

ALAT ZA VREDNOVANJE I UNAPREĐENJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI JAVNIH ZGRADA

BOGDAN V. PREBIRAČEVIĆ, ION Solutions, Laze Kostića 7, Novi Sad, Srbija, bogdan.prebiracevic@ionsolutions.net; **VELIMIR D. ČONGRADAC**, Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad

Poslednjih decenija povećana pažnja se posvećuje optimizaciji energije gde god je to moguće, a velike zgrade i biznis centri, koji mogu obuhvatati desetine hiljada kvadratnih metara na više spratova, predstavljaju jedan od prioriteta u ovoj oblasti. Mnogi međunarodni projekti su usmereni ka ovom problemu, a „Test digitalnog servisa za energetske efikasnost u zgradama“ (TEDS4BEE) – projekat pokrenut u okviru „Programa za konkurentnost i inovacije (CIP)“ – jedan je od njih. Projekat je orijentisan ka redukovanju potrošnje energije u javnim zgradama u skladu sa evropskom inicijativom 20–20–20, a osnovni alat koji se koristi u okviru projekta je EMMOS (Energy Management and Monitoring Operational System), digitalni servis koji omogućava prikupljanje, snimanje i analizu svih podataka o objektu koji utiču na potrošnju energije (temperatura, vlažnost, CO₂, osvetljenje, prisustvo itd.). U cilju testiranja razvijenog servisa, EMMOS je implementiran u 16 javnih zgrada raspoređenih u pet različitih država (Velika Britanija, Španija, Italija, Poljska i Srbija). EMMOS se sasvim oslanja na standard ISO 50001:2011 [1] u pokušaju da klasifikuje, analizira i unapredi energetske performanse u zgradama gde je instaliran, pomažući usput zainteresovanim stranama (vlasnicima zgrada, menadžerima itd.) korisnim i konkretnim informacijama vezanim za njihov objekat.

KLJUČNE REČI: alat; vrednovanje; optimizacija; energetske performanse; javne zgrade

TOOLS FOR EVALUATION AND IMPROVEMENT OF ENERGY EFFICIENCY OF PUBLIC BUILDINGS

Over the last few decades energy efficiency has been receiving more and more attention in all possible fields, and large buildings and business centres that may comprise tens of thousands square meters on several floors represent one of priorities in this field. Many international projects focus on this problem, and “Test of Digital Services for Building Energy Efficiency“ (TEDS4BEE), a project initiated within The Competitiveness and Innovation Framework Programme (CIP), is one of them. The project is focused on reduction of energy consumption in public buildings in accordance with the European initiative for achieving 20–20–20 targets, and the basic tool used within the project is EMMOS (Energy Management and Monitoring Operational System), a digital service that makes it possible to collect, store and analyze all energy consumption data for a building (temperature, humidity, CO₂, light intensity, occupancy, etc.). For the purpose of testing the developed services, EMMOS has been implemented in 16 public buildings in five different countries (the United Kingdom, Spain, Italy, Poland and Serbia). EMMOS entirely relies on ISO 50001:2011 [1] standard in an attempt to classify, analyze and improve energy performance in buildings where it has been installed, helping stakeholders (building owners, managers, etc.) with provision of useful and specific information related to their building.

KEY WORDS: tool; evaluation; optimization; energy performance; public buildings

1. Uvod

EMMOS [2] je softverska platforma za praćenje i komparativnu analizu energetske performansi zgrada. EMMOS je rođen kao globalno rešenje za unapređenje održavanja zgrada u cilju očuvanja energije i smanjenja emisije štetnih gasova [3]. EMMOS predstavlja mehanizam za praćenje

potrošnje energije, kao i predviđanje upotrebe i kreiranje modela troškova [4] zgrada koje se nalaze u okviru sistema (koje su konfigurisane za praćenje i predviđanje).

Predviđanja su bazirana na prethodno kreiranim uputstvima i modelima, analizirajući između ostalog profitabilnost i isplativost investicija uloženi u redukovanje cene energije.

