

UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA

MAGISTRSKO DELO

**ANALIZA VPLIVA INFORMACIJSKO-KOMUNIKACIJSKE
TEHNOLOGIJE NA UČINKOVITO RABO ENERGIJE V
NESTANOVANJSKIH STAVBAH**

Ljubljana, september 2016

BORIS BANFI

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Boris Banfi, študent Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, avtor predloženega dela z naslovom Analiza vpliva informacijsko-komunikacijske tehnologije na učinkovito rabo energije v nestanovanjskih stavbah, pripravljenega v sodelovanju s svetovalcem prof. dr. Alešem Groznikom

IZJAVLJAM

1. da sem predloženo delo pripravil samostojno;
2. da je tiskana oblika predloženega dela istovetna njegovi elektronski obliki;
3. da je besedilo predloženega dela jezikovno korektno in tehnično pripravljeno v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, kar pomeni, da sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev oziroma avtoric, ki jih uporabljam oziroma navajam v besedilu, citirana oziroma povzeta v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani;
4. da se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljane tujih del (v pisni ali grafični obliki) kot mojih lastnih – kaznivo po Kazenskem zakoniku Republike Slovenije;
5. da se zavedam posledic, ki bi jih na osnovi predloženega dela dokazano plagiatorstvo lahko predstavljalo za moj status na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani v skladu z relevantnim pravilnikom;
6. da sem pridobil vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v predloženem delu in jih v njem jasno označil;
7. da sem pri pripravi predloženega dela ravnal v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil soglasje etične komisije;
8. da soglašam, da se elektronska oblika predloženega dela uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
9. da na Univerzo v Ljubljani neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve predloženega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja predloženega dela na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija Univerze v Ljubljani;
10. da hkrati z objavo predloženega dela dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v njem in v tej izjavi.

V Ljubljani, dne 27. 9. 2016

Podpis študenta: _____

KAZALO

UVOD	1
1 UČINKOVITA RABA ENERGIJE V STAVBAH	4
1.1 Razlogi za učinkovito rabo energije v stavbah.....	5
1.1.1 Trend rabe energije v nestanovanjskih stavbah.....	6
1.1.2 Priložnosti in ovire za naložbe v večjo energetske učinkovitost stavb	8
1.2 Energetska učinkovitost stavb kot rezultat regulative in prostovoljnih certificiranj.....	9
1.2.1 Pregled regulative na ravni EU	10
1.2.1.1 Direktiva 2012/27/EU o energetske učinkovitosti	10
1.2.1.2 Direktiva 2010/31/EU o energetske učinkovitosti stavb	11
1.2.2 Prenos evropskih direktiv v slovenski pravni red	11
1.2.2.1 Energetski zakon (EZ-1)	12
1.2.2.2 Pravilnik o učinkoviti rabi energije (PURES 2010).....	12
1.2.3 EN 15232 - vpliv avtomatizacije in energetskega upravljanja na učinkovito rabo energije.....	13
1.2.4 Sistemi prostovoljnih certificiranj	14
1.2.4.1 »eu.bac« certificiranje	15
2 IKT ZA ENERGETSKO UČINKOVITE STAVBE.....	16
2.1 Potencial in vloga IKT pri učinkoviti rabi energije v stavbah	17
2.1.1 Prizadevanja za izboljšanje energetske učinkovitosti s pomočjo IKT na nivoju EU.....	19
2.1.2 Partnerstvo IKT podjetij za razvoj in promocijo energetske učinkovitih tehnologij.....	20
2.2 Konvergenca in integracija tehnične infrastrukture v skupno komunikacijsko platformo	21
2.2.1 Koncept inteligentnih stavb.....	23
2.2.2 Pomen standardizacije in interoperabilnosti	26
2.2.2.1 Obveznost uporabe in dostopnost do standardov	28
2.2.2.2 Pregled komunikacijskih protokolov	29
2.3 Tehnologije avtomatskega vodenja in energetskega upravljanja stavb	31
2.3.1 Centralni nadzorni sistem (CNS)	32
2.3.2 Sistem za energetske upravljanje stavb (EMS).....	34
2.4 Ovire za širšo uporabo IKT rešitev na področju učinkovite rabe energije v stavbah ...	35
3 UGOTAVLJANJE POTENCIALOV ZA UČINKOVITEJŠO RABO ENERGIJE S STAVBNO AVTOMATIKO	37
3.1 Metode za določanje prihrankov energije po standardu EN 15232:2012	38
3.1.1 Definiranje razredov energetske učinkovitih stavb.....	39
3.1.2 Ocena vpliva CNS na energetske učinkovitost	44
3.1.2.1 Metoda CNS faktorjev učinkovitosti.....	44

3.1.2.2	Metoda podrobnega izračuna	46
3.2	Potencial varčevanja z inteligentno prostorsko avtomatiko.....	46
3.3	Vpliva EMS na učinkovito rabo energije v stavbah	50
3.3.1	Funkcije stavbne avtomatike in CNS, kot jih za potrebe EMS določa ISO 50001 (EN 16001)	50
3.3.2	Določanje vpliva EMS na energetske učinkovitost stavb po metodi IJS	50
4	PRESOJA EKONOMSKE UPRAVIČENOSTI NALOŽB V INTELIGENTNE SISTEME ZA AVTOMATIZACIJO STAVB	53
4.1	Členitev stroškov stavbne avtomatike	53
4.2	Določitev metodologije za izračun ekonomske upravičenosti naložbe v inteligentno stavbno avtomatiko	54
4.3	Analiza ekonomičnosti inteligentnih sistemov avtomatizacije stavb na primerih iz prakse.....	57
4.3.1	Inteligentna prostorska regulacija	57
4.3.1.1	Pisarniški prostor v poslovni stavbi	57
4.3.1.2	Šolska učilnica	61
4.3.1.3	Hotelska soba	64
4.3.2	Avtomatizacija primarnih tehničnih sistemov na nivoju celotne stavbe.....	66
4.3.2.1	Premer energetske prenove stavbe javne uprave	67
5	POVZETEK KLJUČNIH UGOTOVITEV	72
	SKLEP	75
	LITERATURA IN VIRI.....	77
	PRILOGE	

KAZALO TABEL

Tabela 1:	Standardi pomembni za informatizacijo in avtomatizacijo stavb	27
Tabela 2:	Razvrstitev stavbne avtomatike v razrede energetske učinkovitosti po EN 15232 ...	40
Tabela 3:	Del popisa funkcij avtomatskega vodenja po EN 15232 za primer ogrevanja	41
Tabela 4:	Minimalni nabor funkcij za sisteme ogrevanja in hlajenja in razvrstitev v CNS razred učinkovitosti.....	42
Tabela 5:	Minimalni nabor funkcij za sisteme prezračevanja in klimatizacije in razvrstitev v CNS razred učinkovitosti.....	43
Tabela 6:	Minimalni nabor funkcij za razsvetljave in razvrstitev v CNS razred učinkovitosti	43
Tabela 7:	Minimalni nabor funkcij za senčenje in razvrstitev v CNS razred učinkovitosti	43
Tabela 8:	CNS faktorji učinkovitosti za termično energijo (ogrevanje in hlajenje)	45
Tabela 9:	CNS faktorji učinkovitosti za električno energijo.....	45
Tabela 10:	Funkcije prostorske avtomatike in njen vpliv na energetske učinkovitost	48
Tabela 11:	Potencial prihranka električne energije s prostorsko avtomatiko za funkcije razsvetljave iz VDI 3813.....	49

Tabela 12: Potencial prihranka termične energije s prostorsko avtomatiko za funkcije HVAC iz VDI 3813.....	49
Tabela 13: Funkcije stavbne avtomatike in CNS za podporo uvajanju in uporabi EMS v stavbe.....	51
Tabela 14: Faktorji prihranka energije zaradi uvedbe EMS.....	52
Tabela 15: Členitev stroškov stavbne avtomatike po DIN 276.....	53
Tabela 16: Potencial prihrankov energije za pisarniški prostor	59
Tabela 17: Potencial prihrankov energije za šolsko učilnico	63
Tabela 18: Potencial prihrankov energije za hotelsko sobo	65
Tabela 19: CNS faktorji učinkovitosti za stavbo javne uprave pred in po prenovi.....	68
Tabela 20: Potencial prihrankov energije za stavbo javne uprave po prenovi.....	69
Tabela 21: Strošek energije na letnem nivoju za stavbo javne uprave pred prenovno (razred D) in prihranek po prenovi (razred C)	69
Tabela 22: Prihranek energije za stavbo javne uprave po prenovi s preходом na razred B ali razred A.....	70

KAZALO SLIK

Slika 1: Trend rabe električne energije stavbnega sektorja v EU	6
Slika 2: Regulativni ukrepi in prostovoljni pristopi za večjo energetske učinkovit stavb.....	9
Slika 3: Skladnost med evropskimi predpisi in standardi učinkovite rabe energije	10
Slika 4: Vloga IKT pri energetske učinkovitih stavbah.....	17
Slika 5: Konvergenca in integracija avtonomnih sistemov v skupno komunikacijsko platformo.....	21
Slika 6: Funkcijski vidik celovitega sistema za nadzor in upravljanje stavb.....	22
Slika 7: IKT tehnologije inteligentnih stavb	24
Slika 8: Arhitektura IBM rešitve inteligentnega nadzora in upravljanja stavb.....	25
Slika 9: Energetska učinkovitost skozi življenjski cikel stavbe.....	32
Slika 10: Konfiguracija centralno nadzornega sistema (CNS)	34
Slika 11: Primer avtomatskega zajem meritev za potrebe EMS.....	35
Slika 12: Obratovalni stroški stavbe	37
Slika 13: Interakcija med pretokom energije, avtomatiko in tehnološkimi sistemi.....	38
Slika 14: Model oskrbe z energijo na zahtevo	39
Slika 15: Integrirana prostorska avtomatizacija.....	47
Slika 16: Pisarniški prostor s standardno izvedbo avtomatike (razred C po EN 15232).....	57
Slika 17: Pisarniški prostori z inteligentno izvedbo avtomatike (razred A po EN 15232).....	58
Slika 18: Specifična letna raba energije za pisarno.....	60
Slika 19: Skupni letni stroški za pisarno (pri 10-letnem financiranju in 4,5 % diskontni stopnji)	60
Slika 20: Šolski učilnici z dvema različnima stopnjama avtomatizacije	62
Slika 21: Specifična letna raba energije za učilnico	63

Slika 22: Skupni letni stroški za učilnico (pri 10-letnem financiranju in 4,5 % diskontni stopnji).....	64
Slika 23: Hotelska soba z inteligentno izvedbo avtomatike (razred A po EN 15232)	64
Slika 24: Specifična letna raba energije za hotelsko sobo	65
Slika 25: Skupni letni stroški za hotelsko sobo (pri 10-letnem financiranju in 4,5 % diskontni stopnji)	66
Slika 26: Topološka shema integracije primarnih tehničnih sistemov in prostorske regulacije v celovit CNS	67
Slika 27: Potencial prihrankov za energijo stavbe javne uprave za različne razrede energetske učinkovitosti	70
Slika 28: Neto denarni tok naložb v avtomatiko različnih energetskih razredov (za obdobje 10 let po 4,5 % diskontni stopnji).....	71
Slika 29: Tri kategorije ukrepov učinkovite rabe energije.....	75

UVOD

Kljub tržno dosegljivim sodobnim tehnologijam, smo še vedno priča upadu kakovosti novo zgrajenih in energetsko prenovljenih stavb. Vsak dan se gradijo stavbe, ki porabijo več energije kot je potrebno. Milijoni današnjih energetsko neučinkovitih stavb pa bodo ostali v uporabi tudi leta 2050 (Frost & Sullivan, 2010, str. 3).

Celovito uvajanje inovativnih tehničnih rešitev pogosto zavira negotovost investorjev in nezainteresiranost ključnih akterjev gradnje, predvsem arhitektov in projektantov. Ti se v veliki večini še vedno močno oklepajo pretekle gradbene in inženirske prakse, kar otežuje izrabo potencialov sodobne tehnologije na področju učinkovite rabe energije in doseganje boljših bivalnih pogojev. Tako smo v praksi še vedno priča le nekaterim pilotnim projektom in bolj ali manj posrečenim poskusom parcialnega uvajanja sodobnih tehnologij v stavbe, ni pa na tem področju še zaslediti širšega napredka.

O potencialu, ki ga ima informacijsko-komunikacijska tehnologija (v nadaljevanju IKT) na učinkovito rabo energije v stavbnem sektorju, se v političnih krogih skoraj ne razpravlja. Kadar je govora o učinkoviti rabi energije v stavbah ima daleč največ politične podpore ovoj stavbe (tj. izolacijski materiali in okna) in še nekatere parcialne energetske rešitve kot so fotovoltaični sistemi, toplotne črpalke, sistemi za vračanje odpadne toplote, LED razsvetljava, itd. Razloge bi lahko iskali v gradbeništvu, ki se kot stroka že tradicionalno počasi odziva na tehnološke novosti in v gospodarski krizi v zadnjem desetletju, ki je prav gradbeni sektor najbolj prizadela. Vendar pa bi na drugi strani našli kar nekaj razlogov za takšno stanje tudi na strani IKT sektorja, kateri še ni uspel v dovolj veliki meri prepoznati potenciala, ki se skriva v vedno bolj ekonomsko in okoljsko osveščenih kupcih in najemnikih stavb. Ti namreč ne želijo več kupovati ali najemati energetsko potratnih in neudobnih stavb, saj se zavedajo, da na daljše časovno obdobje takšne stavbe niso rentabilne.

Kolikšen neizkoriščen potencial za IKT predstavljajo stavbe lahko hitro opazimo, če potegnemo vzporednice med gradbeno in avtomobilsko industrijo. Stavbe zgrajene pred dvajsetimi leti, se glede vgrajene tehnologije, ne razlikujejo prav veliko od stavb, ki se gradijo danes. Pri avtomobilih se na prvi pogled tudi zdi, da razlik izpred dvajset let ni prav veliko; poraba fosilnih goriv je še vedno velika, materiali iz katerih so avtomobil sestavljeni so skoraj enaki, razporeditev v notranjosti je podobna, itd. Najbolj očiten napredek pa je opazen v tehnologijah, ki so povezane z IKT in avtomatizacijo in so danes že postale standard v vseh avtomobilskih razredih: potovalni računalnik z izračunom trenutne porabe goriva in s prikazom trenutnih stanj in napak, prezračevalni in klimatski sistem z avtomatskim prilagajanjem notranje temperature, avtomatsko prilagajanje osvetljenosti, motorni pogoni stekel, itd. Če bi tovrstne, energetsko učinkovite tehnologije (seveda ustrezno prilagojene stavbam), standardno vgrajevali v stavbe (novogradnje in prenove), bi to celotni družbi prineslo pomembne prihranke in širše koristi, ki jih lahko razvrstim v:

- ekonomske koristi:

- prihranki energije,
- dodatne naložbe in dodatna delovna mesta,
- povečan bruto družbeni produkt,
- povečana vrednost nepremičnin,
- spodbude za raziskave in razvoj ter konkurenčnost industrije in rast razvoja;
- družbene koristi:
 - zmanjšana energetska revščina,
 - izboljšano bivalno ugodje in višja produktivnost;
- okoljske koristi:
 - zmanjšane emisije toplogrednih plinov,
 - zmanjšana onesnaženost zraka;
- koristi z vidika energetskega sistema:
 - vpliv na diagram odjema električne energije (razvoj pametnih omrežij).

Učinkovita raba energije ni le varčevanje z energijo. Je veliko več. Pomeni najboljši način, da zmanjšamo porabo energije, ne da bi ob tem znižali raven kvalitete življenja oz. naše bivalno ugodje. Največji delež skupne rabe energije v življenjskem ciklu stavbe, ki zajema fazo načrtovanja, gradnjo, obratovanje in odstranitev, predstavlja energija, ki je potrebna za obratovanje stavbe, tj. energija za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje in razsvetljavo. Da je zmanjšanje obratovalne energije stavbe pomemben ukrep za višanje energetske učinkovitosti, se je družba začela dobro zavedati šele v zadnjih dveh desetletjih. To je še najbolj opazno v evropski zakonodaji, ki od svojih članic zahteva drastične ukrepe na tem področju. Leta 2010 je tudi Slovenija celovito posodobila prej ohlapne zakone in se pridružila državam, ki so svojo zakonodajo nadgradili z definicijo »skoraj nič-energijske stavbe«¹. Če želimo v skladu s trajnostnim razvojem doseči, da zmanjšanje rabe energije ne gre na račun nižanja bivalnega ugodja uporabnikov stavb, je vzporedno z zakonodajo, potrebno razvijati tudi ustrezno tehnologijo in le-to uspešno prenašati v prakso.

V magistrskem delu izhajam iz prepričanja, da niso uporabniki stavb (torej ljudje) ključni dejavnik, ki v fazi obratovanja stavbe lahko pomembno vplivajo na racionalno rabo energije, ampak je to tehnologija. Posamezniki lahko s pravilnim pristopom, kulturo in načinom razmišljanja veliko prispevamo k racionalni rabi energije v svojih domovih (tj. v stanovanjskih stavbah). V nestanovanjskih² stavbah, pa ta logika iz domačega okolja praviloma odpove. Organizacijski ukrepi varčevanja z energijo (kot na primer ugašanje luči ali zapiranje ventilov na radiatorjih) v nestanovanjskih stavbah predstavljajo le kapljico v morje, če ob tem niso podprti z ustrezno tehnologijo. Tudi če se še tako trudimo, je prispevek posameznikov k deležu

¹ Izraz »skoraj nič-energijska« stavba Energetski zakon (Ur.l. RS št. 17/2014, 81/2015) v 330. členu opredeli kot stavbo z zelo visoko energetsko učinkovitostjo oz. zelo majhno količino potrebne energije za delovanje, pri čemer je potrebna energija v veliki meri proizvedena iz obnovljivih virov na kraju samem ali v bližini.

² Po Enotni klasifikaciji vrst objektov (CC-SI) 2012 (Ur.l. RS št. 109/11), med nestanovanjske stavbe spadajo: gostinske stavbe (hoteli, restavracije, itd.), poslovne in upravne stavbe (stavbe javne uprave, banke, pošte, itd.), trgovske stavbe in stavbe za storitvene dejavnosti, industrijske stavbe in skladišča, stavbe splošnega družbenega pomena (gledališča, muzeji, šole, bolnišnice, itd.).

privarčevane energije zanemarljiv. Razlog je enostaven. Res je in še vedno velja, da se varčevanje z energijo začne na mestu kjer se le-ta porablja tj. v prostoru oz. bolj natančno pri radiatorju, konvektorju, sijalki, itd. Vendar pa je danes že jasno, da se v stavbah največ energije zavrne zaradi nezmožnosti prilagajanja energetskega vira (npr. generatorja ali sistema za pripravo grelnega in hladilnega medija) dejanskim potrebam po energiji v prostorih.

Kot rešitev se ponuja vzpostavitev celovitega in avtomatiziranega (računalniško vodenega in informacijsko podprtega) sistema, kjer je zagotovljena stalna povratna informacija v obliki t.i. povratne zanke od porabnikov energije k energetskemu viru. Inženirska praksa je pri načrtovanju energetskih sistemov v stavbah še vedno preveč osredotočena le na pretok energije tj. pot, ki poteka od vira k porabnikom in »pozablja« na pretok informacij, ki poteka v obratni smeri tj. pot od porabnikov k viru, kar predstavlja ključ do energetske učinkovitosti upravljanja stavb.

Vpeljava računalniško vodenih sistemov v stavbe seveda ne pomeni, da je človeka zamenjal računalnik. Na nekaterih trivialnih funkcijah ga je res oz. ga še bo, vendar pa je človek hkrati dobil nova, veliko bolj zahtevna pooblastila na področju razvoja in vzpostavitve:

- orodij za energetske učinkovito načrtovanje stavb,
- algoritmov za inteligentno krmiljenje v stavbe vgrajenih energetskih sistemov in naprav,
- računalniškega sistema za spremljanje rabe energije in drugih parametrov stavbe,
- računalniškega sistema za centralno upravljanje in nadzor.

Računalniško vodenje in energetske upravljanje stavb je izrazito kompleksno in interdisciplinarno področje. Tukaj se prepletajo tehnologije s področja gradbeništva, strojništva, elektrotehnike in računalništva. Razvija se nova disciplina t.i. inteligentnih ali pametnih stavb (angl. *smart buildings*), ko se sodobna IKT zlije z različnimi omrežji, stvarmi in ljudmi.

Namen magistrskega dela je oceniti potencialne prihrankov energije in vračilne dobe naložb, ko v fazo obratovanja nestanovanjskih stavb vključimo IKT rešitve, ki omogočajo avtomatsko vodenje v stavbo vgrajenih energetskih sistemov in naprav ter celovito energetske upravljanje.

Cilj magistrskega dela je:

- izpostaviti tehnologije in rešitve IKT, kjer je bil prepoznan pomemben potencial učinkovitega upravljanja z energijo v sektorju nestanovanjskih stavb,
- proučiti evropski standard EN 15232, ki definira vpliv sistemov avtomatskega vodenja in energetske upravljanja na energetske učinkovitost stavb ter pri ocenjevanju učinkov vpliva teh sistemov izpostaviti pomen uporabe standardov in protokolov, ki temeljijo na znanstveno preverjenih izračunih in meritvah,
- na podlagi demonstracijskih projektov različnih vrst nestanovanjskih stavb (poslovna stavba, šolski objekt, hotel) dokazati, da se naložba v IKT opremo in storitve avtomatskega vodenja in tehničnega energetskega upravljanja, povrne bistveno pred iztekom njene življenjske dobe.

Raziskovalno vprašanje. V kolikšni meri lahko IKT rešitve avtomatskega vodenja in energetskega upravljanja vplivajo na energetsko učinkovitost stavb, da ob tem ne žrtvujemo zelenega udobja bivanja in predvidoma kolikšna je vračilna doba naložbe v primerjavi z ostalimi naložbenimi ukrepi v učinkovito rabo energije.

Hipoteza. Naložba v segment IKT, kjer je bil prepoznan pomemben potencial učinkovite rabe energije je smotrna odločitev, saj je vračilna doba teh ukrepov najnižja v primerjavi z vsemi ostalimi najbolj pogostimi naložbenimi ukrepi v učinkovito rabo energije v nestanovanjskih stavbah, kot je npr. izolacija fasade, menjava stavbnega pohištva, menjava ogrevalnega sistema, idr.

Metode raziskovanja. Z deskriptivno metodo sem opisal ključna področja, kjer se kaže največji potencial za izboljšanje energetske učinkovitosti s pomočjo IKT. Pri proučevanju teoretične podlage obravnavane tematike, so me poleg obstoječe domače in tuje literature, zanimali tudi rezultati raziskav, ki jih izdajajo različni evropski uradi, institucije in skupine strokovnjakov. Pri delu sem se uprl na zadnje evropske standarde in smernice. Posebej sem proučil evropski standard EN 15232:2012, saj je to tudi edini standard, ki obravnava vpliv avtomatskega vodenja in energetskega upravljanja na učinkovito rabo energije v stavbah. Na tem standardu temelji tudi metodologija analitičnega dela magistrske naloge. Metodologijo sem zasnoval tako, da sledi korakom, po katerih naj bi se ekonomska analiza izvajala v praksi. Na podlagi pregleda več nestanovanjskih stavb različnih vrst, sem s pomočjo kvalitativne metode izvedel primerjalno ekonomsko analizo učinkovitosti dveh ali več alternativnih sistemov avtomatike.

Predpostavke in omejitve. Magistrsko delo obravnava učinkovito rabo energije s pomočjo IKT (angl. »*Greening with ICT*«) in ne energetsko učinkovite IKT (angl. »*Greening of ICT*«). Energetske učinkovitosti same IKT v tem delu nisem proučeval. Magistrsko delo se osredotoča na fazo obratovanja stavbe in stroške, ki nastajajo v tej fazi (obratovalni stroški). Celotno delo je z vidika učinkovite rabe energije v stavbah osredotočeno na segment IKT, ki pokriva področje stavbne avtomatike in krmilnih sistemov (angl. *Building Automation and Control System - BACS*) in tehničnega energetskega upravljanja (angl. *Technical Building Management - TBM*). Za to področje računalniškega vodenja in nadzora se je pri nas uveljavil izraz **centralni nadzorni sistem** (angl. *Building Management System – BMS*, v nadaljevanju **CNS**) in **sistem energetskega upravljanja stavb** (angl. *(Building) Energy Management System*, v nadaljevanju **EMS**). Ostala področja, kjer se segmentu IKT prav tako pripisuje potencial za varčevanje z energijo in niso vezane na fazo obratovanja stavb, kot npr. orodja za načrtovanje in simulacije, magistrsko delo ne obravnava. V magistrskem delu prav tako ne proučujem tehnologij, ki so sicer lahko del celovitega CNS stavbe, vendar pa nimajo neposrednega vpliva na energetsko učinkovitost, kot npr.: varovanje oseb in premoženja, požarna varnost in kontrola dostopa.

1 UČINKOVITA RABA ENERGIJE V STAVBAH

Beseda učinkovitost (angl. *efficient*) izhaja iz latinske besede »*efficere*«, kar pomeni povzročiti ali učinkovati. Energetska učinkovitost ali učinkovita raba energije pomeni doseganje enakega

rezultata z manjšo porabo energije (Krödel, 2009, str. 3). V skladu s 3. členom Direktive 2006/32/ES Evropskega parlamenta in Sveta o učinkovitosti rabe končne energije in energetske storitvah (Ur.l. EU št. 27.4.2006) izboljšanje energetske učinkovitosti pomeni povečanje učinkovite rabe končne energije kot posledica sprememb v tehnologiji, obnašanju uporabnikov in/ali gospodarskih sprememb. Razmerje med dovedeno energijo in izračunano ali ocenjeno količino energije, ki je potrebna za pokrivanje različnih zahtev, ki se nanašajo na standardno uporabo stavbe, služi kot merilo za energetske učinkovitost. V skladu z Direktivo 2010/31/EU Evropskega parlamenta in Sveta o energetske učinkovitosti stavb (Ur.l. EU št. 18.6.2010, angl. *Energy Performance of Buildings Directive*, v nadaljevanju direktiva EPBD 2010/31/EU), se pri določanju energetske učinkovitosti stavb upošteva termična in električna oblika energije za ogrevanje, toplo sanitarno vodo, hlajenje, prezračevanje, razsvetljavo in pomožno energijo.

1.1 Razlogi za učinkovito rabo energije v stavbah

Na podlagi raziskav, ki jih je izvedla družba Frost & Sullivan (2010, str. 3), stavbe porabijo več kot 40 % skupne energije sveta. Največji porabniki so ogrevanje, hlajenje in razsvetljava, ki pomenijo približno 25 % emisij ogljikovega dioksida na svetu. Kot pravi Fius (2014, str. 3), višji nivo energetske učinkovitosti pomeni manjšo porabo ob istem nivoju dobrobiti, ki smo jih vajeni (npr. osvetlitev, gretje, elektromotorji, računalniki, hišni aparati, itd.), kar pomeni tudi višjo ekonomsko učinkovitost, zmanjšanje povpraševanja po redkih resursih, zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov in vse kar je povezano s potrošnjo energije.

V celotnem življenjskem ciklu stavbe se največji delež energije (približno 80 %) porabi v fazi uporabe oz. obratovanja stavbe. Z odločitvami, ki jih sprejmemo v zgodnji fazi načrtovanja, vplivamo na približno 80 % celotne porabe energije življenjskega cikla, medtem ko na ostalih 20 % lahko vplivamo uporabniki s svojim obnašanjem (Hannus, Samad Kazi in Zarli, 2010, str. 8). Evropski svet za energetske učinkovito gospodarstvo v svojem poročilu (European Council for an Energy Efficient Economy [ECEEE], 2011, str. 9) ugotavlja, da v Evropski uniji (v nadaljevanju EU) 10 % vse energije, ki jo porabimo v stavbah, izgubimo samo zaradi ne-optimiziranega delovanja energetskega sistema in naprav. Velik delež teh stavb je v javnem in preostalem storitvenem sektorju. Ne-optimalno delovanje energetskega sistema stavbe ne pomeni le slabše delovne ali bivalne pogoje za zaposlene in druge uporabnike stavb, ampak predstavlja tudi višje stroške za energijo in vzdrževanje stavbe ter nepotrebno obremenitev okolja. Sedanji trendi v rabi energije na dolgi rok niso vzdržni. Brez takojšnjih in ustreznih ukrepov bodo še naprej naraščale z energijo povezane emisije CO₂ in povpraševanje po fosilnih energentih. Kljub bistvenemu napredku pri izpolnjevanju ciljev »20-20-20« zadnje ocene kažejo, da je treba sprejeti dodatne ukrepe za pravočasno doseganje ciljev. Pri spreminjanju sedanjega trenda bodo morale energetske tehnologije z nizkimi emisijami ogljika igrati ključno vlogo, medtem ko bodo energetska učinkovitost in različne vrste energije iz obnovljivih virov zahtevale bistveno širšo uporabo (Enhancing Mediterranean Initiatives Leading SMEs to innovation in building energy efficiency technologies [EMILIE], 2013, str. 4).

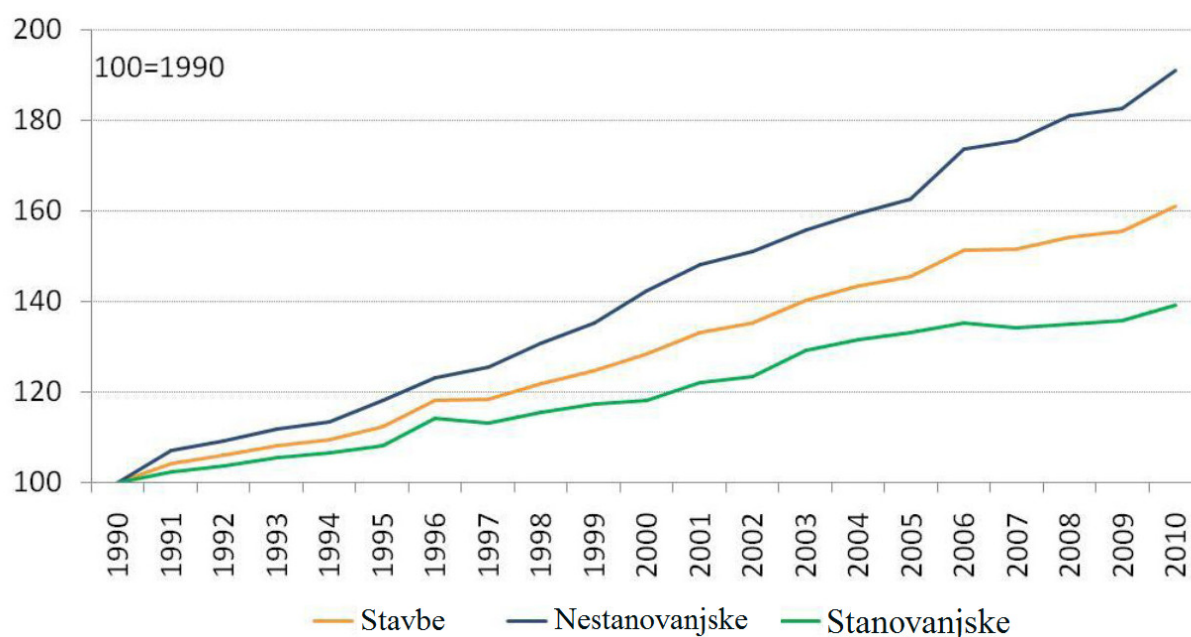
Kot sem zapisal že v uvodu magistrskega dela, učinkovita raba energije prinese celotni družbi pomembne prihranke in širše ekonomske, družbene in okoljske koristi. Podobno tudi Fius (2014, str. 3) navaja naslednje direktne in indirektne dobrobiti, ki jih prihranki energije omogočajo:

- kumulativne vrednosti prihrankov iz naslova višje energetske učinkovitosti znatno presegajo investicijske stroške pod pogojem, da so projekti adekvatno zasnovani in podprti z realnimi opcijami (tj. z vgrajeno fleksibilnostjo),
- zmanjšana onesnaženosti ozračja in izboljšanje klimatskih pogojev v notranjosti stavb vodi k bolj zdravemu okolju, pozitivnih učinkov na zdravje ljudi, boljšemu počutju, višji produktivnosti in višji končni dobrobiti vseh,
- energetska neodvisnost (varnost).

1.1.1 Trend rabe energije v nestanovanjskih stavbah

Trend povečane rabe energije v nestanovanjskih stavbah na območju EU je bil zelo opazen do nastopa gospodarske krize leta 2008, ko je med letoma 2000 in 2008 skupna poraba energije v tem sektorju v povprečju naraščala kar 2,5 % na leto. Ta trend se je v času gospodarske recesije umiril - skupna poraba energije je v povprečju padala 1,5 % na leto, vendar pa je poraba električne energije tudi v tem času naraščala za 1,1 % na leto (French Environment and Energy Management Agency – ADEME, 2015, str. 3). Presenetljiv je podatek, kot prikazuje Slika 1, da je v dvajsetih letih poraba električne energije v nestanovanjskih stavbah zrasla za več kot 80 %. To je predvsem posledica tehnološkega napredka v preteklih desetletjih, prodor IKT opreme, klimatskih naprav, toplotnih črpalk, itd. (Van de Bree, Von Manteuffel, Ramaekers in Offermann, 2015, str. 1).

Slika 1: Trend rabe električne energije stavbnega sektorja v EU



Vir: French Environment and Energy Management Agency, Energy Efficiency Trends in the EU, 2013, str. 48.

Evropsko interesno združenje, ki na nivoju EU zastopa interese kovinske in elektro industrije, v svojem poročilu (European Engineering Industries Association [EEIA], 2014, str. 4) glede energetske prenove stavb, navaja naslednje razloge zakaj se je smiselno pri tem osredotočiti na nestanovanjske stavbe:

- nestanovanjske stavbe predstavljajo 25 % celotnega stavbnega fonda EU,
- skoraj 40 % celotne porabe energije v stavbnem sektorju EU se pojavlja v nestanovanjskih stavbah,
- od leta 1990 nestanovanjske stavbe v EU beležijo dva krat višjo stopnjo rasti porabe energije (1,5 % na leto) v primerjavi s stanovanjskimi stavbami (gospodinjstva: 0,6 % na leto),
- obstaja precejšnja razlika pri porabi energije med stanovanjskimi (povprečno 200 kWh/m²) in nestanovanjskimi (povprečno 280 kWh/m²) stavbami v EU.

V Sloveniji stanovanjske stavbe predstavljajo 75 % vseh površin, medtem ko nestanovanjske stavbe obsegajo preostalih 25 %. Med nestanovanjskimi stavbami so najmočnejše zastopane pisarniške stavbe, ki predstavljajo kar 30,4 % vseh nestanovanjskih stavb. Med njimi je 4,5% javnih upravnih stavb in 25,9 % preostalih pisarniških stavb (Gradbeni inštitut ZRMK, 2014, str. 3). Razdelitev rabe končne energije po vrstah stavb pokaže, da se je največ energije porabilo v bolnišnicah, in sicer 15 % rabe končne energije javnega sektorja. Glede na to, da je bil delež bolnišnic v površini le 6 %, to pomeni, da so bolnišnice zelo intenziven porabnik energije, kjer končna raba energije na enoto površine znaša 553 kWh/m², kar je več kot 160 % nad povprečjem. Pri specifični rabi končne energije je opazno nad povprečjem poleg bolnišnic tudi specifična raba energije v domovih za starejše, vrtcih ter v ostalem šolstvu, kjer je opazna zlasti visoka poraba električne energije (Česen, Urbančič in Lah, 2012, str. 8).

V skladu z Direktivo EPBD 2010/31/EU morajo države članice zagotoviti, da so do 31. decembra 2018 vse nove stavbe »skoraj nič-energijske stavbe«, zato je delež novih stavb s 1. 1. 2019, ki bodo ustrezale zahtevam »skoraj nič-energijske stavbe«, 100 %. Po 5. členu Direktive 2012/27/EU Evropskega parlamenta in Sveta o energetske učinkovitosti stavb (Ur.l. EU št. 14.11.2012) bodo stavbe javnih organov zgled ostalemu stavbnemu fondu. Zgodnji delež »skoraj nič-energijskih stavb« se bo enakomerno povečeval do obvezujočega datuma za javne in ostale nestanovanjske stavbe (Ministrstvo za infrastrukturo Republike Slovenije, 2015a, str. 41). Ukrepi v »skoraj nič-energijsko« gradnjo novih stavb in prenovo sicer zahtevajo velik vložek finančnih sredstev, vendar gre za področje, kjer je zmožno pritegniti velik naložbeni kapital iz skladov in drugih namenskih virov financiranja mednarodnih finančnih institucij kot tudi zasebnih virov financiranja. Kot tak je pomemben tudi kot ukrep za hitro rast gospodarske aktivnosti in izhod iz gospodarske in finančne krize. Ukrepi v tem sektorju imajo znatne sinergijske in multiplikativne učinke in tudi dolgoročno krepijo gospodarsko konkurenčnost in zaposlenost. Gre tako za izvajanje oz. spodbujanje ekonomsko upravičenih ukrepov, kot tudi za izvajanje zahtevnejših ukrepov z elementi demonstracijskih učinkov ter spodbud na področju tehnološkega razvoja in uporabe naprednih tehnologij s področja energetske učinkovitosti in obnovljivih virov energije, pogosto z relativno dolgo vračilno dobo in tudi dolgo življenjsko dobo ukrepov (Ministrstvo za infrastrukturo Republike Slovenije, 2015a, str. 48).

1.1.2 Priložnosti in ovire za naložbe v večjo energetska učinkovitost stavb

Sektor z največjim potencialom za doseganje prihrankov energije predstavlja obstoječi stavbni fond. V Sloveniji je kar 60 % skupnih površin nestanovanjskih stavb zgrajenih pred letom 1985 in te predstavljajo ogromen potencial za energetska prenovo (Ministrstvo za infrastrukturo Republike Slovenije, 2015b, str. 10). Energetska prenova zajema ukrepe v stavbi kot celoti, kar vključuje vse njene stavbne elemente, ki imajo vpliv na rabo energije ter njeno delovanje. Stopnjo energetske prenove opredelimo glede na pričakovane prihranke primarne energije kot prenovo s posamičnim ukrepom, delno prenovo ali celovito energetska prenovo. Celovita energetska prenova pomeni usklajeno izvedbo ukrepov učinkovite rabe energije na ovoj stavbe (npr. fasada, streha, tla) in na stavbnih tehničnih sistemih (npr. ogrevanje, prezračevanje, klimatizacija, priprava tople vode) na način, da se v največji meri izkoristi ekonomsko upravičeni potencial za energetska prenovo. Glavna prednost celovitega pristopa je možnost medsebojne optimizacije posameznih ukrepov v eni sami, obsežnejši operaciji. S tem se optimizirajo tudi prihranki energije, kar pri delni energetska prenovi ali neusklajeni izvedbi posameznih sklopov ni mogoče (Ministrstvo za infrastrukturo Republike Slovenije, 2015b, str. 15).

Tehnologije, ki omogočajo večjo energetska učinkovitost in posledično manjšo rabo energije v stavbah, obstajajo in so dosegljive na trgu. Ob upoštevanju stroškov in koristi v celotni življenjski dobi se naložbe v velik del razvite tehnologije za povečanje energetske učinkovitosti izkažejo tudi upravičene z ekonomskega vidika. Kljub temu pa je napredek pri povečanju energetske učinkovitosti celotnega stavbnega sektorja počasen. V sektorju nestanovanjskih stavb, kamor prištevamo javni in zasebni storitveni sektor, glavne ovire za naložbe v energetska prenovo predstavljajo (Ministrstvo za infrastrukturo Republike Slovenije, 2015b, str. 32):

- naložbe v energetska prenovo stavb imajo dolgo dobo vračanja, zato je za zaupanje investitorjev pomemben robusten, stabilen in konsistenten regulativni okvir, ki opredeljuje energetska prenovo, ker vsaka negotovost, povezana z regulativnim okvirom, zmanjšuje naložbe v energetska prenovo stavb,
- najpogosteje je kritična organizacijska ovira v pomanjkanju kompetenc s področja energetske učinkovitosti stavb, informacij in zanesljivih podatkovnih virov za oceno prihrankov,
- v storitvenem sektorju je precejšen del sektorja v najemu, kjer imamo ponovno opravljanje s problemom »principal-agent« oz. problemom različnih motivov najemnika in lastnika,
- investitorji pogosto dajejo prednost naložbam s krajšimi dobami vračanja, zato dajejo prednost delnim prenovam namesto naložbam v celovito energetska prenovo stavb in energetskih sistemov v stavbi,
- v storitvenem sektorju je veliko malih in srednjih podjetij, ki zaradi omejene velikosti običajno nimajo dovolj kadra, ki bi se lahko ukvarjal z učinkovito rabo energije in vodil projekte na tem področju; čeprav je nekaj javnih sredstev za spodbude, se črpajo počasi,
- omejena možnost zadolževanja javnega sektorja in šibka kreditna aktivnost bank pri kreditiranju zasebnega sektorja,
- nepoznavanje, nerazumevanje in nezaupanje v koncept energetskega pogodbeništva,

- maloštevilni ponudniki energetskega pogodbeništva in težave pri pridobivanju finančnih virov za podjetja, ki te storitve nudijo,
- izvedene celovite energetske prenove ovaja stavbe brez upoštevanja spremenjenih potreb po vedenju uporabnikov (npr. poslabšanje kakovosti notranjega zraka brez sistema prezračevanja oz. nespremenjene navade pri uvedenem sistemu rekuperacije),
- daljša obdobja razmeroma nizkih cen energentov,
- negotovost glede prihodnjih cen energentov.

