an agent to enhance the effectiveness of energy performance certifiact, *Energy Policy*, 38: 1272 – 1287.

Merljak, J. 2009. Računalništvo v oblaku. Diplomaska naloga. Univerza v Ljubljani. Fakulteta za računalništvo in informatiko.

Mingers, J. 2001. Information, meaning, and communication: an autopoietic approach. *Contributions in sociology*, 132: 109 – 124.

MIP 2012. Ministrstvo za infrastrukturo in prostor (MIP). Stanovanjska problematika v Republiki Sloveniji. Spremljajoče gradivo k osnutku Nacionalnega stanovanjskega programa 2013 – 2022. Direktorat za prostor, Delovna skupina za pripravo NSP, Ljubljana, oktober 2012.

[http://www.zdus-zveza.si/docs/POMEMBNI%20DOKUMENTI/Stanovanjska\\_problematika\\_v\\_RS\\_%281%29.pdf](http://www.zdus-zveza.si/docs/POMEMBNI%20DOKUMENTI/Stanovanjska_problematika_v_RS_%281%29.pdf) (Pridobljeno. 20. 3. 2014.)

Natschläger, C. 2011. Towards a BPMN 2.0 Ontology. In Business Process Model and Notation, 1 – 15. Springer Berlin Heidelberg.

Nemanič, K. 2011. Za višje subvencije za fasade. Ljubljana, Delo d.d., revija Delo in dom, str 30.

<http://www.deloin-dom.si/enostanovanjske-hise/za-visje-subvencije-za-fasade> (Pridobljeno 25. 10. 2013.)

O'Reilly, T. 2005. What is Web 2.0.

<http://www.oreillynet.com/pub/a/oreilly/tim/news/2005/09/30/what-is-web-20.html> (Pridobljeno 20. 11. 2012.)

Owens, R. E. 1984. Language development : an introduction. Columbus, Merrill Publishing Company.

OWL. 2009. The Web Ontology Language.,

<http://www.w3.org/TR/owl-features/> (Pridobljeno 11. 1. 2014.)

Pauwels, P., Deursen, D. V., Verstraeten, R., Roo, J. D., Meyer, R. D, de Walle, R. V., Campenhout, J. V. 2011. A semantic rule checking environment for building performance checking, Automation in Construction, 20: 506 – 518.

Plaszczak, P., Wellner Jr., R. 2006. Grid Computing: The Savvy Manager's Guide. Morgan Kaufmann, Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo.

Podgorelec, V. 2008. Predavanja pri predmetu Informatika in računalništvo.

<http://mafalda.informatika.uni-mb.si/2007-08/isizr/predavanja.html> (Pridobljeno 15. 1. 2013.)

Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaje energetskih izkaznic stavb, Uradni list RS, št. 77/2009.

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200977&stevilka=3362> (Pridobljeno 20.11.2012.)

Pyster, A., Olwell, D. H., Hutchison, N., Enck, S., Anthony Jr, J. F., Henry, D. 2012. Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK). In. 1.0. 1. Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK).

RDF. 2004. The Resource Description Framework,

<http://www.w3.org/RDF/> (Pridobljeno 11. 1. 2014.)

Rockwood, L. L., Stewart R. E., and Dietz T. 2008. Foundations of Environmental Sustainability: The Coevolution of Science and Policy. Oxford: Oxford University Press.

Roderick, Y., McEwan, D., Wheatley, C., Alonso, C. 2009. Comparison of energy performance assessment between LEED, BREEAM and Green Star. In Eleventh International IBPSA Conference, Glasgow, Scotland, 27-30 July 2009, 1167 – 1176.

Scott-Cato, M. 2009. Green economics: an introduction to theory, policy, and practice. Earthscan.

Shadbolt, N., Berners-Lee, T., Hall, W. 2006. The Semantic Web Revisited. IEEE Intelligent Systems 21(3): 96 – 101.

SIST EN 15804:2012 - Trajnostnost gradbenih objektov - Okoljske deklaracije na proizvodih - Osnovna pravila za kategorije proizvodov za gradbene proizvode.

SIST EN 15603:2008 Energijske karakteristike stavb - Splošna raba energije in opredelitev potreb po energiji.

Srdić, A., Šelih, J. 2011. Integrated quality and sustainability assessment in construction – A conceptual model. Technological and Economic Development of Economy. Baltic Journal of Sustainability, 17(4): 611-626.

Stankovski, V., König, M. 2012. A Sustainable Building Application Design Based on the mOSAIC API and Platform. V: SKG 2012 : 2012 Eighth International Conference on



Semantics, Knowledge and Grids, 22-24 October 2012, Beijing, China. Beijing: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 249 – 252.

Šelih, J. 2007. Environmental management systems and construction SMEs : a case study for Slovenia. *Journal of Civil Engineering and Management*, 13(3): 217 – 226.

Šijanec Zavrl, M. 2010a. Zakaj je potrebna prenova PURES 2008 in izhodišča pri pripravi pures 2010, *Glasilo IZS*, leto izida 2010, št. 53.

Šijanec Zavrl, M. 2013. Posodobljena energetska izkaznica stavbe. *Energetika, Gospodarstvo in Ekologija Skupaj*. EGES št.1/2013.