Povrh toga, EMMOS sadrži bazu podataka o svim kreiranim zgradama, u kojoj se čuvaju informacije o upotrebi energije u njima, varijaciji temperature ili o bilo kojoj drugoj informaciji koja je menadžerima od značaja. Zajedno sa promenljivim informacijama koje se osvežavaju u regularnim intervalima, EMMOS čuva i statičke ili slabo varijabilne podatke u cilju omogućavanja korelacije i generisanja grafikona. Na osnovu podataka sačuvanih u programu, menadžeri u zgradama su u mogućnosti da kreiraju različite izveštaje i predviđanja kako bi utvrdili da li troše previše energije [5], da uoče oblasti u kojima su moguća unapređenja i predvide da li bi investicija u nove tehnologije ili zamenu postojeće opreme dovela do smanjenja potrošnje energije za takav nivo da se uložena investicija pokaže isplativom. EMMOS-ov set alata omogućava korisniku da analizira podatke i sastavi preporuke za unapređenje potrošnje energije [6, 7, 8], i omogućava merljive dokaze da su preporučene intervencije dovele do predviđenog smanjenja potrošnje.



Slika 1. EMMOS WEB interfejs – početna strana

EMMOS je veoma adaptivan, fleksibilan alat, pogodan za pokrivanje svih potreba menadžera, a takođe je prilagodljiv različitim tipovima zgrada (bolnice, poslovne zgrade...). Interfejs EMMOS se može konfigurirati na takav način da korisnik može pristupiti samo opcijama odgovarajućim za njegov nivo pristupa softveru.

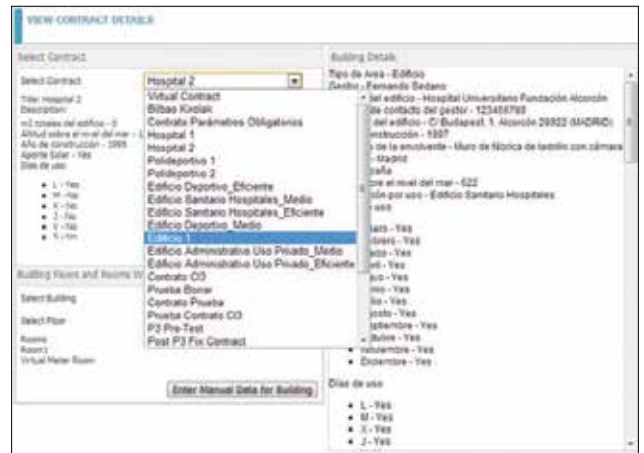
2. Obim i funkcionalnosti

Digitalni servis EMMOS olakšava menadžerima zgrada i ESCO-ima (kompanije koje pružaju usluge u oblasti energije) da identifikuju akcije u cilju unapređenja energetske efikasnosti i pomaže nadležnima da definišu bolje energetske politike. EMMOS omogućava menadžerima da analiziraju energetske parametre u njihovim zgradama, korišćenjem inovativnih funkcionalnosti, koje obuhvataju kreiranje i konfiguraciju objekata, kreiranje svih relevantnih parametara, automatsko ili ručno prikupljanje podataka, definisanje različitih korisnika i nivoa pristupa, generisanje izveštaja i automatizaciju njihovog kreiranja itd.

EMMOS prihvata informacije ručno ili automatski. Merenja sa brojlara i centralnog sistema za nadzor i upravljanje (CSNU) su mapirana u sistem. Korisnik može da definiše naziv i IP adresu brojila kako bi omogućio EMMOS-u direktnu komunikaciju sa brojilom ili CSNU-om u cilju prikupljanja podataka o potrošnji.

Osnovni gradivni blokovi EMMOS-ovih rešenja pružaju slojevit arhitekturu koja omogućava fleksibilnost i prilagodljivost [9, 10]. Generalno, EMMOS-ova arhitektura se sastoji od sledećih slojeva: prikupljanje podataka, procesuiranje podataka, modelovanje i prezentacija. Program je neza-

visan od CSNU-a tako da može biti povezan sa bilo kojim postojećim sistemom, bez troškova reinstalacije ili dodatne instalacije.



Slika 2. EMMOS-ov alat

EMMOS se može povezati sa senzorima, ostalom opremom i brojilima kroz CSNU, uz mogućnost prikupljanja podataka u realnom vremenu, i čuvati ih na jednom centralizovanom mestu.

