



*Dunja Mikulić<sup>1</sup>, Bojan Milovanović<sup>2</sup>, Vladimir Šimetin<sup>3</sup>, Nada Marđetko Škoro<sup>4</sup>*

## **PROCES ENERGETSKE CERTIFIKACIJE ZGRADA U HRVATSKOJ - PRIMJENA INFRACRVENE TERMOGRAFIJE**

### **Rezime**

Opisan je proces zadovoljavanja zahtjeva direktive 2002/91/EC i mogućnost upotrebe infracrvene termografije u provođenju energetske certifikacije zgrada u Hrvatskoj. IC termografija se redovito koristi u otkrivanju defekata na vanjskoj ovojnici zgrade, kao što su toplinski mostovi, mjesta zrakopropusnosti ili velike vlažnosti. Također postoji i mogućnost procjene gubitaka topline što bi moglo imati značajnu ulogu u predstojećem procesu energetske certifikacije zgrada u Hrvatskoj, slijedeći direktivu 2002/91/EC.

### **Ključne riječi**

Infracrvena termografija, energetska efikasnost, certifikacija zgrada

## **BUILDING CERTIFICATION PROCESS IN CROATIA – APPLICATION OF THERMOGRAPHY**

### **Summary**

A process of meeting the Directive 2002/91/EC in Croatia and possible use of infrared (IR) thermography techniques in building certification process are presented. IR thermography is a well known technique in mapping the building's envelope defects as thermal bridges, air leaks or moist spots but there is a possibility of determination of building diagnostics and this could have a significant role in forthcoming process of determination of energy performance of buildings in Croatia according to the EU Directive 2002/91/EC on the energy performance of buildings.

### **Key words**

Infrared thermography, heat conduction, energy efficiency, building certification

---

<sup>1</sup> Prof.dr.sc., dipl.ing.fizike, Građevinski fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, Hrvatska  
[dmikulic@grad.hr](mailto:dmikulic@grad.hr)

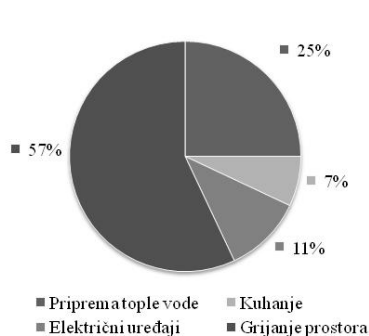
<sup>2</sup> Dipl.ing.građ., Građevinski fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, Hrvatska,  
[bmilovanovic@grad.hr](mailto:bmilovanovic@grad.hr)

<sup>3</sup> Mr.sc., dipl.ing.građ., Institut IGH, Janka Rakuše 1, 10000 Zagreb, Hrvatska, [vladimir.simetin@zg.t-com.hr](mailto:vladimir.simetin@zg.t-com.hr)

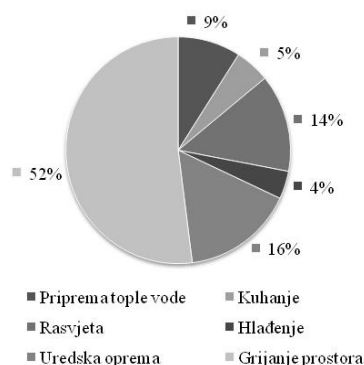
<sup>4</sup> Dipl.ing.građ., Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, Ul. Republike Austrije 20, 10000 Zagreb, Hrvatska, [nada.mardjetko@mzopu.hr](mailto:nada.mardjetko@mzopu.hr)

## 1. UVOD

Klimatske promjene, globalno zatopljenje i efekt staklenika problemi su kojih je čovječanstvo postalo svjesno tek posljednjih tridesetak godina. Zbog činjenice da zgrade kao najveći potrošači energije imaju veliki energetska i ekološki utjecaj, energetska učinkovitost, održiva gradnja i mogućnost korištenja obnovljivih izvora energije danas postaju prioriteti suvremene gradnje i energetike. Uočena je nužnost za promjenama, a Kyoto protokol je zamišljen kao jedan od glavnih pokretača promjena, on je potpisan s ciljem smanjivanja emisije ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>) i drugih stakleničkih plinova. Hrvatska je Kyoto protokol potpisala 2007. god. kao 170. zemlja potpisnica, a obvezala se na smanjenje štetne emisije stakleničkih plinova za 5% od 2008. do 2012. god. u odnosu na 1990.god. [1]. Potrošnja primarne energije u zemljama EU je takva da na transport otpada 28 %, na industriju 31 %, a na zgradarstvo otpada približno 41 %, pa se postavljaju veliki zahtjevi za energetska učinkovitost stambenih prostora. Podjela ukupne konačne uporabe energije u zgradama javnog sektora zemalja EU i ukupne konačne energetske uporabe energije u stambenom sektoru zemalja EU prikazana je na slikama 1 i 2.



