

# POVEZAVA ČLOVEŠKIH FAKTORJEV Z DIGITALNO TRANSFORMACIJO V PAMETNIH HIŠAH

ZVONE BALANTIČ & BRANISLAV ŠMITEK

Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija, e-pošta:  
zvone.balantic@um.si, branislav.smitek@um.si

**Povzetek** Industrija 4.0 (I 4.0) je močno povezana s pojmom Internet stvari (IoT) in internet ljudi (IoP). I 4.0 označuje brezžično povezljivost senzorjev s kibernetskimi sistemi, ki preoblikujejo in obdelujejo signale in jih preko aktuatorjev vodijo do objekta krmiljenja. Idejni koncepti I 4.0 že dolgo niso več rezervirani le za inženirsko produkcijsko okolje, pač pa prodirajo na vsa področja človekovih aktivnosti.

Bivalno okolje prihodnosti bo vsebovalo vse tehnološke elemente Industrije 4.0, človek pa se bo še bolj znašel v središču pozornosti. Njegovo interaktivno sodelovanje z okoljem bo generiralo nov odnos v sodobnem kibernetskem sistemu regulacijskih zank. Klasični človeški faktorji bodo z uporabo novih tehnologij manjkrat izzvani, njihova izpostavljenost pa bo mnogo bolj obvladljiva, kot danes.

Stalna in neprekinjena izmenjava podatkov med ključnimi točkami prepletajočih se procesov v pametnih hišah izoblikujejo poti in načine prenosa znanja iz inženirskih okolij. V sisteme pametnih hiš je potrebno povezovati rekuperacijo toplote, izrabo pasivnega ogrevanja / ohlajanja, dinamično razsvetljavo, pametno senčenje, obvladovanje hišnih aparatov, ki že prehajajo v področje delovanja v industriji znanih kolaborativnih robotov.

Visoka stopnja ergonomskih prilagojenosti je v okolju pametnih hiš še toliko bolj pomembna, saj z napravami upravljajo ljudje brez dodatnih kvalifikacij, kjer intuicija upravljanja predstavlja ključno vlogo zanesljivega delovanja sistema sodobnih bivalnih sistemov.

#### **Ključne besede:**

človeški faktorji,  
digitalna  
transformacija,  
industrija 4.0,  
pametne hiše.

## 1 Uvod

Človeške faktorje v industriji povezujemo z oceno tveganja za zdravje. V različnih delovnih okoljih so posamezni človeški faktorji drugače izpostavljeni. Pri proučevanju vpliva okolice in/ali dela na človeka zato pripravimo oceno tveganja s specifičnimi poudarki pri reševanju težav. V urejenem sistemu se tako lahko načrtno izognemo določenim vplivom delovnega okolja na človeka. Najboljše in najbolj natančne ocene vpliva na človeške faktorje dobimo, ko povežemo točno določeno delo s konkretnim človekom, ki to delo opravlja in to v konkretno določenem okolju. Kljub temu poskušamo zadeve nekoliko poenotiti tako, da sorodne vplive združimo in sklop podobnih lastnosti ljudi umestimo v univerzalno a specifično delovno okolje. Tako lahko oceno tveganja pripravimo za poklic frizerja v standardnih frizerskih salonih, kjer se izvajajo med frizerji primerljive dejavnosti. Seveda bi bili bolj natančni, če bi povezali poklic frizerja s točno določeno osebo in točno določenim zaporedjem delovnih faz v točno določenem delovnem okolju. Takrat lahko govorimo o neki vrsti standardizacije ocene tveganja.

Podobno je tudi v domačem okolju, kjer si pod standardno obliko bivanja predstavljamo vse, kar prav dobro poznamo iz vsakodnevne prakse pri sebi doma. Standardizirana izhodišča so pomembna, da v okviru sodobnega bivanja čim hitreje najdemo najbolj ustrezne ukrepe, ki pomagajo pri oblikovanju razumevanja pametnih domov oziroma pametnih hiš in njihove digitalne transformacije na način, ki bi najbolj ugodno vplival na človeške faktorje stanovalcev.