Mizori Zupan (2011, str. 35) pri pregledu stanja na tem področju ugotavlja, da v večini poslovnih stavb ni vzpostavljenega sistema odgovornosti za področje rabe energije. Največkrat so za to odgovorni finančni vodje, ki želijo znižati stroške za energijo. Vendar se varčevanje z energijo tudi v takšnih primerih ne opravi sistematično, temveč stihijsko. Z energijo je mogoče učinkovito varčevati le z doslednim merjenjem rabe in izgub ter na podlagi tega pripravljenimi varčevalnimi ukrepi in nenehnim preverjanjem učinkovitosti rabe. Zato je nujno tudi v javnem sektorju uvesti sistem ciljnega spremljanja rabe energije. Razlogi za ta ukrep so naslednji:

- stavbe so večinoma stare in pri gradnji ni bilo upoštevano varčevanje z energijo,
- v javni upravi ni usposobljenega kadra za spremljanje rabe energije niti sistematiziranega delovnega mesta oz. del energetskega menedžerja,
- raba energije se ne spremlja ustrezno, zato se uporablja neučinkovito, kar zvišuje strošek zanjo,
- javna uprava je po novi zakonodaji zavezana k izvajanju energetskega knjigovodstva.

1.2 Energetska učinkovitost stavb kot rezultat regulative in prostovoljnih certificiranj

Kot prikazuje Slika 2 je energetska učinkovitost v stavbah lahko rezultat:

Slika 2: Regulativni ukrepi in prostovoljni pristopi za večjo energetske učinkovit stavb



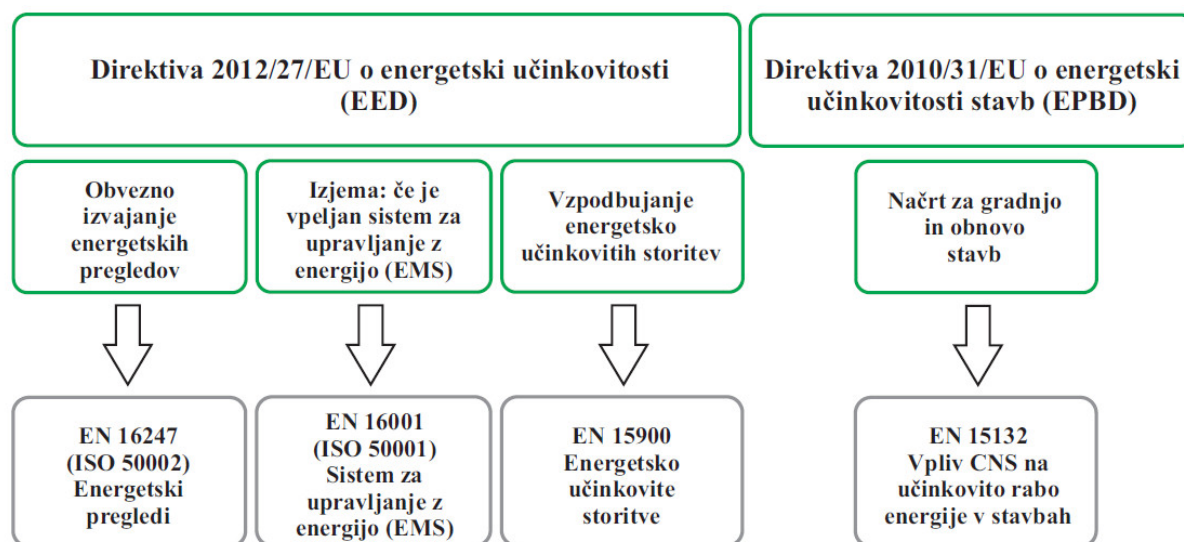
Vir: Schneider Electric, Energy efficiency in electrical distribution, 2016, str. 339.

- **regulativnih ukrepov**, ki so posledica uredb, direktiv in standardov, ki jih je mogoče izdati na nacionalni ali mednarodni ravni,
- **prostovoljnih pristopov**, ki temeljijo na metodah za okoljsko in trajnostno vrednotenje stavb (angl. *green building certification*) ali drugih metodah vrednotenja, kot npr. vrednotenje stavb z vidika vpliva stavbne avtomatike na energetske učinkovitost.

1.2.1 Pregled regulative na ravni EU

Na ravni EU je bilo sprejetih več direktiv, ki poudarjajo potrebo po izboljšanju energetske učinkovitosti. Dve direktivi, ki sta najbolj neposredno povezani z učinkovito rabo energije v stavbah in predstavljata pravno podlago za standardizacijo prikazuje Slika 3.

Slika 3: Skladnost med evropskimi predpisi in standardi učinkovite rabe energije



Vir: Schneider Electric, Energy efficiency in electrical distribution, 2016, str. 340.

1.2.1.1 Direktiva 2012/27/EU o energetske učinkovitosti

Evropska krovna Direktiva 2012/27/EU Evropskega parlamenta in Sveta o energetske učinkovitosti (Ur.l. EU št. 14.11.2012, angl. *Energy Efficiency Directive*, v nadaljevanju direktiva EED 2012/27/EU) je bila sprejeta decembra 2012 z namenom izboljšanja energetske učinkovitosti v EU do leta 2020 za 20 % in vzpostavitve okvirjev ukrepov za pospeševanje in promocijo energetske učinkovitosti v EU. Določa pravno zavezujoča pravila za končne uporabnike in dobavitelje energije. Države članice lahko poleg teh minimalnih zahtev uvedejo tudi strožje zahteve. Direktiva EED 2012/27/EU glede stavb obsega naslednje pomembne zahteve:

- obnova vsaj 3 % površin stavb nacionalne vlade na leto od leta 2014 naprej in nakup stavb, storitev in izdelkov z visoko energetske učinkovitostjo, pri čemer mora biti javni sektor za zgled,

- vzpostavitev dolgoročnih nacionalnih strategij za spodbujanje naložb v obnovo stanovanjskih in poslovnih stavb ter priprava nacionalnih programov energetske učinkovitosti ali enakovrednih ukrepov, s katerimi se zagotovi 1,5 % prihrank energije za končne potrošnike,
- obvezni redni energetski pregledi za velika podjetja (z več 250 zaposlenimi), ki se opravljajo vsaka štiri leta, razen za podjetja s certificiranimi energetskimi in okoljskimi sistemi, kot je to prikazano na sliki,
- uvedba pametnih omrežij in pametnih števecov ter zagotavljanje natančnih informacij o stroških energije, da se okrepi položaj potrošnikov in spodbudi učinkovitejša poraba energije.

Čeprav je zakonodaja sprejeta in se izvaja, podatki kažejo, da se energijski prihranki ne dosegajo dovolj hitro. Poročila kažejo, da se lahko s sedanjimi ukrepi, če se v celoti izvajajo, do leta 2020 prihrani približno 13 % energije (Komisija Evropskih skupnosti, 2008, str. 3).

1.2.1.2 Direktiva 2010/31/EU o energetske učinkovitosti stavb

Direktiva EPBD 2010/31/EU je začela veljati julija 2010. Glavni cilj direktive je bila racionalizacija nekaterih določb predhodnih direktiv in določitev strožjih zahtev glede energetske učinkovitosti stavb v zvezi s:

- skupnim splošnim okvirom metodologije za izračunavanje integrirane energetske učinkovitosti stavb in stavbnih enot,
- uporabo minimalnih zahtev glede energetske učinkovitosti novih stavb in novih stavbnih enot in npr. določa, da mora biti do 31. decembra 2020 pri vseh novih stavbah poraba energije skoraj enaka nič,
- uporabo minimalnih zahtev glede energetske učinkovitosti, predvsem: obstoječih stavb, elementov stavb, na katerih potekajo večja prenovitvena dela, in tehničnih stavbnih sistemov, kadar so vgrajeni, zamenjani ali nadgrajeni,
- energetskim certificiranjem stavb ali stavbnih enot, rednimi pregledi ogrevalnih in klimatskih sistemov v stavbah ter neodvisnimi nadzornimi sistemi za energetske izkaznice in poročila o pregledu.

Sprejetje direktive EPBD 2010/31/EU je bil zelo pomemben korak v prizadevanju EU, da izboljša stanje na področju energetske učinkovitosti svojih velikih in potratnih stavb. Da bi bila zagotovljena primerljivost stavb glede energetske učinkovitosti, je direktiva vpeljala obvezno energetsko certificiranje stavb oz. javno listino imenovano energetsko izkaznico. Direktiva pa pripisuje pomembno vlogo tudi stavbni avtomatiki.

1.2.2 Prenos evropskih direktiv v slovenski pravni red

S tem ko je Republika Slovenija leta 2004 postala polnopravna članica EU, je prenesla del pristojnosti in suverenosti na organe EU. Direktiva, kot sekundarni pravni okvir EU, predstavlja enega najpomembnejših pravnih aktov, ki države članice zavezuje glede doseganja rezultatov, ki ga je potrebno doseči z implementacijo. Izbira metode, oblike in instrumentov za doseg tega

cilja pa je prepuščena državam članicam (Srovin Carolli et al., 2015, str. 19). Kot krovni instrument implementacije več energetske evropske direktive in uredb v slovenski pravni red, je bil pri nas sprejet Energetski zakon (Ur.l. RS št. 17/2014, 81/2015, v nadaljevanju EZ-1). Predpis o tem kako graditi ali obnavljati, da se doseže zahteva po energetske učinkovitosti pa predpisuje Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (Ur.l. RS št. 93/2008, 47/2009, 52/2010, v nadaljevanju PURES 2010).

1.2.2.1 Energetski zakon (EZ-1)

Zadnja prenova EZ-1 je v veljavo stopila marca 2014, sprememba tega zakona pa oktobra 2015. V slovensko zakonodajo je EZ-1 prinesel več evropske direktive in uredb s področja učinkovite rabe energije, med drugimi tudi v prejšnjem poglavju opisano direktivo EPBD 2010/31/EU. Namen EZ-1 je zagotoviti konkurenčno, varno, zanesljivo in dostopno oskrbo z energijo in energetskimi storitvami ob čemer je potrebno upoštevati tudi razvoj na področju učinkovite rabe energije. EZ-1 določa tudi pogoje za obratovanje energetskih naprav ter vpeljuje sistem upravljanja z energijo.

V širši javnosti je EZ-1 postal najbolj poznan po 150. členu, kjer vse lastnike novogradenj in obstoječih stavb, ki stavbe prodajajo ali oddajajo v najem, zavezuje k pridobitvi energetske izkaznice. Poleg podatka o rabi energije, bistveni del izkaznice predstavljajo tudi priporočila za stroškovno učinkovite izboljšave energetske učinkovitosti stavbe. Pomembna zahteva EZ-1 je tudi obvezen prehod na »skoraj nič-energijsko« gradnjo vseh novih stavb od leta 2021. Za nove stavbe javnega sektorja pa se zahteva po »nič-energijski« gradnji začne že dve leti prej.

1.2.2.2 Pravilnik o učinkoviti rabi energije (PURES 2010)

PURES 2010 določa tehnične zahteve, ki morajo biti izpolnjene za učinkovito rabe energije v stavbah (toplotna zaščita, ogrevanje, hlajenje, prezračevanje, priprava tople vode, razsvetljave, itd.) skladno z direktivo EPBD 2010/31/EU. PURES 2010 je stopil v veljavo 1. julija 2010. Določa ostre kriterije za toplotno zaščito in obvezen delež obnovljivih virov energije v novih objektih. Uporaba tega pravilnika je obvezna pri gradnji novih stavb in rekonstrukciji stavbe oz. njenega dela, kadar se posega v najmanj 25 % površine toplotnega ovoja. Prav tako je njegova uporaba obvezna, kadar pri rekonstrukciji stavbe zamenjujemo oz. vgrajujemo nove sisteme ali izvajamo vzdrževalna dela na teh sistemih.

PURES 2010 zahteva tudi obvezno uporabo Tehnične smernice TSG-1-004:2010 - učinkovita raba energije (Ministrstvo za okolje in prostor, 2010, v nadaljevanju Tehnična smernica) kjer so podrobneje določeni ukrepi oz. rešitve za doseg zahtev pravilnika.

Tehnična smernica določa metodologijo izračuna energijskih lastnosti stavbe. Dokument se sklicuje na 10 predpisov in 51 standardov katere je potrebno upoštevati pri izračunu ali oceni učinkovite rabe energije v stavbah. Nekateri standardi, ki se navezujejo na obravnavano tematiko magistrskega dela in so dosegljivi na Slovenskem inštitutu za standardizacijo (v nadaljevanju SIST), pokrivajo področja:

- ogrevanje: SIST EN 15316 - grelni sistemi v stavbah; metoda za preračun energijskih zahtev in učinkovitosti sistema,
- prezračevanje: SIST EN 15241 - prezračevanje stavb; računske metode za energijske izgube zaradi prezračevanja in filtracije v poslovnih stavbah,
- hlajenje: SIST EN 15243 - prezračevanje stavb; izračun sobne temperature ter obremenitve in energije stavb s sobnim klimatizacijskim sistemom,
- topla sanitarna voda: SIST EN 15316 - grelni sistemi v stavbah; metoda izračuna energijskih zahtev in učinkovitosti sistema - 3-1.del.: hišni sistemi in značilnosti potreb za toplo vodo (zahteve porabe),
- razsvetljava: SIST EN 15193 - energijske značilnosti stavb; energijske zahteve za osvetlitev,
- avtomatizacija in CNS: SIST EN 15232 - energijske lastnosti stavb; vpliv avtomatizacije stavb in izvršnih elementov ter upravljanja stavb.

1.2.3 EN 15232 - vpliv avtomatizacije in energetskega upravljanja na učinkovito rabo energije

Eden od referenčnih dokumentov na katerega se sklicuje PURES 2010 oz. Tehnična smernica, kot sestavni del tega pravilnika, je tudi standard SIST EN 15232:2012 - Energetska učinkovitost stavb - vpliv avtomatizacije, regulacije in energetskega upravljanja (v nadaljevanju EN 15232:2012). EN 15232:2012 je eden od standardov, v nizu več kot 40 standardov, ki ga je po pooblastilu Evropske komisije v okviru direktive EPBD 2010/31/EU, izdal Evropski komite za standardizacijo (angl. *European Committee for Standardization*, v nadaljevanju CEN. V sklopu CEN je standard pripravil tehnični odbor (angl. *Technical Committee*, v nadaljevanju TC) TC-247. Harmoniziran standard je bil leta 2007 objavljen v Uradnem listu EU. Istega leta je standard prevzel tudi SIST. V slovenski jezik standard ni bil preveden. Leta 2012 je standard, prvič po letu 2007, bil prenovljen in razširjen in ga danes najdemo pod že omenjeno oznako SIST EN 15232:2012.

Namen sprejetja EN 15232:2012 je bila podpreti direktivo EPBD za izboljšanje energetske učinkovitosti stavb v državah članicah EU. Standard definira metode za oceno vpliva:

- stavbne avtomatike in CNS na energetske učinkovitost stavb,
- tehničnega upravljanja stavb na energetske učinkovitost stavb.

EN 15232:2012 vsebuje:

- strukturiran nabor funkcij avtomatizacije in CNS, ki lahko pomembno vplivajo na učinkovito rabo energije v stavbah,
- metodo za definiranje minimalnih zahtev stopnje avtomatizacije in CNS z vpeljavo teh funkcij v stavbe različnih kompleksnosti,
- metodo, ki temelji na faktorjih energetske učinkovitosti, da bi lahko dobili prvo oceno o učinku teh funkcij na posamezne tipske stavbe,

- podrobne metode za oceno vpliva teh funkcij na stavbe. Te metode omogočajo vpeljavo izračuna stopnje energetske učinkovitosti in kazalnike, ki temeljijo na izračunih relevantnih standardov.

EN 15232:2012 ima vpliv na:

- lastnike stavb, arhitekte in druge načrtovalce (projektante in inženirje), ker opredeljuje funkcije, ki naj se upoštevajo pri snovanju novih ali pri obnovi obstoječih stavb,
- zakonodajne organe, ker predpisuje minimalne funkcijske zahteve za vključitev avtomatizacije in CNS v procese novogradenj ali obnov,
- javne organe, ki skrbijo za tehnične preglede sistemov in preglednike, da preverijo ali so bili uporabljeni ustrezni postopki in ali je dosežena želena raven avtomatizacije,
- javne organe, ki določijo metode za izračun in upoštevajo vpliv funkcij avtomatizacije in CNS na energetske učinkovitosti stavb, kakor tudi na razvijalce in načrtovalce programske opreme, ki te metode implementirajo v uporabne vsebine,
- projektante, da preverijo ali so pri izračunu energetske učinkovitosti stavbe upoštevane vse funkcije avtomatizacije in CNS.

Poleg EN 15232:2012, CEN TC 247 razvija še druge evropske in mednarodne standarde vezane na avtomatizacijo in energetske upravljanje stavb, kot so:

- standardi za proizvode (elektronske naprave) namenjene krmiljenju HVAC aplikacij (kot npr. EN 15500),
- EN ISO 16484-3: standardizacija funkcij avtomatizacije stavb (ocena vpliva avtomatike na energetske učinkovitost stavb),
- odprti komunikacijski protokoli za avtomatizacijo stavb (kot npr. EN ISO 16484-5), ki predstavlja osnovo za integracijo različnih funkcij stavbe z sistemom za avtomatizacijo stavb,
- EN ISO 16484-7: specifikacija zahtev za sistemsko integracijo.

1.2.4 Sistemi prostovoljnih certificiranj

Kot sem zapisal v uvodu tega poglavja, je lahko energetska učinkovitost v stavbah posledica regulativnih ukrepov in/ali prostovoljnih pristopov. Prostovoljni pristopi zajemajo sisteme prostovoljnega vrednotenja oz. certificiranja stavb, ki običajno predstavljajo nadgradnjo zakonskih zahtev, predvsem kar zadeva okoljske in trajnostne kvalitete. Na podlagi meril, ki izhajajo iz posamezne metode sistema vrednotenja, je mogoče že vnaprej določiti željeno kakovost stavbe.

V svetovnem merilu danes poznamo več kot 250 različnih metod za okoljsko in trajnostno vrednotenje stavb. Mnoge med njimi so zelo prepoznavne, a praviloma med seboj niso primerljive. Metode prve generacije so tiste, ki obravnavajo okoljske vplive stavbe, pretežno povezane z izbiro materialov in rabo energije v fazi uporabe stavbe, kot je npr. ameriška metoda

LEED (angl. *Leadership in Energy & Environmental Design*), angleška metoda BREEAM (angl. *Building Research Establishment's Environmental Assessment Method*) ali mednarodna metoda, k temelji na orodju za ocenjevanje GBTool. Metode druge generacije, kot je npr. LENSE (kratica izhaja iz angl. *Label for Environmental, Social and Economic Buildings*) ali nemške metode DGNB (kratica izhaja iz nem. *Deutsche Gütesiegel für nachhaltiges Bauen*) vsebujejo merila za vrednotenje trajnostnega vidika stavbe in poleg okoljskega (angl. *Life Cycle Assessment - LCA*) obravnavajo tudi ekonomski vidik (angl. *Life Cycle Costing - LCC*) in vidik družbene sprejemljivosti načrtovane gradnje v celotnem življenjskem krogu (Šijanec Zavrl, 2014, str. 25).

Kot pravi Šijanec Zavrl (2014, str. 26) sistemi prostovoljnega vrednotenja stavb večinoma temeljijo na kvalitativnih metodah, kar pomeni da primerjajo kazalnike obravnavane stavbe z referenčnimi, točkujejo predvsem okoljske vplive stavbe, novejša metoda pa pokrivajo tudi ekonomske in družbene vplive in na koncu te vplive uravnotežujejo za končno oceno. Vrednotenje običajno poteka s pomočjo pooblaščenih ocenjevalcev.

1.2.4.1 »eu.bac« certificiranje

Evropsko interesno združenje proizvajalcev stavbne avtomatike (angl. *European Building Automation and Controls Association*, v nadaljevanju »eu.bac«) je bilo ustanovljeno leta 2003.

Namen »eu.bac« združenja je:

- promocija stavbne avtomatike in IKT za nadzor in tehnično upravljanje, kot potenciala za izboljšanje energetske učinkovitosti stavb s pomočjo obstoječih evropskih standardov,
- uvedba metod za certificiranje:
 - produktov namenjenih stavbni avtomatiki,
 - celotnih inštaliranih sistemov avtomatike v stavbi.

»eu.bac« sestavljajo trije sektorji:

- »eu.bac Homes«, ki predstavlja sektor evropskih proizvajalcev regulacijske opreme in opreme za hidravlično uravnovešanje namenjene stanovanjskim nepremičninam,
- »eu.bac Building Automation«, ki predstavlja sektor evropskih proizvajalcev opreme za stavbno avtomatiko in storitve za stanovanjske in nestanovanjske stavbe,
- »eu.ESCO«, ki predstavlja sektor vodilnih evropskih podjetij za energetske storitve (angl. *Energy Services Companies*, v nadaljevanju ESCO) za namen promocije energetskega pogodbenišтва kot ekonomsko trajnostne rešitve za izboljšanje energetske učinkovitosti obstoječih stavb.

Kot pravijo v »eu.bac« združenju (Brissman in Ullmann, 2011, str. 1), metodologija certificiranja, ki so jo v združenju razvili, uporabniku zagotavlja visoko stopnjo učinkovitosti produktov in sistemov, ki so v skladu z evropskimi direktivami in so podprti z ustreznimi evropskimi standardi. Metodologija temelji na standardu EN 15232:2012, ki lastnikom stavb

zagotavlja, da bo njihova nova ali prenovljena nepremičnina opremljena s trenutno najboljšo razpoložljivo stavbno avtomatiko in z največjim možnim potencialom za varčevanje z energijo.

»eu.bac« ponuja dve vrsti certificiranj:

- »eu.bac Cert«, ki zajema certificiranje in označevanje produktov hišne in stavbne avtomatike,
- »eu.bac System«, ki zajema certificiranje celotnega inštaliranega sistema stavbne avtomatike oz. CNS na podlagi predhodno opravljene revizije stavbe s strani pooblaščenih ocenjevalcev.

Danes poznani sistemi za certificiranje stavb, kot so npr. LEED, DGNB ali BREEAM, vidike energetske učinkovitosti, dosegljive s pomočjo stavbne avtomatike in IKT za nadzor in tehnično upravljanje, ne upoštevajo celostno. Ta vidik je pogosto spregledan v fazi projektiranja in ne dovolj izkoriščen v fazi obratovanja (Brook, 2016, str. 263). Po prepričanju Brooka (2016, str. 265) to vrzel zapolni »eu.bac System« z metodologijo, ki temelji na standardu EN 15232:2012 in je bila znanstveno preverjena na tehniški univerzi v Dresdnu. Revizija in certificiranje sistema zajema operacije, ki se nanašajo na energetske in operative vidike skozi celotni življenjski cikel sistema. Metodologija podpira načrtovanje, zagon sistema (angl. *commissioning*) in operacije energetskega sistema avtomatike s čimer doda vrednost različnim fazam življenjskega cikla stavbe.

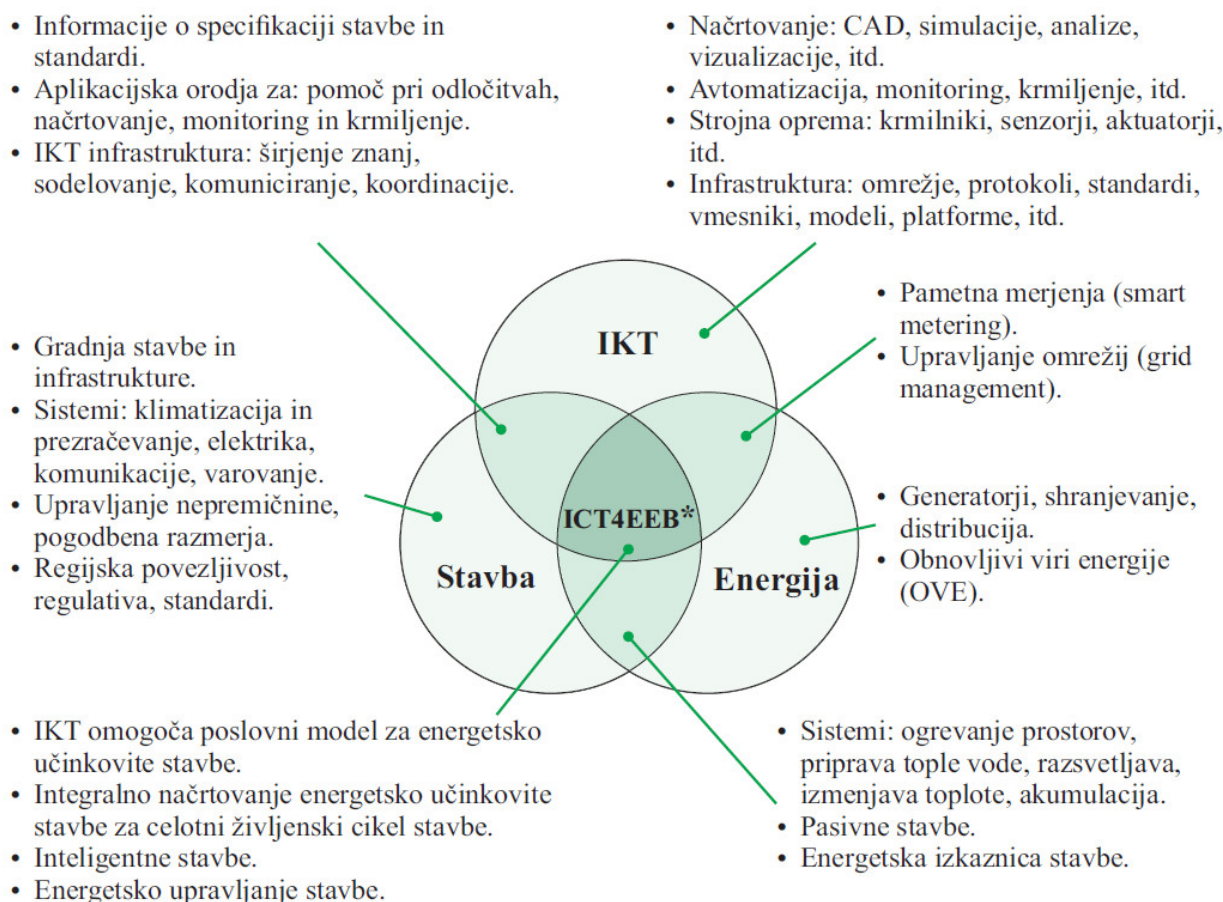
2 IKT ZA ENERGETSKO UČINKOVITE STAVBE

Sektor IKT dobi svojo dejansko moč in pravi pomen šele, ko ponudi IKT rešitve drugim sektorjem in skupaj z njimi pripravi nove infrastrukture, storitve in aplikacije (Robnik, 2011, str. 263). Ker je IKT danes prodrla v vse sektorje poslovnega okolja in industrije, Ye, Hassan, Firth in Fouchal (2010, str. 2-8) ocenjujejo, da bo IKT v prihodnje imela največji vpliv na učinkovito rabo energije v naslednjih segmentih industrije:

- stavbe,
- razsvetljava,
- elektroenergetska omrežja,
- proizvodnja.

Ker je namen magistrskega dela oceniti vpliv IKT na učinkovito rabo energije v stavbah, se v nadaljevanju osredotočam le na segment stavb. Avtorji, ki so tovrstno tematiko do zdaj še najbolj obširno obdelali (Hannus et al., 2010, str. 71), prispevek IKT k energetske učinkovitosti stavb predstavijo kot zmnožek orodij za načrtovanje, sistemov za avtomatsko vodenje, informacijsko podporo investitorjem in uporabnikom pri odločitvah skozi celotni življenjski cikel stavbe, itd. Kot prikazuje Slika 4, gre tukaj za stičišče treh disciplin: gradbeništva (stavbe), energetike in IKT.

Slika 4: Vloga IKT pri energetsko učinkovitih stavbah



* IKT za energetsko učinkovite stavbe (angl. *ICT for Energy Efficient Buildings*)

Vir: M. Hannus, A. Samad Kazi, & A. Zarli, *ICT Supported Energy Efficiency in Construction*, 2010, str. 71.

2.1 Potencial in vloga IKT pri učinkoviti rabi energije v stavbah

S proizvodi in tehnologijo, ki je danes dostopna, bi lahko v stavbah znižali energijo tudi do 70 %, kar je ekvivalent temu, da bi iz vseh cest na svetu odstranili vse avtomobile, tovornjake in avtobuse (Ye et al., 2010, str. 2). Nivo znižanja energije je dosegljiv, ampak le če bomo pri tem v fazi načrtovanja izbrali integralni pristop in če bomo v fazi obratovanja in vzdrževanja vključili IKT, ki temelji na inovativnih rešitvah (Ye et al., 2010, str. 3). Podobno je tudi skupina »Smart Building Group Report« identificirala pet ključnih področij, kjer se kaže največji potencial za izboljšanje energetske učinkovitosti stavb s pomočjo IKT podpre (Heras & Zarli, 2010, str. 15-19):

- **integralno načrtovanje in simulacije:** uporaba informacijskega modela stavbe, vključno s simulacijo energijskih tokov skozi celotni življenjski cikel stavbe, lahko pomembno prispeva k izboljšanju energetske učinkovitosti stavbe; pomaga lahko npr. pri določitvi lokacij za namestitve merilnikov in senzorjev za bolj natančna merjenja, pri preverjanju delovnih pogojev naprav in učinkovitosti sistema pri različnih cenah, tarifah in obremenitvah sistema,

- **interoperabilnost:** obstaja veliko priložnosti za energetske učinkovitost, a ostaja veliko potenciala neizkoriščenega zaradi pomanjkanja integracij in kompatibilnosti med posameznimi napravami in sistemi,
- **intelligentno in celovito avtomatsko vodenje:** sistemi za avtomatsko vodenje stavb so namenjeni zagotavljanju izboljšanju kvalitete in udobja ter zdravemu in varnemu notranjemu okolju na energetske učinkovit način,
- **pametna merjenja** omogočajo bolj točna merjenja porabe energije skozi uporabo naprednih merilnikov, ki so povezani s centralnimi enotami preko komunikacijskih omrežij,
- **dvig zavesti pri uporabnikih in podpora pri odločevanju:** zagotavljanje povratnih informacij v realnem času ima pomemben vpliv na spremembo obnašanja uporabnikov; tukaj igrajo pomembno vlogo vgrajeni sistemi (angl. *embedded systems*) in druge rešitve, ki temeljijo na IKT, kot so npr. različni grafični vmesniki prilagojeni različnim profilom uporabnikov.

Da lahko IKT igra ključno vlogo pri zniževanju rabe energije v stavbah, hkrati pa ustvarja nove poslovne priložnosti, ki jih poganja potreba po večji energetske učinkovitosti, je sklepna ugotovitev projektne skupine REEB (angl. *European strategic research Roadmap to ICT enabled Energy-Efficiency in Buildings and constructions*, v nadaljevanju REEB), v končnem poročilu raziskovalnega projekta REEB (Hannus et al., 2010, str. 8), ki je bil realiziran med majem 2008 in aprilom 2010. REEB je bil do zdaj tudi najbolj obsežen raziskovalni projekt, financiran s strani EU, ki se je fokusiral na izboljšanje energetske učinkovitosti stavb skozi inovativno IKT v luči inteligentnih stavb. Projekt REEB je združil strokovnjake in znanja s področja gradbeništva, IKT in energije. Glavni rezultat projekta je bila strateška raziskovalna agenda - podroben načrt implementacije za raziskave in razvoj ter inovacije na področju IKT podpore za energetske učinkovite nove in obstoječe stavbe. Različne IKT aplikacije in rešitve so bile v sklopu projekta REEB razdeljene v sledeče kategorije (Kramers & Svane, 2011, str. 14):

- orodja za energetske učinkovito načrtovanje in gradnjo,
- intelligentno in celovito avtomatsko vodenje,
- vplivanje na zavest uporabnikov in podpora pri odločanju,
- energetske upravljanje in trgovanje,
- integracijske tehnologije.

Kategorija »orodja za energetske učinkovito načrtovanje in gradnjo« je osredotočena na faze načrtovanja in gradnje. Vpliva teh orodij na energetske učinkovitost v magistrskem delu posebej ne proučujem. IKT aplikacije za »intelligentno in celovito avtomatsko vodenje« upravljajo s pripravo in rabo energije v stavbi. Te aplikacije temeljijo na zbranih informacijah v sami stavbi in izven stavbe. Npr.: pametni števeci lahko avtomatsko beležijo in posredujejo informacije o rabi energije in energentov, senzorji krmilnikom sporočajo podatke o izmerjeni temperaturi, vlagi, osvetljenosti, prisotnosti, hrupu, itd., ki preko aktuatorjev lahko vplivajo na optimalno delovanje stavbnih sistemov. IKT aplikacije za »vplivanje na zavest uporabnikov in podpora pri odločanju« lahko vizualizirajo rabo energije in energentov v realnem času (t.i. indikatorji učinkovitosti). S tem merilnike in senzorje povežemo s sodobnimi in do uporabnika prijaznimi IKT aplikacijami

in orodji. IKT aplikacije za »energetsko upravljanje in trgovanje« so aplikacije pripravljene za pametna omrežja, ki stavbam omogočajo, da postanejo aktiven del tega omrežja tako na strani dobave kot tudi rabe energije. »Integracijske tehnologije« so pomembne predvsem za različne investitorje pri sodelovanju in širjenju znanj skozi različne platforme IKT orodij neodvisno od geografskih mej. Integracijske tehnologije prav tako omogočajo, da različni sistemi in naprave med seboj lahko komunicirajo ter omogočajo uporabnikom, da lahko nove naprave enostavno (angl. *plug-and-play*) vključijo v obstoječ sistem.

2.1.1 Prizadevanja za izboljšanje energetske učinkovitosti s pomočjo IKT na nivoju EU

»Če bi v sektorju IKT sprejeli bolj sistematičen pristop k spremljanju in merjenju porabe energije na vsakem koraku nekega procesa, bi lahko pridobili preverljive in primerljive podatke, s katerimi bi lahko ugotovili možnosti za izboljšanje ter razvili in uporabili rešitve,« ugotavlja Komisija Evropskih skupnosti v Sporočilu o spodbujanju uporabe IKT za olajšanje prehoda na energetsko učinkovito gospodarstvo z nizkimi emisijami ogljika (Komisija Evropskih skupnosti, 2009, str. 3). V sporočilu so predstavljeni tudi ukrepi, ki so osredotočeni na to, kaj lahko sektor IKT doseže s polnim izkoriščanjem potenciala. Sporočilo je osredotočeno na sektor gradbeništva (stavbe) in na prometno logistiko, saj sta to po mnenju Komisije, dve področji z največjim deležem pri celotni porabi energije in največjim neizkoriščenim potencialom za stroškovno učinkovito varčevanje z energijo. Iz sporočila (Komisija Evropskih skupnosti, 2009, str. 9) izhaja, da IKT lahko prispeva dvoje:

- **vloga IKT kot potenciala.** IKT lahko omogoči izboljšanje energetske učinkovitosti z zmanjšanjem količine energije, ki je potrebna, da se opravi določena storitev;
 - IKT lahko s spremljanjem in neposrednim upravljanjem porabe energije omogoči izboljšanje učinkovitosti v sektorjih, ki so glavni porabniki energije. Novejša študija kažejo, da je to zmogljivost mogoče izkoristiti za zmanjšanje porabe energije stavb v EU za do 17 % in za zmanjšanje emisij ogljika v prometni logistiki za do 27 %.
 - IKT lahko zagotovi orodja za energetsko učinkovitejše poslovne modele, delovne prakse in načine življenja, kot so aplikacije za e-poslovanje, delo na daljavo in e-vlada, ter napredne tehnologije za sodelovanje, in tako zmanjšajo povpraševanje po energiji in drugih materialnih virih.
 - IKT lahko z inovativnimi tehnologijami zmanjša potratno porabo energije. Dober primer za to so polprevodniška svetila. Nove rešitve na področju računalništva, kot so lahki odjemalec, mrežno računanje in virtualne tehnologije, obljublajo zmanjšanje presežne porabe v današnjih sistemih.
- **IKT omogočajo kvantificiranje.** IKT lahko zagotovi kvantitativno podlago, na kateri je mogoče oblikovati, izvajati in ocenjevati strategije za energetsko učinkovitost;
 - pri pametnem merjenju se izkorišča zmogljivost IKT za kvantificiranje porabe energije in posredovanje ustreznih informacij potrošnikom. Če potrošniki vedo, kaj je razlog

neučinkovitosti, lahko ukrepajo in jo zmanjšajo ali popolnoma odpravijo. Poskusi s pametnimi števci v EU kažejo, da je mogoče z obveščanjem potrošnikov o njihovi dejanski porabi energije porabo zmanjšati za do 10 %.

- IKT omogočajo tudi kompleksno merjenje energetske učinkovitosti na ravni sistema: programska orodja lahko zagotovijo informacije in podatke o tem, kako je mogoče različne elemente sistema konfigurirati na boljši način in tako stroškovno učinkovito optimizirati njegovo celotno energetske učinkovitost. Ker je pri zasnovi in načrtovanju sistemov nujno treba upoštevati energetske in okoljske vidike, se ta programska orodja ne bodo uporabljala samo v manjših sistemih, ampak tudi v kompleksnejših, npr. v mestnih območjih.

Za področje stavb lahko IKT z uporabo sistemov upravljanja stavb in energije, pametne merilne tehnologije, sistemi za regulacijo razsvetljave, inteligentnimi senzorji in programsko opremo za optimiziranje prispeva k nadaljnjemu izkoriščanju tega potenciala. Ker so za energetske učinkovitost pomembni številni različni dejavniki, med njimi tudi materiali in tehnologije, in njihovi možni vzajemni učinki, je zelo zaželeno, da se razvije sistemsko razumevanje energetske učinkovitosti stavb (Komisija Evropskih skupnosti, 2009, str. 6). Rešitve, ki temeljijo na IKT, lahko med drugim omogočajo stalno spremljanje, nadzor in avtomatizacijo porabe energije in omogočajo, da lahko potrošniki v realnem (ali skoraj realnem) času spremljajo porabo in strošek energije (Komisija Evropskih skupnosti, 2008, str. 13).

2.1.2 Partnerstvo IKT podjetij za razvoj in promocijo energetske učinkovitih tehnologij

Mednarodno strateško partnerstvo IKT podjetij in industrijskih združenj (angl. *Global e-Sustainability Initiative*, v nadaljevanju GeSI), ki se zavzema za razvoj in promocijo tehnologij in dobrih praks za spodbujanje gospodarske, okoljske in socialne trajnosti ter predstavlja gonilo gospodarske rasti, v zadnjih nekaj letih intenzivno sodeluje v globalnem dialogu o podnebnih spremembah. GeSI promovira sektor IKT kot velik potencial za povečanje energetske učinkovitosti in zmanjšanje izpustov emisij CO₂. Združenje v svojem poročilu (Global e-Sustainability Initiative [GeSI], 2010, str. 7) največji potencial IKT pripisuje naslednjim področjem:

- pametne stavbe (angl. *smart buildings*),
- pametna omrežja (angl. *smart grids*),
- pametni elektromotorji (angl. *smart motors*),
- pametna logistika (angl. *smart logistics*),
- dematerializaciji (video konference, e-trgovina, e-papirji, itd.).

Na področju pametnih stavb, GeSI identificira naslednja področja, ki lahko največ doprinesejo k učinkoviti rabi energije in zmanjšanju izpustov emisij CO₂ (Global e-Sustainability Initiative [GeSI], 2008, str. 40):

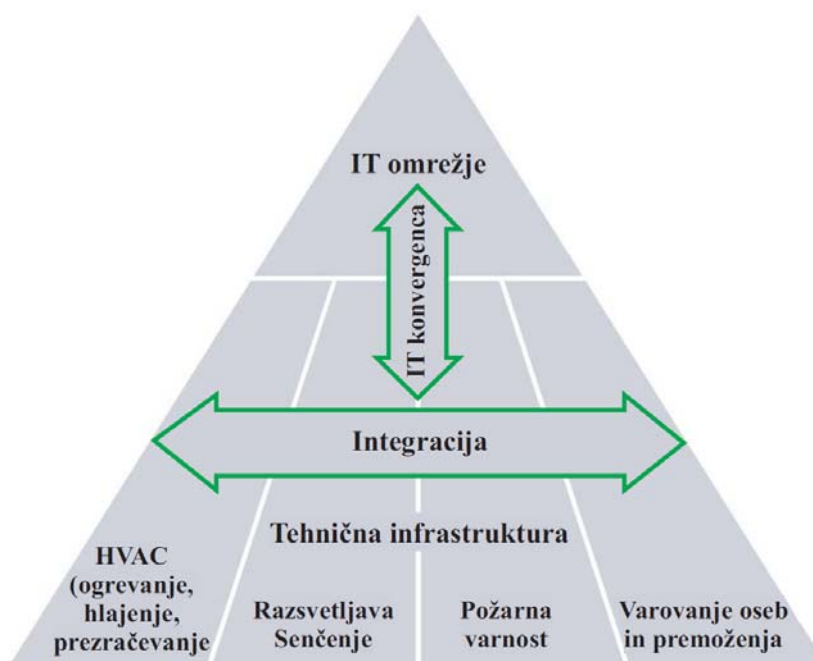
- načrtovanje stavb:

- načrtovanje visoko energetske učinkovitih tehnologij,
- prilagoditev notranjih prostorov;
- tehnologije stavb:
 - CNS,
 - avtomatizacija sistemov ogrevanja, hlajenja in prezračevanja (HVAC),
 - avtomatizacija razsvetljave,
 - prezračevanje glede na obremenitev (npr. glede na zasedenost prostora),
 - inteligentni zagoni sistemov,
 - analiza procesov (angl. *benchmarking*) in ponovna optimizacija energetskih sistemov (angl. *re-commissioning*),
 - optimizacija mrežnih napetosti.

