

# ENERGETSKO-EKOLOŠKI ASPEKTI INTELIGENTNIH OMOTAČA ZGRADA

Milica Stojanović<sup>1</sup>

**Rezime,** Ideja o 'inteligentnim zgradama' postala je prilično značajna u poslednjih nekoliko decenija. Konvencionalni koncept inteligentnih zgrada odnosi se na manje ili više složen sistem upravljanja zgrade, koji obezbeđuje zgradi da obavlja motorizovane radnje. Razvoj inteligentnih omotača, koji su deo šireg programa inteligentnih zgrada, odnosi se na njihov učinak, koji je uglavnom povezan sa ekološkim učinkom celog objekta i može da se upoređi sa biološkom predstavom inteligencije i njenih karakteristika. Za grejanje, hlađenje, ventilaciju i osvetljenje zgrada potroši se više energije nego u saobraćaju i industriji. U ovom radu, polazeći od ekoloških i energetskih zahteva, razmatra se koncept inteligentnih omotača sa gledišta njihove kontrole sunčevog zračenja, ventilacije, grejanja i hlađenja objekata.

**Ključne reči,** inteligentan omotač, energetska efikasnost, ekološki principi, prilagodljiva fasada

## ENERGETIC AND ENVIRONMENTAL ASPECTS OF INTELLIGENT BUILDING SKIN

**Abstract,** The idea of the 'intelligent buildings' has become very important in the past few decades. The conventional paradigm relates to the use of more or less complex building management system, which provides a building with motorized actions. The development of the intelligent skin, which is part of a wider program of the intelligent buildings, is related to its responsive performance, sometimes but not always in relation to the environmental performance of the whole building and can be compared with the biological idea of intelligence. Heating, cooling, ventilation and lighting consumes more energy than traffic and industry. This paper, based on environmental and energy requirements, discusses the concept of the intelligent skin in the context of their solar control, ventilation, heating and cooling buildings.

**Keywords,** intelligent skin, energy efficiency, environmental principles, adaptive façade

### 1 UVOD

Spoljašnji uslovi menjaju se iz minuta u minut, tokom dana i tokom godine. Unutrašnji uslovi, sa druge strane, treba da se prilagode potrebama ljudi i njihovom osećaju komfora. U prošlosti, glavna uloga omotača bila je da odvoji unutrašnji prostor od spoljašnjeg. Umesto isključivanja spoljašnje okoline, on može da se koristi kako bi se dobio pozitivan nivo unutrašnjeg komfora i smanjile potrebe za energijom. Omotač postaje kompleksni sistem, koji deluje kao integralni deo zgrade, reagujući na uslove životne sredine i potrebe korisnika. To je dovelo do razvoja inteligentnih omotača koji imaju ulogu konstrukcije pomoću koje se kontroliše unutrašnja sredina u pogledu osvetljenja, grejanja, zvuka, ventilacije i kvaliteta

vazduha. Njihov učinak je povezan sa učinkom celog objekta i može da se poveže sa ljudskom kožom i njenom sposobnošću adaptacije spoljašnjim uslovima.

### 2 EKOLOŠKI I ENERGETSKI KONTEKST DIZAJNA INTELIGENTNIH OMOTAČA

Savremeno društvo je trenutno suočeno sa globalnim ekološkim problemima među kojima su globalno zagrevanje, klimatske promene, zagađenje vazduha, kao i štetom koja se nanosi osetljivim eko sistemima ubrzanim razvojem i eksploatacijom energetskih resursa. Uprkos poboljšanju energetske efikasnosti u objektima poslednjih godina, nivo potrošnje energije ostao je relativno isti. Mogućnosti ušteda leže u pokušaju da se smanji količina energije

<sup>1</sup> d.i.a. – PhD student GAF Niš

utrošene na grejanje i hlađenje prostora, zagrevanje vode i električno osvetljenje. Korišćenjem inteligentnih omotača zgrade, potrebe za dodatnim grejanjem i hlađenjem kao i drugim sistemima mogu da se svedu na minimum ili izbegnu u potpunosti.

Omotač treba da bude vezni element između dobavljanja i potrebe za energijom u izgrađenoj sredini. Zgrada je izložena prirodnim energetske tokovima kao što su sunčevo zračenje, toplota, hladnoća i vetar. Omotač treba da interaguje sa energetske tokovima i obezbedi energiju za zgradu i njene korisnike [4].

Ukoliko se razmotri koncept ekološke gradnje i smanjenja potrošnje energije u kombinaciji sa mnoštvom naučnih i tehnoloških inovacija, koje prate sve veće zahteve za udobnošću, stvaraju se mesta za različite arhitektonske vizije. Klimatski uslovi menjaju se na svakoj lokaciji u toku dana i godine. Iz tog razloga se javlja potreba za inteligentnom fasadom zgrade koja prilagođava uslove unutrašnjeg prostora u skladu sa dinamičkom promenom okoline.