V sodobnih okoljih naših domovanj se hote ali nehote pojavlja čedalje več pametnih aparatov, ki so vse bolj intenzivno povezani v snop medsebojnega komuniciranja. Prav v to komunikacijo na ključnih točkah vstopa človek, ki se mora nastalim razmeram prilagoditi. Seveda so najprej prisotne zahteve in pričakovanja po ustrezni prilagoditvi delovnega in bivalnega okolja človeku.

Industrija 4.0 (angl. Industry 4.0 - I 4.0) na prvi pogled opredeljuje le področje razvijajoče se sodobne industrije, v resnici pa je tesno povezana s pojmom Internet stvari (angl. Internet of Things - IoT) in internet ljudi (angl. Internet of People - IoP). I 4.0 označuje brezžično povezljivost senzorjev s kibernetskimi sistemi, ki preoblikujejo in obdelujejo signale in jih preko aktuatorjev vodijo do objekta

krmljenja. Povratna zveza omogoča normalno delovanje regulacijskega kroga na podlagi dejanskega stanja v okolju – lahko tudi v t. i. pametnih hišah.

Medsebojni vplivi okolja na človeka in obratno, se z leti in razvojem tehnologije temeljito spreminjajo (Balantič, Z., Polajnar, A., Jevšnik, S., 2016).

Sodobni elementi digitalne transformacije nam omogočajo vpeljavo popolnoma prilagodljivih sistemov z neprekinjeno izmenjavo podatkov med ključnimi točkami procesa, krmilnimi enotami in objekti krmiljenja. Pri tem v nove okvire postavljamo tudi človeške faktorje. IoT zaenkrat še ne izpolnjuje vseh naših pričakovanj, zato postaja vse bolj aktualen tudi IoP. IoP za razliko od IoT poleg nežive internetne interakcije vključuje žive in dejavne uporabnike, ki pa v tem sistemu lahko sobivajo in ustvarjajo z minimalnim vplivom na človeške faktorje.

## 2 Materiali in metode

Pametne rešitve vključujemo v pametne tovarne, okolja, mesta in domove. Gre predvsem za ustvarjanje prijetnih bivalnih pogojev z dobrim počutjem človeka v tem okolju. Tehnološke, organizacijske in kibernetske rešitve nam pomagajo še dodatno povezati človeško inteligenco (angl. Human Intelligence – HI), z umetno inteligenco (angl. Artificial Intelligence - AI). HI je povezana s kognitivnimi zmoglostmi človeka (senzorika, živčevje in možgani – spomin), AI pa s kibernetskimi sistemi.

Današnja realnost se kaže v IoT, kjer omogočamo vse vrste zamišljenih medsebojnih povezljivosti ljudi in naprav (Wi-Fi, senzorji, nadzorni sistemi, avtomatizacija, regulacija, identifikacija, avtentikacija ...). Singh poudarja, da so “trenutno na voljo rešitve s pametnimi napravami, ki so zelo drage. Cenovno ugodne rešitve s pomočjo pametnega doma pa so še v fazi načrtovanja in razvoja. IoT naprave v pametnem domu lahko igrajo pomembno vlogo pri ustvarjanju cenovno ugodnih rešitev za varčevanje z energijo” (Singh, P.P., Khosla, P.K., Mittal, M., 2019).

Modne besede kot so pametne hiše, pametna mesta ali internet stvari se v zadnjem času najdejo tako v političnih dokumentih kot v družbi v splošnem. Z nastopom pametnega telefona in naraščanjem uporabe osebnih računalnikov po vsem svetu je povezava z internetom prešla iz potrebe povezane s poslom v osnovno potrebo