Šijanec Zavrl, M., Tomšič, M., Essig, N., Beck, T., Russell, C., Ziegler, B., Hiniesto, D., 2010. Definition of indicators, sustainability performance levels and procedures to evaluate them. [http://www.openhouse-fp7.eu/assets/files/D1.3\\_Definition\\_of\\_indicators\\_sustainability\\_performance\\_levels\\_and\\_procedures\\_to\\_evaluate\\_them.pdf](http://www.openhouse-fp7.eu/assets/files/D1.3_Definition_of_indicators_sustainability_performance_levels_and_procedures_to_evaluate_them.pdf) (Pridobljeno 15. 10. 2013.)

Šijanec-Zavrl, M. 2010b. Trajnostne, zelene stavbe v teoriji in praksi. Prispevek na konferenci trajnostno gradbeništvo in zelena javna naročila. [http://www.lesena-gradnja.si/html/img/pool/Trajnostne\\_zelene\\_stavbe\\_v\\_teoriji\\_in\\_praksi.pdf](http://www.lesena-gradnja.si/html/img/pool/Trajnostne_zelene_stavbe_v_teoriji_in_praksi.pdf) (Pridobljeno 15. 10. 2012.)

Staab, S. (ur.), Studer, R. (ur.) 2004. *Handbook on Ontologies*. Berlin, Heidelberg, New York, Springer-Verlag.

Tah, J. H., Abanda, H. F. 2011. Sustainable building technology knowledge representation: Using semantic Web techniques, *Advanced Engineering Informatics* 25: 547 – 558.

Takhom, A., Suntisrivaraporn, B., Supnithi, T. 2013. Ontology-Enhanced Life Cycle Assessment: A Case Study of Application in Oil Refinery. In *Proceedings of Asian Conference on Information Systems 2013: ACIS 2013*, October 31 November 2, 2013 Phuket Thailand. Phuket: ACIS 2013, 2013, 223 – 230.

Tavčar, B. 2012. Največji gradbeni posel bo obnova stavb. <http://www.delo.si/gospodarstvo/okolje/najvecji-gradbeni-posel-bo-obnova-stavb.html> (Pridobljeno 15. 3. 2014.)

Taylor, I.J., Deelman, E., Gannon, D.B., Shields, M. (ur.). 2007. Workflows for e-Science. Springer-Verlag. 523 str.

Toš, N., Hafner-Fink, M. 1998. Metode družboslovnega raziskovanja. Fakulteta za družbene vede.

Tramp, S., Ermilov, T., Frischmuth, P., Auer, S. 2011. Architecture of a distributed semantic social network, in: Federated Social Web Europe 2011, Berlin, June 3rd - 5th.

TSG 2010. Tehnična smernica za graditev TSG-1-004:2010, Učinkovita raba energije, Uradni list RS št.52/2010.

[http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/prostor/graditev/TSG-01-004\\_2010.pdf](http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/prostor/graditev/TSG-01-004_2010.pdf) (Pridobljeno 15. 10. 2012.)

Turk, Ž., 2002. Gradbena informatika - definicija področja, teme, problemi. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 1 – 8.

<http://www.zturk.com/data/works/att/d24c.fullText.00031.pdf> (Pridobljeno 11. 11. 2013.)

Uredba o zelenem javnem naročanju. Ur.l. RS, št. 102/2011.

[http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r04/predpis\\_URED5194.html](http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r04/predpis_URED5194.html) (Pridobljeno 25. 1. 2014.)

URSA 2010. Žepni priročnik: Vse o izolaciji.

<http://www.ursa.si/files/zepni-prirocnik-o-izolacijah.pdf> (Pridobljeno 15. 10. 2012.)

Uschold, M. in Gruninger, M. 1996. Ontologies: Principles, methods and applications. Knowledge Engineering Review, 11: 93 – 136.

Varun, R. 2012. Testing Manual. Learners Paradise.

<http://www.learnersparadise.com/courses/ramanvar/public/doc/Testing%20Manual.doc>

(Pridobljeno 15. 10. 2013.)

Verovnik, S. Od pasivne do samozadostne hiše.

<http://www.pasivnahisa.eu/clanki-iz-medijev/200-od-pasivne-do-samozadostne-hise>

(Pridobljeno 15. 1. 2014.)

Zalar, B. 2008. Program razvoja podeželja Notranjske. Diplomaska naloga. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Odd. za geodezijo, Prostorska informatika.

ZRMK 2009. Do katere meje je energijsko varčna gradnja še smiselna?

<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT389.htm> (Pridobljeno 15. 10. 2013.)

ZRMK 2011. Gradbeni inštitut ZRMK. Kriteriji za trajnostno gradnjo in zeleno javno naročanje.

<http://www.gi-zrmk.si/zrmkinstitut/pdf/Kriteriji-za-trajnostno-gradnjo-in-zeleno-javno-narocanje-GI-ZRMK.PDF> (Pridobljeno 15. 10. 2012.)

Yuan, M. J., Long, J. 2012. CloudBees: A Resource Guide for Teaching Clouding Computing on a Java Platform. In Proceedings of the Information Systems Educators Conference ISSN. 1 – 7.