Upravljanje alarmima omogućava kontrolu i praćenje devijacije u potrošnji i efekata na račun. Istorija alarma omogućava prevenciju/ispravljanje izuzetaka povezanih sa neželjenom upotrebom energije.

Najveće prednosti programa EMMOS su:

- inovativne funkcionalnosti koje omogućavaju kompletnu analizu, kao i generisanje raznovrsnih izveštaja i predviđanja radi identifikacije oblasti mogućih unapređenja;
- velika fleksibilnost i prilagodljivost, kako bi se osigurala primenljivost u svim vrstama zgrada i na bilo kojoj lokaciji;
- jednostavan i intuitivan interfejs;
- kao veb orijentisan program – servis, omogućava lak pristup sa bilo koje lokacije na svetu kroz bilo koji uređaj sa internet konekcijom (računar, tablet, smartfon);
- jednostavno i brzo priključivanje, kao i visoku prilagodljivost različitim nivoima povezivanja na zgradu. EMMOS omogućava tri nivoa prikupljanja podataka: povezivanjem sa CSNU, povezivanjem sa brojilima, ili kroz veb interfejs (ručno).

3. Prikupljanje podataka i proces analize podataka

Svi proračuni i analize u okviru EMMOS-a rezultat su dva međusobno povezana procesa: pregleda potrošnje energije i kreiranja indikatora energetske performansi [11].

Pre pokretanja servera EMMOS-a u posmatranoj zgradi, neophodno je kreirati listu promenljivih koje su od važnosti. Drugim rečima, potrebno je odvojiti važne podatke vezane za potrošnju energije koji mogu biti mereni i praćeni. Proces kreiranja energetske slike nekog objekta sastoji se od:

1. identifikacije izvora energije i prediktorskih promenljivih [12]: faktori koji na predvidiv način utiču na potrošnju energije u zgradi;
2. identifikacije oblasti sa značajnom potrošnjom: sistemi, oprema ili ljudstvo koje koristi najveći postotak energije;
3. identifikacije tipa projekta, bazirane na nekoliko kriterijuma vezanih za samu zgradu (klima, lokacija, upotreba, veličina itd.);
4. identifikacije eventualnih akcija u smislu unapređenja energetske performansi: izmena izvora energije, unapre-

ređenje opreme, instalacija CSNU-a, kursevi u cilju podizanja svesti o energiji itd.

Kada su svi relevantni podaci prikupljeni i sortirani, EMMOS može da odredi indikatore energetskih performansi (EnPI) u skladu sa standardom ISO 50001, u kome su definisana tri tipa EnPI:

- energetska efikasnost (odnos ili neka druga kvantitativna veza između izlazne i ulazne energije);
- potrošnja energije (količina upotrebljene energije);
- korišćenje energije (kako je energija upotrebljena).

EnPI pružaju neposredan uvid u energetske performanse objekta, omogućavajući kreiranje pouzdanih izveštaja i zaključaka, kao i proveru efekata akcija za unapređenje potrošnje energije.

EnPI se sastoje iz sledećih potkategorija, koje obuhvataju definisane indikatore sa sličnim ciljevima:

- potkategorija 1: IEC (povećanje potrošnje energije u objektu u poređenju sa polaznom potrošnjom). Ove EnPI vrednosti omogućavaju praćenje povećanja potrošnje energije tokom rada servisa EMMOS;
- potkategorija 2: ICF (povećanje emisije ugljen-dioksida u zgradi u poređenju sa polaznom emisijom). Ovi EnPI omogućavaju praćenje povećanja emisije ugljen-dioksida tokom rada servisa EMMOS;
- potkategorija 3: IRP (povećanje proizvodnje energije iz obnovljivih izvora u poređenju sa polaznom proizvodnjom). Ove EnPI omogućavaju praćenje povećanja proizvodnje energije iz obnovljivih izvora u poređenju sa polaznom za vreme rada servisa EMMOS;
- potkategorija 4: ECR (stopa potrošnje energije u zgradi). Ove EnPI obuhvataju nekoliko različitih stopa potrošnje energije kako bi se omogućilo poređenje između više zgrada i njihovo ocenjivanje;
- potkategorija 5: CFR (stopa emisije ugljen-dioksida u zgradi). Ove EnPI obuhvataju nekoliko različitih stopa emisije ugljen-dioksida kako bi se omogućilo poređenje između više zgrada i njihovo ocenjivanje;
- potkategorija 6: RPR (stopa produkcije energije iz obnovljivih izvora). Ove EnPI obuhvataju nekoliko različitih stopa produkcije energije iz obnovljivih izvora, kako bi se omogućilo poređenje između više zgrada i njihovo ocenjivanje.