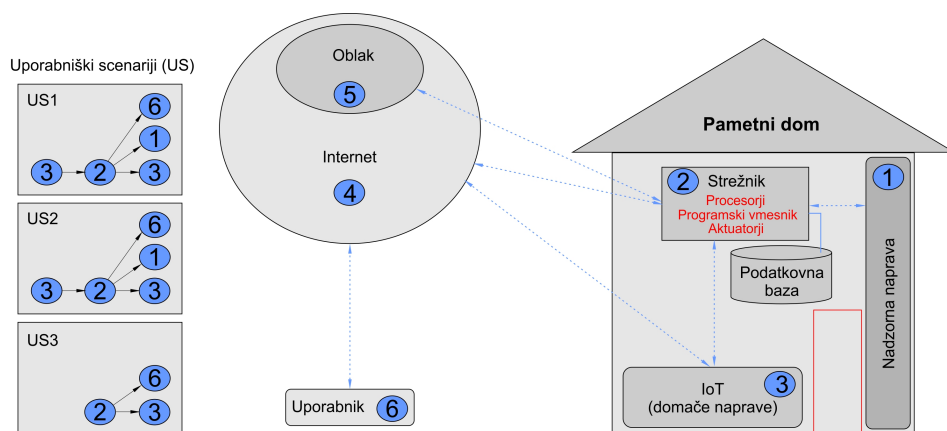
današnjega razvitega sveta. Čeprav so bile rešitve za pametne domove prek avtomatizacije doma na razpolago že od začetka 21. stoletja, potrošniški trg teh rešitev ni v celoti sprejel. Šele sedaj se z vsesplošno uporabo pametnega telefona pojavljajo znaki počasnega povečanja uporabe pametnih domačih naprav (Serrenho, T., Bertoldi, P., 2019).

Bivalno okolje prihodnosti bo vsebovalo vse tehnološke elemente Industrije 4.0, človek pa se bo še bolj znašel v središču pozornosti. Njegovo interaktivno sodelovanje z okoljem bo generiralo nov odnos v sodobnem kibernetnem sistemu regulacijskih zank. Klasični človeški faktorji bodo z uporabo novih tehnologij manjkrat izzvani, njihova izpostavljenost pa bo mnogo bolj obvladljiva, kot danes. Z razvojem pametnih okolij za potrebe uporabe v pametnih hišah, sta se do danes oblikovali dve ključni smeri. Prva smer je fokusirana na uporabo pametnih naprav in komuniciranje z njimi s pomočjo pametnih telefonov in oblaka, ki ga zagotavlja posamezni proizvajalec (slika 1). Ta smer je veliko bolj izpostavljena kibernetičnim napadom kot druga.



Slika 1: Nadzor pametnih naprav s pomočjo pametnega terminala in oblaka (povzeto po: <https://www.youtube.com/watch?v=DYB20Y4jXnA>)

Druga smer je fokusirana na uporabo naprav in komuniciranje z njimi s pomočjo lokalnega sistema. Ta sistem naprave združuje v celoto, do katere je zagotovljen zunanji dostop s pomočjo pametnega terminala (slika 2). Zaradi enega samega vstopnega mesta za nadzor je ta rešitev boljša, saj je sistem veliko lažje zaščititi pred neželenimi dostopi. Ta sistem so uporabili programerji združeni v OpenHAB skupnost (angl. Open Home Automation Bus). OpenHAB je odprtokodna, tehnološko neodvisna platforma za avtomatizacijo doma, ki deluje kot središče pametnega doma in združuje posamezne sklope pametnih naprav v en sam sistem, uporabniški vmesnik je enoten, pristop k avtomatizaciji protokolov pa je skupen in prilagojen željam in zahtevam uporabnikov.



Slika 2: Nadzor pametnih naprav s pomočjo lokalnega sistema

(povzeto po: <https://www.intechopen.com/books/internet-of-things-iot-for-automated-and-smart-applications/smart-home-systems-based-on-internet-of-things> )

Vse to predstavlja zasnovano univerzalne platforme, ki uporabnikom z osnovnimi informacijskimi znanji omogočajo oblikovanje sistema pametnega doma glede na njihove potrebe in glede na okolje.