Slika 1: Uporaba energije u zgradama javnog sektora u zemljama EU



Slika 2: Uporaba energije u stambenom sektoru u zemljama EU

Kao što je vidljivo grijanje i hlađenje prostora je najveći pojedinačni potrošač energije i važan dio u želji za postizanjem energetske učinkovitosti. Zbog toga su se sve europske države bez izuzetka opredijelile da u svoje strategije energetske razvitka i zaštite okoliša ugrade planove za poboljšanje efikasnosti uporabe energije i da implementiraju zakonodavni okvir u kojemu će ti planovi biti ostvareni. Republika Hrvatska, kao zemlja kandidat za pristup Europskoj uniji, usklađuje svoj zakonodavni okvir sa svim direktivama Europske unije te preuzima i ispunjava sve obveze koje te direktive nalažu.

Za EU, prema tome, zgradarstvo postaje iznimno važan sektor koji može doprinijeti ispunjavanju obveza smanjivanja stakleničkih plinova prema protokolu iz Kyota. Nadalje, velike razlike u energetske svojstvima zgrada među zemljama EU-a, posebice u novim i starim članicama, bile su dodatan razlog za pokretanje inicijative na razini EU-a u ovom području te za usvajanje Direktive o energetske svojstvu zgrada (2002/91/EC) / (EPBD direktive) / [2]. Glavni je cilj EPBD-a uspostaviti trajne, jedinstvene mehanizme za poboljšanje energetske svojstva zgrada stambene i javne namjene na razini EU-a, uzimajući u obzir klimatske i lokalne razlike između pojedinih država.

## **1.1. DIREKTIVA 2002/91/EC O ENERGETSKOM SVOJSTVU ZGRADA**

Ova Direktiva jest temeljni zakonodavni dokument koji se odražava na sektor zgradarstva uvodeći okvir za integriranu metodologiju za mjerenje energetske učinkovitosti, primjenu minimalnih standarda u novim zgradama i kod određenih rekonstrukcija zgrada, energetske certifikaciju i savjete za nove i postojeće zgrade, nadzor i ocjenu kotlova i sustava za grijanje i sustava za hlađenje. Najvažniji zahtjevi Direktive su uspostava i/ili revizija minimalnih standarda energetske učinkovitosti i njihova primjena na temelju zajedničke metodologije za nove i postojeće zgrade; osiguranje certifikacije zgrada (dostupnost certifikata prilikom izgradnje, prodaje ili iznajmljivanja), dostupnost certifikata za sve javne zgrade površine  $> 1000 \text{ m}^2$  te uspostava shema za redovne inspekcije i ocjene sustava za grijanje, ventilaciju i klimatizaciju. Za izdavanje energetske certifikate za nove ili postojeće zgrade potrebno je provesti energetski pregled zgrade u skladu sa člankom 28. Pravilnika o energetskom certificiranju zgrada [3]. Metodologijom provođenja energetskih pregleda [4] dan je način dobivanja potrebnih ulaznih podataka, te procedura aktivnosti koje se provode pri energetskom pregledu.

## **2. ENERGETSKI PREGLEDI**

U postupku provođenja energetskog pregleda analiziraju se toplinske karakteristike vanjske ovojnice zgrade i karakteristike tehničkih sustava s ciljem utvrđivanja učinkovitosti uporabe energije nakon čega se donose preporuke za povećanje učinkovitosti. Energetskim pregledom se utvrđuje način korištenja energije te sustavi i mjesta na kojima su prisutni veliki gubici energije kako bi se odredile mjere za racionalno korištenje energije i povećanje energetske učinkovitosti.