2.2 Konvergenca in integracija tehnične infrastrukture v skupno komunikacijsko platformo

Stavbe so danes lahko upravljane s strani uporabnika ali s pomočjo krmilnega sistema. Uporabnik z vidika energetske učinkovitosti praviloma ne velja za dobrega upravljalca stavbe. Tudi krmilni sistem lahko v določenih primerih upravlja stavbo pomanjkljivo, ker je velikokrat voden le s pomočjo omejenega nabora mikroklimatskih in drugih podatkov (npr. zunanje temperature, fiksni urniki, itd.) ali pa posamezni sklopi med seboj niso povezani. V obeh primerih velja, da je poraba energije lahko večja kot je to potrebno (Rozman, str. 37).

Slika 5: Konvergenca in integracija avtonomnih sistemov v skupno komunikacijsko platformo



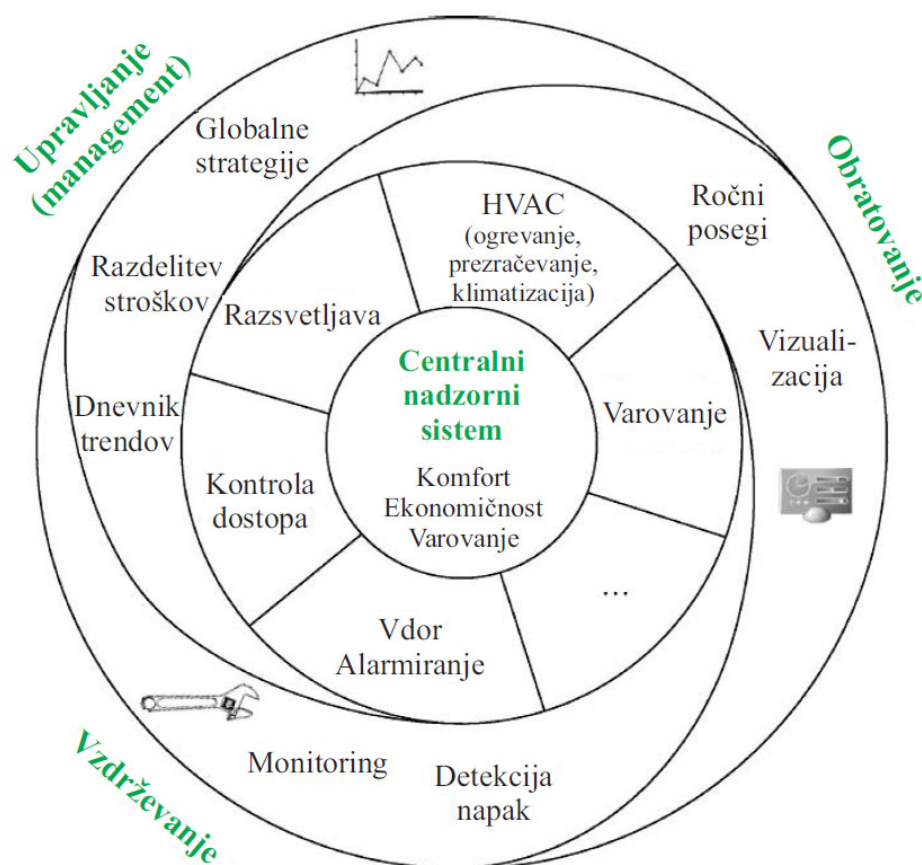
Vir: Siemens AG, The future is smart, 2013, str. 8.

Vendar pa se včasih avtonomni sistemi za nadzor in upravljanje tehnične infrastrukture, zahvaljujoč odprtim komunikacijskim protokolom in vmesnikom, danes že integrirajo v skupno

komunikacijsko platformo (Siemens AG, 2013, str. 8). Kot prikazuje Slika 5, tehnično infrastrukturo s tem zblížamo s poslovnimi sistemi in jo tako bolj približamo uporabnikom. Vse to povečuje transparentnost celotnega sistema, nudi večjo fleksibilnost in znižuje obratovalne stroške stavbe. V sklopu magistrskega dela, me na nivoju tehnične infrastrukture, zanimajo sistemi HVAC, razsvetljava in senčenje ter konvergenca teh sistemov v IT omrežje. To so namreč sistemi, ki ključno vplivajo na rabo termične in električne energije v stavbi. Sistemi požarne varnosti in varovanje oseb in premoženja so sicer lahko del skupne komunikacijske platforme, vendar pa na energetske učinkovitost nimajo vpliva ali pa je le-ta zanemarljiv.

Celovit sistem, ki nadzira in upravlja široko paleto sistemov s kombinacijo modulov programske in strojne opreme, prikazuje Slika 6. Moduli strojne opreme navadno zajemajo senzorje, aktuatorje, komunikacijska omrežja in krmilnike. Programski moduli pa vključujejo kontrolne algoritme, komunikacijske protokole, nadzorno programsko opremo, grafične uporabniške vmesnike in podatkovne baze.

Slika 6: Funkcijski vidik celovitega sistema za nadzor in upravljanje stavb



Vir: Kastner et al., Communication systems for building automation and control, 2005, str. 3.

Po mnenju Ceferina (2005, str. 5), se z razvojem področja IKT in krmilnih sistemov vedno bolj uveljavlja načrtovanje stavb z odprtimi standardi. S stališča vgradnje rešitev za varčno rabo električne energije in mehanizmov inteligentnih stavb je izredno pomembno načrtovanje rešitev že v sami fazi zasnove in izdelave projektne dokumentacije. Zato je sodelovanje arhitektov in

inženirjev s področja inteligentnih stavb potrebno že v fazi izbire sistemov, saj ti t.i. sistemski integratorji pomembno prispevajo k zagotavljanju pravilne izbire in arhitekture sistema. Namen je vsekakor večanje udobja bivanja in zmanjšanje porabe energije. Razvoj gre predvsem v smeri integracije komunikacijskih rešitev kot standarda. Vsekakor so IP tehnologije danes v svetu najbolj razširjene in uporabljene. Pri IP tehnologijah gre za širokopasovne podatkovne prenose. Na nivoju posameznih naprav v inteligentni infrastrukturi zgradbe ni potrebe po širokopasovnih prenosih, pomembna je predvsem robustnost in enostavnost izvedbe.

2.2.1 Koncept inteligentnih stavb

Pod izrazom inteligentna ali pametna stavba razumemo sklop integriranih tehnologij in storitev, uporabljenih v stavbi z namenom, da bi v njej povečali bivalno ugodje, varnost in energetske učinkovitost. Inteligentna stavba vsebuje tehnologije za avtomatsko upravljanje in nadzor različnih naprav in sistemov ter izkorišča sodobno IKT za povezavo posameznih naprav in sistemov med seboj ter njihovo integracijo v celovit sistem. Pri proučevanju področja inteligentnih stavb lahko zasledimo več pristopov (Maleš, 2008, str. 4):

- s poudarkom na učinkoviti rabi energije,
- s poudarkom na povezovanju različnih naprav in sistemov v skupno omrežje za namen poenostavljenega upravljanja in varovanja,
- s poudarkom na funkcijah stavbe, ki so namenjene ljudem s posebnimi potrebami.

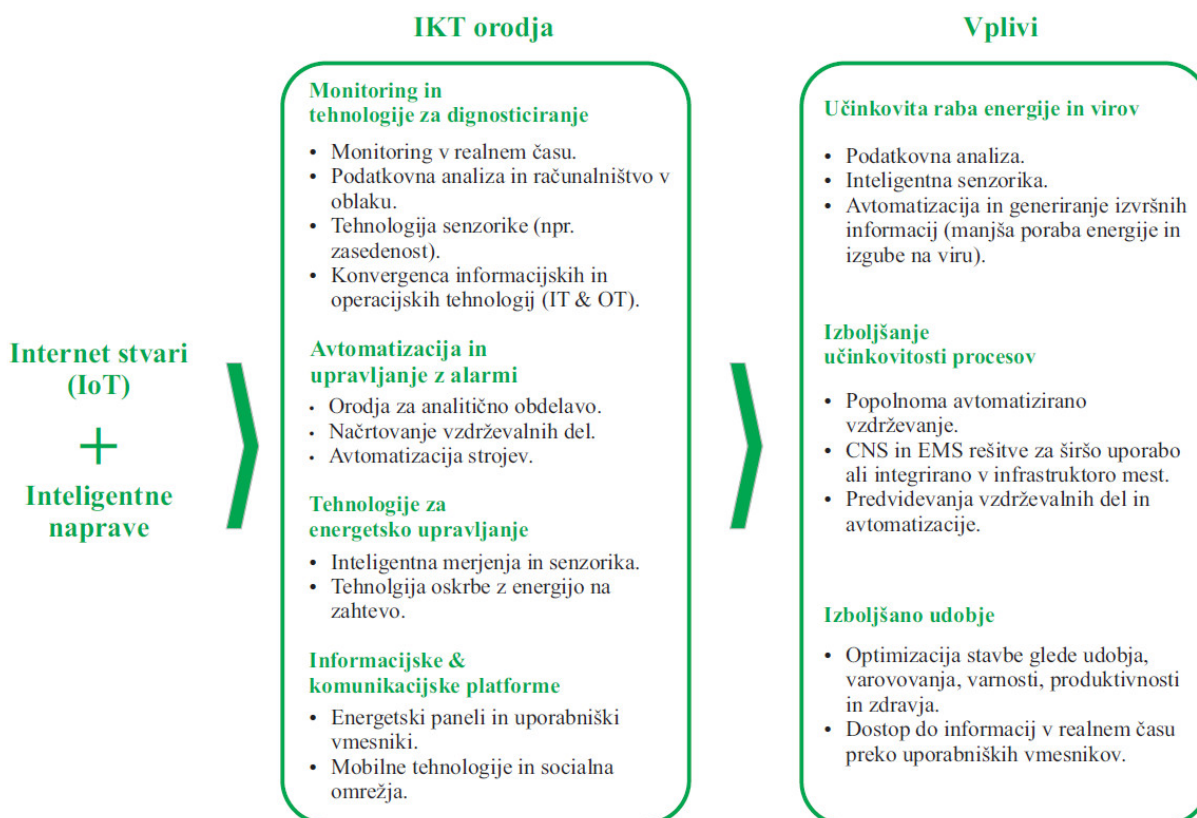
GeSI (Global e-Sustainability Initiative [GeSI], 2015, str. 2) opisuje inteligentne stavbe kot stičišče arhitekture, urbanizma in IKT. Osnovne segmente inteligentnih stavb predstavljajo sistemi za avtomatizacijo, senzorji, vključevanje stavb v pametna omrežja preko pametnih števecov, analiza porabljene energije, napovedovanje in zgodnje odkrivanje napak z uporabo tehnologij monitoringa. Podatke, ki jih pridobimo iz pametnih merilnikov in ostalih krmilnih naprav, lahko povežemo z uporabniki, ki imajo možnost preko svojih pametnih naprav spremljati porabo energije, stanja naprav, alarmna ali nenormalna stanja ter imajo možnost upravljanja z različnimi funkcijami v stavbi, kot npr. z razsvetljavo, senčili, ogrevanjem in hlajenjem. Kot prikazuje Slika 7, se od tehnologij inteligentnih stavb pričakuje dvojje:

- da bodo ponudile IKT rešitve, ki bodo v kombinaciji s tehnologijami prijaznimi do uporabnika, vplivale na zavest uporabnikov v smislu učinkovite rabe energije in varovanja okolja,
- da bodo omogočile avtomatski zajem podatkov za avtomatsko vodenje procesov ter s tem vplivale na učinkovito rabo energije in energetskih virov ob istočasnem izboljšanju bivalnega ugodja in delovnih procesov.

V inteligentni stavbi veliko funkcij nadzira sistem, ki temelji na informatiki, avtomatizaciji, elektroniki in orodjih z lahko razumljivimi vmesniki, s katerimi lahko upravlja uporabnik. Sama stavba je del sistema, kar je veliko več kot vsota posameznih avtomatiziranih funkcij. Ključno za inteligentne stavbe je povezovanje in medsebojna usklajenost med sistemi. Ti sistemi morajo

imeti značilnosti zanesljivosti in modularnosti. Na funkcionalni ravni je največja vrednost sistema avtomatizacije ta, da je mogoče spremljati vse funkcije sistema v realnem času glede na vse interakcije in optimizirati delovanje glede na vnaprej nastavljena merila učinkovitosti ali na merila, ki jih sčasoma izboljšujemo (Cinello & Zanchiello, 2013, str. 3).

Slika 7: IKT tehnologije inteligentnih stavb



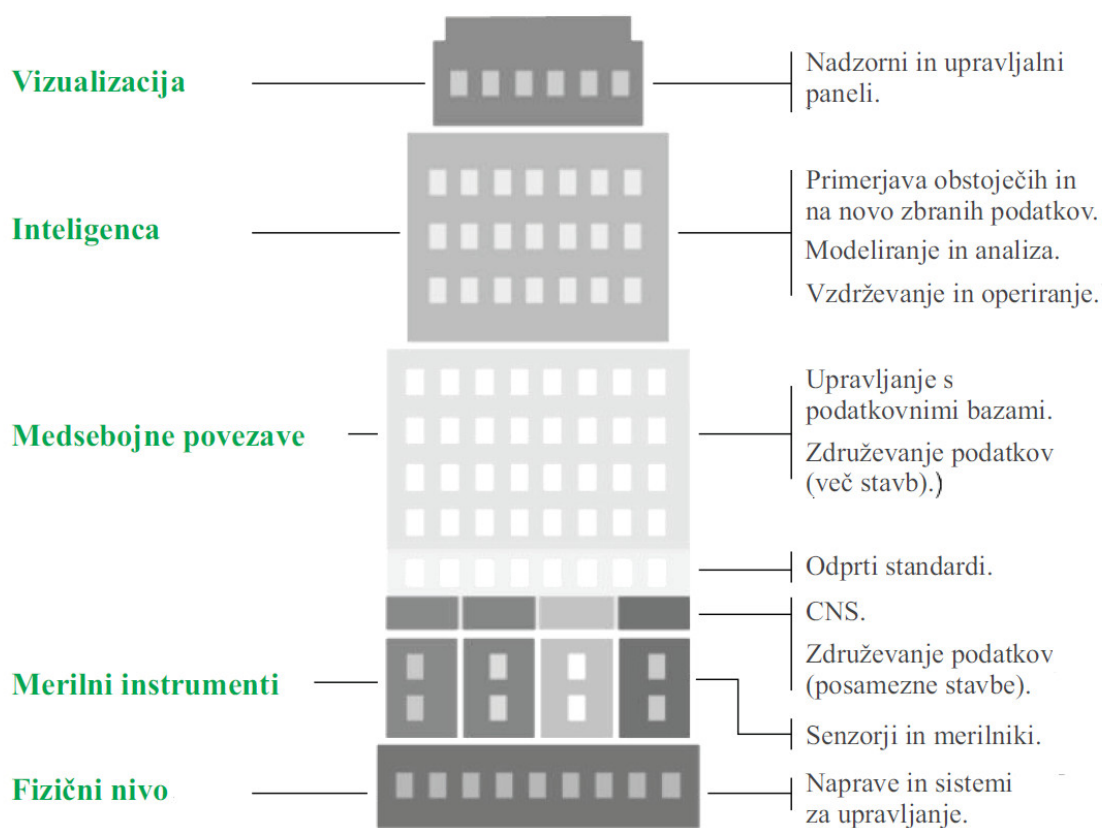
Vir: Global e-Sustainability Initiative [GeSI], ICT Solutions for 21st Century Challenges, 2015, str. 4.

Inteligentna stavbna avtomatika lahko zagotovi učinkovite krmilne funkcije za ogrevanje, prezračevanje, hlajenje, toplo vodo, razsvetljavo in podobne sisteme, ki vodijo k izboljšanju operativne in energetske učinkovitosti stavbe. Kompleksne in integrirane funkcije, ki učinkujejo na varčevanje z energijo ter različne ponavljajoče se funkcije je mogoče krmiliti glede na trenutno uporabo objekta in glede na dejanske potrebe uporabnikov, s čimer se izognemo nepotrebni rabi energije (Baggini & Marra, 2012, str. 141).

Tudi rešitev »IBM Intelligent Building Management«, katero je za inteligentne stavbe predstavila korporacija IBM, je osredotočena na integracijo in optimizacijo fizične in digitalne infrastrukture stavbe. Ta rešitev je načrtovana in zgrajena okrog elementov vizualizacije, inteligence, medsebojnih povezav, merilnih instrumentov in fizičnih naprav. Kot prikazuje Slika 8, IBM rešitev sestavljajo naslednji sloji (IBM, 2011):

- **fizični sloj** sestavljajo naprave in sistemi v stavbi, ki so dejanski predmet nadzora in upravljanja; odločitve, katere naprave in sistemi so to, so sprejete skupaj z lastnikom ali upravnikom stavbe,
- **sloj merilnih instrumentov** sestavlja CNS, ki iz vseh senzorjev in merilnikov zajema podatke v realnem času in jih združi v smiselne in koristne podatke,
- **sloj medsebojnih povezav** (angl. *interconnected layer*) sestavljata dve pomembni področji:
 - uporaba odprtih standardov za zbiranje potrebnih meritev in alarmnih stanj iz različnih CNS sistemov stavbe,
 - združevanje CNS podatkov v skupno normalizirano obliko;
- **sloj intelligence** vsebuje IBM aplikacije, ki omogočajo analitično obdelavo podatkov, vzdrževanje in operativne aktivnosti,
- **sloj vizualizacije** omogoča prikaz zbranih in obdelanih podatkov na skupnem nadzornem panelu (angl. *dashboard*), ki avtoriziranim osebam (glede na njihovo vlogo), omogoča daljinski nadzor in upravljanje.

Slika 8: Arhitektura IBM rešitve inteligentnega nadzora in upravljanja stavb



Vir: IBM, *Smarter Cities Series: Understanding the IBM Approach to Efficient Buildings*, 2011, str. 8.

Rešitve za inteligentne stavbe so odprte in primerne tudi za povezovanje stvari (angl. *Internet of Things – IoT*) in ne le za povezovanje ljudi, ki uporabljajo multimedijske storitve. Inovativne zamisli uporabe na področju stavbne avtomatizacije, energetike, na področju e-zdravja ter na drugih področjih bodo ob potrebnih dopolnitvah prinesle novo kakovost bivanja in življenja v stavbah in zunaj njih (Robnik, 2011, str. 268). Gledano širše, inteligentne stavbe predstavljajo

pomemben del koncepta pametnih mest. Vendar pa so po mnenju Rozmana (2012, str. 37) stavbe danes še večinoma pasivni porabnik energije in ne komunicirajo z zunanjo okolico. Tako je z vidika elektroenergetskega sistema težko predvideti vzorec njihove porabe oz. bodočih potreb. Kapaciteta omrežja mora zato zadoščati tudi za nepredvidljiva trenutna povečanja porabe, kar občutno zmanjšuje njihovo učinkovitost in varčnost. Tak sistem je potrebno nadgraditi. V skladu s paradigmo pametnih omrežij je potrebno spremeniti vlogo stavb iz pasivnih v aktivne elemente energetskega omrežja. Z vključitvijo stavb v pametna mesta se odpirajo nove perspektive, ki omogočajo dodatne prihranke na obeh področjih.

Inteligentne stavbe igrajo ključno vlogo tudi pri pametnih elektroenergetskih omrežjih saj rešujejo tipičen problem uravnavanja dobave in porabe električne energije. Za uravnavanje razmerja med ponudbo in porabo energije je bistvenega pomena stimulacija uporabnikov, da zmanjšajo svojo porabo v času povišanega povpraševanja oz. znižane ponudbe. Kot pravi Rozman (2012, str. 37), lahko tukaj govorimo o:

- direktnem upravljanju porabnikov v stavbi in prilagajanje porabe trenutni ponudbi,
- pogodbenih programih, ki kaznujejo/nagradijo uporabnika glede na njegovo porabo energije v kritičnih časovnih intervalih (statičnih ali dinamičnih),
- mehkejših (za uporabnika prostovoljnih) pristopih z dinamičnim spreminjanjem cene energije, kjer se inteligentna stavba lahko ustrezno odzove na morebitna odstopanja in uskladi porabo s trenutno ponudbo oziroma ceno energije.

2.2.2 Pomen standardizacije in interoperabilnosti

V najpreprostejšem pomenu je standard dogovor kako nekaj početi oz. povedano bolj konkretno, standardi so predpisi (navodila) za merjenje, pogoje, specifikacije, itd. med posameznimi zainteresiranimi skupinami (Malek, Škafar in Vorina, 2009, str. 7). Z vidika obravnavane tematike magistrskega dela ima uveljavljanje in uporaba standardov naslednje pozitivne učinke za več skupin uporabnikov (Javna agencija RS za energijo, 2011, str. 16):

- standardizacija prispeva k izboljševanju primernosti proizvodov in storitev za njihove predvidene namene,
- standardi zagotavljajo, da so izdelki in storitve v skladu s stanjem razvoja na določenem področju,
- standardi omogočajo nepristranskost ter zagotavljajo pravično konkurenco na področju ponudbe, saj opredeljujejo enaka pravila za vse ponudnike,
- standardi omogočajo izboljšane možnosti za tehnično sodelovanje,
- standardi omogočajo, da se lahko uporabi oprema in storitve več med seboj interoperabilnih (povezljivih) sistemov, kar povečuje konkurenco, zagotavlja nadgradljivost in zamenljivost ter omeji tveganje, povezano z izbiro enega samega ponudnika.

Ključni za področje informatizacije in avtomatizacije stavb so standardi, ki jih povzema Tabela 1. Zadnji trije navedeni standardi v tej tabeli so standardi, ki definirajo odprto izmenjavo

podatkov oz. odprte komunikacijske protokole in predstavljajo osnovo za interoperabilnost na področju informatizacije in avtomatizacije stavb.

Tabela 1: Standardi pomembni za informatizacijo in avtomatizacijo stavb

Referenčna oznaka	Opis	Izdajatelj
EN 15232	Energijske lastnosti stavb - vpliv avtomatizacije stavb in izvršnih elementov ter upravljanja stavb.	CEN/TC 247
Serijska EN ISO 16484	Avtomatizacija stavb in sistemi za regulacijo.	CEN/TC 247 ISO/TC 205
EN ISO 16484-5	Avtomatizacija stavb in sistemi za regulacijo - 5. del: protokol izmenjave podatkov (BACnet).	ISO/TC 205 CEN/TC 247
Serijska EN 13321	Odprta izmenjava podatkov v avtomatizaciji stavb in izvršnih elementov ter pri upravljanju stavb - elektronski sistemi za stanovanja in stavbe (KNX).	CEN/TC 247
Serijska EN ISO 14908	Odprta izmenjava podatkov v avtomatizaciji stavb in izvršnih elementov ter pri upravljanju stavb - protokol regulacijske mreže (LONWORKS).	CEN/TC 247 ISO/TC 205

Vir: CEN/CENELEC/ETSI, Final report of the CEN/CENELEC/ETSI Joint Working Group on Standards for Smart Grids, 2011, str. 137, tabela A14.2.

Največja pomanjkljivost trenutnih inteligentnih sistemov za avtomatizacijo stavb je, da se za posamezne funkcije še vedno večinoma uporabljajo krmilni sistemi, ki delujejo ločeno, brez medsebojne komunikacije oz. izmenjave informacij. To pomeni, da stavbo sestavlja niz podsistemov namesto, da se obravnava celostno. To vodi do tega, da v stavbi ni možno izkoristiti potenciala v smislu regulacije energijskih tokov, udobja, stroškov in upravljanja (Environmental Technologies iNet, 2011, str. 16).

Če torej želimo avtonomne sisteme in naprave integrirati v skupno komunikacijsko platformo je potrebno med temi sistemi in napravami zagotoviti izmenjavo informacij. Novak (2011, str. 88) opredeli interoperabilnost kot sposobnost sistemov IKT, da učinkovito medsebojno izmenjujejo podatke in s tem zagotavljajo uporabnost posredovanih informacij. Pri tem je pomembno, da so to podatki iz različnih sistemov, ki so jih oblikovali in ustvarili različni ponudniki. Za realizacijo interoperabilnosti na ravni sistemov IKT morajo biti izpolnjeni pogoji, ki so opredeljeni s tehničnimi standardi, priporočili in dogovori.

Interoperabilnost na podlagi odprtih protokolov ima za uporabnike izdelkov in storitev IKT pomembne pozitivne učinke, saj jim omogoča (Strategija razvoja informacijske družbe v RS - si2010, 2007, str. 21):

- večjo svobodo izbire,
- boljše in kakovostnejše izdelke in storitve z dodano vrednostjo, ki se morajo predvsem prilagajati posebnim zahtevam uporabnika neodvisno od tehnologije,
- onemogočanje omejevanja na posamezne rešitve in tehnologije ter s tem boljši nadzor nad vlaganjem,

- povezovanje raznovrstnih uporabniških programov, sistemov in procesov za zadovoljitev posebnih potreb, kar omogoča učinkovit razvoj, vzdrževanje in nadgrajevanje rešitev v celotnem življenjskem ciklu,
- zagotavljanje večje varnosti uporabe in s tem povečevanje zaupanja v izdelke in storitve.

Po mnenju Maleša (2008, str. 6) povezovanje različnih naprav in naprav različnih proizvajalcev v delujočo celoto lahko postane problematično, če dobavitelj opreme ne spoštuje mednarodna in v praksi uveljavljena pravila o komunikacijski povezljivosti. Eden od najpomembnejših načinov za zagotavljanje interoperabilnosti je uporaba standardov in odprtih protokolov.

Slovenski standardi so v osnovi označeni z oznako SIST. Pri tem gre največkrat za prevzem mednarodnih standardov, ki se izvede s prevodom standarda ali le s prevodom naslova (metoda s prevodom platnice), ki v praksi prevladuje. Največ SIST standardov ima dodatno oznako EN (SIST EN). To so evropski harmonizirani standardi, ki so bili pripravljeni po naročilu Evropske komisije z namenom, da podprejo bistvene zahteve direktiv. Te pripravljajo evropska standardizacijska združenja CEN, CENELEC, ETSI. Ti standardi imajo, ko so odobreni kot harmonizirani, pri uporabi tako najvišji rang (Leban, 2013, str. 2).

2.2.2.1 Obveznost uporabe in dostopnost do standardov

V magistrskem delu navajam veliko virov, ki se sklicujejo na različne mednarodne (ISO), evropske (EN) in/ali slovenske (SIST) standarde in tudi sam se pogosto sklicujem na njih (predvsem na standard SIST EN 15232:2012). Kljub vsem pozitivnim učinkom, ki uporaba standardov lahko prinese družbi, tukaj omenjam nekaj pomembnih ovir vezanih na nejasnost glede obveznosti uporabe standardov in širše dostopnosti do njih:

- še vedno obstaja veliko nejasnost ali oz. kdaj je uporaba standardov obvezna. Kot ugotavlja Leban (2013, str. 1), gre pri tem za »staro vprašanje o obveznosti uporabe standardov, ki so citirani v zakonih in podzakonskih aktih«. Leban (2013, str. 1) se pri tem vprašanju sklicuje na »slovensko standardizacijo, ki je osnovana na Zakonu o standardizaciji (Ur.l. RS št. 59/99) ter posredno še na Zakonu o tehničnih zahtevah za proizvode in o ugotavljanju skladnosti (Ur.l. RS št. 59/99 s spremembami)«. Prvi v 23. členu govori o prostovoljnosti uporabe standardov: »Uporaba standardov SIST je prostovoljna, razen v primeru, da je obvezna uporaba določena s predpisom.« Drugi pa omogoča sklicevanje na standarde v predpisih na naslednji način: »S tehničnim predpisom se lahko določi, da se domneva, da je proizvod skladen z zahtevami predpisa, če proizvod ustreza zahtevam neobveznih standardov, na katere se predpis sklicuje«. Kot pravi Leban (2013, str. 1) se je »rešitev z izražanjem »domneve«, razpotegnila iz osnovnega namena (proizvodi), še na druge zahteve (tudi projektiranje)«.«
- Velika večina standardov ni prevedena v slovenski jezik, zato se zastavlja vprašanje o obveznosti uporabe neprevedenih standardov. Pri tem Leban (2013, str. 2) citira vladno službo za zakonodajo, ki se sklicuje na Ustavo RS in glede tega pravi: »Ni dvoma, da je standard, kadar je s predpisom določen kot obvezen, sestavni del predpisa, ki določa njegovo

obveznost. To velja tudi, če je v predpisu samo navedeno, kje je standard dostopen javnosti. Naslovljenci predpisa morajo namreč pri svojem ravnanju takšen standard upoštevati in spoštovati, saj bi sicer kršili predpis. To pa pomeni, da se morajo z njim seznaniti v uradnem jeziku, ki se uporablja na območju RS, ki je standard predpisala za obvezen, to je v slovenskem jeziku. Standardi, katerih obveznost uporabe je določena s predpisom, morajo torej biti dostopni v slovenskem jeziku.«.

- Standardi niso prosto dostopni vsem državljanom, ker so plačljivi (stanejo od nekaj 10 do nekaj 100 EUR). Slovenski inštitut za standardizacijo (Gole, 2015, str. 1) to opravičuje s tem, »da je članstvo v mednarodnih organizacijah, ki so pogoj za članstvo države v EU, pogojena tudi s plačljivostjo standardov. [...] Standardi sodijo v tržno dejavnost inštituta, zato ne predstavljajo informacije javnega značaja, poleg tega ti dokumenti predstavljajo avtorsko delo, zato njihova reprodukcija in distribucija ni dopustna.«.

2.2.2.2 Pregled komunikacijskih protokolov

Ko računalniki in krmilniki komunicirajo med seboj to počnejo z izmenjavo podatkov. Da lahko izmenjujejo podatke in vzpostavijo komunikacijsko povezavo je potreben protokol. Protokol je v bistvu skupek pravil, da lahko računalniki komunicirajo v omrežju (Kensby & Olsson, 2012, str. 10).

Razvoj komunikacijskih tehnologij in protokolov v stavbah je tesno povezan z razvojem stavbne avtomatike v 80-ih in 90-ih letih prejšnjega stoletja. Sistemi za avtomatizacijo stavb danes ponujajo dve možnosti integracije različnih naprav in aplikacij v enoten CNS. Ločimo med:

- lastniškimi sistemi (angl. *proprietary systems*),
- »odprtimi« sistemi (angl. *open systems*), katere delimo na:
 - standardizirane sisteme (katerih podlago predstavljajo sprejeti standardi) in
 - »de facto« standarde (ki prihajajo iz industrije in so se uveljavili v praksi).

Lastniški sistem, ki je bil razvit s strani enega proizvajalca, je »zaprt« sistem. Proizvajalec poseduje znanje, ki je podlaga za razvoj sistema. Začetni stroški tovrstnih sistemov so relativno nizki in inštalacija sistema je običajno enostavna. Največja pomanjkljivost »zaprtih« sistemov je, da je lastnik stavbe »zaklenjen« na produkte in običajno tudi na storitve enega samega proizvajalca oz. dobavitelja in zaradi tega ne more na enostaven način izkoristiti tržnih inovativnih tehnologij.

»Odprti« sistem je tisti, kjer je razvoj, objava in vzdrževanje standarda v domeni neodvisne in priznane organizacije (CEN, ISO, ASHRAE / ANSI, itd.) ali industrijskega združenja (*»de facto«* standard). Vsaka sprememba v sistemu zahteva razlago uporabnikov, industrije in strokovnjakov, preden ga organizacija ali združenje odobri. Odprti komunikacijski protokoli omogočajo integracijo naprav različnih proizvajalcev v skupen sistem, kar prinaša naslednje prednosti:

- delitev medija za prenos informacij, kar pomeni, da lahko različne produkte različnih proizvajalcev povežemo v skupno komunikacijsko vodilo,
- neodvisnost od dobavitelja, kar pomeni, da investitor ni vezan na enega dobavitelja opreme in storitev, tako ob prvi dobavi kot tudi ob kasnejših širitvah in nadgradnjah.

Za standardizacijo, ki predstavlja način prenosa podatkov med produkti in sistemi HVAC aplikacij je odgovoren CEN TC-247. Komunikacije znotraj avtomatizacije stavb so tukaj razdeljene v tri tipe komunikacijskih zahtev:

- upravljalno (angl. *management*) omrežje, ki služi komunikaciji nadzornih postaj,
- avtomatizacijsko ali krmilno omrežje, ki služi za komunikacijo med centralnimi krmilniki in delovnimi postajami,
- periferno omrežje, ki služi za komunikacijo terminalnih enot krmilnikov, regulatorjev, senzorjev in aktuatorjev.

Namen CEN TC-247 je podpreti implementacijo sistemov za avtomatizacijo stavb skozi več odprtih standardov. Na področju avtomatizacije stavb so se uveljavili trije standardni komunikacijski protokoli:

- **BACnet** (kratica izhaja iz angl. *Building Automation and Control Networks*) je protokol podatkovnih komunikacij za avtomatizacijo stavb in sistemov za regulacijo. Nastal je z namenom, da se standardizirajo komunikacije med napravami in sistemi za avtomatizacijo zgradb različnih proizvajalcev. Po devetih letih razvoja je ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning*) objavil BACnet v letu 1995. Še isto leto je postal ANSI standard (ANSI/ASHRAE 135-1995). Leta 2003 je BACnet postal tudi mednarodni standard (ISO 16484-5). V BACnet združenje je včlanjenih preko 50.000 članov. BACnet definira 1, 2, 3 in 7 sloj OSI referenčnega modela. Na nižjih slojih BACnet uporablja obstoječe LAN tehnologije (Ethernet, ARCNET, LonTalk) in serijske povezave (EIA-232, EIA-485). BACnet ne definira interne konfiguracije, podatkovnih struktur ali kontrolne logike krmilnikov. Informacije, ki morajo biti vidne preko komunikacijskega omrežja so prikazane v obliki standardnih objektov. BACnet objekti omogočajo način za povezavo in dostop do informacij brez poznavanja interne zgradbe naprav (Sinopoli, 2010, str. 20).
- **KNX** protokol je nastal z združenjem Konnex v Bruslju leta 1999. Njegov namen je bil uveljaviti skupen standard na področju avtomatizacije stavb. Združuje devet članic in tri evropska združenja, ki promovirajo inteligentne sisteme v stavbah. Standard Konnex temelji na komunikacijskem skladu protokola EIB, zato lahko vse elemente, vgrajene v sistem inteligentne stavbe, označujemo s simbolom KNX/EIB (Wang, 2010, str. 85).
- **Lonworks** tehnologija se je pričela uveljavljati v začetku 90. let prejšnjega stoletja. Bistvo tehnologije je povezati aparate, naprave in ostalo opremo preko protokola Lontalk v distribuiran informacijsko podprt sistem, kjer ima vsaka naprava (node) vgrajeno »Neuron«

integrirano vezje. Vsak delujoč sistem je podprt z LNS mrežnim operacijskim sistemom in pripadajočo podatkovno bazo. Povezljivost je podprta na različnih prenosnih medijih, kar omogoča prilagodljivost sistema v vseh arhitekturnih okoljih. Arhitektura omrežja znotraj zgradbe je odvisna od števila in vrste naprav integriranih v sistem, delno pa je odvisna tudi od funkcionalnosti zgradbe in vgrajenih sistemov (Ceferin, 2005, str. 2).

Nekateri pogosto uporabljeni odprti standardi niso bili priznani s strani CEN TC-247, vendar pa so pogosto v uporabi tudi na področju stavb. To so npr.:

- MODbus protokol, ki se pogosto uporablja za integracijo kompaktnih naprav (kot npr. hladilni agregati, toplotne črpalke, analizatorji električne energije) v CNS,
- IT standardi, kot je Microsoftov COM, DCOM ali internetni standardi (TCP/IP, http, itd.), ki so pogosto v uporabi na upravljalnem nivoju avtomatizacije stavb.

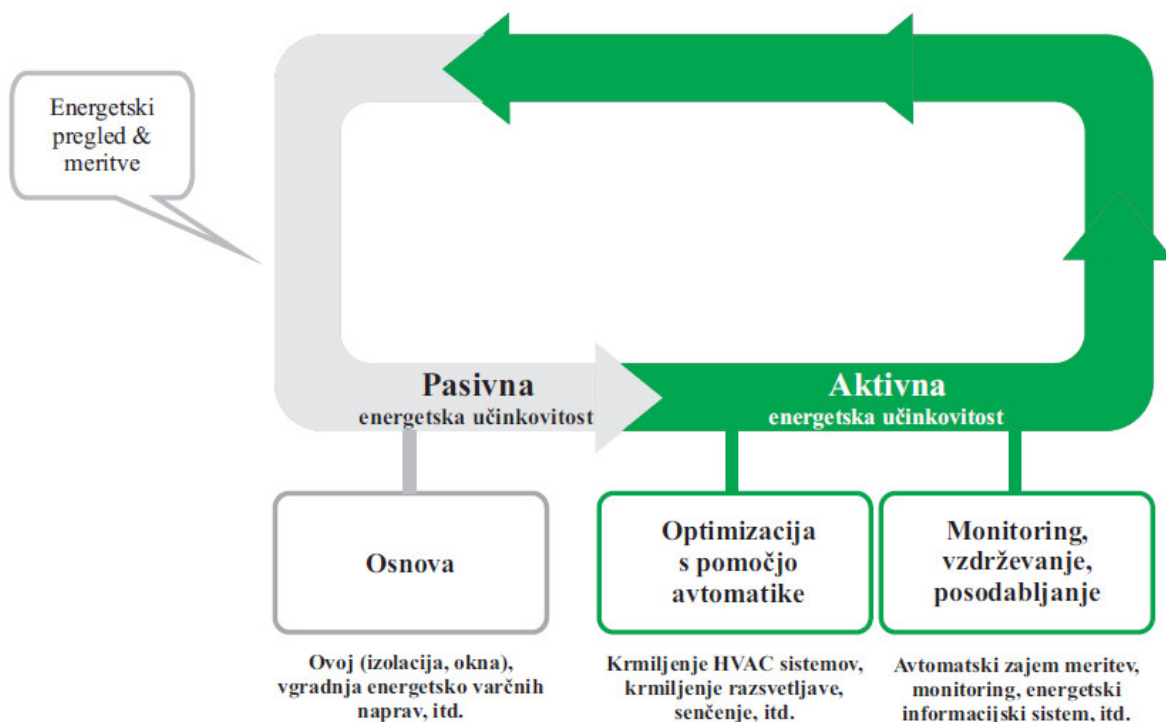
Po podatkih neprofitnega združenja Building Services Research and Information Association [BSRIA], (2015, str. 12) je leta 2013 svetovni tržni delež za posamezni »odprti« komunikacijski protokol znašal za BACnet 54,6 %, KNX 4,9 %, Lonworks 14,8 %, ModBus 3,9 % in za CAN Bus 0,5 %. Tržni delež lastniških (tj. zaprtih) komunikacijskih protokolov je znašal 20,6 %. Trend rasti na svetovnem nivoju je opazen predvsem pri BACnet protokolu (7 % v letu 2013 glede na predhodno leto). Prav tako je opazna rast deleža tudi pri KNX-u (1 %), medtem ko je pri Lonworks-u bil opazen 2 % upad. Pri lastniških protokolih je upad znašal 5 %.

Kot pravi Davis (2011, str. 2), skrivnost uspeha ni v izbiri pravega protokola za kompletno stavbo, ampak uspeh leži v izbiri pravega protokola za posamezni del stavbe. Tako naj bodo CNS oz. upravljalni nivo »BACnet client« in glavni tehničnih sistemi in posamezne naprave naj so opremljene z »BACnet krmilniki«. Na ravni prostorske regulacije naj bo to kombinacija KNX in DALI (kratica izhaja iz angl. *Digital addressable Lighting Interface*) protokola. Na nivoju integracije posameznih kompaktnih naprav (kot npr. hladilni agregati, toplotne črpalke, dizel električni agregati, naprave za neprekinjeno napajanje) je še vedno to lahko MODbus protokol in na nivoju integracije merilnikov porabe energije M-Bus protokol. Vsi ti elementi morajo biti povezani in usklajeni, da lahko uporabniku zagotovijo enoten in celovit sistem.

2.3 Tehnologije avtomatskega vodenja in energetskega upravljanja stavb

V splošnem lahko energetske izboljšave stavb združimo v dve kategoriji: pasivne in aktivne. Kot prikazuje Slika 9 zagotavljajo pasivne energetske izboljšave, kamor spada ovoj stavbe, vgradnja energetske varčnih naprav, itd. vedno enake rezultate in ne potrebujejo stalnega nadzora in upravljanja. Na podlagi enkratnega energetskega pregleda lahko ugotovimo trenutno podobo o rabi energije. Ker pa so stavbe dinamične, saj se stalno spreminjajo njihove energetske potrebe glede zasedenost in zunanjih vremenskih vplivov, se hitro pokaže potreba po avtomatskem vodenju in aktivnem energetskem upravljanju.