### 3 Metode dela

Stalna in neprekinjena izmenjava podatkov med ključnimi točkami prepletajočih se procesov v pametnih hišah izoblikujejo poti in načine prenosa znanja iz inženirskih okolij. V sisteme pametnih hiš je potrebno povezovati rekuperacijo toplote, izrabo pasivnega ogrevanja/ohlajanja, dinamično razsvetljavo, pametno senčenje,

obvladovanje hišnih aparatov, ki že prehajajo v področje delovanja v industriji znanih kolaborativnih robotov.

Pametne naprave in sistem za upravljanje energije (angl. Home Electricity Management System - HEMS) lastnikom domov omogočajo resnično interakcijo različnih sistemov v hiši, vključno s sistemom za ogrevanje in hlajenje (Heating, Ventilation and Air Conditioning - HVAC), razsvetljava, pametnimi napravami in drugimi elektronskimi napravami. Na ta način je omogočeno bolj enostavno in pregledno upravljanje porabe energije. Povezani sistemi zagotavljajo bolj varno in udobno bivalno okolje, hkrati pa prinašajo prihranke energije, in s tem zmanjšujejo stroške proračuna za oskrbo z energijo (Saul Rinaldi, K., Bunnan E., 2018).

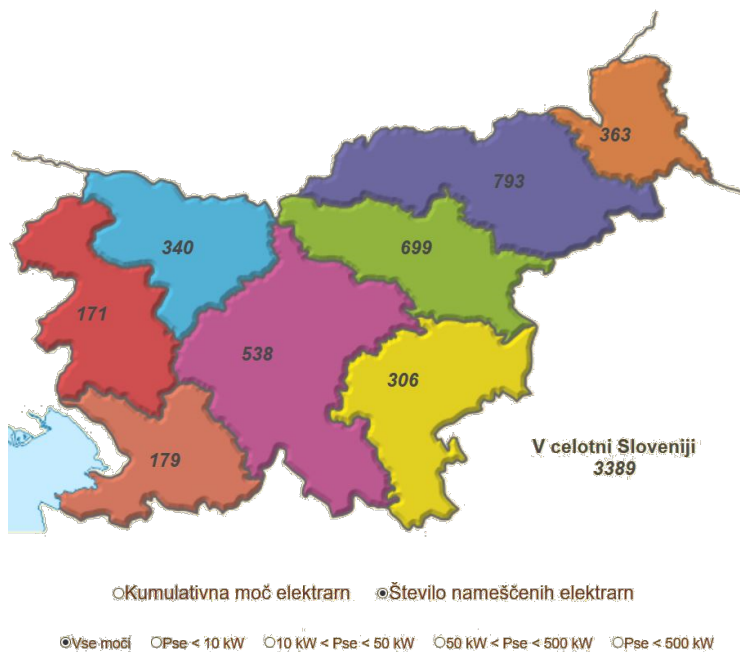
Poraba energije je neposredno povezana s stroški. S pametnimi napravami je mogoče določiti, koliko energije je bilo porabljeno za ogrevanje ali hlajenje, pranje perila ali za gledanje televizije v določenih dneh (ali celo v določenih urah). Potrošniki imajo tovrstne informacije na doseg roke in tako se lahko premišljeno prilagodijo svojim vzorcem porabe energije (Saul Rinaldi, K., Bunnan E., 2018).

Samo se porajata dve vprašanji - ali z današnjo tehnologijo pametnega doma lahko na dokaj poceni način dosežemo zmanjšanje porabe energije in - ali imamo na razpolago sistem, ki bi nam omogočil drugačno razporeditev porabe energentov, ki jih uporabljamo. Energenti, ki so danes najpogosteje v uporabi so: električna energija, peleti, biomasa in zemeljski plin. Cene energentov se dinamično spreminjajo. Razmerje kurilnih vrednosti in aktualne cene energentov so predstavljene v tabeli (tabela 1). Trenutno je najdražje ogrevanje z električno energijo, najcenejše pa ogrevanje z biomaso (drva).