Svaku EnPI definiše nekoliko osobina:

- metod proračunavanja;
- jedinica kojom je EnPI odnosno vrednost proračuna izražena, na primer kWh;
- izvor podataka;
- učestanost proračunavanja (dnevno, mesečno);
- kriterijum ocenjivanja.

Metod proračunavanja predstavlja matematičku formulu koja je iskorišćena da bi se definisani EnPI opisao. Na primer, ukupna potrošnja energije za grejanje u objektu po kvadratnom metru i grejnom stepen-danu je definisana kao:

$$\frac{\text{Ukupna potrošnja energije u zgradi [kWh]}}{\text{Gejni stepen-dani [°D] × Ukupna površina zgrade [m²]}}$$

Jedinica EnPI je određena na osnovu jedinica ulaznih veličina; u gornjem primeru, jedinica rezultujućeg EnPI je kWh/(°D × m²).

Izvor podataka predstavlja informacije potrebne za kalkulaciju EnPI. U gornjem primeru, ove informacije su potrošnja energije, grejni stepen-dani i površina zgrade. Te informacije mogu biti unete ručno (što se uglavnom odnosi na statičke podatke kao što je površina), ili automatski – prikupljene od strane servera EMMOS-a.

Učestanost proračunavanja zavisi od vrste promenljive: u slučaju kada se vrednost promenljive značajno menja na dnevnom nivou, neophodno je da se odgovarajući EnPI proračunava svakog dana; u slučaju inertne – sporo promenljive vrednosti, EnPI se proračunava na mesečnom (ili još ređem) nivou.

Kriterijum ocenjivanja: veličina koji izražava vrednost rezultata. Na primer, ako EnPI predstavlja vezu između potrošnje energije u periodu i bazne potrošnje energije, vrednost manja od 1 znači da su postignute uštede u potrošnji (potrošnja je manja u odnosu na baznu), dok vrednost veća od jedinice predstavlja loš indikator – drugim rečima, potrošnja je veća nego u baznom periodu.

Rezultat evaluacije direktno pokazuje uticaj bilo koje akcije u cilju uštede energije koja je primenjena na zgradi. Ona omogućava donošenje blagovremenih odluka i daljih korekcija, ako već primenjene akcije nisu zadovoljavajuće. Sa druge strane, EnPI predstavlja veoma konkretnu i vrednu informaciju, što se može videti iz sledećeg primera.

U slučaju kancelarije sa 10 grupa rasvete, EnPI može biti definisan kao:

$$\text{EnPI} = \frac{\text{Nivo osvetljenja}}{\text{Potrošnja energije}}$$

Ako rasveta troši 100 Wh i ima osvetljenje od 1000 lux, EnPI (pod imenom “Svetlosna efikasnost”) ima vrednost 10. Ako se polovina rasvete isključi, potrošnja energije će opasti, ali će EnPI ostati nepromenjen, pošto će osvetljenje takođe opasti. Međutim, ako se rasveta zameni drugom rasvetom veće efikasnosti, na primer sijalicama od 2000 lux, EnPI će porasti na 20.

EMMOS alat razlikuje preko 100 indikatora energetskih performansi. Štaviše, EnPI predstavlja samo jednu potkategoriju indikatora performansi; postoje još tri potkategorije (kompozitni indikatori energetskih performansi, indikatori prihvatanja od strane korisnika i kompozitni indikatori prihvatanja od strane korisnika) koji su izvan područja ovog rada.

