

UTJECAJ PONAŠANJA KORISNIKA NA POTROŠNJU ENERGIJE STAMBENIH ZGRADA

Doktorand: Goran Babić/ Mentor: prof. dr. sc. Zoran Veršić/ Dan doktorata na AF-u 2023

UVOD

Europska Unija postavila je kao cilj smanjenje ugljičnih emisija i povećanje energetske učinkovitosti za 50% do 2050. godine. Građevinski sektor smatra se odgovornim za 40% potrošnje energije i emisija CO₂, stoga u njemu leži i veliki potencijal za uštede energije i smanjenje emisija. Od ukupnog građevnog fonda u EU, 75% čine stambene zgrade, od čega 2/3 otpada na obiteljske kuće, a 1/3 na višestambene zgrade. Od toga gotovo 40% stambenih zgrada potječe iz perioda od 1961. do 1991. kad gradnja doživljava procvat zahvaljujući betonu kao materijalu i prefabriciranom načinu gradnje. Kako je 2020. godina prozvana antropogenom godinom, zaključeno je da je čovječanstvo u odnosu na 1980. godinu povećalo korištenje betona s 86 Gt na 549 Gt. Zbog današnjih standarda nedovoljno učinkovite toplinske izolacije, zgrade iz perioda procvata gradnje sve su više predmet poboljšanja i energetske obnove zgrada, pri čemu je uočeno da dolazi do nesrazmjera između planiranih i ostvarenih ušteda energije. U slučajevima kad tehnološki naprednije poboljšanje treba dovesti do ušteda energije, a nastane suprotan učinak, takav fenomen se u literaturi naziva 'rebound effect' i često se kao uzrok navodi korisnik.

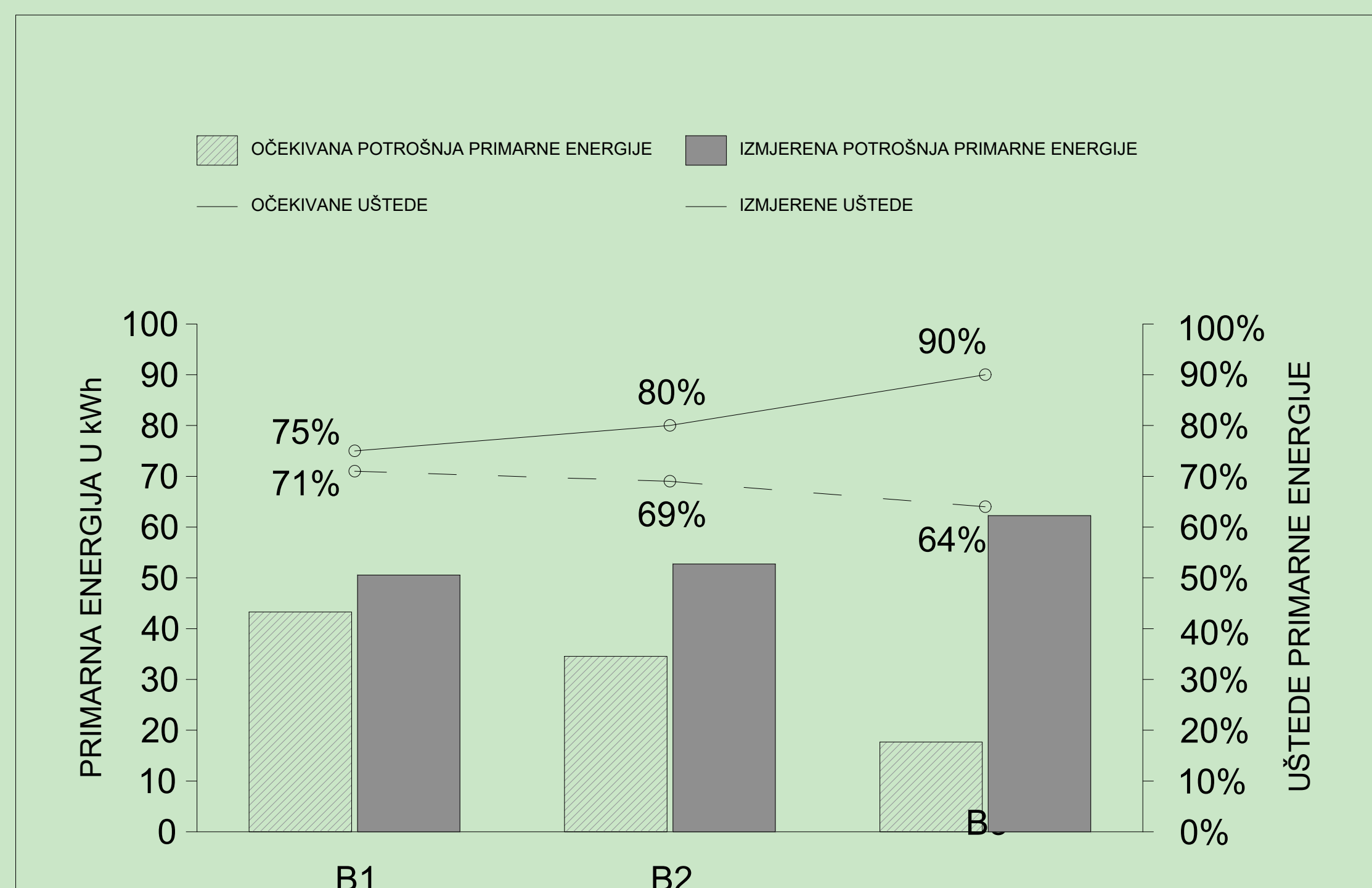
Cilj istraživanja je utvrditi koje su metode dokazivanja utjecaja korisnika na energetske uštede korištene, u kojoj mjeri je njegov utjecaj ostvaren, a kako bi se mogli istražiti parametri koji bi pomogli smanjenju nesrazmjera između planiranih i ostvarenih energetskih ušteda, kako postojeće, tako i novoplanirane izgradnje.