Tabela 1: Aktualizirana primerjava cene energentov za januar 2020

Energent	Enota	Kurilna vrednost	Izkoristek naprave	Cena energenta z DDV	Cena koristne energije	Razvrstitev po ceni
		[kWh/enoto]	[%]	[€/enoto]	[€/kWh]	1-najdražje 7-najceneje
UNP (butan/propan)	[kWh/l]	7,23	105	1,062	<b>0,140</b>	<b>2</b>
Električna energija	[kWh]	1,00	96	0,163	<b>0,170</b>	<b>1</b>
Kurilno olje	[l]	9,70	80	1,006	<b>0,130</b>	<b>3</b>
Zemeljski plin	[kWh/m <sup>3</sup> ]	9,50	105	0,599	<b>0,060</b>	<b>6</b>
Lesni peleti	[kg]	4,90	90	0,300	<b>0,068</b>	<b>4</b>
Topl.črp. zrak/voda	[kWh]	1,00	350	0,224	<b>0,064</b>	<b>5</b>
Bukova drva	[m <sup>3</sup> ]	2968	93	63,000	<b>0,023</b>	<b>7</b>

Ogrevanje danes predstavlja zajeten strošek v porabi vsakega gospodinjstva, zato se veliko gospodinjstev odloča za spremembo načina ogrevanja in za morebitno zamenjavo energenta. Vse bolj so prisotne tudi ideje o zelenih-samooskrbnih gospodinjstvih. Iz okolju škodljivih fosilnih energentov prehajamo na izkoriščanje obnovljivih virov energije. Tržne razmere so trenutno najbolj naklonjene izkoriščanju lesne biomase. Čeprav bi marsikdo želel dokazati, da pri zgorevanju biomase nastaja CO<sub>2</sub>, ki povzroča učinek tople grede, naj poudarimo, da je realnost taka, da se pri gorenju biomase v ozračje spusti toliko CO<sub>2</sub>, kot ga nastane pri trohnenju lesa v gozdu. Ta del je naraven in v sozvočju s sposobnostmi naravnih procesov. Naslednje najbolj atraktivno ogrevanje pa je ogrevanje s toploto, pridobljeno iz delovanja toplotne črpalke (TČ), ki pa za delovanje potrebujejo električno energijo. V današnjem času se prav zaradi takih in podobnih potreb po proizvodnji električne energije pri individualnih porabnikih (gospodinjstva) vse bolj uveljavljajo sončne elektrarne oziroma male sončne elektrarne (MSE).



**Slika 3: Število sončnih elektrarn v Sloveniji na dan 8. 5. 2019**  
(povzeto po: <http://pv.fe.uni-lj.si/SEvSLO.aspx>)

V Sloveniji je bilo 8. 5. 2019 nameščenih 3389 sončnih elektrarn (slika 3) s skupno močjo 259,5 MW, kar predstavlja več kot 1/3 moči jedrske elektrarne v Krškem (696 MW – moč na pragu elektrarne).

Sončna elektrarna je lahko integrirana v sistem ogrevanja individualne hiše, postavlja pa se vprašanje ali lahko sistem ogrevanja vključimo v sistem pametne hiše. Pametne hiše naj bi temeljile na avtomatizaciji, ki jo v literaturi definirajo kot tehniko, metodo ali sistem vodenja ali krmiljenja procesa z elektronskimi napravami, s čimer se človeško sodelovanje zmanjša na minimum. Implementacij sistemov za avtomatizacijo pisarne ali doma je iz dneva v dan več in so vse bolj koristne (Gunge, V.S., Yalagi, P.S., 2016).

Avtomatizacijo pametne hiše lahko izvedemo na več načinov. Njeno izvedbo lahko naročimo pri specializiranih podjetjih, kar predstavlja večji finančni obseg. Danes se zaradi množice pametnih naprav, ki so na razpolago na trgu, vse bolj uveljavlja