Inteligentan omotač može da se definiše kao skup konstruktivnih elemenata koji čine spoljašnju, zaštitnu zonu zgrade. On obavlja funkcije koje se mogu podešavati kako bi odgovorile promenama okoline u cilju održavanja komfora sa najmanjom mogućom upotrebom energije. Protok energije kroz fasadu automatski se prilagođava maksimalnom dobitku, i minimalnom oslanjanju na dobijenu energiju. Omotač postaje deo sistema zgrade i povezan je sa drugim delovima zgrade, kao što su senzori i pokretači vezani komandnim kablovima, a kontrolisani preko centralnog sistema upravljanja – mozga [7].

Koncept inteligentnih omotača predstavlja spregu spoljašnjih i unutrašnjih faktora zgrada. Iz tog razloga pri projektovanju inteligentnog omotača treba uzeti u obzir i način funkcionisanja objekta. Na taj način cela zgrada postaje adaptivna i dinamički reaguje na klimatske promene, zauzetost i zahteve korisnika.

### 3 UTICAJNI FAKTORI

Omotač zgrade treba da se posmatra kao deo živog organizma i treba da bude fleksibilan, prilagodljiv i dinamičan. U tom smislu može da se metaforički uporedi sa kožom živih bića. Neke zajedničke karakteristike kože živih bića bile bi [6]: savršena prilagodljivost na prirodnu sredinu i klimatske uslove, adaptacija na temperaturne promene, kamuflaža i lepota. Prilikom razmatranja koncepta inteligentnih omotača postoji više faktora koje treba uzeti u obzir, a najbitniji za ekološko energetske kontekst su prilagodljivost, sposobnost učenja, sunce, energetske strategije i ekonomski aspekt.

**Prilagodljivost.** Za razliku od živih bića, zgrade su po prirodi statični, nepokretni objekti. Inteligentna fasada je evoluirala u omotač koji može da menja termofizičke karakteristike, boju i optičke karakteristike i dinamički prilagođava sisteme zamračenja i kontroliše svetlo. Potreba za promenljivošću nastaje iz razloga što se objekti ne koriste tokom celog dana, kao i u zavisnosti od godišnjeg doba. Drugi razlog promenljivosti nastaje zbog promena u ponašanju korisnika i njihove interakcije sa omotačem.

**Sposobnost učenja.** Paralelno sa sposobnošću da postigne promenljivost, omotač treba da 'zna' kad da deluje i zašto. Tokom vremena, inteligentan omotač bi trebalo da razvije sposobnost da se usklađuje i prilagođava novim situacijama.

**Sunce.** Energija sunčevog zračenja je jedan od obnovljivih izvora energije koji može da bude glavni doprinos energiji zgrade. Inteligentni sistemi bi mogli da kontrolišu i iskorišćavaju ovaj osnovni obnovljivi izvor aktivno. Sunce može da ima i štetne efekte, koji uključuju blještavost i pregrevavanje.

**Energetske strategije.** Poslednjih godina pokazano je da dobijena energija za održavanje komfora može da se svede na nulu kod mnogih tipova zgrada u evropskom klimatu, tako što omotač zgrade može da iskorišćava mogućnosti solarne energije i da menja svoj rad kako bi se prilagodio promenljivim spoljašnjim uslovima, trajno i sezonski. Koncept nulte potrošnje energije približen je stvarnosti automatskim kontrolama za poboljšanje korišćenja brojnih tokova energije koji prolaze kroz fasadu.

**Ekonomski aspekt.** Ugradnja visokih tehnologija povećava cenu fasade zgrade. Međutim, ukoliko se gledaju ukupni troškovi i učinak objekta, oni mogu da budu niži nego kod konvencionalnog načina građenja.

## 5 KRITERIJUMI ZA PROJEKTOVANJE INTELIGENTNIH OMOTAČA

Inteligentan omotač ima specifičnu ulogu manipulisanja protoka energije u obliku svetla, toplote, vazduha i zvuka. On može da ima više različitih funkcija koje utiču na prolaz energije i od spoljašnosti ka unutrašnjosti i obrnuto. Neke od ovih funkcija su: - povećana zaštita od sunca i kontrola hlađenja uz poboljšanje termalnog komfora i korišćenje dnevnog svetla, - poboljšanje kvaliteta vazduha i smanjenje hlađenja prouzrokovanog prirodnom ventilacijom, tako što fasada postaje aktivni kontrolor vazduha, - smanjenje troškova rada dovodenjem na minimum upotrebu energije za osvetljenje, grejanje i hlađenje, - poboljšanje unutrašnje sredine sa ciljem povećanja

komfora i rada korisnika, - proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora za sopstvene potrebe.