4. Izveštaji i vrednovanje

Poslednji i za korisnika najvažniji korak u ciklusu rada servera EMMOS je prezentacija rezultata i njihovo poređenje sa drugim, sličnim zgradama. Funkcionalost koju EMMOS nudi u ovom domenu je sledeća:

- Generisanje izveštaja: prikaz potrošnje (gas, voda, struja) ili bilo kog drugog posmatranog parametra (temperatura, vlažnost, prisustvo...), poređenje vrednosti između parametara, kalkulacija emisije gasova sa efektom staklene bašte itd.
- Poređenje zgrade sa drugom zgradom [13] (B2B); ovaj izveštaj vrši poređenje dve zgrade sa stanovišta potrošnje energije, uz informacije o tome koja od njih je energetski efikasnija i zašto, uz prikaz zajedničkih parametara koji jednu čine boljom od druge.
- Poređenje zgrade sa N drugih zgrada (B2N): poredi odabranu zgradu sa listom drugih zgrada (maksimalno devet njih) i sortira ih na osnovu zadatog kriterijuma energetske efikasnosti, pružajući brz uvid u energiju koja se isporučuje zgradama.
- Projektovana energija (PE): ovaj izveštaj omogućava predikciju potrošnje energije u zgradi tokom narednih 12 meseci. Zgrada može biti odabrana između postojećih koje su već u sistemu ili novokreirana.
- Povratak energije (ROE): rezultat ovog modula je izveštaj koji omogućava menadžerima zgrada da analiziraju uštede u energiji i povratak investicija nakon što se u nji-

hovoj zgradi budu sprovele mere uštede. Na primer, ako je određeni deo zgrade (bojler tipa A sa velikom potrošnjom) zamenjen drugim (bojler tipa B sa manjom potrošnjom), ROE računa uštedu u energiji i ceni za zgradu sa novim bojlerom (B) u poređenju sa starim bojlerom (A). Osim toga, ROE modul vrši poređenje između potrošnje energije iz trenutnih izvora (struja, gas...) sa potrošnjom koja bi se dobila eventualnom zamenom obnovljivim izvorima energije (biomasa, solarna energija itd.).



Slika 3. EMMOS-ova analiza podataka i izveštaji

EMMOS nudi razne opcije u cilju adaptacije prikazivanih informacija svačijim potrebama i zahtevima. Na primer, izveštaj može biti konfigurisan da prikazuje sledeće opcije:

- istorijske prikaze dnevne, nedeljne, mesečne ili godišnje potrošnje;
- izveštaje sa poređenjem energije, na primer potrošnje energije prema emisiji gasova sa efektom staklene bašte;
- stope ili ključne indekse performansi;
- obrađene podatke, na primer sumu podataka.

5. Implementacija i rezultati

EMMOS je trenutno implementiran u kompleksu Bilbao Kiroalak [14, 15], u okviru ugovora za upravljanje energijom nekoliko zgrada koje uključuju sportske centre, fudbalske terene i terene za pelotu. Desetogodišnjim ugovorom je predviđena investicija u nove tehnologije i opremu u iznosu od 4 miliona €.

Kroz set inovacija, uštede od 25% u potrošnji električne energije i 30% u potrošnji prirodnog gasa su već potvrđene. Nakon početnih akcija u cilju redukovanja potrošnje, EMMOS je instaliran u 22 zgrade, i time omogućio konkretne

korake i predloge zajedno sa procenom uštede i predviđanjem efekata, što je pomoglo menadžerima zgrada da lakše prihvate predložene mere štednje i unapređenja. S obzirom da je planirani zadatak bio smanjenje potrošnje energije od 20%, može se zaključiti da je rad digitalnog servisa bio uspešniji nego što je planirano.

Implementacija EMMOS-a u okviru projekta TEDS4BEE doprineće daljem unapređenju servisa. Instalacija u 16 javnih zgrada različitih vrsta, namene i klimatskih područja doneće još više zaključaka o EMMOS-ovim funkcionalnostima i performansama; rezultati koji će omogućiti precizniju analizu biće dostupni do kraja 2014.

Jedna od pilot zgrada je Urgentni centar u Novom Sadu. Taj centar je prva medicinska ustanova u Srbiji koja je sasvim automatizovana. Iz kontrolne sobe se sve vreme prati kretanje pacijenata i osoblja, kako u zgradi tako i u okolnim prilazima, što je čini jednom od najbezbednijih medicinskih ustanova. Ovaj sistem, po prvi put u Srbiji, omogućava vođenje elektronskih zdravstvenih izveštaja i istorija bolesti, a plan je da se sistem proširi na ceo klinički centar Vojvodine.