REBOUND EFFECT

Ilustracija se veže uz članak *Artificially lit surface of Earth at night increasing in radiance and extent* u kojem se navodi kako je svrha revolucije rasvjete smanjenje energetske potrošnje. No, povratni učinak (*rebound effect*) potkopava ta nastojanja budući pojefinjenjem rasvjete raste potrošnja. Naročito je to vidljivo u razdoblju od 2012. do 2016. godine gdje je potrošnja umjetne vanjske rasvjete porasla za 2.2%. Iako je prijelaz na upotrebu LED rasvjete trebao dovesti do smanjenja potrošnje i manje svjetlosnog zagađenja, upravo je u razvijenim zemljama koje su mijenjale sustave javne rasvjete došlo do porasta svjetlosnog onečišćenja. *Rebound effect* je termin kojeg 1865. godine uvodi William Stanley Jevons kako bi tada iskazao paradoks koji se javlja kada povećanje učinkovitosti korištenja ugljena ne dovodi do uštede ugljena, već rezultira povećanom potrošnjom ugljena, budući da je tehnički napredak izazvao povećanu potražnju za energijom (Santarius, 2012: 7).

[illegible]

Pregled literature



Odnos predviđene i izmjerene energetske potrošnje i energetske uštede. Zgrada B3 doživjela je najs sofisticiranije energetske poboljšanje, no ni u jednoj zgradi korisnici nisu bili informirani o pravilnom načinu korištenja sustava nego godinu dana nakon korištenja sustava.

Prætor, C., Osterhage, T., Streblow, R., & Müller, D. (2016). Energy performance gap in refurbished German dwellings: Lesson learned from a field test. *Energy and Buildings*, 127, 1146–1158.

[illegible]

Primjer obrasca za istraživanje pojedinih primjera

ZAKLJUČAK

U istraživanjima jako varira broj promatranih uzoraka, a u studijama koje proučavaju jako velik broj primjera (preko 200 000), korišteni su informacije iz nacionalnih baza energetske certificiranja zgrada, no nisu provedena pojedinačna mjerenja, već je rađena analiza dostupnih podataka. U analiziranoj literaturi premalo je podataka o faktoru oblika zgrade i tipologiji stambene izgradnje koji bi mogli dovesti u vezu potrošnju energije zgrade ovisno o broju kućanstava, pa su potrebna dodatna istraživanja i poticaj za buduća mjerenja. U primjerima koji su stajali naglasak na ponašanje korisnika uočeno je da je izraženiji utjecaj korisnika u zgradama s većim energetskim razredom i pametnijim sustavom ventilacije, grijanja i hlađenja, a čije funkcioniranje ovisi o termostatima ili drugim načinom reguliranja na koje može utjecati korisnik. Kad je u pitanju energent struja, s većim udjelom sofisticiranijih sustava raste potrošnja električne energije, no studije nisu mjerile zaseban utjecaj kućanskih aparata u odnosu na same tehničke sustave grijanja, hlađenja i ventilacije, pa je teško ustanoviti utjecaj korisnika u tim slučajevima. Potrebno je provesti detaljnija istraživanja kako bi se utvrdili sigurniji parametri kojima bi se mogao iskazati utjecaj korisnika na uštede energije zgrada.



ilustracija preuzeta sa <http://www.cobham-erc.eu/rebound-effect>

MATERIJALI I METODE

Prilikom istraživanja u dosadašnjoj fazi korištena je dostupna literatura, najvećim dijelom znanstveni članci.