Slika 9: Energetska učinkovitost skozi življenjski cikel stavbe



Vir: Schneider Electric, *Energy efficiency in electrical distribution*, 2016, str. 345.

Ključni komponenti aktivnega energetskega upravljanja stavb, ki me zanimata z vidika obravnavane tematike magistrskega dela sta :

- **CNS**, ki predstavlja jedro sistema za avtomatizacijo stavb in omogoča računalniško upravljanje in nadzor nad tehnično infrastrukturo v stavbi,
- **EMS**, ki predstavlja informacijski sistem ciljnega spremljanja rabe energije.

2.3.1 Centralni nadzorni sistem (CNS)

Bistvo CNS predstavlja avtomatsko ali računalniško vodenje. Po definiciji Strmčnika (1998, str. 36) o avtomatskem vodenju govorimo, kadar se procesi zbiranja informacij o stanju sistema in okolice, priprave ukrepov in odločanje ter ukrepanje vršijo brez posredovanja človeka.

CNS za avtomatizacijo stavb omogoča avtomatsko vodenje razmer notranjega okolja in predstavlja srce inteligentnih stavb. Med glavne prednosti tovrstnih sistemov spadajo (Jungič et al., 2009, str. 6):

- opozarjanje na nepravilnosti v obratovanju (dvig kakovosti storitve, znižanje stroškov servisnih posegov),
- arhiviranje podatkov v baze podatkov (zajem meritev in parametrov delovanja za potrebe nadrejenih sistemov, poznavanje delovanja sistema, reševanje reklamacij),

- neposredno (angl. *on-line*) izvajanje krmilnih ukrepov (na podlagi zadanih parametrov nadrejenih sistemov, optimizacija delovanja, znižanje stroškov obratovanja in vzdrževanja).

Zgodovinski izvor in še vedno jedro CNS v stavbi je avtomatizacija sistemov HVAC, razsvetljave in senčenja. Kastner, Neugschwandtner, Soucek in Newman (2005, str. 2) opisujejo razvoj avtomatizacije stavb skozi čas. Avtomatizacija stavb je tesno povezana s krmiljenjem sistemov in naprav inštaliranih v stavbi, z namenom, da le-te zagotavljajo udobje, funkcionalnost, varnost in energetske učinkovitost. To nalogo so sprva opravljali pnevmatski regulatorji. Te so najprej zamenjali električna in analogna vezja ter nato mikroprocesorji s »povratno zanko« (angl. *control loop*). Ta koncept je bil poimenovan »direktna digitalna regulacija« (angl. *direct digital control*, v nadaljevanju DDC). Izraz, ki se je ohranil vse do danes, kadar govorimo o prostoprogramabilnih regulatorjih (DDC regulatorji) namenjenih avtomatizaciji stavb. Naftna kriza v začetku 70-ih let prejšnjega stoletja je sprožila zanimanje o potencialu prihranka energije, ki ga lahko nudi avtomatika. Pred tem je edino merilo za avtomatizacijo bilo zagotavljanje komforta v zaprtih prostorih. Posledica tega je bila vpeljava izraza »sistem za upravljanje z energijo« oz. EMS, ki poudarja pomen in funkcionalnost avtomatizacije v povezavi z varčevanjem z energijo. Nadalje je do izraza prišel računalniški sistem za nadzor, upravljanje in zajem podatkov (angl. *Supervisory Control And Data Acquisition*, v nadaljevanju SCADA). SCADA je široko uporabljen izraz tako na področju stavbne kot tudi procesne avtomatizacije in predstavlja podaljšan doseg operaterja, ker mu omogoča daljinsko upravljanje in kontrolo nad vsakim kosom opreme in nad stavbo ali stavbnim kompleksom kot celoto. Omogoča avtomatsko detekcijo odstopanj od želenega stanja in sporočanje na različne oddaljene lokacije. Funkcije SCADA so še shranjevanje operativnih podatkov, kar lahko veliko pripomore pri optimizaciji sistemov, stroškovni analizi obratovanja in pri načrtovanju vzdrževanja. Sisteme za avtomatizacijo stavb s temi zmogljivostmi pri nas označujemo kot CNS.

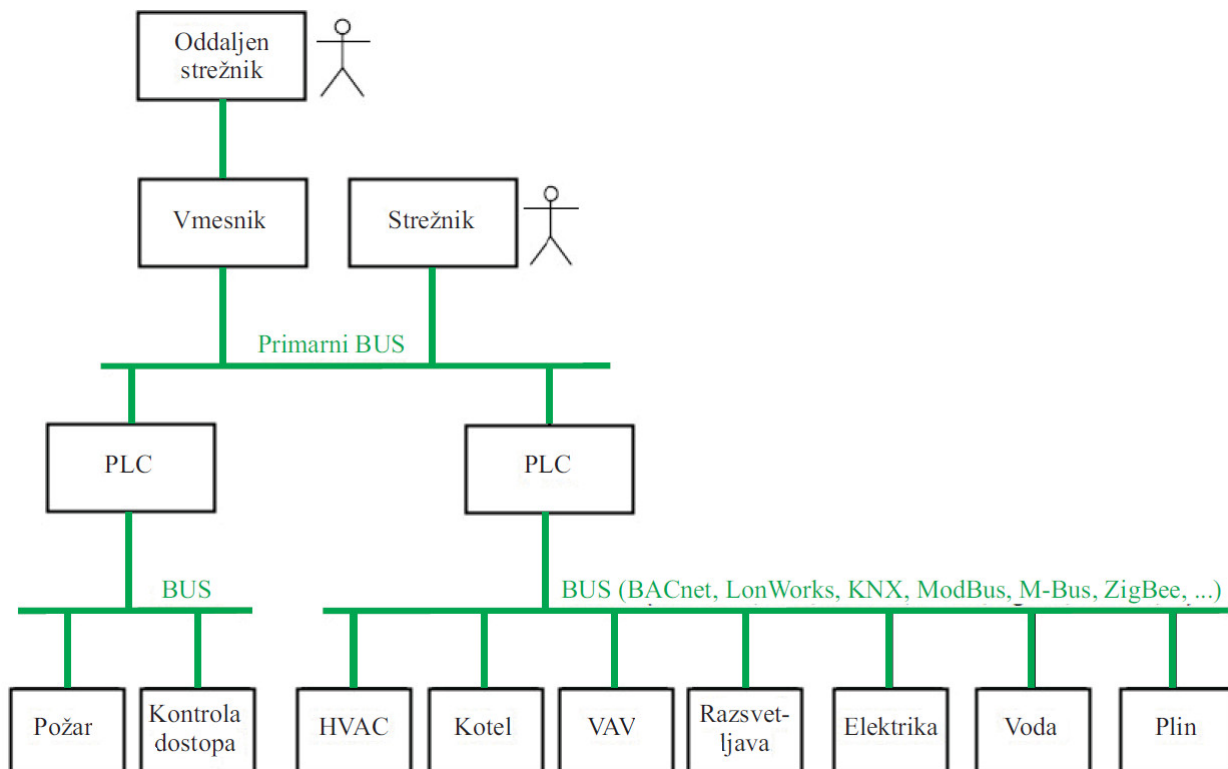
Po Höllerju et al. (2014, str. 270) CNS v stavbi sestavljajo naslednje komponente (Slika 10):

- senzorji (tj. naprave ki merijo, kot so temperaturni senzorji, senzorji gibanja in senzorji tlaka),
- aktuatorji (tj. izvršni elementi, kot so močnostna stikala, termostati in ventili),
- programabilni krmilniki (angl. *Programmable Logic Controllers – PLC*), ki preko več vhodov in izhodov v realnem času izvršujejo krmilne funkcije,
- strežnik, ki zajema in avtomatsko prilagaja parametre sistema ter hkrati operaterju omogoča spremljanje in izdajanje komand,
- eno ali več omrežnih kablskih povezav, imenovanih tudi »BUS« (kot je npr. BACnet, KNX, LonWorks).

Pomembna lastnost CNS sistemov je tudi ta, da se lahko prilagodijo obratovanju objekta glede na zunanje vplive iz okolja in na različne potrebe uporabnikov. CNS oprema mora biti enostavno prilagodljiva in se lahko aplicira za uporabo s pomočjo tehnologij, kot so nanotehnologije, brezžične komunikacije in obdelava podatkov. Te tehnologije so že sposobne vgraditi

inteligenco okolice stavbe, tako da lahko zaznajo prisotnost uporabnika v prostoru in se mu prilagoditi z osebnimi nastavitvami bivanjskih parametrov preko osvetlitve, temperature, itd. (Environmental Technologies iNet, 2011, str. 14).

Slika 10: Konfiguracija centralno nadzornega sistema (CNS)



Vir: J. Höller et al., Commercial Building Automation, From Machine-to-Machine to the Internet of Things, 2014, str. 270.

2.3.2 Sistem za energetska upravljanje stavb (EMS)

Energetsko upravljanje je sklop storitev, ki zajemajo:

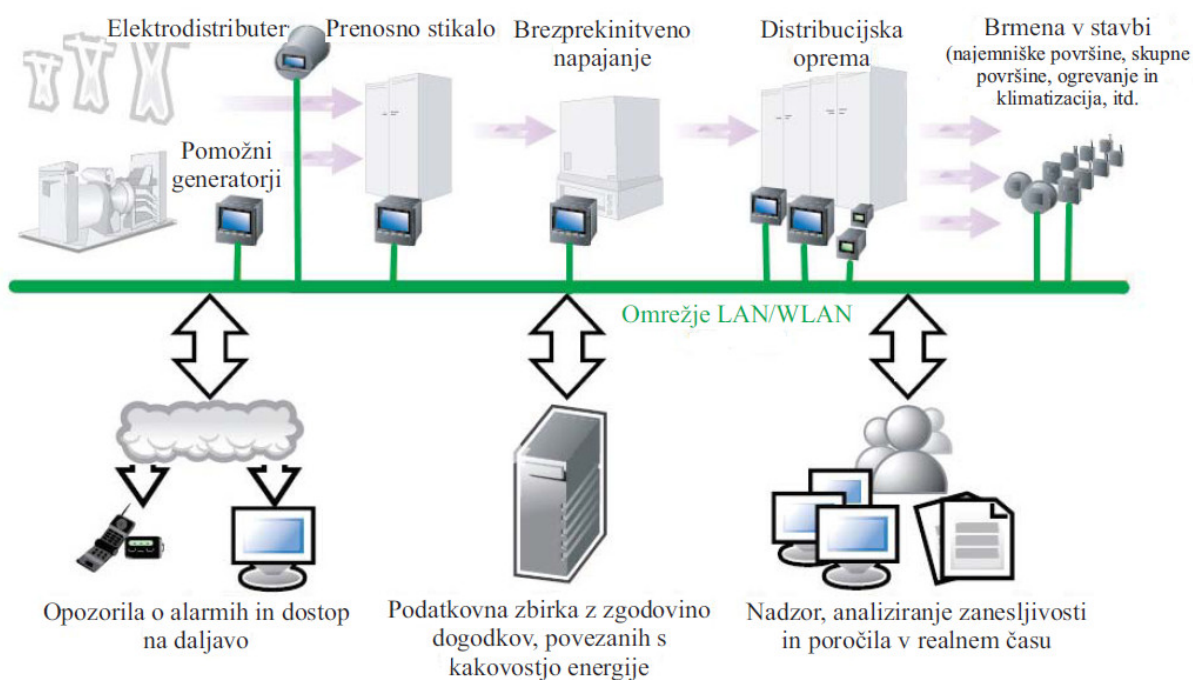
- analizo rabe energije ter stroškov oskrbe z energijo,
- oceno možnih prihrankov energije in stroškov za oskrbo z energijo,
- določitev ukrepov za doseganje teh prihrankov ter oceno njihove izvedljivosti,
- izvedbo ukrepov za doseganje teh prihrankov,
- spremljanje rabe energije in stroškov za energijo, analizo, primerjavo doseganja rezultatov s pričakovanimi,
- ukrepanje ob negativnih odstopanjih.

Predvsem zaradi navad uporabnikov, se dejanska energetska učinkovitost stavbe pogosto razlikuje od tiste, ki je bila predvidena v fazi načrtovanja. IKT oprema za upravljanje energije v stavbah lahko pomaga pri pridobivanju relevantnih in poslovno uporabnih informacij, s pomočjo katerih lahko odkrijemo vse priložnosti, se odločimo za primerne ukrepe in preverimo rezultate.

EMS zagotavlja informacije, ki jih upravitelj stavbe potrebuje za finančno obravnavo energije. T.i. instrumentne plošče (angl. *dashboard*) v brskalnikih kažejo ključne kazalnike zmogljivosti (angl. *Key Performance Indicators – KPI*), ki olajšajo dinamično sledenje in preverjanje pogojev ter stroškov v celotni stavbi. Orodja za trende zagotavljajo poročila o zapletenih odnosih med povzročitelji porabe energije za posamezne tedne, mesece, sezone, leta in druga časovna obdobja. Porabo energije za stavbe in druge stroškovne centre je mogoče zlahka združiti ter normalizirati, da se iz profila odpravijo neodvisne spremenljivke, kot sta temperatura ali površina. To omogoča neposredno in točno primerjavo, kar pomaga razkriti neučinkovita področja in priložnosti za zmanjšanje porabe (Schneider Electric, 2011, str. 6).

EMS je v stavbi lahko inštaliran kot samostojen sistem, kot to prikazuje Slika 11, ali pa predstavlja nadgradnjo CNS. Je osrednji instrument za sistematičen pristop in dolgoročno upravljanje z energijo. Pogoj za spremljanje rabe energije v realnem času je ustrezen koncept meritev saj posamezni podatki še ne pomenijo spremljanja rabe energije. Te podatke je treba nato analizirati z za to prilagojeno programsko opremo.

Slika 11: Primer avtomatskega zajem meritev za potrebe EMS



Vir: Schneider Electric, Tri dimenzije energetskih priložnosti, s katerimi lahko povečate svoje dobičke in vrednosti sredstev, 2011, str. 8.

2.4 Ovire za širšo uporabo IKT rešitev na področju učinkovite rabe energije v stavbah

»Najbolj presenetljiv del našega poslovanja je, da veliko podjetij s katerimi poslujemo, ne ve koliko za energijo sploh porabijo,« pravi Gregg Dixon, direktor marketinga EnerNOC, ki je eno od vodilnih svetovnih podjetij na področju energetskega upravljanja. »To vam lahko veliko pove o tem koliko dela nas na tem področju še čaka,« je zapisal Lacey (2013, str. 7).

Najbolj napredne energetske učinkovite tehnologije pravilom vstopajo na trg v različnih nišnih aplikacijah. Pogosto je glavna ovira za bolj široko uporabo višji strošek (od standardnih tehnologij), v nekaterih primerih pa obstajajo tudi pomisleki glede dolgoročne učinkovitosti in delovanja. O praktični uporabi inovativnih tehnologij se namreč ve manj, omejene pa so tudi izkušnje in smernice načrtovanja. Zato si je treba bolj prizadevati za uvajanje in uporabo perspektivnih rešitev, ki se izkažejo za uporabne in učinkovite tudi v tržnih razmerah (Enhancing Mediterranean Initiatives Leading SMEs to innovation in building energy efficiency technologies [EMILIE], 2013, str. 6).

V okviru evropskega projekta REEB iz leta 2010, katerega namen je bil raziskati možnosti izboljšanja energetske učinkovitosti stavb skozi IKT, so bile glede uvajanja **inteligentne in integrirane avtomatizacije** (angl. *Intelligent & Integrated Control*, v nadaljevanju **IIC**) izpostavljene naslednje ovire (Hannus et al., 2010, str. 85):

- **pomanjkanje kvantitativnih dokazov o dodani vrednosti** oz. donosnosti naložb v IIC. Zelo težko je v naprej napovedati kolikšen je dejanski prihranek stroškov za energijo z uporabo IIC. To je trenutno ena od glavnih ovir za ta del sektorja IKT. Zato je ena od najpomembnejših nalog tega sektorja, da:
 - razvije splošno sprejeta orodja za simulacije, ki bodo sposobna na nesporen način dokazati dodano vrednost in donosnost naložb v IIC,
 - izvede testiranja na terenu (npr. preko pilotnih projektov);
- **nezadostna interoperabilnost**, ki preprečuje:
 - posameznim podsistemom (kot npr. HVAC, razsvetljava, varovanje, itd.), da bi sodelovali med seboj,
 - sistemom, da bi bili dovolj fleksibilni za pokritje celotnega življenjskega cikla stavbe.Izdelani in sprejeti standardi, npr. za prenos podatkov (komunikacijski protokoli) med posameznimi napravami, bodo takšno stanje izboljšali. Ti standardi morajo upoštevati tudi vidike tekočega vzdrževanja in servisiranja.
- **Regulativne ovire.** Pomanjkanje evropskih standardov je dodatna ovira za širšo uporabo IIC. Evropska izkaznica za energetske učinkovite stavbe, bi pripomogla k izboljšanju stanja na področju učinkovite rabe energije s pomočjo IKT. Takšna izkaznica bi lahko bila dopolnilo prostovoljnemu sistemom certificiranja, kot je LEED, BREEAM ali DGNB.
- **Socialne ovire.** Uporaba IIC bo sprejeta s strani uporabnika, če bo le-ta ohranil vtis, da lahko prevzame kompletno ročno upravljanje v primeru nepričakovanega dogodka. Zato je pomembno, da vsak sistem poleg avtomatskega omogoča tudi ročno upravljanje. Uporabnik bo IIC sprejel, če bo tehnologija, ki se skriva za dobro načrtovanim uporabniškim vmesnikom, omogočila izvajanje različne načine interakcij s sistemom.

Podobno tudi podjetje Johnson Controls, ki je eno od vodilnih svetovnih podjetij na področju avtomatskega vodenja in energetske optimizacije stavb, na podlagi vsakoletnih tržnih analiz

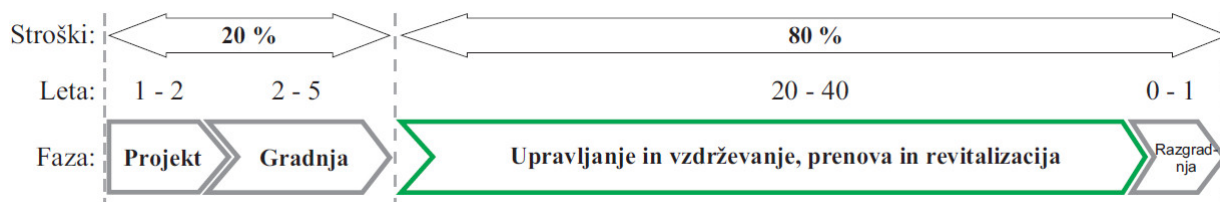
ugotavlja, da že več let največje ovire za naložbe v sisteme inteligentnega vodenja stavb predstavlja (Lacey, 2013, str. 7):

- pomanjkanje zavedanja o priložnostih za varčevanje z energijo,
- premalo strokovnega znanja za načrtovanje in izvedbo projektov,
- pomanjkanje gotovosti, da bodo obljubljeni prihranki doseženi,
- nezmožnost projektov, da dosežejo pričakovanja organizacije glede povrnitve vloženih sredstev,
- pomanjkanje razpoložljivega kapitala za naložbe v projekte.

3 UGOTAVLJANJE POTENCIALOV ZA UČINKOVITEJŠO RABO ENERGIJE S STAVBNO AVTOMATIKO

Pravilno izveden sistem za avtomatizacijo stavb (praviloma z CNS in EMS) zagotavlja učinkovito obratovanje stavbe ob doseganju nizkoogljičnih ciljev in ponuja stalne energetske izboljšave. Mednarodne raziskave kažejo, da lahko inteligentni sistemi za avtomatizacijo in upravljanje pomagajo zmanjšati porabo energije od 40 % do 45 %. Če ob tem upoštevamo, kot prikazuje Slika 12, da je običajno razmerje med stroški gradnje in stroški obratovanja in vzdrževanja 20:80, pride vrednost inteligentni sistemov še toliko bolj do izraza (Roper & Borello, 2014, str. 39).

Slika 12: Obratovalni stroški stavbe

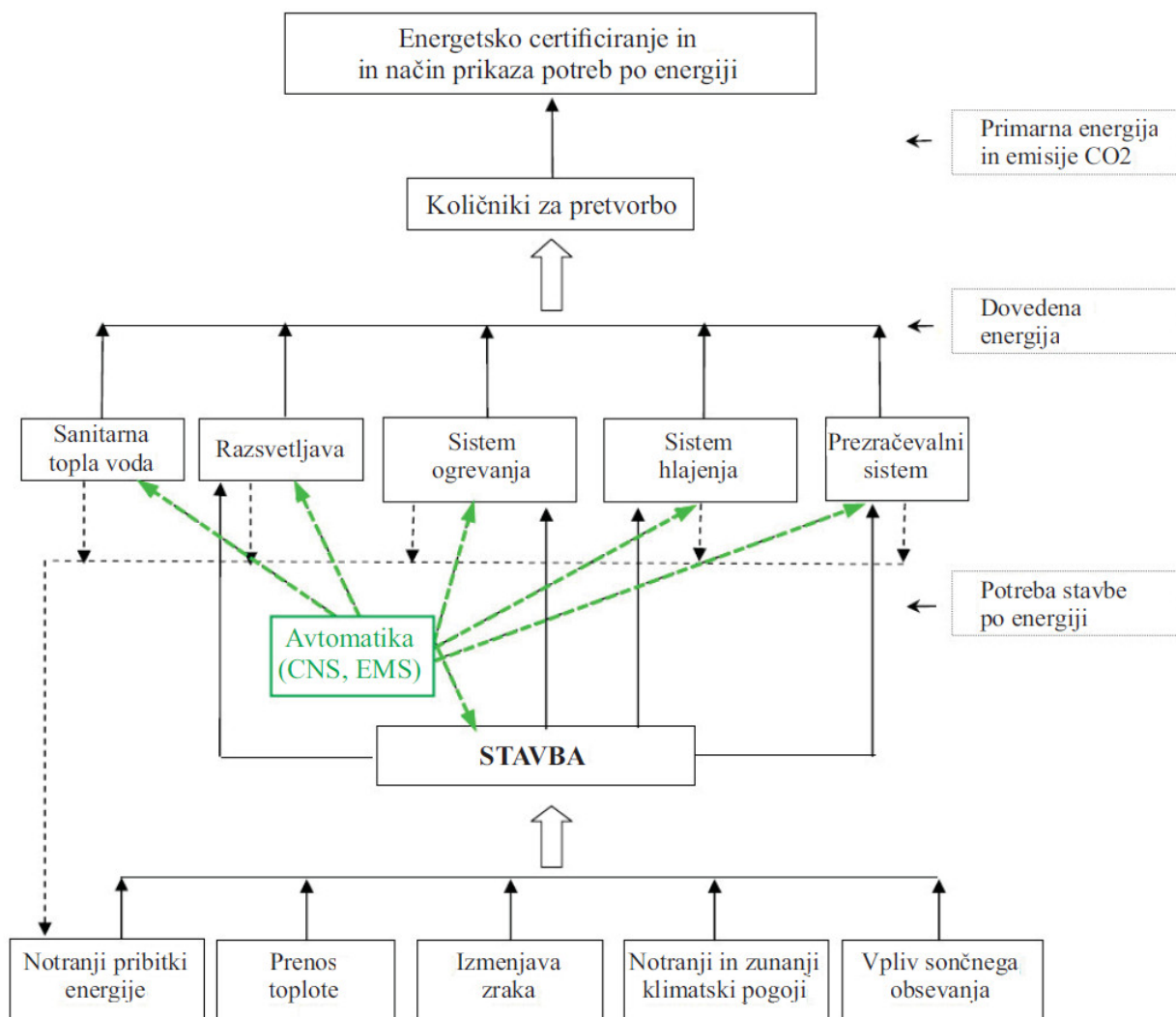


Vir: K. O. Roper & L. J. Borello, International Facility Management, 2014, str. 39.

Pri določanju potencialov za učinkovitejšo rabo energije v stavbah je potrebno upoštevati vse energijske tokove v stavbi. Direktiva EPBD 2010/31/EU, ki je bila podlaga za slovenski PURES 2010, pripisuje stavbni avtomatiki pomembno povezovalno vlogo. Učinek vpliva t.i. prostorske avtomatike (prostorski termostati, senčenje, itd.), se odraža v potrebi stavbe po energiji. Ostali učinki avtomatike na energetske učinkovitost pa se odražajo v izračunih pri posameznih sistemih.

Slika 13 prikazuje, kako so energijski tokovi povezani. Izračun energetske učinkovitosti stavbe se prične pri potrošnikih energije (ti so prikazani v srednjem delu slike) in se konča pri primarni energiji. V spodnjem delu slike so prikazani vhodni podatki, ki vsebujejo karakteristike stavbe, njen profil uporabe in klimatske parametre.

Slika 13: Interakcija med pretokom energije, avtomatiko in tehnološkimi sistemi



Vir: European Committee for Standardization [CEN], *Explanation of the general relationship between various CEN standards and the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD)*, 2006, str. 7.

3.1 Metode za določanje prihrankov energije po standardu EN 15232:2012

Metode in postopki opisani v standardu EN 15232:2012, temeljijo na sistemu razvrščanja stavb v energijske razrede glede na različne funkcije avtomatizacije. V tem poglavju opisujem tak sistem vrednotenja in prikazujem postopke za izračun izboljšanja energetske učinkovitosti ter stroškov, ki izhajajo iz implementacije različnih funkcij avtomatizacije.

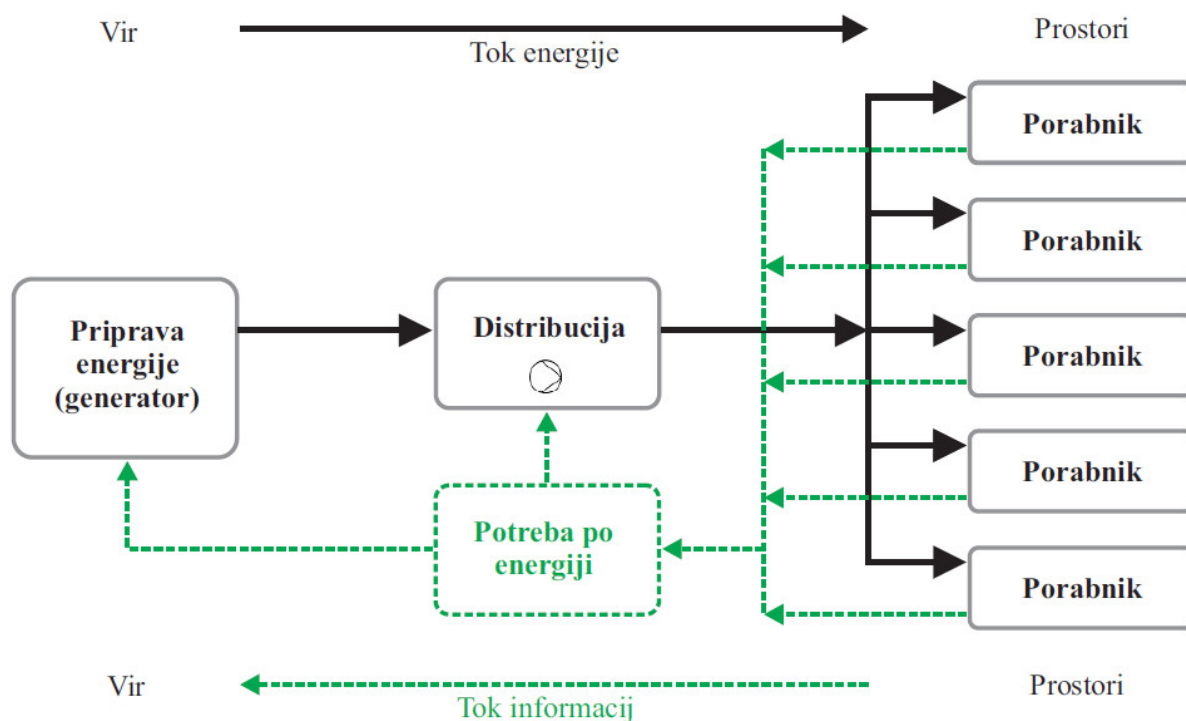
Baggini in Marra (2012, str. 141) povzameta ključne značilnosti standarda EN 15232:2012, ki jih strneta v:

- definiranje štirih razredov za namen razvrstitve stavb v te razrede glede na funkcije avtomatizacije, ki imajo različne vplive na energetsko učinkovitost stavb,
- seznam vseh funkcij avtomatskega vodenja, ki lahko pomembno prispevajo k energetski učinkovitosti stavb,

- definiranje metod za ocenjevanje energetske učinkovitosti stavb.

EN 15232:2012 temelji na modelu t.i. oskrbe z energijo na zahtevo (angl. *energy demand*), kot to prikazuje Slika 14. Posamezni prostor v stavbi oz. porabniki energije v posameznem prostoru, predstavljajo vir zahtev po energiji. Krmilni sistem mora biti sposoben zagotoviti udobne razmere v prostoru glede temperature, vlažnosti, kakovost zraka in svetlobe ter ob tem upoštevati najnižje ali najvišje zahteve lokalnih predpisov. Poleg pretoka energije, ki poteka od vira k porabnikom, je za upravljanje energetske učinkovitosti stavb enako pomemben tudi pretok informacij, ki poteka v obratni smeri kot tok energije. To pomeni, da se varčevanje z energijo ne začne pri viru, ampak na mestu kjer se energija dejansko porablja tj. v posameznem prostoru. S tem je izguba energije pri pripravi medija in distribuciji zmanjšana na absolutni minimum.

Slika 14: Model oskrbe z energijo na zahtevo



Vir: European Committee for Standardization [CEN], EN 15232 - Energy performance of buildings - Impact of Building Automation, Controls and Building Management, 2012, str. 12.

3.1.1 Definiranje razredov energetske učinkovitosti stavb

Standard EN 15232:2012 v tabelarni obliki zajame seznam vseh funkcij stavbne avtomatike, ki imajo vpliv na energetsko učinkovitost stavbe in vsaki funkciji dodeli razred učinkovitosti (Tabela 2) od D (energetsko neučinkovit sistem) do A (visoko energetsko učinkovit sistem).

Tabela 2: Razvrstitev stavbne avtomatike v razrede energetske učinkovitosti po EN 15232

Razred učinkovitosti	Opis
 A	Stavbe z visoko energetske učinkovitim sistemom avtomatike z CNS in EMS.
 B	Stavbe z naprednim sistemom avtomatike z CNS in nekaterimi funkcijami EMS.
 C	Stavbe s standardnim sistemom avtomatike z le nekaterimi funkcijami CNS.
 D	Stavbe z energetske neučinkovitim sistemom avtomatike.

Standard EN 15232:2012, glede na energetske učinkovitost avtomatike, stavbe razvrsti v naslednje štiri razrede:

- **razred D:** stavbe z energetske neučinkovitim sistemom avtomatike. Vključujejo tradicionalne potratne tehnične sisteme brez energetske učinkovite avtomatike. V veliki večini so to stavbe, ki so v Evropi bile zgrajene pred letom 1980. Po energetskih zakonih, ki so danes v veljavi v EU, novih stavb s takšno neučinkovito avtomatiko ni več dovoljeno graditi (Causone & Colombo, 2014, str. 88). Letna potrebna toplota za ogrevanje takih stavb se giblje med 151 in 230 kWh/m², kar bi pri nas glede na energetske izkaznico stavbe, takšne stavbe razvrstilo v razred energetske učinkovitosti G ali F.
- **razred C:** stavbe s standardnim sistemom avtomatike z nekaterimi funkcijami CNS. Zajema stavbe, ki so že avtomatizirane in lahko že vključujejo nekatere standardne funkcije CNS. Tak sistem predstavlja referenčni razred tovrstne klasifikacije. Sistemi so se v stavbe vgrajevali med leti 1980 in 2000, ko so je že začel uveljavljati CNS. Letna potrebna toplota za ogrevanje takšnih stavb se ocenjuje med 150 in 91 kWh/m², kar bi pomenilo, da bi se takšne stavbe glede na energetske izkaznico stavbe večinoma uvrstile v razred E in D;
- **razred B:** stavbe z naprednim sistemom avtomatike z CNS in nekaterimi funkcijami EMS. Tovrstni sistemi so se v Evropi vgrajevali v stavbe, ki so se začele graditi po letu 2000. Letna potrebna toplota za ogrevanje tovrstnih stavb se ocenjuje med 90 in 51 kWh/m², kar pomeni da bi se takšne stavbe glede na energetske izkaznico stavbe uvrstile v razred D in C;
- **razred A:** stavbe z visoko energetske učinkovitim sistemom avtomatike z CNS in EMS. Podobno kot razred B, s tem da CNS in EMS tukaj vključujeta funkcije, ki še dodatno prispevajo k visoki energetske učinkovitosti. Tovrstne stavbe se v Evropi gradijo po letu 2007. Letne potrebna toplota za ogrevanje takih stavb je navadno nižja od 50 kWh/m², kar pomeni da bi se takšne stavbe glede na energetske izkaznico stavbe uvrstile v razred C, B ali A.

Preden neko stavbo po EN 15232:2012 lahko razvrstimo v nek razred učinkovitosti, pa se je najprej potrebno seznaniti s funkcijami, ki so zahtevane za določen razred. EN 15232:2012 definira sedem področij uporabe:

- regulacija ogrevanja,
- regulacija priprave sanitarne tople vode,
- regulacija hlajenja,
- regulacija prezračevanja in klimatizacije,
- regulacija razsvetljave,
- regulacija senčenja,
- tehnično upravljanje stavbe.

Tabela 3: Del popisa funkcij avtomatskega vodenja po EN 15232:2012 za primer ogrevanja

		Opredelitev razreda							
		Stanovanjske stavbe				Nestanovanjske stavbe			
		D	C	B	A	D	C	B	A
AVTOMATSKO VODENJE									
1	REGULACIJA OGREVANJA								
1.1	Regulacija prostorov								
	<i>Krmilni sistem je inštaliran v prostoru. Za primer 1 lahko en sistem regulira več prostorov.</i>								
	0	Brez prostorske regulacije							
	1	Centralno krmiljenje (npr. glede na zunanjo temperaturo)							
	2	Regulacija prostorov s termostatskimi ventili ali prostorskega regulatorja							
	3	Individualna regulacija prostorov s krmilniki, ki so integrirani v CNS (npr. urniki)							
	4	Individualna regulacija prostorov s krmilniki, ki so integrirani v CNS in vključuje avtomatsko vodenje na zahtevo (npr. na zasedenost, kvaliteto zraka,...)							
1.2	Regulacija prostorov preko sistema termičnega aktiviranja betonske konstrukcije (<i>angl. TABS – Thermally Active Building Structure</i>)								
	0	Brez prostorske regulacije							
	1	Centralno krmiljenje (npr. glede na zunanjo temperaturo)							
	2	Napredno centralno krmiljenje (npr. različni temperaturni režimi)							
	3	Napredno centralno krmiljenje z povratno informacijo o izmerjeni prostorski temperaturi							
1.3	Regulacija temperature vode za ogrevanje v distribucijski mreži (dovod ali povratek)								
	<i>Enake funkcije se lahko uporabijo za regulacijo direktnega električnega ogrevanja.</i>								
	0	Brez avtomatske regulacije							
	1	Regulacija kompenzacije glede na zunanjo temperaturo							
	2	Regulacija glede na zahtevo (npr. izmerjeno prostorsko temperaturo)							

Vir: European Committee for Standardization [CEN], EN 15232 - Energy performance of buildings - Impact of Building Automation, Controls and Building Management, 2012, str. 23, tabela 2.

Vsako od naštetih področij uporabe je razdeljeno na več funkcij, katerim so dodeljeni opisi, ki so oštevilčeni od 0 (najmanjši vpliv na energetska učinkovitost) do maksimalno 4 (največji vpliv na energetska učinkovitost). Na podlagi teh opisov lahko posamezno funkcijo dodelimo v enega od razredov od D do A. Primer takšnega razvrščanja za del funkcij regulacije ogrevanja prikazuje Tabela 3.

Obstoječi stavbni fond v EU je v veliki večini uvrščen v razreda C in D. Ta podatek kaže tudi na stopnjo avtomatizacije obstoječih stavb (Mikulović, 2011, str. 94). Če s strani zakonodajalca ni drugače določeno, je najnižji dovoljen nabor funkcij skladen z razredom C (referenčni razred). Zakonodajalci, ki želijo zadostiti minimalnim zahtevam, se morajo prilagoditi tej tabeli. Minimalni nabor funkcij, za razvrstitev v posamezni razred CNS energetske učinkovitosti za sisteme ogrevanja in hlajenja, prikazuje Tabela 4; za sisteme prezračevanja in klimatizacije Tabela 5; za razsvetljavo Tabela 6 in za sisteme senčenja (zaščite pred soncem) Tabela 7.

Tabela 4: Minimalni nabor funkcij za sisteme ogrevanja in hlajenja in razvrstitev v CNS razred učinkovitosti

Razred	CNS funkcije sistemov ogrevanja in hlajenja
A	• individualna regulacija prostorov preko komunikativnih krmilnikov in glede na zasedenost prostora • regulacija temperature v dovodu glede na izmerjeno temperaturo v prostoru in zasedenost • variabilna regulacija vrtljajev obtočne črpalke v dovodu • popolna zapora med regulacijo ogrevanja in hlajenja
B	• individualna regulacija prostorov preko komunikativnih krmilnikov • regulacija temperature v dovodu glede na izmerjeno temperaturo v prostoru • večstopenjska regulacija vrtljajev obtočne črpalke v dovodu • delna zapora med regulacijo ogrevanja in hlajenja (odvisno od sistema HVAC)
C	• individualna regulacija prostorov preko termostatskih ventilov ali elektronskih regulatorjev • regulacija temperature v dovodu glede na zunanjo temperaturo • »on/off« krmiljenje obtočne črpalke na dovodu • delna zapora med regulacijo ogrevanja in hlajenja (odvisno od sistema HVAC)
D	• centralna avtomatizacija prostorov ali brez avtomatske regulacije • konstantna regulacija temperature v dovodu • brez regulacije vrtljajev obtočne črpalke v dovodu, • brez zapore med regulacija ogrevanja in hlajenja

Povzeto in prirejeno po European Committee for Standardization [CEN], EN 15232 - Energy performance of buildings - Impact of Building Automation, Controls and Building Management, 2012.

Tabela 5: Minimalni nabor funkcij za sisteme prezračevanja in klimatizacije in razvrstitev v CNS razred učinkovitosti

Razred	CNS funkcije sistemov prezračevanja in klimatizacije
A	• regulacija pretoka zraka na zahtevo iz prostora (angl. <i>demand control</i>) ali glede na prisotnost • prosto hlajenje (angl. <i>free cooling</i>) • spremenljiva regulacija vstopne temperature glede na obremenitev (npr. CO₂) • regulacija vlažnosti zraka v prostoru ali vlažnosti odvodnega oziroma dovodnega zraka
B	• regulacija pretoka zraka po časovnem programu • prosto hlajenje (angl. <i>free cooling</i>) • spremenljiva regulacija vstopne temperature glede na zunanjo temperaturo • regulacija vlažnosti zraka v prostoru ali vlažnosti odvodnega oziroma dovodnega zraka
C	• regulacija pretoka zraka po časovnem programu • nočno hlajenje (angl. <i>night cooling</i>) • konstantna regulacija vstopne temperature • regulacija vlažnosti dovodnega zraka
D	• brez regulacije pretoka zraka • brez prostega ali nočnega hlajenja • brez regulacije vlažnosti zraka

Povzeto in prirejeno po European Committee for Standardization [CEN], EN 15232 - Energy performance of buildings - Impact of Building Automation, Controls and Building Management, 2012.

Tabela 6: Minimalni nabor funkcij za razsvetljave in razvrstitev v CNS razred učinkovitosti

Razred	CNS funkcije razsvetljave
A	• avtomatska zaznava zasedenosti • avtomatska regulacija dnevne osvetlitve
B	• ročno »on/off« stikalo + dodatni signal za skupinski izklop • ročna regulacija dnevne osvetlitve
C, D	• ročno »on/off« stikalo • ročna regulacija dnevne osvetlitve

Povzeto in prirejeno po European Committee for Standardization [CEN], EN 15232 - Energy performance of buildings - Impact of Building Automation, Controls and Building Management, 2012.

Tabela 7: Minimalni nabor funkcij za senčenje in razvrstitev v CNS razred učinkovitosti

Razred	CNS funkcije senčenja (zaščita pred soncem)
A	• integrirana prostorska avtomatika tj. kombinirana regulacija razsvetljave / HVAC / senčenja
B	• motorizirane operacije z avtomatskim krmiljenjem
C	• motorizirane operacije z ročnim krmiljenjem
D	• ročno upravljanje

Povzeto in prirejeno po European Committee for Standardization [CEN], EN 15232 - Energy performance of buildings - Impact of Building Automation, Controls and Building Management, 2012.