Urgentni centar je energetska efikasna zgrada, pošto su troškovi grejanja i hlađenja svedeni na minimum: solarni paneli greju sanitarnu vodu, a centralni sistem u prostorijama bez prisustva ljudi automatski reguliše upotrebu energije. Zgrada se sastoji od pet spratova (prizemlje + 3 sprata + potkrovlje) ukupne površine od 8350 m² i preko 300 soba različitih tipova; u ovako velikom objektu, alat poput EMMOS-a koji može da prati sve važne faktore koji utiču na potrošnju energije, od suštinskog je značaja u pokušaju postizanja još veće energetske efikasnosti.

6. Zaključak

EMMOS je softver za merenje energetske efikasnosti u zgradama i pripadajućim objektima korišćenjem podataka dobijenih sa senzora i mernih uređaja u objektu. Energetska efikasnost se analizira poređenjem i vrednovanjem, korišćenjem razvijenog sistema indikatora energetske performansi.

Opcije koje EMMOS podržava, zajedno sa intuitivnim i jednostavnim korisničkim interfejsom koji u značajnoj meri ubrzava i olakšava posao menadžera zgrada, osigurava njegovu dugotrajnost i održivost, dajući istovremeno značajan doprinos poboljšanju energetske performansi i postignutih ušteda.

Sistem se automatski prilagođava uslovima u svakom geografskom podneblju, što će dodatno biti unapređeno kroz projekat TEDS4BEE.

Literatura

- [1] <http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso50001.htm>.
- [2] <http://www.ferrovial.com/en/Innovation/Areas-and-Projects/Innovation-Energy-Efficiency>.
- [3] **Raupach, M. R.** et al., *Global and regional drivers of accelerating CO₂ emissions*, Proc. Nat. Acad. Sci., 2007.
- [4] **McMenamin, J. S.** et al., *Statistical Approaches to Electricity Price Forecasting*, Itron Technical White Paper, 2006.
- [5] *** *Building Energy Generation & Usage, Case Studies*, Logic Energy, 2013.
- [6] *** *Costing Energy Efficiency Improvements in Existing Commercial Buildings*, IPF Research Programme, 2011-2015.
- [7] **Herrmann, L., M. Deru**, *Evaluating Energy Performance and Improvement Potential of China Office Buildings in the Hot Humid Climate against U.S. Re-*

ference Buildings, 1st International High Performance Buildings Conference, Purdue University, Indiana, 2010.

- [8] *** GENERATION (Green Energy Auditing for a Low Carbon Economy) White Paper – Energy Efficiency in Public Buildings, Recommendations for policy makers, 2008.
- [9] **Bieberstein, N.** et al., *Service-oriented Architecture Compass: Business Value, Planning, and Enterprise Roadmap*, FT Press, 2005.
- [10] **Kimble, K.**, *Service Interaction in Next Generation Networks: Challenges and Opportunities*, Paper from the sixth International Workshop on Feature Interactions in Telecommunications and Software Systems, 2000.

- [11] **Phylipsen, G. J. M.**, *Energy Efficiency Indicators: Best practice and potential use in developing country policy making*, Phylipsen Climate Change Consulting, 2010.
- [12] **Dodge, Y.**, *The Oxford Dictionary of Statistical Terms*, OUP, 2003.
- [13] *** Building Energy Use Benchmarking Guidance, EISA SECTION 432 – Benchmarking of Federal Facilities, 2010.
- [14] *** Action Plan for Sustainable Energy in Bilbao, http://helpdesk.eumayors.eu/docs/seap/1422_1349026115.pdf.
- [15] *** Mantenimiento sostenible y eficiencia energética, Ponencias del II Congreso Interuniversitario Santiago de Compostela, 2012.

kgH




PROIZVODNJA PLOČASTIH IZMENJIVAČA TOPLOTE

INDUSTRIJSKA BB, 34000 KRAGUJEVAC, SRBIJA
TEL: +381 34 345 055 / FAX: +381 34 341 342
OFFICE@EUROHEAT.CO.RS / WWW.EUROHEAT.CO.RS

Bulevar Arsenija Čarnojevića 52a, lok.3
11070 Novi Beograd
Tel : 011 30 18 118, 30 15 505
Fax : 011 30 18 120


DISTRIBUCIJA | MONTAŽA
INŽENJERING | SERVIS

www.elcomtrade.com