Literatura je podijeljena u dvije skupine, jednu koja istražuje teorijsku pozadinu povratnog učinka i utjecaja korisnika na energetske uštede i drugu koja koristi konkretne primjere na kojima su rađena određena mjerenja.

Pregledom i analizom literature koja istražuje teorijsku pozadinu nastojali su se utvrditi sljedeći parametri:

- godina istraživanja s ciljem dobivanja što svježijih informacija
- zemlja istraživanja gdje je naglasak bio na zemljama EU
- period istraživanja kako bi se utvrdilo radi li se o novogradnji ili energetskom poboljšanju postojeće izgradnje
- uzorak istraživanja s ciljem određivanja mogućeg reprezentativnog uzorka za buduća istraživanja
- tipologija proučavane izgradnje kako bi se utvrdila najreprezentativnija tipologija
- koji tip energenta je proučavan i jesu li uštede energije za pojedine energente bile više ili niže od planiranih
- koji su uzroci nesrazmjera energetskih ušteda zabilježeni
- je li uočen povratni učinak
- je li i kako mjeren utjecaj čovjeka na neostvarene energetske uštede

Pregledom i analizom literature odabranih primjera istraživani su sljedeći parametri:

- zemlja u kojoj je objekt smješten i period izgradnje
- površina objekta, broj stambenih jedinica i faktor oblika
- energetski razred objekta
- planirana i ostvarena potrošnja primarne i energije potrebne za grijanje zgrade
- sustav ventilacije, grijanja, hlađenja, pripreme tople vode, rasvjetu
- je li i kako praćeno ponašanje korisnika

REZULTATI

Većina literature je iz perioda nakon 2010. godine, te su istraživanja rađena na europskim uzorcima. U slučaju kad postoji registar energetski certificiranih zgrada uzorci se kreću od nekoliko do 500 000 objekata (Nizozemska), te su diio šire analize, dok su manji uzorci, po 3 analizirana primjerka (Njemačka) ujedino i uzorci koji su imali daleko opsežnija i konkretnija mjerenja.

Odnos novogradnje i starije izgradnje je gotovo pa jednak, s time da je novogradnja definirana nakon 1996. godine, a starija izgradnja u periodu od 1950. do 1960.

U većini slučajeva izmjerena je veća potrošnja energije od planirane, a pogotovo za više energetske razrede. U nizozemskoj studiji (Guerra Santin, 2017.) na preko 4000 objekata izmjerena je veća potrošnja energije ukoliko je korišten termostaat u odnosu na ručno podešavanje radijatora. U studiji na 200 000 primjeraka (Majcen, 2013.) izmjerena je veća potrošnja primarne energije od planirane za energent struju, no nije mjerena potrošnja kućanskih aparata. U slučajevima manjih energetskih ušteda od planiranih, a gdje je bilo moguće mjeriti utjecaj loše ugrađenih materijala i elemenata, uzrok neostvarenih ušteda pripisan je korisniku.

Utvrđeno je da 11 od 28 zemalja članica EU ima sustav energetske certifikate zgrada.

Premalo je uzoraka koji imaju utvrđen faktor oblika, te su potrebna dodatna istraživanja.