Opisan sistem klasifikacije se še posebej izkaže pri komunikaciji s potencialnimi investitorji v CNS sistem, saj na razmeroma enostaven in pregleden način povzema parametre energetske učinkovitosti sicer kompleksnega sistema, ki v splošnem presega razumevanje laikov (Baggini & Meany, 2012, str. 8). Klasifikacija stavb glede na učinkovitost avtomatike pred in po implementaciji CNS in EMS sistemov pa je koristen pripomoček pri ocenjevanju potencialno doseženih prihrankov termične in električne energije, kar prikazujem v naslednjih poglavjih magistrskega dela.

3.1.2 Ocena vpliva CNS na energetska učinkovitost

Osrednji del standarda EN 15232:2012 za kvantitativno oceno učinkovitosti in varčevanja z energijo s pomočjo uporabe sistemov za nadzor in upravljanje različnih vrst novih ali obstoječih stavb, sestavlja statistični del in simulacije, ki ga opravljajo strokovnjaki s področja evropske zakonodaje v CEN. Standard EN 15232:2012 ponuja dva različna postopka oziroma metodi za izračun učinkovitosti sistemov avtomatizacije, nadzora in upravljanja:

- izračun, ki temelji na metodi CNS faktorjev učinkovitosti (angl. *BACS factor method*),
- metoda podrobnega izračuna (angl. *detailed calculation method*).

3.1.2.1 Metoda CNS faktorjev učinkovitosti

Metoda, ki za izračun učinkovitosti sistemov stavbne avtomatike uporablja CNS faktorje ali koeficiente učinkovitosti, temelji na ocenjenih koeficientih, ki izhajajo iz izračunov narejenih na podlagi dejanskih meritev, ki so bile opravljene na stavbah različnih namenov in v prostorih izpostavljenim različnim robnim pogojem. V koeficientih je upoštevan tudi profil uporabe in podnebne razmere. Po mnenju avtorjev (Baggini & Marra, 2012, str. 119) se ta metoda še posebej izkaže v začetnih fazah projekta, saj metoda omogoča hitro oceno vpliva stavbne avtomatike na porabo energije v fazi obratovanja in prikaže ekonomske vrednosti sprejetih odločitev. Metoda je uporabna tako za stanovanjske stavbe, kakor tudi za nestanovanjske stavbe, kot so poslovne stavbe, knjižnice, šole, bolnišnice, hoteli, restavracije, nakupovalni centri, trgovine, idr.

EN 15232:2012 opiše postopek kako so bili CNS faktorji učinkovitosti določeni. Ti so bili izračunani na podlagi rezultatov velikega števila simulacij, ki so bile izvedene s pomočjo orodja za simulacijo stavbne energetike »TRNSYS«. Vpliv različnih funkcij stavbne avtomatike na energetska učinkovitost stavb je bil določen na podlagi primerjav letne rabe energije v standardiziranem prostoru za različne funkcije stavbne avtomatike, ki opredeljujejo razrede energetske učinkovitosti. Te funkcije so bile določene z:

- obratovalnimi časi grelnega in/ali hladilnega sistema,
- opredelitvijo želene temperature za vklop ogrevanja ali hlajenja, ki so bile določene v odvisnosti od razreda CNS učinkovitosti,
- opredelitvijo karakteristik zračnega toka (konstantni ali variabilni).

Tabela 8: CNS faktorji učinkovitosti za termično energijo (ogrevanje in hlajenje)

Vrsta nestanovanjske stavbe	CNS faktorji učinkovitosti za termično energijo – $f_{\text{CNS,term}}$			
				
	Neučinkovito	Standard (referenca)	Napredno	Visoka energetska učinkovitost
Pisarne	1,51	1	0,80	0,70
Predavalnice, dvorane	1,24	1	0,75	0,5 ^a
Izobraževalne ustanove (šole)	1,20	1	0,88	0,80
Bolnišnice	1,31	1	0,91	0,86
Hoteli	1,31	1	0,85	0,68
Restavracije	1,23	1	0,77	0,68
Trgovine	1,56	1	0,73	0,6 ^a
Ostale stavbe: športni objekti, skladišča, industrijske stavbe, itd.		1		

^a Vrednosti so odvisne od potreb ogrevanja / hlajenja prezračevalnih naprav glede na zasedenost prostora

Vir: European Committee for Standardization [CEN], EN 15232 - Energy performance of buildings - Impact of Building Automation, Controls and Building Management, 2012, str.37, tabela 5.

Tabela 9: CNS faktorji učinkovitosti za električno energijo

Vrsta nestanovanjske stavbe	CNS faktorji učinkovitosti za električno energijo – $f_{\text{CNS,el}}$			
				
	Neučinkovito	Standard (referenca)	Napredno	Visoka energetska učinkovitost
Pisarne	1,10	1	0,93	0,87
Predavalnice, dvorane	1,06	1	0,94	0,89
Izobraževalne ustanove (šole)	1,07	1	0,93	0,86
Bolnišnice	1,05	1	0,98	0,96
Hoteli	1,07	1	0,95	0,90
Restavracije	1,04	1	0,96	0,92
Trgovine	1,08	1	0,95	0,91
Ostale stavbe: športni objekti, skladišča, industrijske stavbe, itd.		1		

Vir: European Committee for Standardization [CEN], EN 15232 - Energy performance of buildings - Impact of Building Automation, Controls and Building Management, 2012, str.38, tabela 7.

CNS faktorje učinkovitosti za različne vrste nestanovanjskih stavb za termično energijo prikazuje Tabela 8 in za električno energijo Tabela 9. Kot je razvidno iz obeh tabel, gre tukaj za neposredno razmerje med porabo energije v razredu A, B ali D glede na referenčni razred C. Z uporabo teh tabel lahko hitro izračunamo vpliv dodanih (ali odvzetih) funkcij avtomatike na energetska učinkovitost stavbe ali nekega prostora v stavbi. Npr. če želimo pisarno v

referenčnem razredu C nadgraditi z avtomatiko razreda B, lahko takšna pisarna prihrani 20 % $((1-0,8)*100)$ toplotne energije in 7 % $((1-0,93)*100)$ električne energije.

3.1.2.2 Metoda podrobnega izračuna

Metodo podrobnega izračuna je smiselno uporabljati v primeru, ko nam je dobro poznan celotni energetski sistem stavbe in ko so vse funkcije tega sistema že vzpostavljene. V primerjavi z metodo, ki temelji na CNS faktorjih učinkovitosti, ta metoda vrne rezultat z večjo natančnostjo, vendar pa od ocenjevalca zahteva tudi več znanja in napora (Baggini & Meany, 2012, str. 8).

V magistrski nalogi se metode podrobnega izračuna ne poslužujem, zato navajam le osnovne značilnosti. Metoda podrobnega izračuna vključuje pet osnovnih metod (Baggini & Meany, 2012, str. 10; European Committee for Standardization [CEN], 2012, str. 44-46):

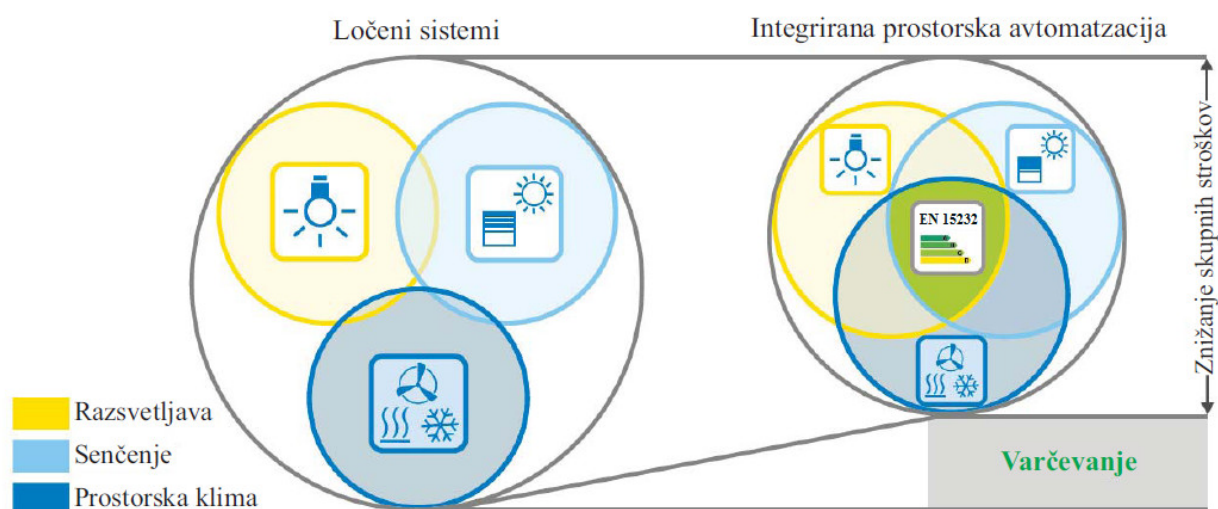
- direktna metoda. Metoda temelji na simulacijah opisanih v standardu EN 13790 »Energijske lastnosti stavb - Račun rabe energije za ogrevanje in hlajenje prostorov«.
- metoda različnih načinov obratovanja. Avtomatsko krmiljenje omogoča obratovanje klimatskega sistema na različne načine. Npr. za sistem prezračevanja: zasedenost / nezasedenost, obratovanje v presledkih, delovanje brez ogrevanja, delovanje s predčasnim vklopom, delovanje izven električnih konic, itd. Porabo energije je potrebno izračunati za vsak način obratovanja posebej.
- časovna metoda. Metodo lahko uporabimo, ko ima krmilni sistem direktni vpliv na čas obratovanja (npr. krmiljenje ventilatorja). Porabo energije lahko izračunamo na podlagi vhodne moči krmiljenega sistema, trajanjem časovne periode in faktorjem, ki določa razmerje ko krmilni sistem napravo vklopi in trajanjem časovne periode.
- metoda prostorske temperature. Metodo lahko uporabimo, ko ima krmilni sistem direktni vpliv na temperaturo v prostoru. Tukaj je potrebno upoštevati več vplivov: krmiljenje distribucija grelnega ali hladilnega medija, vpliv prostorskega regulatorja, detekcija napak stavbe in tehničnih sistemov ter zagotavljanje podpore za diagnostiko teh napak, itd.
- metoda korekcije koeficientov. Metodo lahko uporabimo, ko ima krmilni sistem več direktnih vplivov. Kot npr. kombinacija vpliva časa, zasedenosti, temperature, itd.

3.2 Potencial varčevanja z inteligentno prostorsko avtomatiko

Ali neka stavba potrebuje veliko ali malo energije je odvisno predvsem od tega, koliko energije se porabi v vseh njenih posameznih prostorih. Skupna poraba energije stavbe je v bistvu seštevek porabe energije v posameznih prostorih. V okviru avtomatizacije stavb se v zadnjem času vedno bolj uveljavlja posebna disciplina - prostorska avtomatika, ki predstavlja osrednjo vlogo tako pri učinkoviti rabi energije kot tudi pri zagotavljanju udobja in dobrega počutja uporabnikov. V magistrski nalogi prostorski avtomatiki oz. vplivu le-te na učinkovito rabo energije, posvečam tudi največ pozornosti.

Pri inteligentni avtomatizaciji prostorov gre za integrirano avtomatiko oz. za interakcijo želenih pogojev v posameznem prostoru, kot so klimatski pogoji (temperatura in kvaliteta zraka), osvetljenost in zaščita pred soncem. Vse z namenom, da dosežemo najboljše razmerje med udobjem in vloženo energijo. Kot prikazuje Slika 15, z integrirano prostorsko avtomatiko posamezne ločene sisteme, ki v prostoru skrbijo za klimo (tj. ogrevanje, hlajenje in prezračevanje), osvetljenost in senčenje, povežemo v celoto. To pa je možno doseči le, če vsi krmilniki in senzorji v prostoru zadostijo načelu interoperabilnosti. Po mnenju Remmersa (2016, str. 4) brez inteligentne in integrirane prostorske avtomatike ni možno izpolniti zahtev razreda A energetske učinkovitosti v skladu s klasifikacijo po standardu EN 15232:2012.

Slika 15: Integrirana prostorska avtomatizacija



Vir: Fr. Sauter AG, Intelligent room automation, 2015, str. 10.

Ker standard EN 15232:2012 funkcij prostorske avtomatike podrobno ne razčlenjuje, je združenje nemških inženirjev (nem. *Verein Deutscher Ingenieure*, v nadaljevanju VDI) že ob prvi izdaji standarda EN 15232, leta 2007, izdalo smernico VDI 3813. Smernica definira in opisuje funkcije prostorske avtomatike in nudi podporo pri načrtovanju in izvedbi avtomatizacije prostorov. Kako so funkcije prostorske avtomatike po VDI 3813, glede energetske učinkovitosti, povezane s standardom EN 15232, ki sem ga podrobno opisal v poglavju 3.1 tega magistrskega dela, prikazuje Tabela 10.

Na podlagi smernice VDI 3813 in v smernici definiranih in opisanih funkcij prostorske avtomatike je interesno združenje podjetij in institucij, ki se ukvarjajo z LON tehnologijo na področju nemško govorečih dežel – LonMark, izvedlo analizo možnih prihrankov električne in termične energije (LonMark, 2007, str. 3). V nadaljevanju povzemam rezultate te analize. Za izračun modela so bile uporabljene običajne nestanovanjske stavbe, katerih poraba energije se je zmanjšala le z optimiziranim sistemom prostorske avtomatike.

Tabela 10: Funkcije prostorske avtomatike in njen vpliv na energetske učinkovitost

Funkcije prostorske avtomatike iz VDI 3813		Razredi energetske učinkovitosti po EN 15232			
		D	C	B	A
Osnovne funkcije, ki vplivajo na energetske učinkovitost					
6.5.2	Ocena zasedenosti z zaznavanjem prisotnosti			X ^{a)}	X ^{b)}
6.5.4	Časovni program			X	X
Funkcije razsvetljave					
6.5.6	Ročno upravljanje razsvetljave z dodatnim signalom za avtomatski izklop		X		
6.5.8	Avtomatske luči (v prostorih nezadostne dnevne svetlobe)			X	X
6.5.9	Razsvetljava odvisna od dnevne svetlobe (prostorski senzor osvetljenosti)			X	X
6.5.10	Konstantno zvezno vodenje razsvetljave			X	X
Funkcije senčenja, ki imajo vpliv na energetske učinkovitost					
6.5.14	Avtomatsko solarno krmiljenje (enostavno senčenje)		X		
6.5.15	Avtomatsko vodenje glede na položaj sonca (angl. <i>slat tracking</i>)			X	X
6.5.16	Avtomatsko vodenje z korekcijo senčenja			X	X
6.5.17	Avtomatsko vodenje glede na termično zaščito in prisotnost			X	X
Funkcije prostorske klime (ogrevanje, hlajenje, prezračevanje)					
6.5.19	Izbira energijskega režima			X	X
6.5.20	Izbira energijskega režima z optimizacijo starta			X	X
6.5.21	Izračun zelene vrednosti		X	X	X
6.5.22	Izbira funkcije (zapora med režimom ogrevanja in hlajenja)		X	X	X
6.5.23	Regulacija temperature (ogrevanje / hlajenje)		X ^{c)}	X	X
6.5.24	Kaskadna regulacija temperature vpiha			O	O
6.5.25	Krmiljenje ventilatorja		X	X	X
6.5.28	Krmiljenje prezračevanja glede na kvaliteto zraka				X
6.5.29	Prosto nočno pohlajevanje		X	X	X

Legenda: X – zahtevana funkcija, O – zahtevana ali priporočena funkcija (odvisno od konfiguracije strojnega sistema),

Opomba: ^{a)} funkcija se zahteva vsaj za razsvetljavo in senčenje, priporočljiva integracija v funkcije prostorske klime, ^{b)} funkcija vpliva enako na razsvetljavo, senčenje in prostorsko klimo, ^{c)} v primeru uporabe termostatskega ventila

Povzeto in prirejeno po Fr. Sauter AG, *The SAUTER functional triangle of room automation*, 2013.

Tabela 11 prikazuje nekatere funkcije prostorske avtomatike za razsvetljavo po VDI 3813, dosežene prihranke in pozitivne učinke, ki posamezni funkciji pripadajo. Osnovo prihranka električne energije za razsvetljavo predstavlja prepustnost dnevne svetlobe in sposobnost zaznavanja prisotnosti uporabnikov v prostoru, s čimer se izognemo nepotrebnim umetnim razsvetljavi.

Tabela 11: Potencial prihranka električne energije s prostorsko avtomatiko za funkcije razsvetljave iz VDI 3813

Funkcije prostorske avtomatike po VDI 3813	Potencial varčevanja*	Pozitivni učinki
Konstantna regulacija svetlobe (v odvisnosti od prisotnosti, zatemnjevanja, sledenje soncu)	35 – 50 %	• dobro zagotavljanje dnevne svetlobe • visok nivoja osvetljenosti (> 300 lx)
Avtomatski vklopi svetil (v odvisnosti od prisotnosti in osvetljenosti)	25 – 45 %	• dobro zagotavljanje dnevne svetlobe • visok nivo osvetljenosti
Regulacija sončne svetlobe (preko lamel na oknih)	5 – 8 %	• dobro zagotavljanje dnevne svetlobe
Regulacija glede sledenja soncu	10 – 13 %	• dobro zagotavljanje dnevne svetlobe
Avtomatski vklopi svetil	odvisno od stavbe	• primerno za prostore z nizko prisotnostjo (npr. hodniki in stopnišča)

Legenda: * glede na referenčne stavbe po EN 15232

Vir: LonMark,, Energieeffizienz automatisieren, 2007, str. 3, tabela 2.

Podobno kot za električno energijo, je združenje LonMark izvedlo analizo tudi za funkcije, ki vplivajo na porabo toplote in hladu. Prihranki izhajajo iz dejstva, da je temperatura v prostoru nižja (ogrevalna sezona) oz. višja (hladilna sezona), ko je prostor prazen ali uporabnik s svojim vedenjem vpliva na katere funkcije, ki so nesmiselne. Funkcije, ki vplivajo na prihranke termične energije prikazuje Tabela 12.

Tabela 12: Potencial prihranka termične energije s prostorsko avtomatiko za funkcije HVAC iz VDI 3813

Funkcije prostorske avtomatike po VDI 3813	Potencial prihrankov*	Pozitivni učinki
Časovni program za preklap med režimi obratovanja	5 – 10 %	• dolg obratovalni čas ogrevanja ali hlajenja • nizke temperaturne izgube
Senzor prisotnosti	5 – 10 %	• daljša odsotnost v času ogrevanja ali hlajenja
Senzor odprtosti okna	5 – 10 %	• nizke temperaturne izgube
Nočno pohlajevanje prostorov z zunanjim zrakom	Odvisno od stavbe	• hlajenje z cirkulacijo zunanjega zraka
Poletna temperaturna kompenzacija	Odvisno od stavbe	• možno za vse hladilne sisteme
Optimizacija obremenitev	Odvisno od stavbe	• za vse ogrevalne in hladilne sisteme
Termična zaščita pred soncem	5 %	• dobro zagotavljanje dnevne svetlobe • zaščita pred soncem z zunanje strani
Časovni program za zaščito pred soncem	Odvisno od stavbe	• zaščita pred ohladitvijo stavbe ponoči

Legenda: * glede na referenčne stavbe po EN 15232

Vir: LonMark,, Energieeffizienz automatisieren, 2007, str. 4, tabela 3.

3.3 Vpliva EMS na učinkovito rabo energije v stavbah

Ko je avtomatika in CNS v stavbi enkrat inštaliran, se mi zastavita dve vprašanji:

- Kakšno podporo lahko stavbna avtomatika in CNS nudi sistemu energetskega upravljanja (EMS)?
- Katere povezane aktivnosti je potrebno zagotoviti za ohranitev ali izboljšanje vpliva stavbne avtomatike in CNS na energetske učinkovitost stavb ali za nadgradnjo trenutnega energijskega razreda?

3.3.1 Funkcije stavbne avtomatike in CNS, kot jih za potrebe EMS določa ISO 50001 (EN 16001)

EMS, kot ga določa mednarodni standard ISO 50001:2011 »Sistem upravljanja z energijo – Zahteve z navodili za uporabo«³, je namenjen izboljšanju energetske učinkovitosti s sistematičnim upravljanjem rabe energije. Standard ISO 50001:2011 postavlja zahteve za stalno izboljšavo za bolj učinkovito in trajnostno rabo energije v stavbah, proizvodnji in transportu. Uporaba stavbne avtomatike in CNS spodbuja različne ravni in funkcije organizacije za implementacijo sistema EMS v stavbe ter poenostavlja in bistveno izboljša stalne EMS procese.

Standard EN 15232:2012 in standard ISO 16484-7 (ISO, 2013) navajata zahteve, kako uspešno implementirati in koristiti funkcije stavbne avtomatike in CNS za potrebe EMS v različnih fazah, ki izhajajo iz standarda EN 16001:2009 oz. ISO 50001:2011 in jih za fazo načrtovanja in fazo izvajanja in obratovanja povzema Tabela 13.

3.3.2 Določanje vpliva EMS na energetske učinkovitost stavb po metodi IJS

Standard EN 15232: 2012 opisuje funkcije stavbne avtomatike in CNS, ki uporabniku nudijo podporo pri uvajanju in uporabi sistema upravljanja z energijo (EMS), kot to prikazujem v Tabeli 13, ni pa določene metodologije po kateri bi lahko izračunali prihranke energije, ki jih lahko pri tem dosežemo, kot je to v primeru CNS funkcij (npr. metoda faktorjev CNS učinkovitosti po EN 15232:2012).

Uvedba sistema upravljanja z energijo, tj. vgradnja računalniško podprtega sistema za upravljanje z energijo, uvedbo standarda EN 16001 oz. ISO 50001 ali tudi druge napredne načine upravljanja z energijo (kot je ciljno spremljanje rabe energije, inteligentni sistemi meritev, idr.), predstavljajo pomembno orodje za povečanje učinkovite rabe energije. Izkušnje iz Danske in Irske kažejo, da so podjetja z uvedenim sistemom upravljanja energije prihranila od 5 do 15 %. Glede na pristope, zapisane v dokumentih in splošno prakso v slovenskih podjetjih na področju energetske učinkovitosti lahko ocenimo, da so v Sloveniji podobni potenciali, ki pa jih

³ Mednarodni standard ISO 50001 je izšel 15. 6. 2011 in je v celoti nadomestil evropski standard EN 16001 iz leta 2009. Standard EN 15232:2012, ki ga v magistrskem delu uporabljam kot metodologijo za primerjalno analizo energetske učinkovitosti, se še vedno sklicuje na EN 16001 in ne ISO 50001.

ni mogoče doseči naenkrat. S spodbujanjem energetske učinkovitosti in aktivno uvedbo sistema upravljanja energije je mogoče povečati energetske učinkovitost za 1 % do 3 % na leto (Institut Jožef Stefan, 2011, str. 86).

Tabela 13: Funkcije stavbne avtomatike in CNS za podporo uvajanju in uporabi EMS v stavbe

EMS zahteve iz standarda ISO 50001 (EN 16001)		Funkcije stavbne avtomatike in CNS za implementacijo EMS
3	Načrtovanje	
3.1	Prepoznavanje in pregled energetskih vidikov. Ti energetski pregledi vključujejo: a) preteklo in sedanjo rabo energije in dejavnike, ki temeljijo na meritvah in drugih podatkih, b) določitev področij, ki so pomembno vplivali na rabo energije v zadnjem obdobju, c) oceno pričakovane porabe energije v naslednjem obdobju, d) prepoznavanje oseb, ki delajo z napravami in lahko pomembno vplivajo na porabo, e) prepoznavanje in razvrščanje možnosti za izboljšanje energetske učinkovitosti.	Specificirati je potrebno CNS podatke za beleženje, shranjevanje in prenos, kot npr.: - dovedena energija (plin, elektrika,...), - raba energije za ogrevanje, hlajenje, razsvetljavo itd., - parametri, ki vplivajo na rabo energije (zasedenost, obratovalne ure, zunanje klimatske razmere, uporabniški profili, itd.).
3.2	Zakonske obveze in druge zahteve za: a) stalno spremljanje sprememb in ustrezno prilagajanje, b) zahteve, ki se nanašajo na energetske vidike.	Organizacija mora preveriti ali se CNS lahko uporablja za podporo zakonskih zahtev in drugih zahtev v zvezi z EMS v stavbah npr. priprava pravno pooblaščenih evidence o porabi energije, prostorskih pogojih, itd.
3.3	Energetski okvirni in izvedbeni cilji ter programi.	Organizacija določi CNS cilje in program, ki so v skladu z energetske politiko in energetskim pregledom stavbe, kot npr.: - cilji varčevanja z energijo, ki jih želimo doseči z uporabo CNS, - uporaba CNS kot orodja za podporo EMS pri doseganju in ohranjanju strateških in operativnih ciljev, - uporaba CNS-a merjenih kriterijev, da se lahko meri napredek pri izboljšanju energetske učinkovitosti stavb.
4	Izvajanje in obratovanje	
4.1	Viri, vloge, odgovornosti in pooblastila.	Organizacija določi funkcije, naloge, vloge, odgovornosti in prioritete za uporabo CNS za izboljšanje energetske učinkovitosti stavb v okviru EMS, vključno s tehnologijo.
4.2	Osveščanje in usposabljanje.	Osebe je obveščeno o najnovejših možnostih funkcionalnosti CNS-a, o obratovalnih funkcijah in varčevanju z energijo.
4.3	Komunikacije.	Organizacija določi pravila, ki urejajo pretok informacij na vseh ravneh znotraj organizacije.
4.4	Dokumentacija energetskega upravljanja.	Avtomatsko beleženje, arhiviranje, shranjevanje in zaščita obratovalnih podatkov stavbe.
4.5	Nadzor nad dokumentacijo.	Dokumenti so na voljo v elektronski obliki. Avtor dokumenta je znan. Status dokumenta je jasno označen (npr. trenutne različice, ni več primerno, itd).
4.6	Kontrola obratovanja.	Določitev meril za vzdrževanje (npr. intervali, delovne ure, itd.) v okviru vzdrževanja CNS. Naprave, opreme, itd., se nenehno prilagajajo in optimizirajo za izpolnjevanje tekočih operativnih in organizacijskih profilov, potreb in zahtev. Zaveza za implementacijo in nabavo le energetske učinkovite CNS oprema in certificiranih izdelkov.

Povzeto in prerejeno po European Committee for Standardization [CEN], EN 15232 - Energy performance of buildings - Impact of Building Automation, Controls and Building Management, 2012, str. 99-107, tabela E.1; International Organization for Standardization, ISO 16484-7 - Building automation and control systems - Part 7: BACS contribution on the energy efficiency of buildings, 2013, str. 88-98, tabela F.1.

Center za energetska učinkovitost Instituta Jožef Stefan (v nadaljevanju CEU IJS) je za naročnika tj. Ministrstvo, pristojno za energijo, pripravil »Metode za izračun prihrankov energije pri izvajanju ukrepov za povečanje učinkovitosti rabe energije in večjo uporabo obnovljivih virov energije.« (Institut Jožef Stefan, 2011, v nadaljevanju metoda IJS). Na podlagi 320. člena EZ-1, je Ministrstvo za infrastrukturo, pripravilo Pravilnik o metodah za določevanje prihrankov energije, ki se na omenjeno metodologijo sklicuje.

Metoda IJS temelji na minimalnih normiranih prihrankih, ki so definirani kot faktorji prihrankov glede na vrsto energije in sektor, kateremu podjetje oz. ustanova pripada, ob upoštevanju celotne porabe energije (ločeno na električno energijo in toploto ali gorivo) pred uvedbo sistema upravljanja z energijo. Faktorji prihrankov, kot jih prikazuje Tabela 14, so privzete povprečne normirane vrednosti, določene na podlagi izkušenj iz prakse.

Tabela 14: Faktorji prihranka energije zaradi uvedbe EMS

Sektor	Faktorji prihranka energije	
	Električna energija (r_{EL})	Toplota in gorivo (r_G)
Stavbe (storitveni sektor)	0,07	0,10
Industrija	0,05	0,07

Vir: Institut Jožef Stefan, Metode za izračun prihrankov energije pri izvajanju ukrepov za povečanje učinkovitosti rabe energije in večjo uporabo obnovljivih virov energije, 2011, str. 87, tabela 22.

Prihranek končne energije zaradi uvedbe sistema upravljanja z energijo izračunamo po enačbi (1):

$$PKE_{\text{sistemi_upravljanja}} = E \cdot r_{EL} + G \cdot r_G \quad (1)$$

kjer je:

- $PKE_{\text{sistemi_upravljanja}}$ – prihranek končne energije [kWh/leto] zaradi uvedbe sistema upravljanja energije v življenjski dobi ukrepa (tj. 5 let)
- E – raba električne energije [kWh/leto] v podjetju ali družbi v zadnjem letu pred uvedbo sistema za upravljanje energije
- r_{EL} – faktor prihranka električne energije zaradi uvedbe sistema upravljanja energije
- G – poraba goriva [kWh/leto] v podjetju ali družbi v zadnjem letu pred uvedbo sistema upravljanja energije
- r_G – faktor prihranka goriva in toplote zaradi uvedbe sistema upravljanja energije

Za izračun prihranka energije so potrebni podatki o rabi energije (ločeno za električno energijo in toploto) v podjetju ali ustanovi, ki je uvedla ustrezen računalniško podprt sistem za upravljanje energije (EMS) ali standard EN 16001 oz. ISO 50001.

4 PRESOJA EKONOMSKE UPRAVIČENOSTI NALOŽB V INTELIGENTNE SISTEME ZA AVTOMATIZACIJO STAVB

Pri vrednotenju učinkov naložb v inteligentne sisteme za avtomatizacijo in energetske upravljanje stavb izhajam iz dejstva, da so investicijski ukrepi v učinkovito rabo energije vedno povezani z nekimi začetnimi stroški, ki potem v fazi obratovanja lahko vodijo k znižanju stroškov za energijo. Vprašanje, ki se tukaj zastavi je, **ali je prihranek energije zadosten za upravičenje začetnih stroškov?** Za odgovor na to vprašanje moram najprej določiti stroške naložbe in potem oceniti koristi v obliki energetskih prihrankov.

Sistemi za avtomatizacijo in energetske upravljanje stavb seveda niso sami sebi namen. Obstajajo lahko samo v povezavi s tehničnimi sistemi stavbe, ki dejansko povzročajo rabo energije. Ti tehnični sistemi so lahko inštalirani v posameznem prostoru stavbe ali pa so del stavbe kot celote in jih imenujemo primarni sistemi. Za namen ekonomske analize je smiselno, da stavbno avtomatiko po teh kriterijih tudi razčlenim. Pri tem sem si pomagal z nemškim standardom DIN 276, ki celotno stavbo razčleni na nivoje po stroškovnih skupinah. Ena od teh stroškovnih skupin je tudi stavbna avtomatika.

4.1 Členitev stroškov stavbne avtomatike

Nemški standard DIN 276, ki je s strani Inženirske zbornice Slovenije bil preveden tudi v slovenski jezik (Prevod DIN 276-1:2008-12), služi planiranju in razčlenjevanju investicijskih stroškov visokih gradenj. Standard je namenjen novogradnjam, prenovam in modernizaciji stavb in je razdeljen na tri nivoje. Prvi nivo zajema celotne stroške gradnje, ki so razdeljeni v sedem stroškovnih skupin. Z vidika magistrskega dela se osredotočam le na stroškovno skupino »400: Stavba - tehnične naprave«. V tej skupini se nahaja stroškovna skupina »480: Stavbna avtomatika«, ki je nadalje razdeljena na pet stroškovnih skupin, kot to prikazuje Tabela 15.

Tabela 15: Členitev stroškov stavbne avtomatike po DIN 276

Stroškovna skupina		Opis
480	Stavbna avtomatika	Stroški za celotno avtomatizacijo
481	Avtomatizacijski sistemi	Krmilniki, naprave za posluževanje in nadzor, programi za programiranje, senzorji in aktuatorji, komunikacijski vmesniki in druge naprave avtomatizacije.
482	Stikalne omare	Elektro-krmilne omare za krmiljenje (stroškovna skupina 481) z močnostnimi-, krmilnimi- in zaščitnimi elementi vključno pripadajoči kabli in napeljavami; sistemi za polaganje v kolikor niso zajeti v drugih stroškovnih skupinah.
483	Menedžment in upravljanje	Nadrejene naprave za stavbno avtomatiko, stavbni menedžment s postajami za upravljanje, oprema za programiranje, aplikacijski programi, licence, strežniki, vmesniki za krmilnike in eksterne naprave.
484	Prostorski avtomatizacijski sistemi	Prostorske regulatorji ali krmilniki z upravljalnimi in prikazovalnimi napravami, vmesniki za periferne naprave in druge avtomatske naprave.
485	Prenosna mreža	Mreže za prenos podatkov, v kolikor niso zajeti v drugih stroškovnih skupinah.
489	Stavbna avtomatika, ostalo	

Vir: Inženirska zbornica Slovenije, Prevod DIN 276-1: 2008-12, b.l., str. 12, tabela 1.

Členitve stroškovne skupine »480: Stavbna avtomatika« po DIN 276, mi v analitičnem delu magistrske naloge, pri ekonomski analizi, služi za:

- razčlenitev stavbne avtomatike na ključna področja uporabe, kot so:
 - prostorska avtomatika (stroškovna skupina 484),
 - avtomatizacija primarnih energetske sistemov na nivoju celotne stavbe (stroškovna skupina 481 in 482),
 - energetska upravljanje (stroškovna skupina 483);
- pomoč pri specifikaciji investicijskih stroškov strojne in programske opreme ter pripadajočih storitev potrebnih za inštalacijo sistemov avtomatizacije.

4.2 Določitev metodologije za izračun ekonomske upravičenosti naložbe v inteligentno stavbno avtomatiko

V tem poglavju opisujem postopek za oceno stroškovne učinkovitosti ukrepov v inteligentne sisteme za avtomatizacijo stavb. Postopek temelji na primerjalni analizi investicijskih in obratovalnih stroškov za dve izvedbi avtomatizacije iste stavbe oz. istega prostora v stavbi. Enkrat, ko je avtomatika izvedena na standardni način in mi služi kot referenčna vrednost in drugič, ko je v isti stavbi ali v istem prostoru vgrajen inteligentni sistem avtomatizacije. Smisel te primerjave je ugotoviti ali je naložba v inteligentne sisteme z ekonomskega vidika upravičena.

Postopek primerjalne analize sem zasnoval na sedmih zaporednih korakih, na način kot naj bi se analiza izvajala v praksi. Metodologija je v prvi vrsti namenjena akterjem, ki sprejemajo odločitve v procesu načrtovanja stavb (investitorji, arhitekti, projektanti strojnih in električnih inštalacij, idr.) in lahko služi za primerjalno analizo na nivoju celotne stavbe ali posameznih prostorov v stavbi. Ti koraki so naslednji:

- **korak 1:** zbiranje osnovnih podatkov o stavbi in definiranje potrebne količine energije za referenčno stavbo. Izhodišče predstavlja zbiranje relevantnih izhodiščnih podatkov o stavbi ali opazovanem prostoru, kot je kvaliteta ovoja stavbe, način ogrevanja in hlajenja, vrsta prezračevanja, obratovalni časi in časi zasedenosti, gostota zasedenosti in zahteve za nivo osvetljenosti. Vire teh informacij lahko predstavljajo tudi poročila o izvedenih energetskih pregledih stavb, ki so jih izdale pooblaščen pravne ali fizične osebe v skladu s Pravilnikom o metodologiji izdelave in izdaje energetskih izkaznic stavb. Da lahko porabo energije med različnimi stavbami primerjam med seboj in ocenim kako varčna je neka stavba, moram porabo energije postaviti na skupni imenovalac. To naredim tako, da izračunam t.i. energijsko število stavbe, ki pomeni specifično rabo energije na enoto površine stavbe v določenem časovnem obdobju. Poenostavljeno rečeno je to razmerje med letno količino porabljene energije in uporabno površino objekta. Tako dobljen količnik pomeni porabljeno energijo na kvadratni meter koristne površine objekta (m^2). Ta podatek predstavlja osnovo za primerjanje rabe energije med različnimi stavbami. Energijsko število lahko uporabim za grobo analizo ter hitro primerjavo različnih objektov. V kolikor želim bolj natančne podatke je pri primerjavi energijskih števil potrebno upoštevati tudi korekcijske faktorje, kot npr.

temperaturni primanjkljaj. Energetsko najučinkovitejši so objekti, katerih specifična poraba energije za ogrevanje znaša 25 kWh/m^2 na leto. Zelo energetsko potratni objekti pa imajo lahko specifično rabo energije za ogrevanje tudi do 300 kWh/m^2 na leto.

- **korak 2:** določitev stroškov energije za referenčno stavbo. Na podlagi tržnih cen energentov (plin, kurilno olje, daljinska toplota iz toplarne, elektrika, itd.), katere sem pridobil iz spletnih cenikov dobaviteljev in letne porabe energije na kvadratni meter uporabne površine (določene v koraku 1) izračunam strošek letne rabe energije za referenčno stavbo.
- **korak 3:** določitev vrednosti naložbe za standardno avtomatiko (referenčna stavba). Ta korak temelji na izboru opreme, materiala in storitev potrebnih za realizacijo avtomatizacije v standardni izvedbi. Standardna izvedba avtomatike predstavlja osnovno oz. poenostavljeno izvedbo avtomatike (npr. termostatski ventili na radiatorjih, prostorski termostat za stensko hlajenje, itd.). Veliko funkcij v tej izvedbi ni avtomatiziranih ali so le delno avtomatizirane. Po klasifikaciji avtomatizacije glede na standard EN 15232:2012 pomeni standardna izvedba razred C. Vrednost naložbe sem razčlenil po standardu DIN 276 »Stroškovna skupina 480: Stavbna avtomatika«. Pri določanju cen regulacijske opreme, sem uporabil interni cenik dobavitelja regulacijske opreme specializiranega za avtomatizacijo stavb - Sauter. Za določitev cen elektroinštalacijskega materiala in storitev sem uporabil spletno aplikacijo Ekot, kjer so po posameznih področjih na enem mestu združeni materiali z normativi in stroški montažnih del.
- **korak 4:** izračun anuitete za vrednost naložbe iz koraka 3. Za odločitve, ki so vezane na naložbe v tehnološke posodobitve, je stroške naložbe potrebno razporediti skozi pričakovano življenjsko dobo sistema. Za ocenjevanje stroškovne upravičenosti naložbe v tovrstne sisteme je posebej primeren anuitetni izračun, s katerim lahko prikažem neto sedanjo vrednost naložbe (v nadaljevanju NSV), kot serijo enakih denarnih tokov skozi celotno obdobje naložbe. Pozitivna NSV je znesek, za katerega je sedanja vrednost donosov naložbe večja od sedanje vrednosti investicijskih stroškov. Če investicijskih stroškov ne izrazim v sedanji vrednosti (tj. diskontiranje na začetni termin), teh zneskov ne morem primerjati med seboj. Pri anuitetnem izračunu spremenim sedanje stroške naložbe na primerljive povprečne letne vrednosti, tako da jih pomnožim z t.i. anuitetnim faktorjem. Anuiteto (tj. znesek oz. obrok, ki ga letno plačamo za posojilo in je sestavljen iz dela glavnice ter pripadajočih obresti) izračunam po enačbi (2). Vračilno dobo naložbe določim na osnovi stroška naložbe v inteligentno avtomatiko in predvidenega letnega prihranka energije ob upoštevanju diskontiranja denarnega toka. Vračilo naložbe določa čas, ko se denarni tok (donos) obrne v pozitivno smer.

$$A = PV \cdot \frac{r \cdot (1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \quad (2)$$

kjer je:

- A – anuiteta stroškov naložbe v EUR/leto
 - PV – stroški naložbe (določeni v koraku 3) v EUR
 - r – obrestna mera za posojilo izražena z decimalnim številom ($1\% = 0,01$)
 - n – število obdobj v letih
- **korak 5:** izračun skupnih letnih stroškov za referenčno stavbo oz. referenčni prostor v stavbi. Skupni letni strošek za referenčno stavbo je seštevek letnih stroškov za energijo (določeni v koraku 2) in letnih investicijskih stroškov oz. anuitete (izračunane v koraku 4).
 - **korak 6:** določitev CNS faktorjev učinkovitost za posamezne funkcije v stavbi ter ocena prihranka energije kot posledica naložbe v posodobitev oz. nadgradnjo iz standardne v inteligentno izvedbo avtomatike. Iz minimalnega nabora funkcij avtomatskega vodenja po EN 15232:2012 razberem funkcije, ki zagotavljajo višji razred energetske učinkovitosti od referenčnega razreda. Iz referenčnega razreda C, tj. stavbe kjer je inštaliran standardni sistem avtomatizacije, želim preiti na razred A, ki pomeni inteligentno izvedbo avtomatike. Poleg funkcij, ki morajo biti zagotovljene za ta prehod, standard EN 15232:2012 definira tudi potencial varčevanja v obliki CNS faktorjev učinkovitosti. Za določitev prihrankov pri avtomatizaciji prostorov v stavbi sem uporabil tudi standard VDI 3813 in izsledke študije organizacije LonMark. CNS faktorje učinkovitosti, ki dejansko pomenijo potencial varčevanja, sem izrazil v odstotkih in jih pomnožil s potrebno količino posamezne vrste energije (ogrevanje, hlajenje, razsvetljava) referenčnega primera (določeno v koraku 1). Enako kot sem v koraku 2 določil strošek energije na podlagi tržnih cen posameznih energentov za referenčni primer, naredim tudi v tukaj. Rezultat je strošek potrebne energije za energetsko učinkovite oz. inteligentne stavbe. Analogno koraku 3 sem določil investicijske stroške potrebne za opremo in storitve za inteligentne stavbe oz. prostore. Zaradi napredne tehnologije na perifernem in krmilnem delu (senzorji in krmilniki), potrebnih komunikacijskih povezav in storitev, ki je vezana na sistemsko integracijo, so stroški inteligentne izvedbe pričakovano višji od standardne izvedbe. Enako kot že opisano v koraku 4, izračunam anuiteto tudi za inteligentno izvedbo avtomatike in določim skupni letni strošek še za inteligentno stavbo. Ta zajema seštevek letnih stroškov za energijo inteligentne izvedbe in letnih investicijskih stroškov oz. anuitete.
 - **korak 7:** primerjava dveh variant. Seštevek letnih stroškov specifične rabe energije standardne (referenčne) in inteligentne izvedbe ter strošek naložbe izražen v letni anuiteti predstavlja osnovo za primerjavo dveh variant. Od deleža privarčevane energije z inteligentni sistemi in stroški, ki so potrebni za tovrstno naložbo je največ odvisno kdaj se naložba povrne oz. je osnova za odločanje ali je takšna naložba sploh smotrna. S primerjavo skupnih stroškov posameznih opcij tj. standardne in inteligentne izvedbe avtomatizacije, ovrednotim upravičenost naložbe.