Za energetsko certificiranje zgrada nužno je raspolagati s točnim i potpunim skupom podataka vezanih za energetske potrebe zgrade kao i kolika je stvarna potrošnja energije. Do određenih podataka jedino je moguće doći kroz relevantna mjerenja, a koja obavljaju stručne osobe. Dokaz o stručnoj kompetenciji i nepristranosti, za obavljanje energetskih pregleda, analizu i certificiranje je odgovarajuća akreditacija.

Prije započinjanja energetskog pregleda potrebno je prikupiti osnovne podatke o zgradi kako bi se pretpostavili karakteristični građevni dijelovi vanjske ovojnice i energetski sustavi i uređaji koje je potrebno pregledati i analizirati. Kako je u Hrvatskoj relativno čest slučaj da dokumentacija (projektna, izvedbena) ne odgovara realnom (izvedenom) stanju ili pak projektna ne postoji, to su mjerenja kojim se provjerava podudarnost stanja vanjske ovojnice zgrade s dokumentacijom nužna. Kada postoji opravdana sumnja u točnost ulaznih podataka potrebnih za izračun toplinskih svojstava vanjske ovojnice i tehničkih sustava, Metodologija provođenja energetskog pregleda zgrade [4] dopušta provođenje mjerenja toplinskih gubitaka kroz vanjsku ovojnicu korištenjem infracrvene termografije, te mjerenje zrakopropusnosti (Blower Door Test), mjerenje toplinskog otpora; gubitaka u sustavima klimatizacije, grijanja, hlađenja, ventilacije; elektroenergetskih parametara potrošnje energije. Ukoliko se iz postojeće dokumentacije i pregleda zgrade na terenu ne može sa sigurnošću odrediti sastav građevnih dijelova vanjske ovojnice zgrade pretpostavljaju se građevni dijelovi vanjske ovojnice karakteristični za razdoblje gradnje i pripadajući koeficijenti prolaska topline [5]. Nije obvezno, ali se preporučuju provesti dodatna mjerenja infracrvenom termografijom kako bi se pretpostavka ispitala i potvrdila te otkrile eventualne nepravilnosti građevnih dijelova koje mogu utjecati

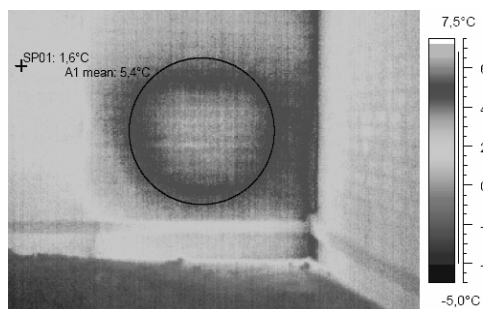
na preporuke u zaključku energetskog pregleda. Primjenom termografskih mjerenja, sukladno normi HRN EN 13187:2000 [6] moguće je, kvalitativnom metodom, brzo i učinkovito utvrditi nepravilnosti u toplinskoj slici zbog defekata u toplinskoj izolaciji, postojanju vlažnih područja i/ili mjesta zrakopropusnosti vanjske ovojnice zgrade. Norma HRN EN 13187:2000 se ne primjenjuje za određivanje stupnja toplinske izolacije i zrakopropusnosti zgrade. Primjena termografskih mjerenja spominje se još i u normi HRN EN 15603:2008 [7] u dijelu koji opisuje načine pronalaska toplinskih mostova u zgradama.

### 3. PRIMJENA INFRACRVENE TERMOGRAFIJE ZA DIJAGNOSTIKU ZGRADA

Prema opisu iz prethodnog poglavlja, zaključuje se da je termografsko mjerenje prepoznato kao brza, jeftina i učinkovita metoda, te se nameće kao zadovoljavajuća kvalitativna metoda pri energetskim pregledima zgrada uglavnom za lokaciju toplinskih mostova na vanjskoj ovojnici zgrade (slika 3 i 4).