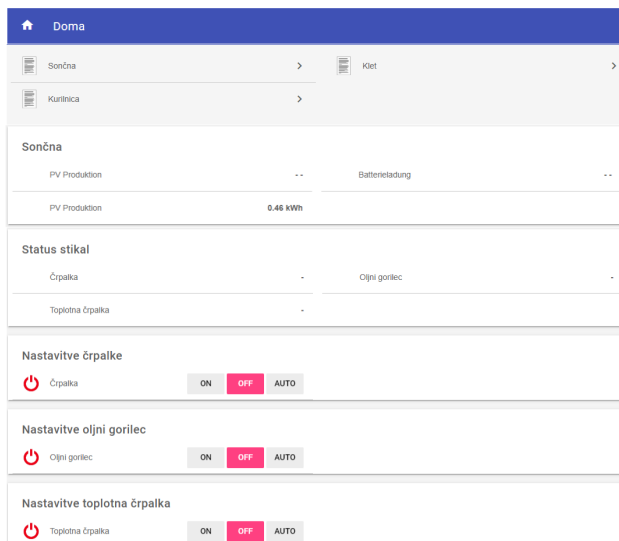


gradnja pametnega doma po načelu »naredi sam«. To načelo je oblikovalo skupnost razvijalcev odprtokodne programske opreme, ki programira zbirko pametnih ukazov in s tem dopolnjuje proizvajalce pametnih naprav. Ta skupnost na ta način uporabnikom ponujala možnost gradnje sistema po lastni zamisli in v lastni izvedbi. Danes je na trgu mogoče dobiti raznovrstne pametne naprave, ki so tudi cenovno dosegljive, za katere programerji hitro napišejo programsko opremo in jo združujejo v portal, ki se krmili lokalno, neodvisno od storitev v oblaku, ki jih ponujajo proizvajalci pametnih naprav.

V odprtokodnem svetu obstaja več različnih rešitev za gradnjo portala pametne hiše. Eden izmed njih je tudi OpenHAB. Portal komunicira s pametnimi in "manj pametnimi" napravami, izvaja uporabniško definirana dejanja in uporabniku s pomočjo spletne strani pošilja povratno informacijo. Portal s pametnimi napravami in tudi storitvami v spletu komunicira s pomočjo vezi (angl. binding). Uporabniki imajo na razpolago širok nabor vezi in s tem možnost uporabe najnovejših pametnih naprav in spletnih servisov (Open HAB, 2020 a; Open HAB, 2020 b). Ker portal nastaja v odprtokodni skupnosti se nabor vezi hitro večja in prilagaja novim napravam, ki se pojavijo na trgu.

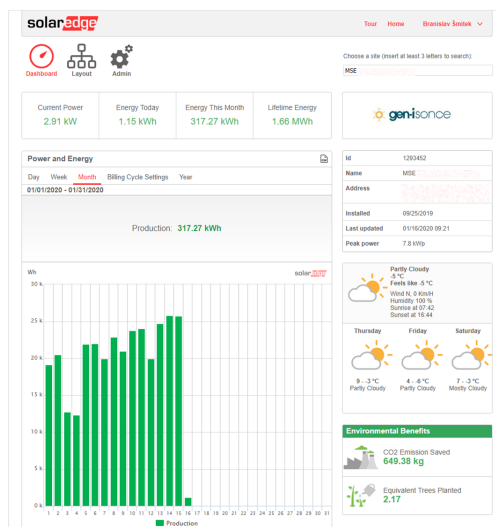
Pametne naprave običajno krmilimo preko kontrolne plošče, ki je sestavni del portala. Kontrolna plošča je običajno nameščena na računalniku, tablici ali mobilnem telefonu. Na ta način lahko regulacijo v pametnem domu individualiziramo in poenostavljamo. Na voljo so tudi aplikacije, ki omogočajo povezljivost nekaterih pametnih naprav v sistem pametne hiše. Na ta način lahko sistem krmilimo s pomočjo zvočnih ukazov, ki jih nekatere naprave (Amazon Alex-a ali Google Smart Home Assistant) brez težav prepoznavajo. Trenutno je posredovanje ukazov možno le v tujem jeziku.