4.3 Analiza ekonomičnosti inteligentnih sistemov avtomatizacije stavb na primerih iz prakse

Metodologijo za izračun ekonomske upravičenosti naložbe v inteligentno stavbno avtomatiko, ki sem jo v sedmih korakih opisal v prejšnjem poglavju, v tem poglavju preverim na nekaj praktičnih primerih.

4.3.1 Inteligentna prostorska regulacija

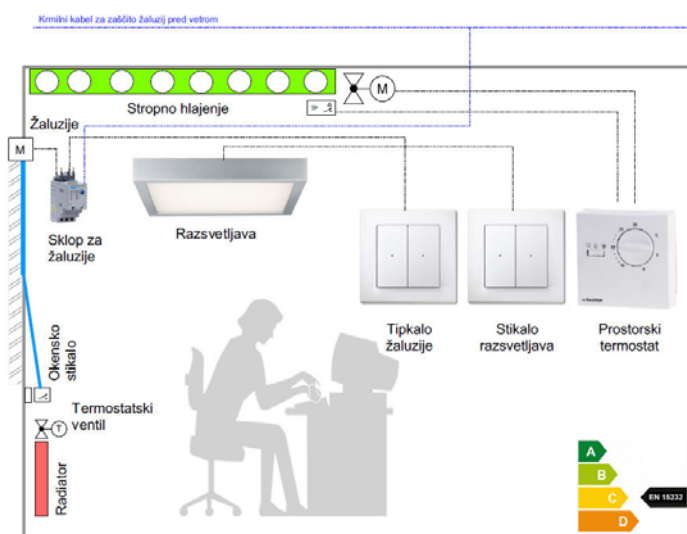
Ključ do energetske učinkovitosti predstavlja dejstvo, da se varčevanje z energijo vedno prične tam, kjer se ta dejansko porablja tj. v posameznem prostoru stavbe. Inteligentni in integrirani prostorski avtomatiki, ki jo opisujem v poglavju 3.2, je v zadnjih letih namenjene vedno več pozornosti, saj je prav tukaj bil prepoznan največji potencial za varčevanje s termično (ogrevanje, hlajenje, prezračevanje) in električno energijo (razsvetljava). V nadaljevanju analiziram tri tipične prostore v stavbi: pisarniški prostor, šolska učilnica in hotelska soba.

Postopek analize temelji na metodologiji in sledi postopku zajetih v sedmih korakih, ki sem jih opisal v poglavju 4.2. V prilogah magistrskega dela, pa se za posamezni obravnavani primer, nahaja tudi podroben izračun ekonomske upravičenosti naložbe v obliki primerjave standardne in inteligentne izvedbe avtomatizacije.

4.3.1.1 Pisarniški prostor v poslovni stavbi

V novi poslovni stavbi na območju BTC v Ljubljani so pisarniški prostori opremljeni s standardno izvedbo avtomatike, ki pokriva funkcije, kot to prikazuje Slika 16.

Slika 16: Pisarniški prostor s standardno izvedbo avtomatike (razred C po EN 15232)

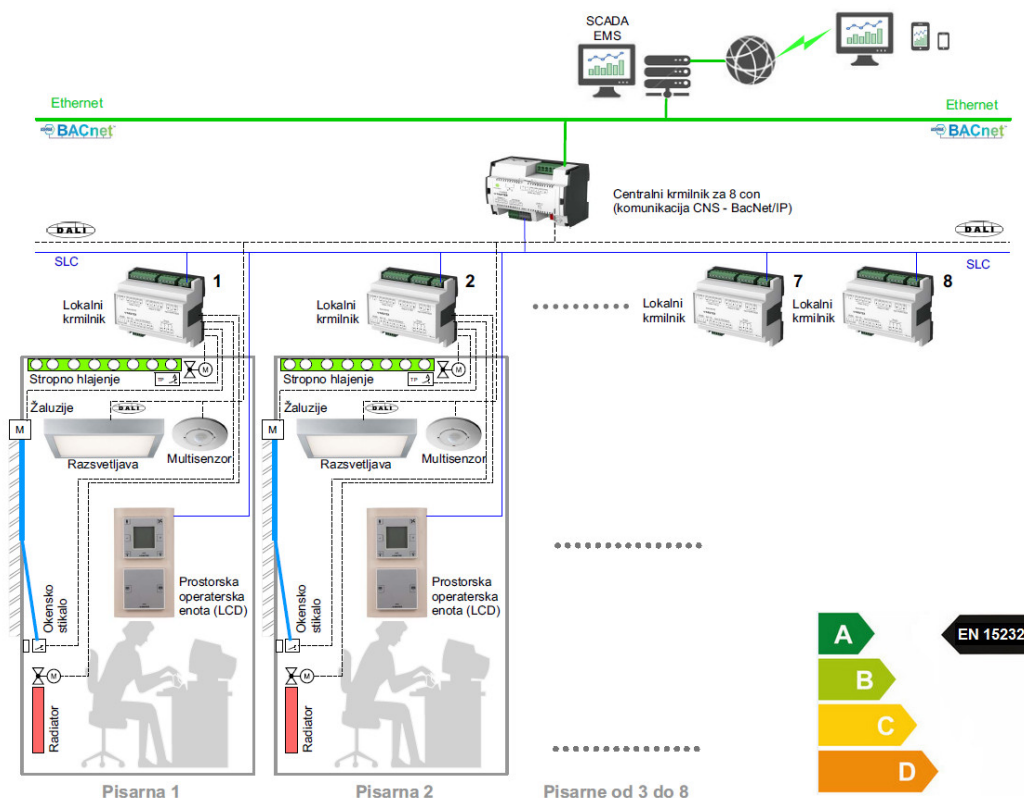


V objektu je inštaliran CNS, vendar pa so na njega priključeni le primarni HVAC sistemi (toplotna postaja, hladilni agregat in prezračevalne naprave). Pisarniški prostori na CNS niso vezani, saj investitorju ta možnost (s strani arhitekta in projektantov), v fazi načrtovanja in gradnje, ni bila dovolj prepričljivo predstavljena in tudi sam investitor temu ni bil preveč naklonjen, saj je bil mnenja, da naložba v inteligentno avtomatiko za pisarniške prostore ekonomsko ni upravičena. S pomočjo primerjalne analize, ki je predstavljena v **Prilogi 1**, ugotavljam ali je ta dvom upravičen.

Na podlagi pregleda vgrajene avtomatike in sistemov, ki jih ta avtomatika krmili, sem ugotovil, da po standardu EN 15232:2012, pisarniški prostor glede na stopnjo avtomatizacije ustreza razredu C. To je referenčni razred in nižjega razreda od tega, od leta 2010, ni več dovoljeno projektirati. S tem korakom je referenčna pisarna s tehničnega vidika določena. Na podlagi potrebne letne energije za ogrevanje, hlajenje in razsvetljavo lahko hitro izračunam še letni strošek za energijo. Pridobim tudi podatek o strošku, ki ga je investitor že imel s standardno izvedbo avtomatike.

Naloga, ki sem si jo zadal je, da izračunam kdaj bi se investitorju povrnil strošek naložbe v inteligentno prostorsko avtomatiko, ki po EN 15232:2012 spada v razred A. Na podlagi popisa funkcij avtomatskega vodenja, kjer so definirane minimalne zahteve za posamezni razred, sem izdelal funkcijsko shemo (Slika 17).

Slika 17: Pisarniški prostori z inteligentno izvedbo avtomatike (razred A po EN 15232)



Kot je razvidno iz Slike 17, bo za razred A potrebno navadne prostorske regulatorje zamenjati s komunikativnimi krmilniki (v tem primeru je izbran krmilnik s standardiziranim protokolom BACnet/IP). Razred A namreč med drugim zahteva, da prostorski krmilniki komunicirajo z virom ogrevanja in hlajenja, saj morajo prostorski senzorji preko krmilnikov viru stalno sporočati dejansko potrebno količino energije. Na prostorski krmilnik je potrebno povezati tudi vse porabnike energije v prostoru in jih zvezno krmiliti glede na dejanske potrebe in glede na prisotnost osebja. Tako so svetila v prostoru in multifunkcijski senzor, ki zaznava nivo osvetlitve in prisotnost uporabnikov v prostoru, na krmilnik priključeni preko standardiziranega DALI komunikacijskega protokola, ki omogoča zvezno vodenje umetne svetlobe. Multifunkcijski senzor pa preko krmilnika omogoča tudi vodenje okenskih senčil.

Da lahko izračunam prihranke energije, ki jih je možno doseči z inteligentno prostorsko avtomatiko, je predhodno za vsako funkcijo posebej, potrebno določiti faktorje učinkovitosti oz. potencial varčevanja (izražen v %) iz prehoda s standardne na inteligentno izvedbo avtomatike. Za obravnavi primer je napram referenčni vrednosti, za posamezne funkcije možno doseči prihranke, ki jih povzema Tabela 16.

Tabela 16: Potencial prihrankov energije za pisarniški prostor

Funkcija prostorske avtomatizacije*	Potencial prihranka** (v %)
Ogrevanje pisarne:	
• senzor prisotnosti, ki prilagaja obratovalne režime	19
• senzor odprtosti okna, ki prilagodi temperaturni režim in varuje pred zmrzovanjem pri odprtem oknu	3
Hlajenje pisarne:	
• senzor prisotnosti, ki prilagaja obratovalne režime	5
• senzor odprtosti okna, ki izkopi hlajenje pri odprtem oknu	3
• multifunkcijski senzor, ki z zveznim vodenjem okenskih žaluzij glede na položaj sonca in v kombinaciji z izmerjeno temperaturo regulira ventil hladilnih teles	50
Razsvetljava v pisarni:	
• multifunkcijski senzor, ki zvezno prilagaja nivo osvetljenosti in lamele žaluzij glede prisotnosti osebja in deleža naravne svetlobe	50

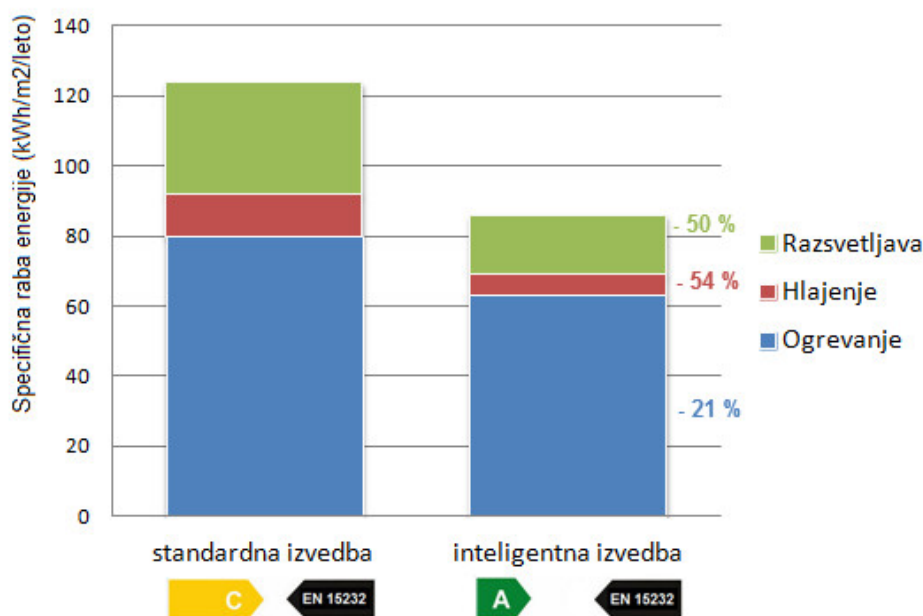
Legenda: *funkcije povzete po VDI 3813, **glede na referenčne stavbe po EN 15232

Vir: M. Becker & P. Knoll, Untersuchungen zu Energieeinsparpotenzialen durch Nutzung integrierter offener Gebäudeautomationssysteme auf Basis der Analyse DIN V 18599 und prEN 15232, 2007, str. 13 in 14.

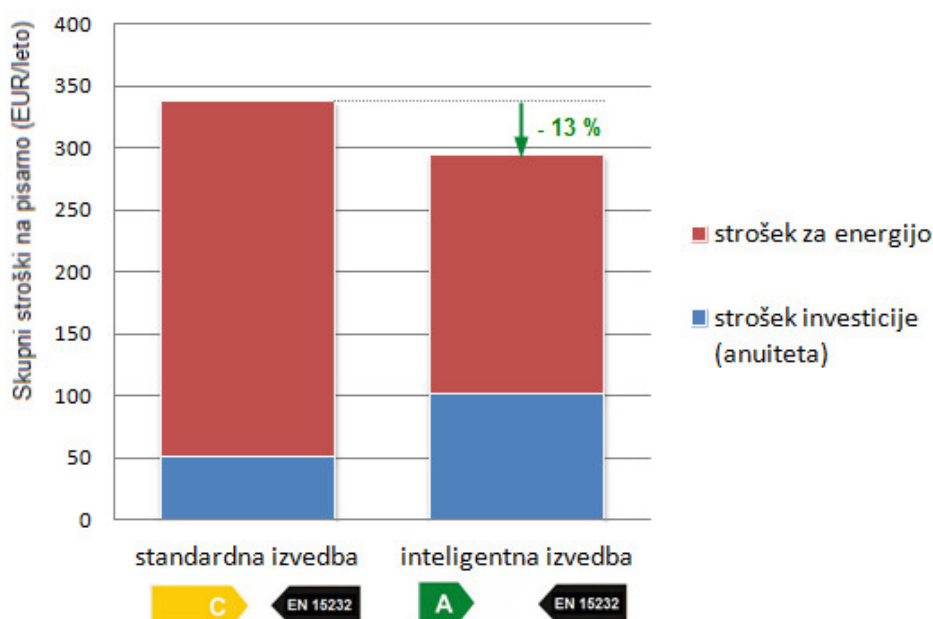
Rezultat primerjalne analize za obravnavani primer se nahaja v Prilogi 1, v nadaljevanju pa primerjavo obeh izvedb prikažem še v grafični obliki. Kot prikazuje Slika 18, obstaja realna možnost, da v obravnavani pisarni samo z inteligentno avtomatiko znižamo letno potrebo po toplotni energiji na kvadratni meter iz zdajšnjih 80 kWh na 63 kWh, potrebo po hladilni energiji iz 12 kWh na 6 kWh in potrebo po električni energiji za razsvetljava iz 32 kWh na 17 kWh.

Največ električne energije je mogoče prihraniti s pomočjo multifunkcijskega senzorja s katerim reguliramo svetlobo v prostoru glede na raven prisotnosti zunanje svetlobe. Tako lahko v prostoru uporabnik (preko tipk) ali upravitelj (iz CNS) nastavi želeno raven osvetljenosti. Senzor bo notranja svetila naravnal na raven svetilnosti, ki bo ustrezala nastavljeni (želeni) osvetljenosti. Multifunkcijski senzor zaznava tudi prisotnost oseb v prostoru, zato lahko v primeru, ko v prostoru ni uporabnikov, svetila zatemnimo ali pa popolnoma izklopimo. Ko bodo uporabniki ponovno vstopili v prostor, se bodo svetila ponovno uravnala na predhodno raven osvetljenosti. S takšno vrsto regulacije lahko zmanjšamo električno porabo razsvetljave tudi do 50 %.

Slika 18: Specifična letna raba energije za pisarno



Slika 19: Skupni letni stroški za pisarno (pri 10-letnem financiranju in 4,5 % diskontni stopnji)



Seveda pa so investicijski ukrepi v učinkovito rabo energije (za razliko od organizacijskih ukrepov) povezani s stroški in lastnika stavbe, ki se srečuje s planiranjem ukrepov v učinkovito rabo energije, praviloma zanima vračilna doba vloženih sredstev. Kot prikazuje Slika 19, je pri 10 letnem financiranju (ob 4,5 % letni obrestni meri) letni prihranek v primeru inteligentne izvedbe avtomatike ocenjen na 13 %. Vračilna doba naložbe je ocenjena na 4,8 let.

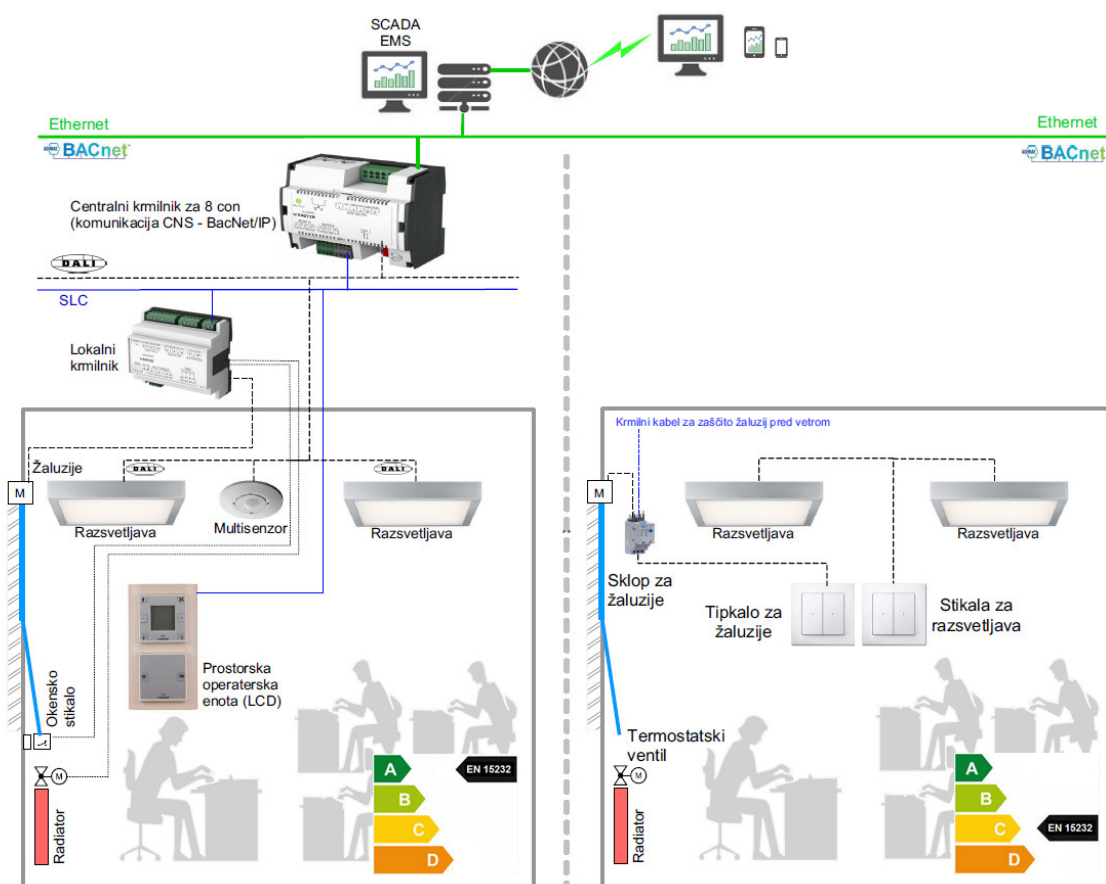
4.3.1.2 Šolska učilnica

Konec decembra 2015 je Mestna občina Ljubljana (v nadaljevanju MOL) pripravila razpis za koncesionarja za javno-zasebno partnerstvo v projektu pogodbenega zagotavljanja prihrankov rabe energije (po modelu energetskega pogodbeništva) z namenom energetske sanacije 106 javnih stavb, ki so v lasti MOL. Izbrani zasebni partnerji (koncesionarji) bodo morali izvesti tehnološko in energetsko sanacijo stavb ter v njih uvesti energetsko upravljanje v koncesijskem obdobju, ki bo trajalo 15 let. Koncesionar je obvezan, da za vsako stavbo pripravi model po katerem se bo energetska sanacija izvajala, obseg ukrepov in predvidene vrednosti naložbe. Koncesionar bo omogočal MOL-u posodobitev starih in neučinkovitih sistemov, medtem ko bo za to potreben kapital črpal neposredno iz energetskih prihrankov. Doseganje prihrankov energije je za koncesionarja obvezujoče, kar za njega pomeni, da mora dobro preučiti rentabilnost ukrepov, ki jih bo izvedel. V okviru obravnavane tematike magistrskega dela želim ugotoviti, koliko lahko k tem prihrankom prispeva inteligentna stavbna avtomatika.

Za namen primerjalne analize, sem iz nabora 106 stavb izbral stavbo Osnovne šole (v nadaljevanju OŠ) Koseze v Ljubljani. V sklopu razpisa MOL, predvidenih za energetsko sanacijo, je največ prav šolskih stavb, zato je analiza zanimiva tudi iz tega vidika. Kot ugotavljam v prvem poglavju magistrskega dela, so šolske stavbe, poleg bolnišnic, tudi med najbolj potratnimi stavbami v Sloveniji. Iz poročila opravljenega energetskega pregleda (PSP d.o.o., 2015a), ki je bilo del razpisne dokumentacije in javno dostopno na spletnih straneh MOL, sem razbral osnovne podatke o stavbi, vgrajenih tehničnih sistemih in povprečni rabi energentov in energije v obdobju zadnjih treh let. Šolska stavba je iz leta 1977 in na njej je bilo v zadnjih petnajstih letih izvedenih nekaj obnovitvenih del. Z energetskega vidika je pomembna obnova plinske kotlovnice leta 2002. Takrat je bila vgrajena tudi conska regulacija ogrevanja po zunanji temperaturi.

Največji delež uporabnih površin v šolskih objektih predstavljajo učilnice, zato sem učilnico v tem poglavju vzel pod drobnogled. Po učilnicah so za namen ogrevanja nameščeni radiatorji, ki pa nimajo nameščenih termostatskih ventilov. Prezračevanje objekta je naravno (z odpiranjem oken) brez prezračevalnih naprav in rekuperacije (tj. vračanja toplote). Za namen razsvetljave so v učilnicah vgrajene potratne fluorescentne svetilke. Na oknih so z zunanje strani vgrajene žaluzije z ročnim upravljanjem, ki pa so že v precej slabem stanju. Gre za tipično učilnico osnovnih in srednjih šol v našem prostoru in model za izračun potencialnih prihrankov, ki jih lahko dosežemo z uvedbo inteligentne avtomatike pri OŠ Koseze, bi lahko prenesel na katero koli drugo šolsko stavbo.

Slika 20: Šolski učilnici z dvema različnima stopnjama avtomatizacije



Po zgornjem opisu lahko brez poglobljene analize hitro ugotovim, da učilnica po stopnji avtomatizacije (po EN 15232:2012) pade v najnižji razred energetske učinkovitosti tj. razred D. Učilnica namreč nima vgrajenih nobenih elementov, kar bi omogočalo avtomatsko upravljanje z grelnimi telesi, razsvetljavo in okenskimi žaluzijami. Cilj je doseči stopnjo avtomatizacije, ki bo ustrezala razredu A. Ker razred D ni referenčni razred, moram najprej določiti funkcije, ki bodo ustrezale referenčnemu razredu C in bo osnova za primerjavo z razredom A. Slika 20 prikazuje dve učilnici z različno stopnjo avtomatizacije. Učilnica na desni strani je primer standardne avtomatike (razred C) na levi pa primer inteligentne avtomatike (razred A).

Da lahko za učilnico izračunam prihranke energije, ki jih je možno doseči z inteligentno prostorsko avtomatiko, je predhodno za vsako funkcijo posebej, potrebno določiti faktorje učinkovitosti oz. potenciala varčevanja iz prehoda s standardne na inteligentno izvedbo avtomatike. Za obravnavi primer je napram referenčni vrednosti, za posamezne funkcije možno doseči prihranke, kot jih prikazuje Tabela 17.

Kot kaže Slika 21, obstaja realna možnost, da v učilnici že s preprosto avtomatiko (razred C) znižamo skupno rabo toplotne energije na kvadratni meter iz zdajšnjih 122 kWh (razred D) na 98 kWh (razred C) in rabo električne energije za razsvetljavo iz 8,9 kWh na 8,3 kWh. Potencial prihrankov pri prehodu iz razreda D v referenčni razred C je določen na podlagi CNS faktorjev učinkovitosti po EN 15232. Ko je referenčni razred določen, lahko naredim izračun specifične

rabe energije še za razred A. V Tabeli 17 so prikazani možni prihranki posameznih funkcij avtomatike za razred A glede na referenčni razred. Kot je razvidno iz Slike 21, lahko s funkcijami inteligentne avtomatike (razred A) dosežemo še dodatne prihranke glede na razred C, tj. 28 % pri toplotni in 55 % pri električni energiji.

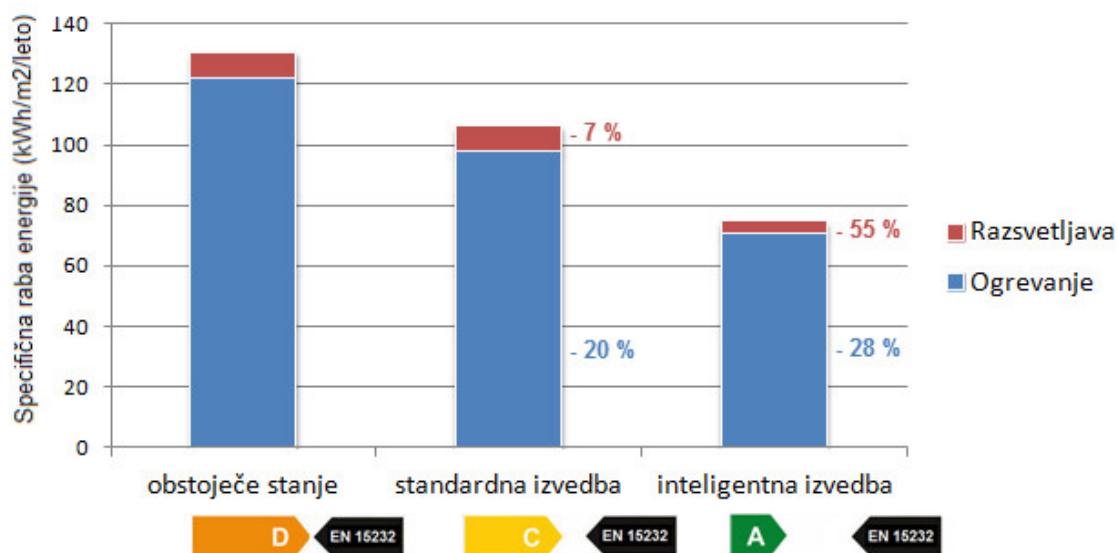
Tabela 17: Potencial prihrankov energije za šolsko učilnico

Funkcija prostorske avtomatizacije *	Potencial prihranka** v %
Ogrevanje učilnice:	
• senzor prisotnosti, ki prilagaja obratovalne režime	20
• senzor odprtosti okna, ki prilagodi temperaturni režim in varuje pred zmrzovanjem pri odprtem oknu	10
Razsvetljava v učilnici:	
• multifunkcijski senzor, ki zvezno prilagaja nivo osvetlitve glede na prisotnosti	50
• multifunkcijski senzor, ki zvezno prilagaja nivo osvetlitve s pomočjo okenskih žaluzij glede na delež naravne svetlobe	10

Legenda: *funkcije povzete po VDI 3813, **glede na referenčne stavbe po EN 15232

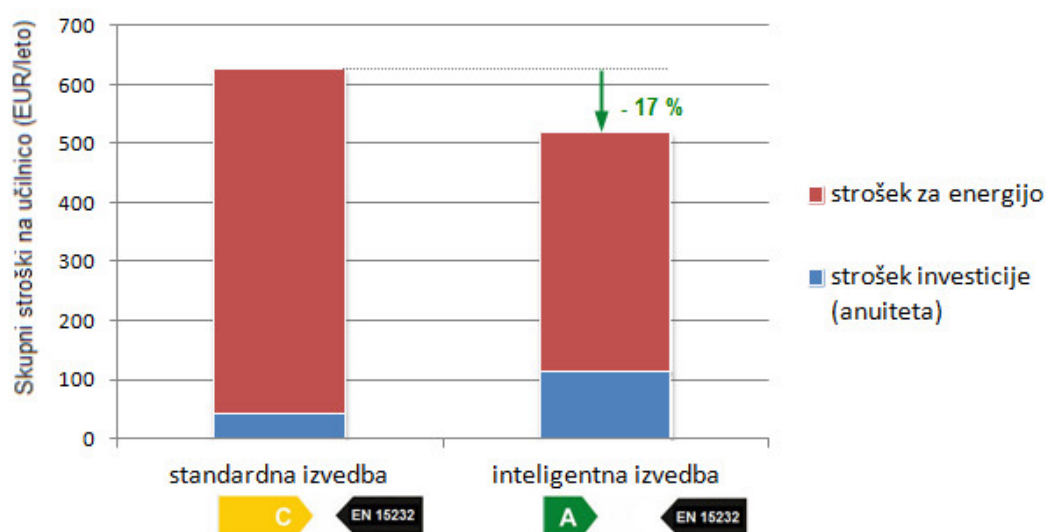
Vir: M. Becker & P. Knoll, Untersuchungen zu Energieeinsparpotenzialen durch Nutzung integrierter offener Gebäudeautomationssysteme auf Basis der Analyse DIN V 18599 und prEN 15232, 2007, str. 13 in 14.

Slika 21: Specifična letna raba energije za učilnico



Potencial prihranka energije kaže sorazmerje stopnje avtomatizacije stavbe in rabe energije. Ker pa so investicijski ukrepi povezani s stroški, me seveda zanima finančni prihranek in vračilna doba vloženih sredstev. Kot prikazuje Slika 22, je pri 10 letnem financiranju (ob 4,5 % letni obrestni meri) letni prihranek ocenjen na 17 %. Vračilna doba naložbe je ocenjena na 3,5 let. Podroben izračun tega primera se nahaja v **Prilogi 2**.

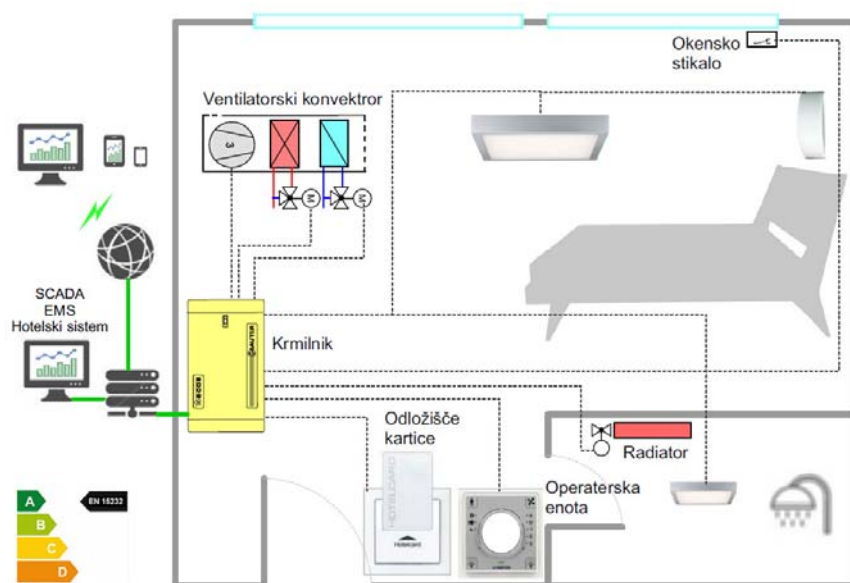
Slika 22: Skupni letni stroški za učilnico (pri 10-letnem financiranju in 4,5 % diskontni stopnji)



4.3.1.3 Hotelska soba

Hotelski sektor je eden izmed najbolj intenzivnih porabnikov energije. Hotelirji se danes vedno bolj usmerjajo v zeleni turizem. Razlogi za takšno odločitev so lahko primarno okoljski (prizadevanja za zmanjšanje vpliva hotela na okolje), trženjski (nagovarjanje okoljsko osveščene ciljne skupine gostov) ali povsem finančni (prihranki pri doseganju energetske učinkovitosti). Hotelirji, ki so se odločili za zeleni koncept, trdijo da pripravljenosti vlaganja v energetske učinkovite tehnologije v prvi vrsti ne narekuje skrb za okolje, temveč predvsem ekonomski izračun (Slovenska turistična organizacija, 2010, str. 6).

Slika 23: Hotelska soba z inteligentno izvedbo avtomatike (razred A po EN 15232)



V **Prilogi 3** je prikazana ocena stroškovne učinkovitosti inteligentne avtomatike razreda A, za primer hotelske sobe, kot to prikazuje Slika 23. Da lahko izračunam prihranke energije, ki jih lahko dosežem s tovrstno avtomatiko, je predhodno za vsako funkcijo posebej, potrebno določiti faktorje učinkovitosti oz. potenciale varčevanja iz prehoda s standardne na inteligentno izvedbo avtomatike. Za obravnavi primer je napram referenčni vrednosti, za posamezne funkcije je možno doseči prihranke kot jih prikazuje Tabela 18.

Tabela 18: Potencial prihrankov energije za hotelsko sobo

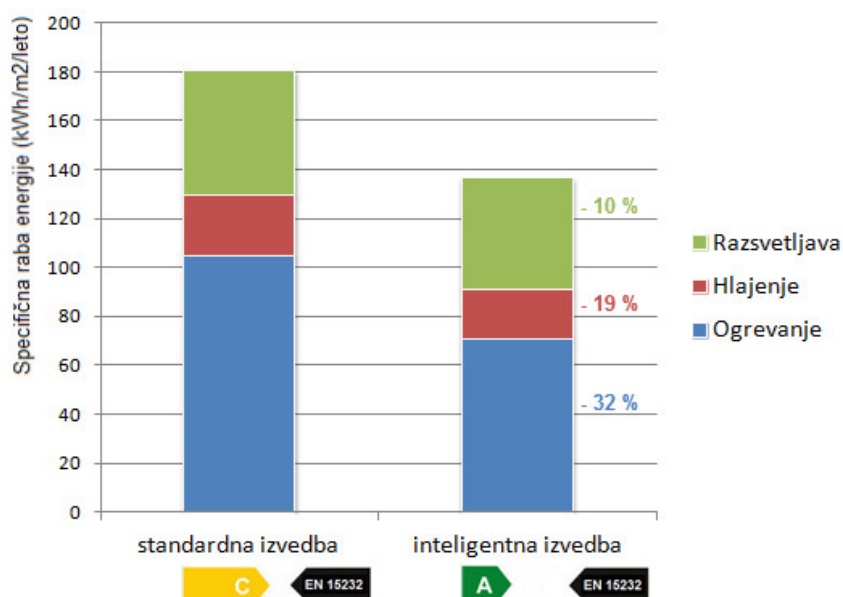
Funkcija prostorske avtomatizacije *	Potencial prihranka** (v %)
Ogrevanje sobe:	
• odložišče kartice in hotelski informacijski sistem (npr. Fidelio), ki prilagaja obratovalne režime	25
• senzor odprtosti okna, ki prilagodi temperaturni režim in varuje pred zmrzovanjem pri odprtem oknu	10
Hlajenje sobe:	
• odložišče kartice in hotelski informacijski sistem, ki prilagaja obratovalne režime	10
• senzor odprtosti okna, ki izkopi hlajenje pri odprtem oknu	10
Razsvetljava sobe:	
• odložišče kartice, ki izklopi luči ko gost zapusti sobo	10

Legenda: *funkcije povzete po VDI 3813, ** glede na referenčne stavbe po EN 15232

Vir: M. Becker & P. Knoll, Untersuchungen zu Energieeinsparpotenzialen durch Nutzung integrierter offener Gebäudeautomationssysteme auf Basis der Analyse DIN V 18599 und prEN 15232, 2007, str. 13 in 14.

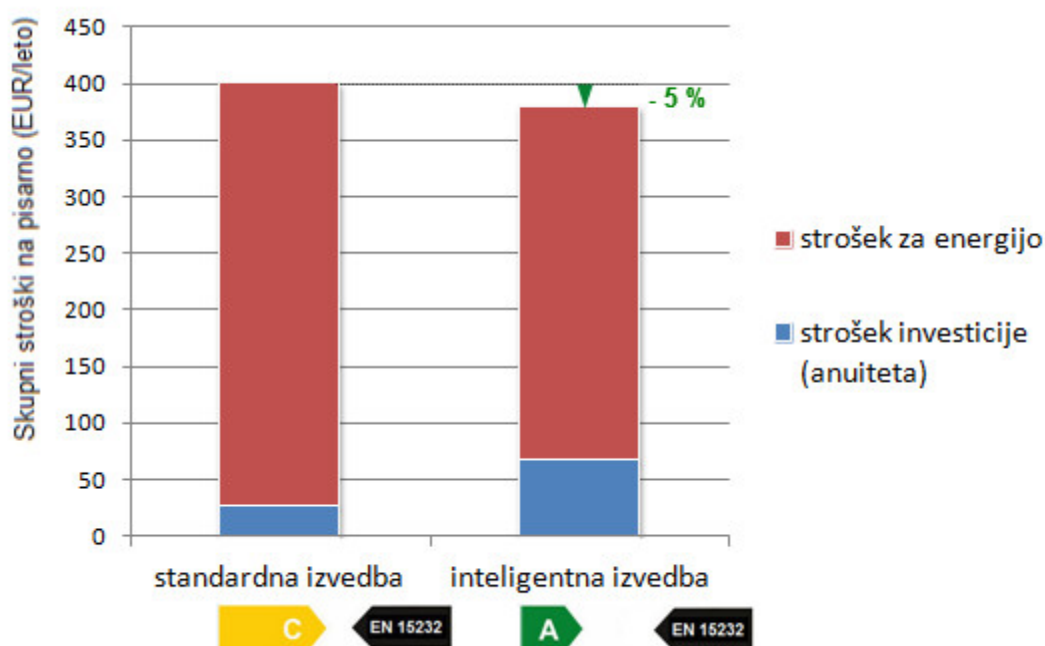
Kot kaže Slika 24, obstaja realna možnost, da v hotelski sobi z avtomatiko razreda A, napram razredu C, znižamo skupno rabo toplotne energije na kvadratni meter za 32 %, električne energije potrebne za hlajenje za 19 % in električne energije za razsvetljavo za 10 %.

Slika 24: Specifična letna raba energije za hotelsko sobo



Kot prikazuje Slika 25, je pri 10 letnem financiranju (ob 4,5 % letni obrestni meri) letni prihranek ocenjen na 5 %. Vračilna doba naložbe je ocenjena na 6,2 let. Prihranek je razmeroma majhen predvsem zaradi intenzitete zasedenosti hotelske sobe (upoštevani faktor 0,8), vendar se vložena sredstva kljub temu povrnejo 3,8 let pred iztekom financiranja.