LITERATURA

24. Aydin, E.; Kivak, N.; Brown, D. (2017) Energy efficiency and household behavior: the rebound effect in the residential sector. *RMIJ Journal of Economics*, Vol. 48, No. 3, pp. 749-752.
25. Bobek, B., Huijter, M. (2014) Potencijal proračuna udruga potrošnje energije ukućanstva u stvarnom sektoru // *Polytechnic & design* Vol. 2, No. 1, 2014.
26. Božić, H., Vuk, B., Novosel, D. (2009) Indikatori energetske učinkovitosti, *Graditelj*, Vol. 58, No. 5, pp. 452-479.
27. Bradic, H. (2013) Proces projektiranja energetske učinkovitosti stambenih objekata zgrade, *Graditelj*, Vol. 65, No. 8, pp. 753-756.
28. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2019) *Energieeffizienz in Zentren: Zielsetzung, Entwicklung und Trends in Deutschland 2019*, Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, pp. 1-88.
29. Byrum, R.T. (2001), *Insulation Handbook*, New York: McGraw-Hill (ISBN 1-133-07344-7)
30. Call, D., Onorato, T., Shabou, R., & Müller, D. (2016) Energy performance gap in refurbished German dwellings: Lesson learned from a field test. *Energy and Buildings*, 127, pp. 1145-1158.
31. Cernigoi, V., Saltari, L., Pleskos, R., & Primo, E. (2016) The rebound effect after the Energy Rehabilitation of Residential Buildings towards High Performances. International High Performance Buildings Conference. Paper 180. <https://doi.org/10.1002/ehp2.1400>
32. Cozza, S., Chambers, J., Gessler, A., Wessemeik, K., Gambato, C., Branca, G., Cadonau, G., Amold, L., Patel, M.K. (2019) GAPFLORE: Energy Performance Gap in existing, new, and renovated buildings. Swiss Federal Office of Energy (SFOE)
33. Cozza, S., Chambers, J., Brambilla, A., Patel, M.K. (2021) In search of optimal consumption: A review of causes and solutions to the Energy Performance Gap in residential buildings. *Energy & Buildings*, No. 245
34. Duckman, A., Chitini, M., Sorrell, S., Jackson, T. (2011) Missing carbon footprints? Exploring rebound and backfire effects in UK households. *Energy*, Vol. 39, No. 6, pp. 3572-3581.
35. Elhachem, E., Ben-El, I., Grozovik, J., Bar-On, Y.M., Milo, R. (2020) "Global human-made mass exceeds all living biomass", *Nature*, 588, pp. 422-444.
36. Global Alliance for Buildings and Construction. (2019) *Global Status Report for Buildings to zero-emissions, efficient and resilient buildings and construction sector*
37. Grant, G. et al (2012) 'Vrsta mogućnosti energetske razrade, međusobni odnosi i utjecaji u Hrvatskoj na razdoblje do 2050. godinu', *Natfa, Exploration, production, processing, petrochemicals*, 54 (2012), pp. 161-172.
38. Guerra-Santana, J. (2013) 'Occupant behavior in energy efficiency dwellings: evidence of a rebound effect', *Journal of Housing and the Built Environment*, 28(2), pp. 311-327
39. Hu, M. (2019) *Net Zero Energy Building: Predicted and Unintended Consequences*, 1st ed. New York: Routledge
40. Imam, S., Coley, D.A., Walker, I. (2017) The building performance gap: Are modellers right?, *Building Services Engineering Research & Technology*, Vol. 30(3), pp. 351-375.
41. Lucini et al (2014) Buildings in Edouard et al (eds.) *Climate Change 2014: Impacts of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 671-738.
42. Lynch, P. (2015) *How Energy Modeling Will Impact the Design Process* [Online]. Dostupno na: <https://www.archdaily.com/778306/energy-modeling-will-impact-the-design-process> [Pristup: 11 studeni 2020].
43. Majcen, D., Bazar, L.C.M., Vlascher, H. (2013) Theoretical vs. actual energy consumption of labelled dwellings in the Netherlands: Discrepancies and policy implications, *Energy Policy*, Vol. 54, Iss. C, pp. 125-136.
44. Milovanović, B., Bazarac, M. (2020) Kako postoli standard zgrade gube energiju, *Graditelj*, 72 (2020) 8, pp. 703-720.
45. Pappalardo, M., Raverdy, T. (2020) Explaining the performance gap in a French energy efficient building: Persistent mismatch between building design, space occupancy and operation practices. *Energy Research & Social Science*, Vol. 70
46. Sartorius, T. (2017) *Der Rebound-Effekt: Über die unerwünschten Folgen der erwerbsenergieeffizienz: Wuppertal Impulse zur Wachstumswende Nr. 5*. Wuppertal: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH
47. Sorrell, S., Dimitropoulos, J., Somerville, R. (2009) Empirical estimates of the direct rebound effect. *A review*, *Energy Policy*, Vol. 37, No. 4, pp. 1356-1371.
48. Sponiak-Bianka, M., Galvin, R. (2012) Introducing the rebound effect: the gap between performance and actual energy consumption. *Building Research & Information*, Vol. 40(3), pp. 260-273.
49. Veržić, Z., Marjić, J., Bihlari, M. (2008) Nearly Zero-Energy Buildings in Croatia: Comparison of Thermal Performance in Different Climatic Regions, *Engineering*, Vol. 13(4), pp. 236 - 249