Slika 4 predstavlja primer kontrolne plošče zgrajene s pomočjo OpenHab-a. Kontrolna plošča je prikazana po nivojih (na sliki 4 sta prikazana dva nivoja) do katerih lahko dostopamo posamično. Trenutna implementacija omogoča ročno kontrolo vklopa in izklopa posameznih naprav s pomočjo pametnih vtičnic. Pri oblikovanju portala lahko uporabimo časovni krmilnik, ki nadomesti uporabo fizičnih vtičnic s časovnim krmiljenjem (timerjev). Portal ponuja tudi uporabo programiranih pravil. Z njihovo pomočjo spremljamo stanja posameznih aktuatorjev in jih krmilimo na podlagi stanja sistema in na podlagi podatkov iz okolja.



Slika 4: Primer kontrolne plošče za krmiljenje sončne elektrarne

V primeru MSE, ki za svoje delo uporablja SolarEdge tehnologijo se s pomočjo povezave (binding-a) povežemo s portalom proizvajalca in dobimo podatke o proizvedeni električni energiji (slika 5) in v pravilu implementiramo odločitveno zanko.



Slika 5: Spletna kontrolna plošča MSE

S tem lahko sistemu dodamo tudi nekaj umetne inteligence in nivo avtomatizacije se poveča.

#### 4 Razprava

Visoka stopnja prilagojenosti je v okolju pametnih hiš še toliko bolj pomembna za večino človeških faktorjev, ki sodelujejo v regulacijskih zankah. Z napravami lahko upravljajo ljudje brez dodatnih kvalifikacij, kjer intuicija upravljanja predstavlja ključno vlogo zanesljivega delovanja sistema sodobnih bivalnih sistemov.

Opisan primer je tesno povezan s prilagajanjem bivalnega okolja človeškemu počutju. Tudi spoznanja sodobne ergonomije in prepoznanih človeških faktorjev so vodilo za ustrezno krmiljenje sistema, ki v opisanem primeru delno pokriva zahteve po ugodju. Nadgradnja sistema z dodatnimi pametnimi napravami, povezanimi s krmiljenjem sistemov rekuperacije toplote, izrabe pasivnega ogrevanja / ohlajanja, dinamične razsvetljave, pametnega senčenja in obvladovanja hišnih aparatov, pa nudi možnost prehoda v popolnoma pametno bivalno okolje. Taka okolja vsekakor predstavljajo velik izziv raziskovalcem, ki bodo v bodoče morali nameniti več raziskovalnega navora v področje povezovanja pametnih domov v večje celote, pametne soseske, ki bodo lahko združena v pametna mesta. Z uporabo pametnih sistemov bomo kakovost življenja vsekakor dvignili na višji nivo in v resnici živeli ergonomijo.

#### Literatura

- Balantič, Z., Polajnar, A., Jevšnik, S. (2016). *Ergonomija v teoriji in praksi*. Ljubljana: Nacionalni inštitut za javno zdravje.
- Gunge, V.S., Yalagi, P.S. (2016). Smart home automation: a literature review. *International Journal of Computer Applications*, 6-10.
- Open HAB. (9. jan. 2020 a). *Introduction*. Pridobljeno iz The open Home Automation Bus: <https://www.openhab.org/docs/>
- Open HAB. (9. jan 2020 b). *Add-on Reference*. Pridobljeno iz Bindings: <https://www.openhab.org/addons/>
- Saul Rinaldi, K., Bunnan E. (2018). *Redefining Home Performance in the 21st Century*. Pridobljeno jan 2020 iz New Report on the Eve of Energy Efficiency Day Calls on the Smart Home to Change the Concept of Home Energy Efficiency: <http://www.homeperformance.org/news-and-resources/press-releases/%E2%80%9Credesigning-home-performance-21st-century%E2%80%9D-%E2%80%93new-report-eve-energy>

- Serrenho, T., Bertoldi, P. (2019). *Smart home and appliances: State of the art - Energy, Communications, Protocols, Standards, EUR 29750 EN*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Singh, P.P., Khosla, P.K., Mittal, M. (2019). Energy Conservation in IoT-Based Smart Home and Its Automation. *Studies in Systems, Decision and Control, vol. 206*