Slika 25: Skupni letni stroški za hotelsko sobo (pri 10-letnem financiranju in 4,5 % diskontni stopnji)



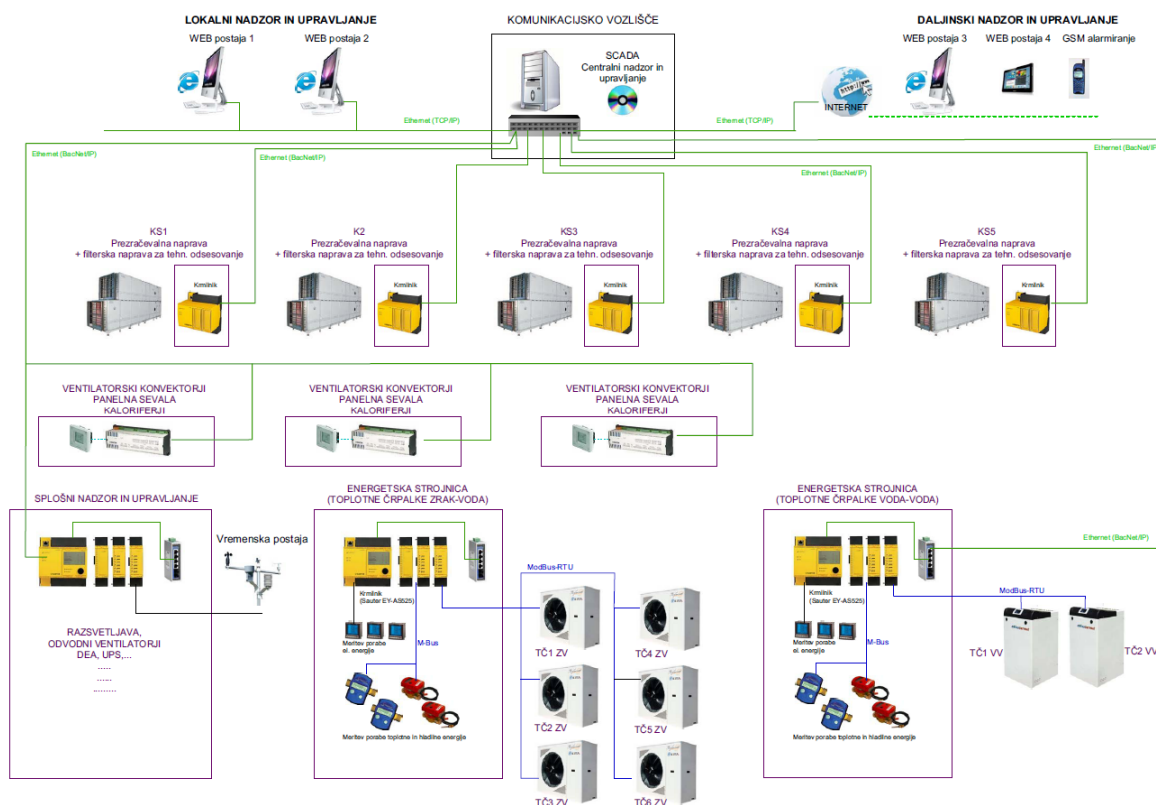
4.3.2 Avtomatizacija primarnih tehničnih sistemov na nivoju celotne stavbe

Poleg regulacije posameznih prostorov v stavbi (opisanih v prejšnjem poglavju), kjer integrirana in inteligentna prostorska avtomatika, z namenom doseganja najboljšega razmerja med udobjem in vloženo energijo, upravlja s sistemi prostorske klime, razsvetljave in senčenjem, predstavlja pomemben vidik k večji energetske učinkovitosti stavb tudi avtomatizacija primarnih tehničnih sistemov stavbe. To so predvsem sistemi v stavbi, ki so namenjeni pripravi in distribuciji tople in hladilne vode, prezračevanju in klimatizaciji, pripravi sanitarne tople vode, itd. Funkcije teh sistemov in njihov prispevek k energetske učinkovitosti s pomočjo avtomatskega vodenja, definira standard EN 15232:2012. Če želimo z avtomatiko po tem standardu zadostiti naboru funkcij, ki so zahtevane za razred energetske učinkovitosti stavbe B ali A, je nujna tudi vzpostavitev stalne medsebojne komunikacije prostorske regulacije s primarnimi tehničnimi sistemi. Pri tem gre za model t.i. oskrbe z energijo na zahtevo, kjer posamezni prostori predstavljajo vir zahtev po energiji iz primarnih naprav. Primer takšne integracije primarnih tehničnih sistemov in prostorske regulacije v celovit CNS prikazuje topološka shema (Slika 26).

4.3.2.1 Premer energetske prenove stavbe javne uprave

Kot ugotavljam v uvodnem delu magistrskega dela, obstoječi fond javnih stavb predstavlja izjemno velik potencial za izboljšanje učinkovite rabe energije. Zaradi njihovega obsega in specifičnega obratovanja, avtomatizacija tehničnih sistemov predstavlja enega od najučinkovitejših ukrepov za izboljšanje energetske učinkovitosti. Ker energetski pregled stavbe predstavlja prvi korak do celostne analize porabe in stroškov za energijo, je zelo pomembno, da izvajalci energetskih pregledov prepoznajo ta potencial. Rezultat energetskega pregleda je namreč poročilo energetskega pregleda, ki predstavlja ključno informacijo za lastnika stavbe glede izsledkov meritev in analiz obstoječega stanja. Poročilo o energetskem pregledu pa prav tako vsebuje predloge ukrepov, ki so že ovrednoteni glede višine naložbe in energetskega prihranka.

Slika 26: Topološka shema integracije primarnih tehničnih sistemov in prostorske regulacije v celovit CNS



Iz Poročila energetskega pregleda stavbe na Gregorčičevi v Ljubljani (PSP d.o.o., 2015b), katerega izvelek se nahaja v **Prilogi 4**, izhaja da investitor v naslednjem kratkoročnem obdobju planira izvesti celovito energetsko prenovo stavbe. S sanacijo stavbe v treh etažah, katere ogrevana površina znaša 571 m², želi investitor zmanjšati stroške obratovanja in zagotoviti boljše pogoje za zaposlene. Kot je razvidno iz poročila, je izvajalec energetskega pregleda ocenil, da bi prihranek za celotno stavbo in v kolikor bi se investitor odločil za vse predlagane investicijske ukrepe, lahko znašal do 70 % pri toplotni energiji in do 61 % pri električni energiji. Povprečni vračilni rok za celotno naložbo energetske prenove je ocenjen na 29 let. Vse investicijske ukrepe

je izvajalec energetskega pregleda po pomembnosti postavil pod prioriteto 1 (višja prioriteta), razen CNS-a, ki ga je postavil pod prioriteto 2. Tukaj žal obstaja nevarnost, kar se v praksi tudi pogosto zgodi, da se investitor zaradi pomanjkanja finančnih sredstev, odloči le za naložbe v ukrepe višjih priorit. Za ukrep vgradnje CNS-a v poročilu tudi ni navedenega vračilnega roka naložbe.

Oceno vpliva avtomatizacije in CNS-a na energetske učinkovitost določim po metodi podrobnega izračuna z CNS faktorji učinkovitosti po standardu EN 15232:2012. Metodo sem predstavil v poglavju 3.1.2.1. S pomočjo popisa funkcij, ki je del standarda EN 15232:2012 (primer takšnega popisa funkcij za področje ogrevanja prikazuje Tabela 3), najprej določim razred energetske učinkovitosti za obstoječe stanje oz. za stanje pred prenovo. Ugotovim, da stavba pade v razred D. Na podlagi tabel iz EN 15232:2012 za nestanovanjske stavbe izberem vrsto obravnavane stavbe (v tem primeru za pisarne) in razberem faktorje CNS učinkovitosti. To naredim posebej za energetske sisteme, ki so vezani na rabo termične energije (ogrevanje, hlajenje in sanitarno toplo vodo (STV)) in sisteme, ki so vezani na rabo električne energije (razsvetljava in pomožna električna energija za pogon HVAC sistemov). CNS faktorji učinkovitosti za stanje pred prenovo (razred D) in za stanje po prenovi (prehod v razred C ali razred A) prikazuje Tabela 19. Ker je razred C referenčni razred, so vsi CNS faktorji učinkovitosti v tem razredu enaki 1.

Tabela 19: CNS faktorji učinkovitosti za stavbo javne uprave pred in po prenovi

Funkcija	Pred prenovo		Po prenovi			
	Razred D		Razred C		Razred A	
	$f_{\text{CNS,term}}^*$	$f_{\text{CNS,el}}^{**}$	$f_{\text{CNS,term}}^*$	$f_{\text{CNS,el}}^{**}$	$f_{\text{CNS,term}}^*$	$f_{\text{CNS,el}}^{**}$
HVAC sistemi:						
Ogrevanje	1,44	1,15	1	1	0,70	0,72
STV	1,11	1,15	1	1	0,80	0,72
Hlajenje	1,57	1,15	1	1	0,57	0,72
Razsvetljava in senčenje:						
Razsvetljava		1,10		1		0,72

Legenda: * CNS faktor učinkovitosti za termično energijo po EN 15232:2012, ** CNS faktor učinkovitosti za električno energijo po EN 15232:2012

Na podlagi CNS faktorjev učinkovitosti zbranih v Tabela 19 lahko določim potencial prihranka (v %) za vsako funkcijo posebej. Ker je stavba pred prenovo v razredu D, referenčni razred po EN 15232:2012 pa je razred C, moram predhodno po enačbi (3) za vsako funkcijo posebej, izračunati t.i. faktor redukcije za razred C.

$$k_C = f_{\text{CNS,C}} / f_{\text{CNS,D}} \quad (3)$$

kjer je:

- k_C – faktor redukcije za razred C
- $f_{\text{CNS,C}}$ – CNS faktor učinkovitosti za razreda C

- $f_{CNS,D}$ – CNS faktor učinkovitosti za razreda D

Potenciale prihrankov, ki jih je možno doseči v kolikor se pri prenovi stavbe investitor odloči za razred C ali razred A (glede na stanje pred prenovo) prikazuje Tabela 20.

Tabela 20: Potencial prihrankov energije za stavbo javne uprave po prenovi

Funkcija	Potencial prihranka v % pri prehodu D -> C		Potencial prihranka v % pri prehodu D -> A	
	termična energija	električna energija	termična energija	električna energija
HVAC sistemi:				
Ogrevanje	31	13	51	37
STV	10	13	28	37
Hlajenje	36	13	64	37
Razsvetljava in senčenje:				
Razsvetljava		9		35

Iz poročila o izvedenem energetskem pregledu stavbe razberem podatke o povprečni rabi energije za preteklo triletno obdobje in kolikšen strošek to predstavlja za lastnika. Na podlagi potencialnih prihrankov lahko enostavno izračunam finančne prihranke prenove stavbe. Tabela 21 prikazuje prihranek pri prehodu iz razreda D (obstoječe stanje) v razred C, ki v bistvu predstavlja najnižji razred, ki ga je po danes veljavnih predpisih še dovoljeno projektirati. Tabela 22 prikazuje potencialne prihranke energije v kolikor se investitor odloči za avtomatiko, ki ustreza razredu učinkovitosti B ali A.

Tabela 21: Strošek energije na letnem nivoju za stavbo javne uprave pred prenovo (razred D) in prihranek po prenovi (razred C)

Funkcija	Poraba na leto (v kWh)	Cena na enoto (v EUR)	Strošek na leto (v EUR)	Letni prihranek pri prehodu D -> C		
				v %	v kWh	v EUR
Term. energija za ogrevanje	48.100	0,084	4.040,40	31	14.697	1.234,55
Elekt. energija za ogrevanje	450	0,107	48,15	13	59	6,31
Term. energija za STV	18.400	0,084	1.545,60	10	1.823	153,13
Elekt. energija za STV	60	0,107	6,42	13	8	0,86
Term. energija za hlajenje	1.500	0,107	160,50	36	545	58,32
Elekt. energija za hlajenje	500	0,107	53,50	13	64	6,85
Elekt. energija za razsvetljava	64.800	0,107	6.933,60	9	5.891	630,34
Skupaj			12.788,17	16*		2.090,35

Legenda: * povprečna vrednost potencialnih prihrankov energije

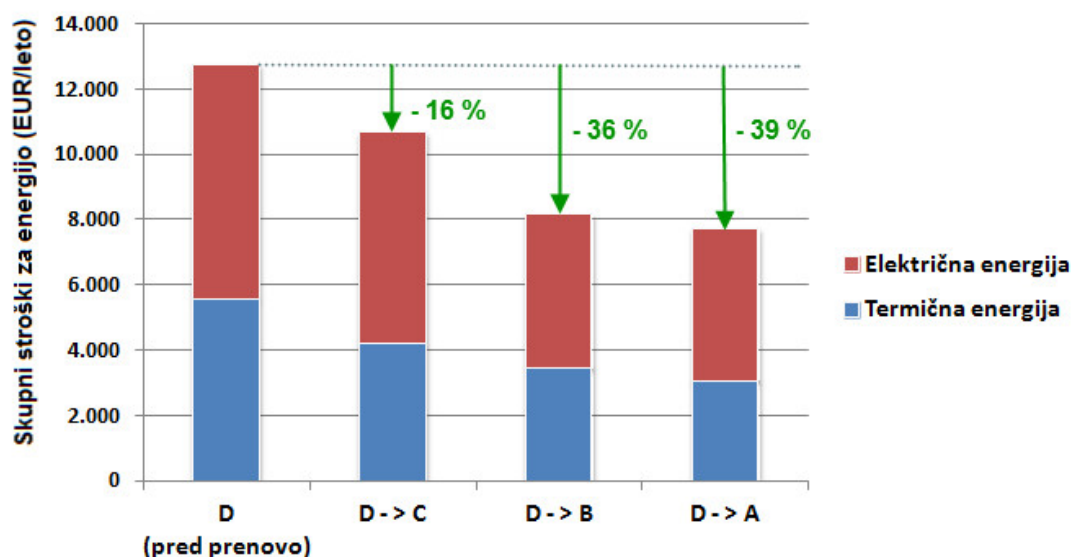
Tabela 22: Prihranek energije za stavbo javne uprave po prenovi s preходом na razred B ali razred A.

Funkcija	Letni prihranek pri prehodu iz D -> B			Letni prihranek pri prehodu iz D -> A		
	v %	v kWh	v EUR	v %	v kWh	v EUR
Term. energija za ogrevanje	45	21.712	1.823,81	51	24.718	2.076,31
Elekt. energija za ogrevanje	25	113	12,09	37	168	17,98
Term. energija za STV	19	3.481	292,40	28	5.139	431,68
Elekt. energija za STV	25	15	1,61	37	22	2,35
Term. energija za hlajenje	49	736	78,75	64	955	102,19
Elekt. energija za hlajenje	25	126	13,48	37	187	20,01
Elekt. energija za razsvetljavo	35	22.385	2.395,20	39	22.385	2.395,20
Skupaj	36*		4.395,20	39*		5.045,71

Legenda: * povprečna vrednost potencialnih prihrankov energije

Ker je skupna letna raba energije obravnavane stavbe močno nad povprečjem (tj. 235 kWh/m², priporočena za tovrstne objekte pa naj ne bi presegala 60 kWh/m², kar ustreza razredu C po slovenski energetske izkaznici stavbe), je tudi potencial varčevanja temu ustrezen. Samo s standardno izvedbo avtomatike, ki vsebuje le nekatere osnovne funkcije CNS-a, lahko prihranimo do 16 %. Precej višje prihranke lahko dosežemo z naprednim sistem avtomatike razreda B oz. z inštalacijo CNS-a, ki zajema tudi SCADA sistem. Prihranek je v tem primeru ocenjen na 36 %. Pri prehodu na visoko energetske učinkovit sistem avtomatike razreda A, ki vključuje vse funkcije CNS-a in EMS-a, lahko še nekaj prihranimo (4 % glede na razred B), vendar pa ta prihranek ni tako očitni, kot pri prehodu iz razreda C v razred B.

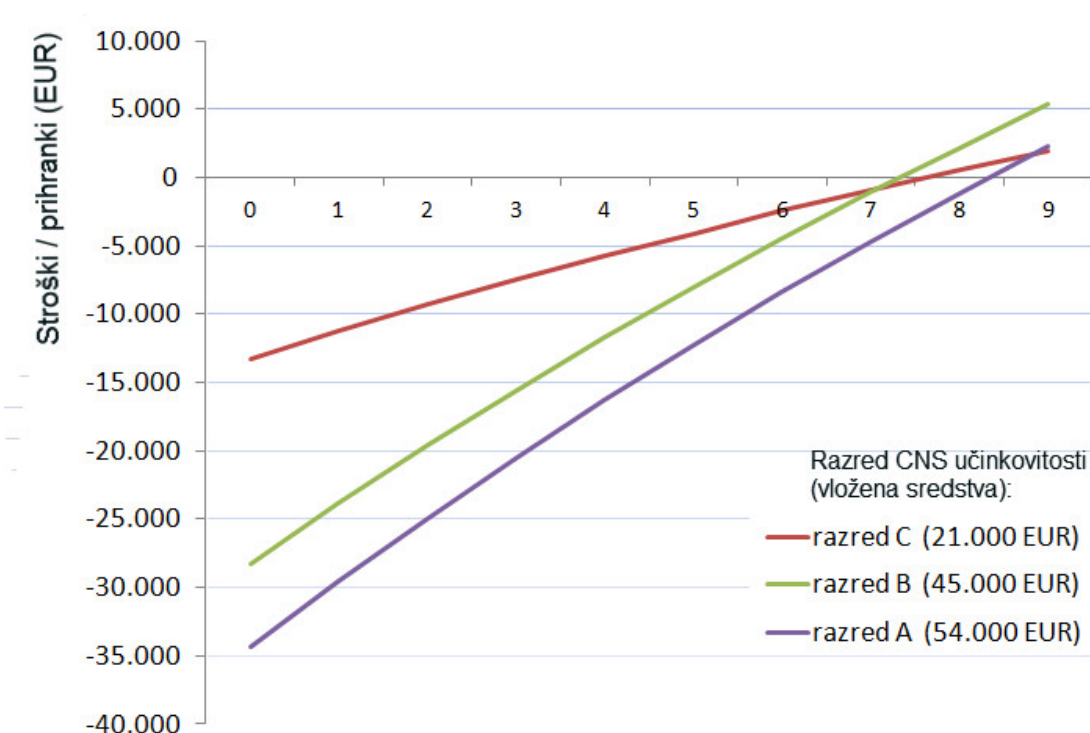
Slika 27: Potencial prihrankov za energijo stavbe javne uprave za različne razrede energetske učinkovitosti



Ker pa je življenjska doba stavb dolga, od 30 do 50 let, je tudi sprejemanje rešitev glede energetske učinkovitosti dolgoročno in zato tudi odgovorno. Neprimerne odločitve v fazi priprav ukrepov energetske prenove, lahko lastnika veliko stanejo v obliki visokih obratovalnih stroškov in slabših bivalnih pogojev. Lastnika, ki se odloči za energetsko prenovo stavbe, običajno najbolj zanima vračilna doba vloženih sredstev skozi prihranke energije. Z analizo denarnega toka lahko ocenim upravičenost naložbe v inteligentno avtomatizacijo.

Graf (Slika 28) prikazuje tri premice, ki ponazarjajo diskontirani neto denarni tok naložb v naslednjih 10-ih letih, po 4,5 % diskontni stopnji, za primer treh obravnavanih izvedb avtomatizacije (razred C, B in A). Pri tem je zanimiv podatek kdaj nastopi t.i. točka preloma oz. kdaj s prihranki energije pokrijemo vložena denarna sredstva. Potencialne prihranke energije za vse tri obravnavane izvedbe avtomatizacije prikazuje Slika 27. Sledi ocena stroškov nabave strojne in programske opreme za avtomatsko vodenje ter ocena storitev (montaže, programiranja, zagona, itd.), za posamezno izvedbo avtomatizacije. Stroške določim na podlagi povprečnih vrednosti pridobljenih in izdelanih ponudb opisanih v koraku 3 v poglavju 4.2. Strošek naložbe za razred C je ocenjen na 21.000 EUR in se skozi prihrankov energije povrne v 7,3 letih. Strošek naložbe v razred B je ocenjen na 45.000 EUR in se povrne v 7,1 letih; strošek v razred C, ki je ocenjen na 54.000 EUR pa bi se naj skozi prihrankov energije povrnil v 7,8 letih.

Slika 28: Neto denarni tok naložb v avtomatiko različnih energetskih razredov (za obdobje 10 let po 4,5 % diskontni stopnji)



Vse tri obravnavane naložbe v ukrepe učinkovite rabe energije so ekonomsko upravičene saj je NSV povsod pozitivna. Tudi vračilo naložbe za vse obravnavane razrede je v osmem letu obratovanja. Vendar pa vračilo naložbe še ni tudi merilo za ekonomsko upravičenost naložbe. Na podlagi grafa (Slika 28) lahko hitro ugotovim, da je naložba v razred B in tudi v razred A

ekonomsko bolj upravičena kot naložba v razred C in to kljub temu, da naložba v razred B zahteva 53 % več začetnega kapitala kot naložba v razred C. Po izteku 8 letnega obdobja so namreč donosi, ki so vezani na prihranek energije, pri razredu A in B veliko večji, kot pri razredu C.

Sistemi za avtomatsko vodenje po 10-ih letih tudi popolnoma ne izgubijo svoje vrednosti. Je pa tovrstne sisteme zelo priporočljivo vsakih nekaj let posodobiti in ponovno optimizirati (angl. *re-commissioning*). Tak sistem potem lahko služi svojemu namenu tudi do 20 let, kar v konkretnem primeru pomeni, da ima lastnik stavbe 12 let dobiček v višini letnega prihranka energije. Pri analizi neto denarnega toka nisem upošteval dejstva, da se trendu naraščanja cen energentov v naslednjih letih verjetno ne bomo mogli izogniti, kar viša stroške energije in s tem še bolj upravičuje naložbe v inteligentne sisteme za avtomatizacijo stavb.

5 POVZETEK KLJUČNIH UGOTOVITEV

Prvi cilj magistrske naloge je bil odgovoriti na vprašanje ali IKT sploh lahko prištevamo k tehnologijam s katerimi lahko vplivamo na učinkovito rabo energije v stavbah in če ja, katere tehnologije in rešitve to omogočajo. Že v izhodišču sem magistrsko nalogo omejil na fond nestanovanjskih stavb in sem se z analizo osredotočil na fazo obratovanja tovrstnih stavb, izključno z namenom, ker je bil tukaj, kot ugotavljam v prvem poglavju, prepoznan daleč največji potencial za učinkovito rabo energije. Danes je na trgu veliko aplikacij (predvsem v obliki »rešitev v oblaku«), ki obljublajo prihranke energije. Neke merodajne analize, koliko tovrstne aplikacije dejansko lahko prispevajo k učinkoviti rabi energije, nisem zasledil. Kot ugotavljam v drugem poglavju magistrskega dela, so to rešitve, ki vplivajo zgolj na **dvig zavesti pri uporabnikih**. Prepričanje iz katerega izhajam je, da je v nestanovanjskih stavbah zavest uporabnikov (ti namreč večinoma niso neposredni plačniki stroškov za energijo) glede učinkovite rabe energije preveč nizka, da bi se lahko zanašali na kakšne opazne prihranke in da edino tehnologija, ki temelji na avtomatskem vodenju energetskega sistema, lahko prinese rezultat. Z deskriptivno metodo v drugem delu magistrske naloge ugotavljam, da le IKT tehnologije, ki omogočajo **inteligentno in celovito vodenje stavb**, lahko prispevajo k nižjim stroškom za energijo ob nezmanjšanem ali povečanem udobju.

Ker je prvi cilj magistrske naloge dosežen, je **drugi cilj** oz. vprašanje, ki se kritičnemu bralcu zastavi, kje je »garancija«, da se denarna sredstva, ki jih investitor vloži v sistem inteligentnega in celostnega vodenja stavbe dejansko povrne (v obliki prihrankov za energijo). Kot prikazujem v empiričnem delu magistrskega dela, je začetni strošek naložbe v inteligentne sisteme v povprečju za od 30 do 50 % višji od klasične avtomatike. Da lahko kritičnega investitorja prepričam v tovrstno naložbo, potrebujem merodajno »orodje«, ki temelji na znanstveno preizkušenih merilih in specifikacijah in tako še **pred začetkom naložbe lahko predvidim potencial prihranka energije**. Kot ugotavljam že v uvodnem delu naloge, je prav to eden od ključnih razlogov za nezaupanje v tovrstne inteligentne sisteme. Da je nepoznavanje tovrstne tematike v našem okolju veliko tudi med strokovnjaki, dokazujem na empiričnem primeru prenove stavbe javne uprave, ko izdelovalec energetskega pregleda stavbe (pooblaščenega s

strani Ministrstva za okolje in prostor), v končnem poročilu o izvedenem energetskem pregledu (Priloga 4), v segmentu CNS ni vnesel predvidene vračilne dobe naložbe in od vseh vrst naložb, je edino CNS postavil pod nižjo prioriteto kot vse ostale naložbe. Z namenom izboljšanja stanja in večje prepoznavnosti tega področja sem v tretjem delu magistrske naloge proučil standard EN 15232, ki je bil s strani CEN prvič izdan leta 2007, leta 2012 pa je standard doživel prenovo. Standard je nastal na pobudo interesnega združenja »eu.bac«, ki združuje vodilne evropske proizvajalce opreme in sistemov za avtomatizacijo in energetsko upravljanje stavb in je bil znanstveno preizkušen na Tehniški Univerzi v Dresdnu. Največja prednost tega standarda leži v njegovi enostavni uporabi, ko lahko glede na funkcije, ki jih želimo avtomatizirati, stavbo razvrstimo v posamezni razred energetske učinkovitosti in na podlagi faktorjev CNS učinkovitosti, izračunamo potencial prihranka energije. Pomanjkljivo pa standard »obdela« segment prostorske avtomatike. In ker je, kot ugotavljam, prihranek energije celotne stavbe, v veliki meri enak seštevku prihrankov v posameznih prostorih, sem v empiričnem delu, za ugotavljanje prihrankov, posegel še po drugih virih. Standard prav tako ne nudi metode za analizo prihrankov energije s pomočjo EMS orodij, navede pa funkcije CNS-a, za implementacijo EMS-a glede na zahteve standarda ISO 50001.

Predvsem v nemško govorečih državah je standard EN 15232:2012 že dobro uveljavljen, medtem ko se pri nas, predvsem zaradi pomislekov glede dolgoročne učinkovitosti, omejenih izkušenj in nemalokrat površnega načrtovanja, ta standard šele utira pot. Pri nas ta standard pozna le peščica ljudi, ki se ukvarja z avtomatizacijo in informatizacijo stavb bolj s tržnega vidika, pa še ti zelo površno. Glede obveznosti uporabe standardov, kot ugotavljam, stroka tudi ni zavzela jasnega stališča. Standardi so žal v praksi velikokrat sami sebi namen in ugotavljam, da je tudi s tem standardom tako.

Tretji cilj magistrskega dela iz katerega sem razvil tudi raziskovalno vprašanje in hipotezo se nanaša na ekonomsko analizo. Pred vsako večjo tehnološko posodobitvijo je smiselno opraviti analizo ekonomske upravičenosti nameravanega ukrepa. S pomočjo demonstracijskih projektov dokazujem, da je v vseh obravnavanih primerih, prihranek energije odvisen od stopnje avtomatizacije. Ta odvisnost ni sorazmerna, saj je razlika v prihranku energije med naprednim sistemom (razred B) in visoko učinkovitim sistemom (razred A) majhna. Prihranek je največ odvisen od stopnje zasedenosti posameznih prostorov in sposobnosti prilagajanja vira glede na zahteve porabnikov v posameznih prostorih. Najvišji prihranki so torej možni v tistem segmentu nestanovanjskih stavb, ki so tudi največji porabniki energije. To so objekti, kjer je zasedenost prostorov zelo raznolika. Na podlagi analiziranih primerov lahko podam naslednje izsledke:

- inteligentna avtomatizacija posameznih prostorov (individualna regulacija prostorov) lahko v stavbi največ prispeva k skupnim prihrankom energije na nivoju celotne stavbe, kar pomeni, da je avtomatizacijo primarnih sistemov na nivoju celotne stavbe, zaradi sinergijskih učinkov, smiselno izvesti v kombinaciji z avtomatizacijo prostorov. Parcialna avtomatizacija ne prinaša zelenih učinkov.
- z inteligentno in integrirano avtomatizacijo lahko največ energije prihranimo v pisarniškem prostoru in šolski učilnici. Ta prihranek je lahko tudi do 55 % pri električni energiji

(predvsem pri razsvetljavi) in do 28 % pri ogrevanju ter do 54 % pri hlajenju. Ti prihranki so lahko doseženi predvsem po zaslugi uporabe prostorskih inteligentnih senzorjev, ki preko krmilnikov in aktuatorjev, omogočajo zvezno vodenje sistemov, npr. razsvetljave v kombinaciji z okenskimi senčili in redukcijo termične energije v primeru nezasedenosti prostora. V magistrskem delu analiziram tudi hotelsko sobo, ugotavljam da je potencial prihranka na račun velike zasedenosti (hotel je v centru mesta) prihranek stroškov v primerjavi z drugimi stavbami razmeroma majhen (5 %) a kljub temu vložena začetna sredstva tudi tukaj povrnejo pred iztekom življenjske dobe sistema za avtomatizacijo stavb.

- brez komunikativnih in programabilnih krmilnikov na nivoju celotne stavbe ter brez inštaliranega CNS sistema ni možno doseči energetske učinkovitosti razreda A po standardu EN 15232:2012. Tudi za razred B je potrebno večino funkcij avtomatizirati.

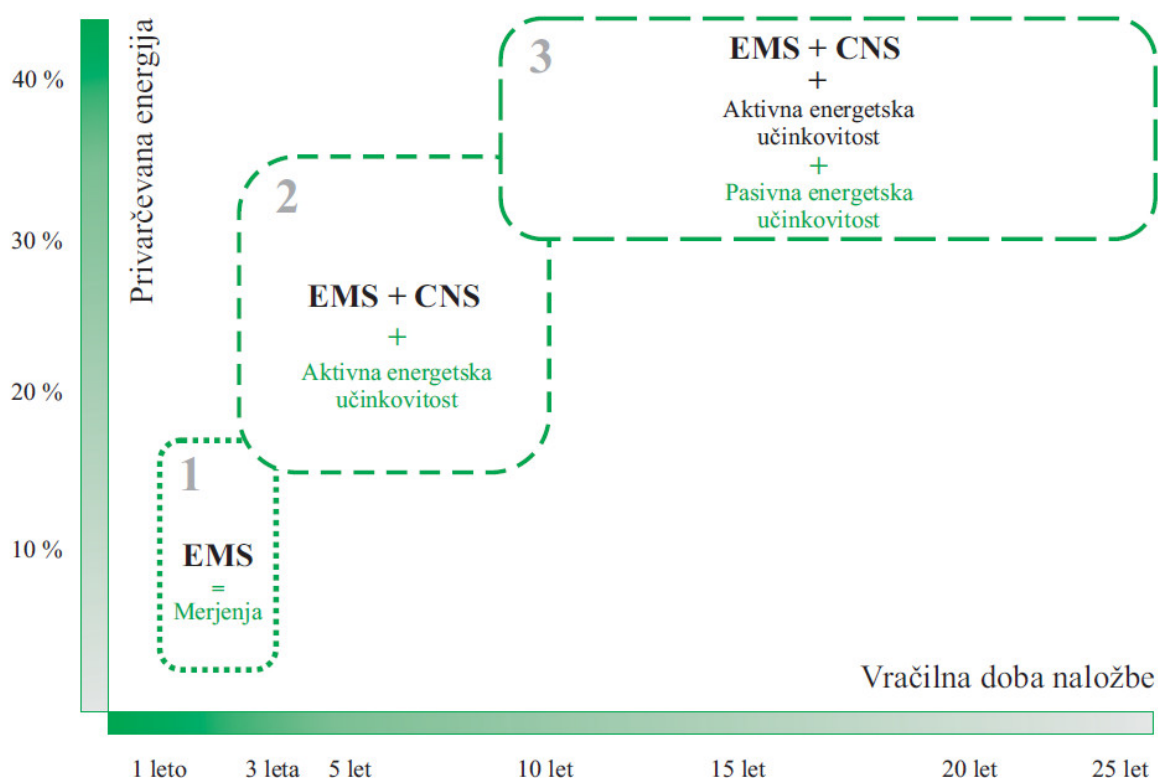
Iz poročila energetskega pregleda stavbe na Gregorčičevi v Ljubljani (izvleček poročila se nahaja v Prilogi 4), je iz nabora predlaganih investicijskih ukrepov v energetske prenovi stavbe, možno razbrati tudi predvideno vračilno doba posameznega ukrepa. Tako je vračilna doba za sanacijo fasade ocenjena na 78 let, zamenjava oken z zunanji senčili na 94 let, vgradnja toplotne črpalke za hlajenje na 11 let, prezračevanje z rekuperacijo na 19 let. Vračilna doba nekaterih ukrepov (fasada in okna) je tako dolga, da se investicija v življenjski dobi stavbe ne povrne, so pa tovrstni ukrepi praviloma nujni pogoj za ostale ukrepe. Vračilna doba inteligentne avtomatike, ki je za razred energetske učinkovitosti A po EN 15232:2012, ocenjena na 7,8 let, je v primerjavi z ostalimi ukrepi učinkovite rabe energije dovolj kratka in zato poleg vseh družbenih in okoljskih koristi, ki jih naložba v inteligentne sisteme prinaša, tudi z ekonomskega vidika smotrna odločitev, s čimer potrjujem hipotezo magistrskega dela.

Pogosto so glavna ovira za bolj široko uporabo inovativnih tehnologij prav višji začetni stroški od standardnih tehnologij. Z magistrskim delom dokazujem, da so začetni stroški inteligentne izvedbe avtomatike v povprečju res 2 krat višji od standardne izvedbe, vendar je vračilna doba obeh izvedb približno enaka. Ker se naložba skozi prihranke energije praviloma povrne že v prvih letih življenjske dobe obratovanja stavbe (od 4 do 8 let), to pomeni, da imamo vsa naslednja leta obratovanja stavbe pri inteligentni izvedbi veliko večji dobiček v obliki prihrankov energije, kot pri standardni izvedbi.

Ključno ugotovitev magistrske naloge prikazuje Slika 29. Za doseganje dolgoročne energetske učinkovitosti praviloma ni dovolj en ukrep. IKT rešitve, ki jih opisujem v magistrskem delu (CNS in EMS) dajo najboljše rezultate v kombinaciji z drugimi ukrepi v učinkovito rabo energije ob stalnem aktivnem energetskega upravljanju. Na podlagi analiz iz magistrskega dela lahko ukrepe v učinkovito rabo energije združim v tri kategorije. Prva kategorija omogoča zajem, analizo in prikaz meritev (EMS). Na podlagi tega ukrepa lahko izvedemo optimizacijo porabe energije, ne moremo pa izboljšati udobja (cilj je dosežen, če ohranimo udobje pred izvedenimi ukrepi). S tem lahko v kratkem času (od 1 do 3 let) dosežemo od 10 do 15 % prihranek energije. Druga kategorija je nadgradnja prve in zajema inteligentno avtomatsko vodenje (CNS) in aktivno energetskega upravljanje, kot to prikazuje tudi Slika 9 v poglavju 2.3. Ta raven temelji na standardu EN 15232:2012 in poleg prihrankov lahko izboljša tudi udobje. Prihranke, ki jih

lahko tukaj dosežemo, ocenjujem na 30 do 35 % z vračilno dobo od 3 do 12 let. Za višje prihranke (tretja kategorija) je k aktivnim ukrepom potrebno vključiti pasivne ukrepe, kamor spada ovoj stavbe, vgradnja energetske varčnih naprav, itd. Tak ukrep omogoča dolgoročne prihranke do 40 % z vračilno dobo več kot 25 let. Izvajanje kombinacije ukrepov seveda ne prinaša energetske prihranke v smislu seštevanja učinkov posameznih ukrepov, saj gre tukaj za sinergijske učinke različnih ukrepov.

Slika 29: Tri kategorije ukrepov učinkovite rabe energije



SKLEP

V magistrskem delu analiziram vpliv uporabe IKT rešitev za povečanje energetske učinkovitosti in prihrankov energije na področju stavbnega sektorja. To je sektor, ki poleg prometa, ponuja največ priložnosti za izboljšanje energetske učinkovitosti. Osredotočam se na nestanovanjske stavbe, kamor spadajo tudi stavbe v lasti javnega sektorja, katere kot izhaja iz direktive EPBD 2010/31/EU, morajo služiti tudi kot zgled pri upoštevanju strogih meril učinkovite rabe energije. Očitno je, da bo sektor IKT s svojimi inovativnimi tehnologijami in zaradi izjemnega pomena informacij v globalnem svetu, odigral pomembno vlogo pri avtomatskem vodenju in povezovanju inteligentnih naprav v skupno komunikacijsko platformo ter vplival na dvig zavesti pri uporabnikih glede smotne rabe energije in varovanja okolja.

Kljub temu, da skupne in usklajene definicije za inteligentne stavbe danes še ni, je mogoče reči, da inteligentna stavba ni stavba z veliko IKT opreme, ampak je to stavba, kjer IKT prispeva k optimizaciji energetskih sistemov in s tem vpliva na zmanjšanje porabe energije ob ohranjanju

želenega udobja. Za boljše razumevanje vpliva inteligentne avtomatike in energetskega upravljanja na učinkovito rabo energije in s tem povezanih stroškov, sem v magistrski nalogi analiziral primer avtomatizacije pisarniškega prostora, šolske učilnice in hotelske sobe ter primer avtomatizacije primarnih tehničnih sistemov na nivoju celotne stavbe. V vseh primerih inštalacija inteligentnih sistemov za avtomatsko vodenje in energetske upravljanje vodi do izboljšane energetske učinkovitosti in začetna investicija se povrne bistveno pred iztekom življenjske dobe.

Skupna lastnost vseh stavb je njihova dolga življenjska doba. Zato je tudi sprejemanje rešitev glede ukrepov v učinkovito rabo energije dolgoročno in povezano s tveganji. S sledenjem veljavnim standardom v vseh fazah življenjskega cikla stavbe je ta tveganja mogoče močno zmanjšati.