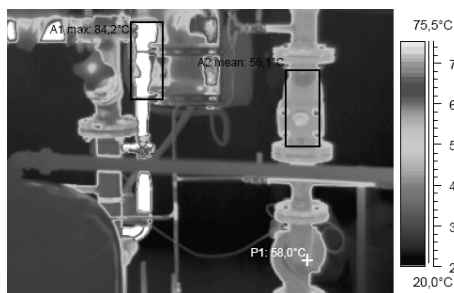


Slika 3: Toplinski mostovi na vanjskoj ovojnici zgrade [8]

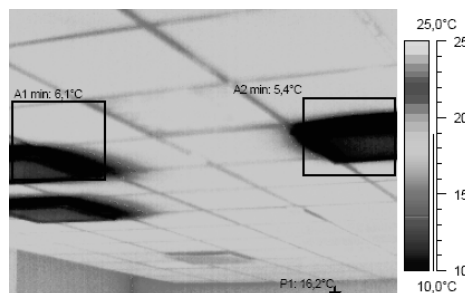


Slika 4: Povećani gubici topline grijanja kroz vanjski zid zgrade [9]

Naročita je upotreba moguća u određivanju mjesta i načina gubitaka energije na vanjskoj ovojnici zgrada, prikupljanje podataka za pojašnjenje uvjeta rada teško dostupnih i nedostupnih instalacija grijanja (slika 5), ventilacije i klimatizacije (slika 6), te identificiranje problema s električnim i strojarskim instalacijama pod punim radnim opterećenjem.



Slika 5: Termogram i digitalni prikaz sustava grijanja [9]



Slika 6: Termogram i digitalni prikaz sustava klimatizacije [9]

Pregledom literature, utvrđeno je da je moguće proširiti područje primjene infracrvene termografije kao nedestruktivnog ispitivanja u energetske pregledima i dijagnostici zgrada.

Tako Balaras i Argiriou [10] ističu da podaci prikupljeni termografskim mjerenjima, prema TOBUS (Tools for selecting Office Building Upgrading Solutions) metodologiji [11], mogu upotpuniti ostale podatke prikupljene tijekom energetske pregleda zgrada. Infracrvena termografija se može koristiti i neovisno o energetske pregledima zgrada ili projektima obnove, i to kao dio programa preventivne i redovitog održavanja u zgradama [12]. Jedan od krajnjih zahtjeva EPBD direktive davanje savjeta za poboljšanje energetske svojstva zgrada te uspostavljanje shema za redovne inspekcije i ocjene sustava za grijanje, ventilaciju i klimatizaciju. Iz toga se može zaključiti da je vrijedno uložiti vrijeme i novac u termografska ispitivanja zbog toga što se njima mogu prikupiti podaci koje nije moguće dobiti vizualnim pregledima, mogu se smanjiti nagađanja o problemima, prijedlozi o popravcima se mogu potkrijepiti dokazima, te isto tako smanjiti troškove i ograničiti same popravke. Haralambopoulos i Paparsenos [13] su predložili metodologiju za određivanje stanja vanjske ovojnice starih zgrada. Predložena metodologija se temelji na kvalitativnom termografskom snimanju i preciznim mjerenjima toplinskog otpora i toplinske prohodnosti. Analizom termograma korištenjem prikladnih programskih paketa dobivena je procjena ukupne površine toplinskih mostova u odnosu na ukupnu površinu fasade. Nedostatak ovog ispitivanja je zahtjevnost ispitivanja toplinskog otpora i samo trajanje mjerenja (u ovom slučaju 72 sata). Ipak, moguća je njena primjena na pojedinim zgradama ili detaljima vanjske ovojnice, kako bi se prikupile detaljne informacije za sanacije vanjskih ovojnica zgrada. Grinzato et al. [14] su predložili metodologiju koja se temelji na rješavanju obrnutog problema prolaza topline za detekciju, karakterizaciju i vrednovanje defekata na vanjskim ovojnicama zgrada, a sve korištenjem kvantitativne infracrvene termografije u slučaju stacionarnog i nestacionarnog toplinskog toka. Ribarić et al. [15] predstavljaju ekspertni sustav kojim je moguće dijagnosticirati toplinsku izolaciju zgrada nedestruktivnom metodom, korištenjem fuzije termograma i digitalnih slika i koncepata umjetne inteligencije. Kvaliteta toplinske izolacije izražena je „ukupnom efikasnosti izolacije“ i dana je u obliku faktora kojima pripada ocjena same izolacije kao nezadovoljavajuće, slabe, dobre, vrlo dobre i odlične.