LITERATURA IN VIRI

1. Baggini, A., & Marra, A. (2012). Building Automation, Control and Management Systems. V Sumper, A. & Baggini, A. (ur.), *Electrical energy efficiency: technologies and applications* (str. 71-124). Chichester: Wiley.
2. Baggini, A., & Meany, L. (2012). *Application Note – Building Automation and Energy Efficiency: the EN 15232 Standard*. European Copper Institute. Najdeno 8. januarja 2015 na spletnem naslovu <http://www.leonardo-energy.org/node/156301>
3. Becker, M., & Knoll, P. (2007). *Untersuchungen zu Energieeinsparpotenzialen durch Nutzung integrierter offener Gebäudeautomationssysteme auf Basis der Analyse DIN V 18599 und prEN 15232*. Biberach: Hochschule für Bauwesen und Wirtschaft.
4. Brissman, J., & Ullman, R. (2011). *Promoting Energy Efficiency with BACS*. Najdeno 13. novembra 2014 na spletnem naslovu http://www.eubac.org/cms/upload/news/pdfs/Energy_Efficiency_in_BACS_02.pdf
5. Brook, B. (2016). European certification method for assessing the building automation impact on energy efficiency in buildings. *9th International Conference Improving Energy Efficiency in Commercial Buildings and Smart Communities* (str. 263-274). Frankfurt: Evropska komisija.
6. Building Services Research and Information Association [BSRIA]. (2015). *Smart building controls and energy management system trends*. Najdeno 12. maja 2016 na spletnem naslovu <http://www.slideshare.net/BSRIA/smart-building-controls-and-energy-management-system-trends-jeremy-towler>
7. Causone, F., & Colombo, L. P. M. (2014). *The effect of automatic control on building energy use for a smart city*. Milano: Facoltà di Ingegneria Industriale.
8. Ceferin, S. (2005). *Odprti standardi v zgradbah*. Najdeno 10. januarja 2015 na spletnem naslovu http://www.aig.si/05/Zbornik/ZE2_Ceferin_Open_standards.pdf
9. CEN/CENELEC/ETSI. (2011). *Final report of the CEN/CENELEC/ETSI Joint Working Group on Standards for Smart Grids*. Najdeno 2. februarja 2016 na spletnem naslovu http://www.etsi.org/images/files/Report_CENCLCETSI_Standards_Smart_Grids.pdf
10. Cinello, M., & Zanchiello, S. (2013). *Najnovejše aplikacije za domotiko, ki so uporabne na področju turizma in gostinstva*. Najdeno 6. aprila 2016 na spletnem naslovu http://www.tourismmlab.eu/uploads/DepositData/0/8/1546/docs/TLAB_Najnove%C5%A1e%20aplikacije%20za%20domotiko,%20ki%20so%20uporabne%20na%20odro%C4%8Dju%20turizma%20in%20gostinstva.pdf
11. Česen, M., Urbančič, A., & Lah, P. (2012). Raba energije v javnem sektorju, stroki zanjo in vplivi na okolje. Najdeno 6. decembra 2014 na spletnem naslovu http://www.stat.si/StatistichniDnevi/Docs/Radenci%202012/prispevki/Cesen_RabaEnergijeEmisijeStroskiJS-Prispevek_v2.pdf
12. Davis, A. (2011). *Open Systems - Is an Open Protocol Enough?* Najdeno 6. maja 2016 na spletnem naslovu <http://www.automatedbuildings.com/news/oct11/articles/andydavis/110925014909andydavis.html>

13. Direktiva 2006/32/ES Evropskega parlamenta in Sveta o učinkovitosti rabe končne energije in energetske storitvah ter razveljavitvi Direktive Sveta 93/76/EGS (2006, 5. april). *Uradni list EU št. 27.4.2006.*
14. Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in Sveta o energetske učinkovitosti stavb (2010, 19. maj). *Uradni list EU št. 18.6.2010.*
15. Direktiva 2012/27/EU Evropskega parlamenta in Sveta o energetske učinkovitosti (2012, 25. oktober). *Uradni list EU št. 14.11.2012.*
16. Energetski zakon. *Uradni list RS št. 17/2014, 81/2015.*
17. Enhancing Mediterranean Initiatives Leading SMEs to innovation in building energy efficiency technologies [EMILIE]. (2013). *Globalni načrt ('roadmap') energetske učinkovitih tehnologij.* Najdeno 13. maja 2015 na spletnem naslovu http://www.emilieproject.eu/Download.ashx?url=/media/96850/3-2-worldwide-ee-tech-roadmap-final-v1-extract_slv-v1.pdf
18. Enotna klasifikacija vrst objektov (CC-SI) 2012 (2011, 29. december). *Uradni list RS št. 109/11.*
19. Environmental Technologies iNet. (2011). *Smart Buildings. A Market Overview.* Bristol: University of the West of England.
20. European Committee for Standardization [CEN]. (2006). *Explanation of the general relationship between various CEN standards and the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD).* Bruselj: European Committee for Standardisation.
21. European Committee for Standardization [CEN]. (2012). *EN 15232 - Energy performance of buildings - Impact of Building Automation, Controls and Building Management.* Bruselj: European Committee for Standardisation.
22. European Council for an Energy Efficient Economy [ECEEE]. (2011). *Cost optimal building performance requirements.* Najdeno 5. maja 2015 na spletnem naslovu http://www.eceee.org/policyareas/buildings/cost_optimality/cost_optimalityeceereport.pdf
23. European Engineering Industries Association [EEIA]. (2014). *Orgalime Guideline: Article 4 of the Energy Efficiency Directive (2012/27/EU) regarding Building Renovation.* Najdeno 12. marca 2016 na spletnem naslovu http://www.orgalime.org/sites/default/files/position-papers/PP_Final_Orgalime_guidelines_on_Art._4_EED_28_Jan_14.pdf
24. Fius, D. (2014). Toplotna črpalka. Ekonomski in okoljski aspekti gretja sanitarne tople vode. Najdeno 15. junija 2016 na spletnem naslovu <http://www.zens.si/dokumenti/literature-gretje-sanitarne-tople-vode-s-toplotno-%C4%8Drpalko.pdf>
25. Fr. Sauter AG. (2013). *The SAUTER functional triangle of room automation* (interno gradivo). Basel: Fr. Sauter AG.
26. Fr. Sauter AG. (2015). *Intelligent room automation.* Basel: Fr. Sauter AG.
27. French Environment and Energy Management Agency [ADEME]. (2013). *Energy Efficiency Trends in the EU.* Najdeno 2. aprila 2016 na spletnem naslovu <https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/ieep/projects/files/projects/documents/over-all-indicator-brochure.pdf>
28. French Environment and Energy Management Agency [ADEME]. (2015). *Synthesis: Energy Efficiency Trends and Policies in the EU.* Najdeno 8. aprila 2016 na spletnem naslovu

- <http://www.odyssee-mure.eu/publications/br/energy-efficiency-trends-policies-in-europe.html>
29. Frost & Sullivan. (2010). *Ključ do stroškovno učinkovitih in trajnostno naravnanih zgradb: inteligentna energija*. Oxford: Frost & Sullivan.
 30. Global e-Sustainability Initiative [GeSI]. (2008). *SMART 2020: Enabling the low carbon economy in the information age*. Najdeno 22. aprila 2016 na spletnem naslovu <http://gesi.org/article/43>
 31. Global e-Sustainability Initiative [GeSI]. (2010). *Evaluating the carbon-reducing impacts of ICT*. Najdeno 2. aprila 2016 na spletnem naslovu <http://gesi.org/portfolio/file/28>
 32. Global e-Sustainability Initiative [GeSI]. (2015). *ICT Solutions for 21st Century Challenges*. Najdeno 14. aprila 2016 na spletnem naslovu http://smarter2030.gesi.org/downloads/Full_report.pdf
 33. Gole, N. (2015, 21. marec). »Standardi bi morali biti dostopni brezplačno«. *Delo*. Najdeno 10. junija 2016 na spletnem naslovu <http://www.delo.si/gospodarstvo/podjetja/standardi-bi-morali-biti-dostopni-brezplacno.html>
 34. Gradbeni inštitut ZRMK. (2014). *Stroškovno učinkovite ravni minimalnih zahtev glede energijske učinkovitosti stavb v Sloveniji*. Ljubljana: Gradbeni inštitut ZRMK.
 35. Hannus, M., Samad Kazi, A., & Zarli, A. (2010). *ICT Supported Energy Efficiency in Construction*. European Strategic Research Roadmap to ICT enabled Energy-Efficiency in Buildings & Construction. Najdeno 2. junija 2015 na spletnem naslovu http://ec.europa.eu/information_society/activities/sustainable_growth/docs/sb_publications/re_eb_ee_construction.pdf
 36. Heras, J., & Zarli, A. (2010). *The Smart Buildings Group Report on ICT for Energy Efficiency*. Final Report, ICT for Energy Efficiency Ad-hoc Advisory Group. Najdeno 13. januarja 2016 na spletnem naslovu http://ectp.ectp.org/cws/params/ectp/download_files/Doc186v1_grp23.pdf
 37. Höller, J., Tsiatsis, V., Mulligan, C., Avesand, S., Karnouskos, S., & Boyle D. (2014). Commercial Building Automation. V *From Machine-to-Machine to the Internet of Things* (str. 269-280). London: Academic Press.
 38. IBM. (2011). *Smarter Cities Series: Understanding the IBM Approach to Efficient Buildings*. Najdeno 7. junija 2016 na spletnem naslovu <http://www.redbooks.ibm.com/redpapers/pdfs/redp4735.pdf>
 39. Institut Jožef Stefan. (2011). *Metode za izračun prihrankov energije pri izvajanju ukrepov za povečanje učinkovitosti rabe energije in večjo uporabo obnovljivih virov energije*. Ljubljana: Institut Jožef Stefan - Center za energetske učinkovitost.
 40. Inženirska zbornica Slovenije. (b.l.). *Prevod DIN 276-1:2008-12*. Najdeno 12. maja 2016 na spletnem naslovu http://dev.tend.si/izs/fileadmin/dokumenti/Dobra_praksa/DIN__276-1__2008-12_prevod-www.pdf
 41. International Organization for Standardization [ISO]. (2013). *ISO 16484-7- Building automation and control systems - Part 7: BACS contribution on the energy efficiency of buildings*. Najdeno 8. aprila 2016 na spletnem naslovu <http://standardsproposals.bsigroup.com/home/getpdf/2365>

42. Javna agencija RS za energijo. (2011). *Smernice za uvajanje sistema naprednega merjenja v Sloveniji*. Maribor: Javna agencija RS za energijo.
43. Jungič, M., Torkar, J., Perpar, B., Brelih, M., Jelušič, T., & Fröhlich Novkovič, M. (2009). Uporaba informacijske tehnologije v sistemu celovitega energetskega upravljanja. *Zbornik mednarodne konference daljinske energetike 2009* (str. 21-31) . Portorož: Slovensko društvo daljinske energetike.
44. Kastner, W., Neugschwandtner, G., Soucek, S., & Newman, H. M. (2005). *Communication Systems for Building Automation and Control*. Najdeno 13. aprila 2016 <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.324.2621&rep=rep1&type=pdf>
45. Kensby, J. & Olsson, R. (2012). *Building Automation Systems Design*. Göteborg: Chalmers University of Technology.
46. Komisija Evropskih skupnosti. (2008, 13. november). *Energetska učinkovitost: doseganje cilja 20-odstotnega deleža*. Sporočilo Komisije. Bruselj: Komisija Evropskih skupnosti.
47. Komisija Evropskih skupnosti. (2009, 12. marec). *Spodbujanje uporabe informacijskih in komunikacijskih tehnologij za olajšanje prehoda na energetske učinkovito gospodarstvo z nizkimi emisijami ogljika*. Sporočilo Komisije Evropskemu parlamentu, Svetu, Evropskemu socialnemu odboru in Odboru regij. Bruselj: Komisija Evropskih skupnosti.
48. Kramers, A., & Svane, Ö. (2011). *ICT applications for energy efficiency in buildings. Report from the KTH Centre for Sustainable Communications Stockholm*. Stockholm: Centre for Sustainable Communications.
49. Krödel, M. (2009). *Energieeffizienz durch Gebäudeautomation*. Rosenheim: Hochschule Rosenheim.
50. Lacey S. (2013). *Intelligent Efficiency: Innovations Reshaping the Energy Efficiency Market*. Boston: Greentech Media Inc.
51. Leban, I. (2013). (Ne)obveznost uporabe standardov. *Inženirska zbornica Slovenije*. Najdeno 10. junija 2016 na spletnem naslovu <http://www.izs.si/prirocniki-publikacije/glasilo-izsnovo/letnik-2013/letnik-16-stevilka-65/programiprojekti/neobveznost-uporabe-standardov>
52. LonMark. (2007). *Energieeffizienz automatisieren*. Aachen: LonMark Deutschland e.V.
53. Malek, N., Škafar, B., & Vorina, A. (2009). *Ugotavljanje in zagotavljanje kakovosti*. Ljubljana: Zavod IRC.
54. Maleš, D. (2008). *Pregled standardov na področju inteligentnih sistemov v zgradbah* (seminar). Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko.
55. Mikulović, V. (2011). Učinkovito upravljanje in prenova stavb. *Zbornik 13. Dnevi energetikov* (str. 92-101). Portorož: Časnik Finance.
56. Ministrstvo za infrastrukturo Republike Slovenije. (2015a). *Akcijski načrt za skoraj nič-energijske stavbe za obdobje do leta 2020 (AN sNES)*. Najdeno 17. januarja 2016 na spletnem naslovu <http://www.sgg.si/wp-content/uploads/2016/01/Akcijski-na%C4%8Drt-za-skoraj-ni%C4%8D-energijske-stavbe-za-obdobje-do-leta-2020.pdf>
57. Ministrstvo za infrastrukturo Republike Slovenije. (2015b). *Dolgoročna strategija za spodbujanje naložb energetske prenove stavb*. Najdeno 25. januarja 2016 na spletnem naslovu http://www.mzi.gov.si/fileadmin/mzi.gov.si/.../15_10_30-DSEPScistopis_poseji.pdf

58. Ministrstvo za okolje in prostor. (2007). *Metodologija izvedbe energetskega pregleda*. Najdeno 6. junija 2016 na spletnem naslovu http://www.energetika-portal.si/fileadmin/dokumenti/publikacije/arhiv_aure/metodologijaep-1.pdf
59. Ministrstvo za okolje in prostor. (2010). *Tehnična smernica TSG-1-004:2010 - učinkovita raba energije*. Najdeno 16. oktobra 2015 na spletnem naslovu http://www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/.../TSG-01-004_2010.pdf
60. Mizori Zupan, T. (2011). Uporaba sodobnih informacijskih tehnologij za doseganje energetske učinkovitosti v industriji in javnem sektorju. *Zbornik 13. Dnevi energetikov. Dajmo prednost energetski učinkovitosti!* (str. 34-39). Portorož: Časnik Finance.
61. Novak, M. (2011, 3. januar). Strokovna terminologija – gradnik interoperabilnosti kulturnih in z njim povezanih vsebin. *Knjižnica 55(1)*, 87-101.
62. Pravilnik o metodah za določanje prihrankov energije. *Uradni list RS* št. 67/2015.
63. Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb. *Uradni list RS* št. 17/2014.
64. Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. *Uradni list RS* št. 93/2008, 47/2009, 52/2010.
65. PSP d.o.o. (2015a). *Osebna izkaznica objekta za OŠ Koseze*. Najdeno 14. maja 2016 na spletnem naslovu <http://www.ljubljana.si/si/mol/mestna-uprava/sluzbe/javna-narocila/razpisi/101164/detail.html>
66. PSP d.o.o. (2015b). *Končno poročilo »Razširjen energetski pregled za objekt Generalni sekretariat vlade RS«*. Najdeno 14. maja 2016 na spletnem naslovu http://www.gsv.gov.si/fileadmin/gsv.gov.si/pageuploads/EP__GOV_27a__2015_KONCNA.pdf
67. Reemers, S. (2016). The Answer to all Questions about Room Automation. *Loytec Express*, 5(1), 4-5.
68. Robnik, A. (2011). Sektor IKT z roko v roki z drugimi sektorji za trajnejšo prihodnost. *Elektrotehniški vestnik*, 78(5), 263-269.
69. Roper, K. O., & Borello L. J. (2014). *International Facility Management*. Oxford: IFMA.
70. Rozman, R. (2012). Pametna zgradba – osnovni gradnik pametnega mesta. *Osemindvajseta delavnica o telekomunikacijah pametna mesta – zbornik referatov* (str. 36-39). Brdo pri Kranju: Elektrotehniška zveza Slovenije in Slovensko društvo za elektronske komunikacije SIKOM.
71. Schneider Electric. (2011). *Tri dimenzije energetskih priložnosti, s katerimi lahko povečate svoje dobičke in vrednosti sredstev*. Najdeno 18. februarja 2016 na spletnem naslovu http://www.schneider-electric.si/documents/support/white-papers/998-4571_three-dimensions-of-energy_SI.pdf
72. Schneider Electric. (2016). *Energy efficiency in electrical distribution*. Najdeno 18. februarja 2016 na spletnem naslovu <http://www.schneider-electric.com/b2b/en/products/product-launch/electrical-installation-guide>
73. Siemens AG. (2013). *The future is smart*. Najdeno 12. aprila 2016 na spletnem naslovu <http://www.siemens.com/press/pool/de/materials/infrastructure-cities/building-technologies/bt-brochure-e.pdf>
74. Sinopoli, J. (2010). *Smart Building Systems for Architects, Owners, and Builders*. Burlington: Elsever.

75. Slovenska turistična organizacija. (2010). *Priročnik za hotele za razvoj trajnostnih poslovnih modelov*. Ljubljana: Slovenska turistična organizacija.
76. Srovin Coralli, A., Marčič Maruško, J., Petek, A., Emeršič, K., Bulc Bečaj, M., Macura, R., Zalar, M., & Nahtigal, M. (2015). *Pravna ureditev ravnanja z odpadno električno in elektronsko opremo*. Ljubljana: Pravna fakulteta.
77. Strmčnik S. (1998). *Celostni pristop k računalniškemu vodenju procesov*. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko.
78. Šijanec Zavrl, M. (2014). Metode trajnostnega vrednotenja stavb in izkušnje iz uporabe meto-de OPEN HOUSE v Sloveniji ter nagrada GreenBuilding ID za integralno načrtovanje stavb. *Zbornik o zelenem javnem naročanju na področju stavb in vrednotenju trajnostnih stavb* (str. 23-34). Ljubljana: Umanotera, slovenska fundacija za trajnostni razvoj.
79. Van de Bree, A., Von Manteuffel, B., Ramaekers, L., & Offermann M. (2014). *Role of Building Automation related to Renewable Energy in nZEB's*. Utrecht: ECOFYS.
80. Verein Deutscher Ingenieure. (2011). *VDI 3813 Blatt 2 – Raumautomation functions*. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure e.V.
81. Vlada republike Slovenije (2007). *Strategija razvoja informacijske družbe v RS - si2010*. Ljubljana: Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo, Direktorat za informacijsko družbo. Najdeno 10. maja 2016 na spletnem naslovu http://www.arhiv.mvzt.gov.si/si/delovna_podrocja/informacijska_druzba/strategije_s_podrocja_informacijske_druzbe/arhiv/2010conf/si2010.pdf
82. Wang, S. (2010). *Intelligent Buildings and Building Automation*. New York: Spon Press.
83. Ye, A. J., Hassan, T., Firth S., & Fouchal, F. (2010). *ICT for energy efficiency: Towards smart buildings, manufacturing, lighting and grids*. Department of Civil and Building Engineering, Loughborough University. Najdeno 6. novembra 2014 na spletnem naslovu <http://itc.scix.net/cgi-bin/works/Show?w78-2010-55>

PRILOGE

KAZALO PRILOG

Priloga 1: Presoja ekonomske upravičenosti naložbe v inteligentno avtomatiko na primeru pisarniškega prostora	1
Priloga 2: Presoja ekonomske upravičenosti naložbe v inteligentno avtomatiko na primeru šolske učilnice.....	4
Priloga 3: Presoja ekonomske upravičenosti naložbe v inteligentno avtomatiko na primeru hotelske sobe.....	8
Priloga 4: Izvleček poročila energetskega pregleda stavbe javne uprave na Gregorčičevi v Ljubljani.....	11
Priloga 5: Seznam v delu pogosto uporabljenih kratic	13

PRILOGA 1: Presoja ekonomske upravičenosti naložbe v inteligentno avtomatiko na primeru pisarniškega prostora

Tip objekta:	Poslovni prostor	
Tip prostora:	Pisarna	
Površina:	25 m ²	
Ogrevanje:	Radiatorji (daljinsko ogrevanje)	
Hlajenje:	Stropno (preko hladilnega agregata)	
Čas obratovanje:	Po.-Pe.: 05:00 do 22:00	
Čas uporabe:	Po.-Pe.: 07:00 do 17:00	
Gostota zasedenosti:	15 m ² /osebo	
Razsvetljava:	2 x luč na pisarno: 4x Fluo sijalka T26 (36W/6400 lm), 500 lx na del. mesto	
Cena energentov:	Dalj. ogrevanje (v EUR/kWh):	0,08
	Elektrika (EUR/kWh):	0,11
Zasedenost:	Število dni na leto:	250
	Število ur na dan:	10
	Faktor zasedenosti:	0,6
	Letna obrestna mera (v %):	4,5
Financiranje:	Odplačilna doba (v letih):	10

1. Standardna avtomatika (razred C (referenca) po EN 15232)

Tabela 1: Strošek za energijo

Termična energija				
	Specifična raba energije v kWh/m ² /leto	Površina v m ²	Skupna raba energije v kWh/leto	Cena v EUR/leto
Ogrevanje	80	25	2000	168,00
Hlajenje	12	25	300	32,10
Električna energija				
	Moč v vatih (W)	Obratovalne ure v urah/leto	Skupna raba energije v kWh/leto	Cena v EUR/leto
Razsvetljava	540	1500	810	86,67
Skupaj				286,77

Tabela 2: Vrednost naložbe

Oprema			
	Količina v kosih	Cena v EUR	Skupaj cena v EUR
Periferna oprema:			
- Regulator za stropno hlajenje	1	42,50	42,50
- Tipkala za žaluzije	2	8,00	16,00
- Stikala za razsvetljavo	2	7,50	15,00
- Okvirji za tipkala	2	4,50	9,00
- Sklop krmiljenje dveh žaluzij preko vrem.post.	1	55,00	55,00
- Termostatski ventil za radiator	2	20,00	40,00
- Senzor rosišča	1	16,00	16,00
- Oksenski kontakt	2	8,00	16,00
Skupaj			209,50
Kabli s kabliranjem			
	Dolžina v metrih	Cena v EUR	Skupaj cena v EUR
Pogon za ventil strop. hlaj. LiYY 2x1 mm ²	11	1,52	16,72
Senzor rosišča LiYY 2x1 mm ²	9	1,52	13,68
Oksenski kontakti LiYY 2x1 mm ²	20	1,52	30,40
Pogon za okenske žaluzije LiYY 4x0,1 mm ²	12	1,68	20,16
Sklop za skupno krm. žaluzij LiYY 4x0,1 mm ²	10	1,68	16,80
Krm. oken. žaluzij (moč) NYM 4x1,5 mm ²	18	2,00	36,00
Razsvetljava NYM 3x1,5 mm ²	18	1,50	27,00
Pomožni elektroinšt. mat.	1	30,00	30,00
Skupaj			190,76
Skupaj			400,26
Anuiteta (na leto)			50,58

2. Inteligentna avtomatika (razred A po EN 15232)

Tabela 3: Strošek za energijo

Termična energija						
	Specifična raba energije v kWh/m ² /leto	Faktor CNS učinkovitosti v %	Spec. raba energije pri inteligentni avtomatiki v kWh/m ² /leto	Površina v m ²	Skupna raba energije v kWh/leto	Cena v EUR/leto
Ogrevanje	80	21*	63	25	1580	132,72
Hlajenje	12	54*	6	25	138	14,77
Električna energija						
	Moč v vatih (W)	Obratovalne ure v urah/leto	Skupna raba energije v kWh/leto	Faktor CNS učinkovitosti v %	Skupna raba energije - inteligentna avtomatika v kWh/leto	Cena v EUR/leto
Razsvetljava	540	1500	810	50*	405	43,34
Skupaj						190,82

*povzeto in prirejeno po M. Becker & P. Knoll, Untersuchungen zu Energieeinsparpotenzialen durch Nutzung integrierter offener Gebäudeautomationssysteme auf Basis der Analyse DIN V 18599 und prEN 15232, 2007.

Tabela 4: Vrednost naložbe

Oprema			
	Količina v kosih	Cena v EUR	Skupaj cena v EUR
Periferna oprema:			
- Senzor rosišča	1	16,00	16,00
- Okenski kontakt	2	8,00	16,00
Krmilna oprema z BUS komunikacijo:			
- Prostorska LCD operatorska enota	1	95,60	95,60
- Razširitev operatorske enote za tipke	1	81,20	81,20
- Multifunkcijski senzor	1	98,00	98,00
- Prostorski krmilnik	1	125,20	125,20
- Conski CNS krmilnik z IP kom. (za 8 kom)	0,125	350,00	43,75
Skupaj			475,75
Kabli s kabliranjem			
	Dolžina v metrih	Cena v EUR	Skupaj cena v EUR
Okenski kontakti LiYY 2x1 mm ²	20	1,52	30,40
Pogon za ogrevanje LiYY 2x1 mm ²	10	1,52	15,20
Pogon za hlajenje LiYY 2x1 mm ²	8	1,52	12,16
Senzor rosišča LiYY 2x1 mm ²	8	1,52	12,16
Krm. oken. žaluzij LiYY 4x1,5 mm ²	12	2,00	24,00
Razsvetljava NYM 5x1,5 mm ²	16	1,80	28,80
BUS komunikacija IY(St)Y 2x2x0,8	30	1,05	31,50
EKO, elektro. mat.	1	60,00	60,00
Skupaj			214,22
Sistemska integracija			
Programiranje na krmilnem nivoju, zagon			85,00
Programiranje na CNS (WEB) nivoju			35,00
Skupaj			809,97
Anuiteta (na leto)			102,36

3. Analiza ekonomičnosti: standardna vs. inteligentna izvedba avtomatike

Tabela 5: Primerjava stroškov med standardno in inteligentno izvedbo avtomatike

	Standardna izvedba (razred C) v EUR/leto	Faktor CNS učinkovitosti v %	Inteligentna izvedba (razred A) v Eur/leto	Privarčevano (+) Dodatni stroški (-) v Eur/leto
Strošek energije				
Ogrevanje	168,00	21	132,72	
Hlajenje	32,10	54	14,77	
Razsvetljava	86,67	50	43,34	
Skupaj	286,77		190,82	95,95
Vrednost naložbe				
Oprema	209,50		475,75	
Kabli z kabliranjem	190,76		214,22	
Sistemska integracija			120,00	
Skupaj	400,26		809,97	
Anuiteta (na leto)	50,58		102,36	-51,78
SKUPAJ	337,35		293,18	44,17
Prihranek skupnih stroškov (v %):				
				13,09
Vračilna doba naložbe (v letih):				
				4,8

PRILOGA 2: Presoja ekonomske upravičenosti naložbe v inteligentno avtomatiko na primeru šolske učilnice

Tip objekta:	Šola		
Tip prostora:	Učilnica		
Površina:	60 m ²		
Ogrevanje:	Radiatorji (plinska kotlovnica)		
Čas obratovanje:	Po.-Pe.: 08:00 do 15:00		
Čas uporabe:	Po.-Pe.: 07:00 do 18:00		
Razsvetljava:	16 x luč na učilnico: 16x 36 W (6000 lm, min. 300 lx)		
Cena energentov:	Plin (v EUR/kWh):	0,09	
	Elektrika (EUR/kWh):	0,11	
Zasedenost:	Število dni na leto:	194	
	Število ur na dan:	8	
	Faktor zasedenosti:	0,6	
Financiranje:	Letna obrestna mera (v %):	4,50	
	Odplačilna doba (v letih):	10	

1. Obstoječe stanje (razred D po EN 15232)

Tabela 6: Strošek za energijo

Termična energija				
	Specifična raba energije v kWh/m ² /leto	Površina v m ²	Skupna raba energije v kWh/leto	Cena v EUR/leto
Ogrevanje	122	60	7320	658,80
Električna energija				
	Moč v vatih (W)	Obratovalne ure v urah/leto	Skupna raba energije v kWh/leto	Cena v EUR/leto
Razsvetljava	576	931,2	536	59,00
Skupaj				717,80

2. Standardna avtomatika (razred C (referenca) po EN 15232)

Tabela 7: Strošek za energijo

Termična energija				
	Specifična raba energije v kWh/m ² /leto	Površina v m ²	Skupna raba energije v kWh/leto	Cena v EUR/leto
Ogrevanje	98*	60	5880	529,20
Električna energija				
	Moč v vatih (W)	Obratovalne ure v urah/leto	Skupna raba energije v kWh/leto	Cena v EUR/leto
Razsvetljava	576	870,6	502**	55,17
Skupaj				584,37

* - 20% ($f_{CNS,term}=1,20$) iz razreda D v razred C (po EN 15232:2012)

** - 7% ($f_{CNS,el}=1,07$) iz razreda D v razred C (po EN 15232:2012)

Tabela 8: Vrednost naložbe

Oprema				
		Količina v kosih	Cena v EUR	Skupaj cena v EUR
Periferna oprema:				
-	Tipkala za žaluzije	1	8,00	8,00
-	Stikala za razsvetljavo	2	7,50	15,00
-	Okvirji za tipkala	2	4,50	9,00
-	Sklop krmiljenje dveh žaluzij preko vrem.post.	1	55,00	55,00
-	Termostatski ventil za radiator	2	20,00	40,00
Skupaj				127,00
Kabli s kabliranjem				
		Dolžina v metrih	Cena v EUR	Skupaj cena v EUR
Pogon za okenske žaluzije	LiYY 4x0,1 mm ²	25	1,68	42,00
Sklop za skupno krm. žal.	LiYY 4x0,1 mm ²	15	1,68	25,20
Krm. oken. žaluzij (moč)	NYM 4x1,5 mm ²	22	2,00	44,00
Razsvetljava	NYM 3x1,5 mm ²	30	1,50	45,00
Pomožni elektroinšt. mat.		1	60,00	60,00
Skupaj				216,20
Skupaj				343,20
Anuiteta (na leto)				43,37

3. Inteligentna avtomatika (razred A po EN 15232)

Tabela 9: Strošek za energijo

Termična energija						
	Specifična raba energije v kWh/m ² /leto	Faktor CNS učinkovitosti v %	Spec. raba energije pri inteligentni avtomatiki v kWh/m ² leto	Površina v m ²	Skupna raba energije v kWh/leto	Cena v EUR/leto
Ogrevanje	98	28*	71	60	4234	381,02
Električna energija						
	Moč v vatih (W)	Obratovalne ure v urah/leto	Skupna raba energije v kWh/leto	Faktor CNS učinkovitosti v %	Skupna raba energije - inteligentna avtomatika v kWh/leto	Cena v EUR/leto
Razsvetljava	576	870,67	502	55*	226	24,82
Skupaj						405,85

*povzeto in prirejeno po M. Becker & P. Knoll, Untersuchungen zu Energieeinsparpotenzialen durch Nutzung integrierter offener Gebäudeautomationssysteme auf Basis der Analyse DIN V 18599 und prEN 15232, 2007.

Tabela 10: Vrednost naložbe

Oprema				
		Količina v kosih	Cena v EUR	Skupaj cena v EUR
Periferna oprema:				
- Okenski kontakt		8	8,00	64,00
Krmilna oprema z BUS komunikacijo:				
- Prostorska LCD operatorska enota		1	95,60	95,60
- Razširitev operatorske enote za tipke		1	81,20	81,20
- Multifunkcijski senzor		1	98,00	98,00
- Prostorski krmilnik		1	125,20	125,20
- Conski CNS krmilnik z IP kom. (za 8 kom)		0,125	350,00	43,75
Skupaj:				507,75
Kabli s kabliranjem				
		Dolžina v metrih	Cena v EUR	Skupaj cena v EUR
Okenski kontakti	LiYY 2x1 mm ²	30	1,52	45,60
Pogon za ogrevanje	LiYY 2x1 mm ²	15	1,52	22,88
Krm. oken. žaluzij	LiYY 4x1,5 mm ²	25	2,00	50,00
Razsvetljava	NYM 5x1,5 mm ²	15	1,80	27,00
BUS komunikacija	IY(St)Y 2x2x0,8	20	1,05	21,50
EKO, elektro. mat.		1	60,00	60,00
Skupaj:				226,40
Sistemska integracija				
Programiranje na krmilnem nivoju, zagon				95,00
Programiranje na CNS (WEB) nivoju				75,00
Skupaj				
Anuiteta (na leto)				114,26

4. Analiza ekonomičnosti: standardna vs. inteligentna izvedba avtomatike

Tabela 11: Primerjava stroškov med standardno in inteligentno izvedbo avtomatike

	Standardna izvedba (razred C) v EUR/leto	Faktor CNS učinkovitosti v %	Inteligentna izvedba (razred A) v Eur/leto	Privarčevano (+) Dodatni stroški (-) v Eur/leto
Strošek energije				
Ogrevanje	529,20	28	381,02	
Razsvetljava	55,17	55	24,82	
Skupaj	584,37		405,85	178,52
Vrednost naložbe				
Oprema	127,00		507,75	
Kabli z kabliranjem	216,20		226,40	
Sistemska integracija			170,00	
Skupaj	343,20		904,15	
Anuiteta (na leto)	43,37		114,26	-70,89
SKUPAJ	627,74		520,11	107,63
Prihranek skupnih stroškov (v %):				17,15
Vračilna doba naložbe (v letih):				3,5

PRILOGA 3: Presoja ekonomske upravičenosti naložbe v inteligentno avtomatiko na primeru hotelske sobe

Tip objekta:	Hotel	
Tip prostora:	Hotelska soba	
Površina:	22 m ² (4,5 m x 5 m)	
Ogrevanje:	Ventilatorski konvektor, radiator v kopalnici (daljinsko ogrevanje)	
Hlajenje:	Ventilatorski konvektor (preko hladilnega agregata)	
Čas obratovanje:	Po.-Ne.: 00:00 do 24:00	
Čas uporabe:	Po.-Ne.: 21:00 do 08:00	
Gostota zasedenosti:	80 %	
Razsvetljava:	550 W, halogenske luči	
Cena energentov:	Dalj. ogrevanje (v EUR/kWh):	0,08
	Elektrika (EUR/kWh):	0,11
Zasedenost:	Število dni na leto:	365
	Število ur na dan:	7
	Faktor zasedenosti:	0,8
	Letna obrestna mera (v %):	4,5
Financiranje:	Odplačilna doba (v letih):	10

1. Standardna avtomatika (razred C (referenca) po EN 15232)

Tabela 12: Strošek za energijo

Termična energija				
	Specifična raba energije v kWh/m ² /leto	Površina v m ²	Skupna raba energije v kWh/leto	Cena v EUR/leto
Ogrevanje	105	22	2310	194,04
Hlajenje	25	22	550	58,85
Električna energija				
	Moč v vatih (W)	Obratovalne ure v urah/leto	Skupna raba energije v kWh/leto	Cena v EUR/leto
Razsvetljava	550	2044	1124	120,29
Skupaj				373,18

Tabela 13: Vrednost naložbe

Oprema:			
	Količina v kosih	Cena v EUR	Skupaj cena v EUR
Periferna oprema:			
- Regulator za ventilatorski konvektor	1	65,50	65,50
- Stikala za razsvetljavo	2	7,50	15,00
- Termostatski ventil za radiator	1	20,00	20,00
- Pogon za ventile konvektorja	2	15,00	30,00
Skupaj			130,50
Kabli s kabliranjem:			
	Dolžina v metrih	Cena v EUR	Skupaj cena v EUR
Ventilatorski konvektor NYM 7x1,5 mm ²	10	1,90	19,00
Razsvetljava NYM 3x1,5 mm ²	25	1,50	37,50
Pomožni elektroinšt. mat.	1	30,00	30,00
Skupaj			86,50
Skupaj			217,00
Anuiteta (na leto)			27,42

2. Inteligentna avtomatika (razred A po EN 15232)

Tabela 14: Strošek za energijo

Termična energija						
	Specifična raba energije v kWh/m²/leto	Faktor CNS učinkovitosti v %	Spec. raba energije pri inteligentni avtomatiki v kWh/m²/leto	Površina v m²	Skupna raba energije v kWh/leto	Cena v EUR/leto
Ogrevanje	105	32*	71	25	1785	149,94
Hlajenje	25	19*	20	25	506	54,17
Električna energija						
	Moč v vatih (W)	Obratovalne ure v urah/leto	Skupna raba energije v kWh/leto	Faktor CNS učinkovitosti v %	Skupna raba energije - inteligentna avtomatika v kWh/leto	Cena v EUR/leto
Razsvetljava	550	2044	1124	10*	1012	108,26
Skupaj						312,37

*povzeto in prirejeno po: M. Becker & P. Knoll, Untersuchungen zu Energieeinsparpotenzialen durch Nutzung integrierter offener Gebäudeautomationssysteme auf Basis der Analyse DIN V 18599 und prEN 15232, 2007.

Tabela 15: Vrednost naložbe

Oprema:			
	Količina v kosih	Cena v EUR	Skupaj cena v EUR
Periferna oprema:			
- Okenski kontakt	1	8,00	8,00
- Pogon za ventile konvektorja in radiatorja	3	15,00	45,00
- Odložišče hotelske kartice	1	30,00	30,00
Krmilna oprema z BUS komunikacijo:			
- Prostorska operatorska enota	1	45,00	45,00
- Prostorski krmilnik	1	150,20	150,20
Skupaj:			278,20
Kabli s kabliranjem			
	Dolžina v metrih	Cena v EUR	Skupaj cena v EUR
Okenski kontakti LiYY 2x1 mm ²	15	1,52	22,80
Pogoni za ogrevanje LiYY 2x1 mm ²	20	1,52	30,40
Pogon za hlajenje LiYY 2x1 mm ²	8	1,52	12,16
Odložišče kartice LiYY 2x1 mm ²	8	1,52	12,16
Razsvetljava NYM 3x1,5 mm ²	30	0,90	27,00
BUS komunikacija IY(St)Y 2x2x0,8	20	1,05	21,00
EKO, elektro. mat.	1	60,00	60,00
Skupaj:			185,52
Sistemska integracija:			
Programiranje na krmilnem nivoju, zagon			40,00
Programiranje na CNS (WEB) nivoju			35,00
Skupaj			538,72
Anuiteta (na leto)			68,08

3. Analiza ekonomičnosti: standardna vs. inteligentna izvedba avtomatike

Tabela 16: Primerjava stroškov med standardno in inteligentno izvedbo avtomatike

	Standardna izvedba (razred C) v EUR/leto	Faktor CNS učinkovitosti v %	Inteligentna izvedba (razred A) v Eur/leto	Privarčevano (+) Dodatni stroški (-) v Eur/leto
Strošek energije				
Ogrevanje	194,04	32	149,94	
Hlajenje	58,85	19	54,17	
Razsvetljava	120,29	10	108,26	
Skupaj	373,18		312,37	60,81
Vrednost naložbe				
Oprema	130,50		278,20	
Kabli z kabliranjem	86,50		185,52	
Sistemska integracija			75,00	
Skupaj	217,00		538,72	
Anuiteta (na leto)	27,42		68,08	-40,66
SKUPAJ	400,60		380,45	20,15
Prihranek skupnih stroškov (v %):				5,03
Vračilna doba naložbe (v letih):				6,2

PRILOGA 4: Izvleček poročila energetskega pregleda stavbe javne uprave na Gregorčičevi v Ljubljani

1. Povzetek za poslovno odločanje

V letu 2014 je bila poraba primarne energije 126.226 kWh, od tega električne energije 64.388 kWh in energije za ogrevanje objekta in sanitarne vode 61.838 kWh. Vode so porabili 142 m³.

V letu 2014 so znašali stroški za porabljeno energijo 12.129,30 € in porabljeno vodo 934,20 €. Deležno je strošek električne energije predstavljal 52,87 %, strošek energije za ogrevanje objekta in sanitarne vode 39,98 % in strošek porabljene vode 7,15 %.

Poraba električne energije za leto 2014 je znašala 112,76 kWh/m².

Poraba toplotne energije za leto 2014 je znašala 108,30 kWh/m².

Energijsko število objekta za leto 2014 je znašalo 221,06 kWh/m².

Izračun povprečne letne porabe energenta za obdobje 2012-2014.

Povprečna letna poraba električne energije (2012-2014) je bila 67.320 kWh oziroma **117,90 kWh/m²**.

Povprečna letna poraba toplotne energije (2012-2014) je bila 66.939 kWh oziroma **117,23 kWh/m²**.

Energijsko število za tri leto obdobje (2012-2014) je **235,13 kWh/m²**.

Prihranek pri električni energiji z vsemi predlaganimi ukrepi

- Prihranek pri porabi električne energije bo po izvedbi predlaganih ukrepov znašal **41.065 kWh** oziroma **61 %**.
- Prihranek pri stroških za električno energijo bo znašal cca **4.394,00 €** letno.

Prihranek pri toplotni energiji z vsemi predlaganimi ukrepi

- Pričakujemo, da bo z izvedbo vseh navedenih ukrepov sanacije prihranek za toplotno energijo znašal **46.857 kWh** oziroma **70 %**.
- Prihranek pri stroških za ogrevanje bo znašal cca **3.936,00 €** letno.

Po sanaciji in uvedbi vseh ukrepov učinkovite rabe energije se bo poraba energije zmanjšala na:

- električne energija iz **117,90 kWh/m²** na **45,98 kWh/m²**
- toplotna energija iz **117,23 kWh/m²** na **35,17 kWh/m²**

Vir: PSP d.o.o., Končno poročilo »Razširjeni energetski pregled za objekt Generalni sekretariat vlade RS, Gregorčičeva, 1000 Ljubljana«, 2015, str. 6.

2. Nabor predlaganih ukrepov

Preglednica 1. Prikaz nabora predlaganih ukrepov po letnem prihranku (kWh in EUR), predvideni investiciji, vračilnem roku in stopnji prioritete.

Št.	Opis ukrepa	Možni letni prihranki		Investicija €	Vračilni rok (let)	Priori teta -
		kWh	€			
1	Projektiranje, nadzor	/	/	20.000,00		1
2	Osveščanje ter izobraževanje uporabnikov	posledično	posledično	0	takoj	1
3	Sanacija temeljev oz. betonskih elementov na delu teren – fasada 60 m ²	nujno	nujno	6.000,00	0	1
4	Sanacija fasade površina 1.044 m ²	9.371 (Q=14 %)	(Q) 787,00	57.420,00	78	1
5	Vgradnja toplotne in hidro izolacije na ravni strehi 273 m ²	6.694 (Q=10 %)	(Q) 562,00	16.380,00	31	1
6	Zamenjava oken 177 m ² vključno z zunanji žaluzijami	6.694 (Q=10 %)	(Q) 562,00	53.100,00	94	
7	Hidravlično uravnoteženje ogrevalnega sistema, toplotna izolacija v TP	3.347 (Q=5 %)	(Q) 281,00	3.500,00	12	1
8	Vgradnja toplotne črpalke za hlajenje prostorov, z razvodom v stavbi	13.464 (E=20 %)	(Q) 1.440,00 (E) 784,00	25.000,00	11	1
9	Vgradnja CNS (centralno nadzorni sistem-delni), monitoring 5 let	669 (Q=1%) 673 (E=1%)	56,00 72,00	18.500,00	0	2
10	Sanacija razsvetljave - zamenjava svetil 180 kos. in vgradnja senzorjev v sanitarijah in hodnikih	25.926 (E=30 %)	(E) 3.137,00	14.400,00	4,6	1
11	Prezračevanje z rekuperacijo– pisarne in sanitarije	6.694 (Q=10 %)	(Q) 563,00	30.400,00	19*	1
	Skupaj	(Q) 46.857 (E) 41.065	(Q) 3.936,00 (E) 4.394,00	244.700	29	

Q - toplotna energija, E – električna energija, TČ – toplotna črpalka, STV –sanitarna topla voda

Vir: PSP d.o.o., Končno poročilo »Razširjeni energetski pregled za objekt Generalni sekretariat vlade RS, Gregorčičeva, 1000 Ljubljana«, 2015, str. 10.

PRILOGA 5: Seznam v delu pogosto uporabljenih kratic

CEN	Evropski komite za standardizacijo
CNS	Centralni nadzorni sistem (angl.: <i>BMS - Building Management System</i>)
DDC	Direktna digitalna regulacija (angl.: <i>Direct Digital Control</i>)
EMS	Sistem energetskega upravljanja stavb (angl.: <i>(Building) Energy Management System</i>)
ESCO	Podjetja za energetske storitve (angl.: <i>Energy Services Companies</i>)
EU	Evropska skupnost
EZ	Energetski zakon
HVAC	Sistemi ogrevanja, prezračevanja in klimatizacije (angl.: <i>Heating, Ventilation and Air Conditioning</i>)
IIC	Inteligentna in integrirana avtomatizacija (angl.: <i>Intelligent & Integrated Control</i>)
IKT	Informacijsko-komunikacijska tehnologija
KPI	Ključni kazalnik učinkovitosti (angl.: <i>Key Performance Indicator</i>)
NSV	Neto sedanja vrednost
PLC	Programabilni krmilnik (angl.: <i>Programmable Logic Controller</i>)
PURES	Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah
SCADA	Računalniški sistem za nadzor, upravljanje in zajem podatkov (angl.: <i>Supervisory Control And Data Acquisition</i>)
SIST	Slovenski inštitut za standardizacijo
TC	Tehnični odbor (angl.: <i>Technical Committee</i>)
VDI	Združenje nemških inženirjev (nem.: <i>Verein Deutscher Ingenieure</i>)