#### **4. ZAKLJUČAK**

Infracrvena termografija može biti koristan alat za brzo i točno dijagnosticiranje problema u sklopu energetske pregleda zgrada. Ona otkriva te naglašava probleme i abnormalnosti koje se ne mogu detektirati vizualnim pregledima, time spriječavajući opsežne i skupe sanacije. Termografska mjerenja mogu biti i dio programa preventivnih održavanja te naknadne kontrole izvedenih radova. Snimanjem zgrade metodom infracrvene termografije te kasnijom stručnom interpretacijom moguće je brzo odrediti njezine građevinske i toplinsko-energetske karakteristike te stanje energetske sustava. Mogućnost bezkontaktnog i daljinskog snimanja ukupnog temperaturnog polja površine promatranog objekta daje velike prednosti u odnosu na klasične analize građevnih dijelova vanjske ovojnice. Iako je Metodologijom provođenja energetske pregleda zgrada [4] i normama HRN EN 13187: 2000 [6] te HRN EN 15603:2008 [7] predviđena kao jedna od metoda pronalazanja i identifikacije toplinskih mostova vanjske ovojnice zgrade, iz istraživanja

raznih autora je vidljivo da postoji potencijal i u kvantificiranju mjerenja. S druge strane, postoji opasnost od nestručnog mjerenja, što može dovesti do pogrešnih rezultata mjerenja i krivih interpretacija termograma.

## 5. ZAHVALA

Opisano istraživanje je provedeno u sklopu znanstvenog programa "Novi materijali u građevinarstvu" i znanstvenog projekta "Od nano do makrostrukture betona", 082-0822161-2990, koji su financirani od strane Ministarstva znanosti obrazovanja i športa Republike Hrvatske.

## LITERATURA:

- [1] UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change), Kyoto protocol, [http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/2830.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php)
- [2] Direktiva 2002/91/EC Europskog parlamenta i Vijeća od 16. prosinca 2002. o energetske svojstvu zgrada,
- [3] Republika Hrvatska, Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva: Pravilnik o energetske certificiranju zgrada, NN 113/2008, NN 91/09, <http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/342062.html>
- [4] Republika Hrvatska, Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva: Metodologija provođenja energetske pregleda zgrada, Zagreb lipanj 2009.
- [5] Ž. Hrs Borković i drugi: Vodič kroz energetske efikasnu gradnju ; Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb 2005.
- [6] HRN EN 13187:2000, Toplinske značajke zgrada – Kvalitativno otkrivanje toplinskih mostova u obodnim konstrukcijama zgrada – Metoda infracrvenog snimanja
- [7] HRN EN 15603:2008, Energy performance of buildings – Overall energy use and definition of energy ratings
- [8] V. Pašagić, A. Šikanić, J. Talajić: Primjena infracrvene termografije u određivanju energetske gubitaka u zgradarstvu, Proceedings of the Energy and the Environment 2008, Opatija 2008.
- [9] T. Kauppinen, Thermal performance monitoring of buildings-Building thermography as a tool of energy auditor, certification of building thermographers, International seminar on "Improvement of energy efficiency in buildings", Tallin, 2006.
- [10] C.A. Balaras; A.A. Argiriou: Infrared thermography for building diagnostics, Energy and Buildings, Vol 34(2), pages 171-183, 2002.
- [11] C. A. Balaras: TOBUS - A European method and software for office building refurbishment, Energy and Buildings, Vol 34(2), pages 111-112, 2002.
- [12] R. P. Madding: Thermographer-friendly equipment design for predictive maintenance: baseline thermograms, thermal modeling and emissivity, Proceedings of the Thermosense XXI, International Society for Optical Engineering (SPIE), 2-5, Orlando, FL, 1999.
- [13] D. A. Haralambopoulos, G.F. Paparsenos: Assessing the thermal insulation of old buildings-the need for in situ spot measurements of thermal resistance and planar infrared thermography, Energy Conversion and Management, Vol 39(1), pages 65-79, 1998.
- [14] E. Grinzato, V. Vavilov, T. Kauppinen: Quantitative infrared thermography in buildings, Energy and Buildings, 29, 1-9, 1998.
- [15] S. Ribarić, D. Marčetić, D. S. Vedrına, A knowledge-based system for the non-destructive diagnostics of facade isolation using the information fusion of visual and IR images, Expert Systems with Applications, Vol 36, pages 3812-3823, 2009.