### 5.1 SISTEMI UPRAVLJANJA

Osnovni pokretač inteligentnog omotača je sistem upravljanja. To je centralna procesorska jedinica koja prima informacije od različitih senzora i određuje pokretanje elemenata. Sistem upravljanja treba biti sposoban da osmatra vremenske promene i kontroliše funkcionisanje pasivnih i aktivnih sistema kako bi se obezbedila nejefikasnija upotreba energije.

Neuronska mreža omogućuje sistemu upravljanja da prima podatke od odgovarajućih unutrašnjih i spoljašnjih senzora, preko električnog kola. Ovaj sklop je sposoban da izabere optimalnu konfiguraciju za postizanje željenih unutrašnjih uslova, uz najefikasnije korišćenje energije. Objekti mogu da koriste tekuće i očekivane podatke o vremenu kako bi proračunale optimalno grejanje, osvetljenje i nivo zamračenja objekta unapred [6].

### 5.2 OSVETLJENJE

Kako veštačko osvetljenje utiče na potrošnju energije, jedan od glavnih ciljeva dizajna sa niskom potrošnjom energije je maksimalno iskorišćenje dnevnog svetla. Prednosti poboljšane distribucije svetla leže takođe i u poboljšanju kvaliteta osvetljenja i vizuelnog komfora. Postoje različiti aktivni sistemi koji reaguju na ugao sunčevih zraka, obezbeđujući optimalne pozicije za motorizovane uređaje za usmeravanje i odbijanje svetla, kako bi što veći deo objekta bio osvetljen.

Postoje sistemi koji preusmeravaju direktno sunčevo zračenje i zasnivaju se na optičkom odbijanju, prelamanju i skretanju zraka (svetlosne police). Drugi sistemi su dizajnirani za difuzno svetlo i najčešće se zasnivaju na optičkoj tehnici sa zakrivljenim ogledalom pomoću koga se sakuplja difuzno svetlo i usmerava njegov fluks ka plafonu [3].

Da bi se efikasno sprovela strategija osvetljavanja dnevnim svetlom, osnovni korak ka tom cilju su osetljivi kontrolni sistemi veštačkog osvetljenja, sa sensorima postavljenim u omotaču zgrade.

### 5.3 KONTROLA SUNČEVOG ZRAČENJA

Sunce može da utiče na uslove komfora u enterijeru i često je neophodno ublažiti njegov štetni efekat, uključujući pregrevavanje, zračenje i blještanje. Kompjuterski kontrolisane roletne, venecijaneri i druge zaštite od sunca, koje sve mogu da se smatraju absorberima energije, predstavljaju najrasprostranjeni-

ji sistem kontrole sunca. Kod mnogih objekata primenjuju se venecijaneri koji mogu da se spuštaju, podižu i naginju zavisnosti od detektovanog prisustva sunca. Oni su često ugrađeni u šupljinama u okviru dvostruke fasade, kao zaštita, kako bi zadržali toplotu van korišćene zone i učestvovali u radu sa solarnim protokom.

### 5.4 VENTILACIJA

U skladu sa zahtevima o smanjenju potrošnje energije, teži se ka što većem korišćenju prirodne ventilacije objekata, gde fasada igra ključnu ulogu. Prirodna ventilacija može da se ostvari u objektima male širine, otvaranjem prozora na suprotnim fasadama. Složeniji sistemi prirodne ventilacije zasnivaju se na efektu dimnjaka ili kombinaciji vetra i efekta dimnjaka. Oni koriste vertikalno odvođenje vazduha i odgovarajuće otvore za dovođenje svežeg vazduha i odvođenje ustajalog [1].

Prirodna ventilacija može automatski da se reguliše kako bi se povećala njena efikasnost preko radnih elemenata omotača zgrade, kao što su uvlačeci krovovi, motorizovani prozori i pneumatski apsorberi.

Kod mnogih objekata koristi se mešoviti pristup ventilaciji a kontrolni sistemi se koriste za određivanje najboljeg trenutka za aktiviranje mehaničke ventilacije. Oni su programirani da koriste mehaničku ventilaciju samo u ekstremnim uslovima, maksimalnim korišćenjem prirodne ventilacije i minimalnom upotrebom energije.

### 5.5 GREJANJE

Fasada objekta, odnosno njegov spoljašnji omotač je najvažniji faktor koji utiče na potrošnju energije kod većine objekata. Iz tog razloga se u mnogim objektima koriste inteligentne tehnologije kako bi se smanjilo oprećenje energije instaliranih sistema grejanja. Tokom zimskih meseci cilj inteligentne fasade trebalo bi da bude dovođenje na minimum protoka toplote od unutrašnje ka spoljašnjoj sredini (toplotni gubici) a maksimalno povećanje protoka toplote od spolja ka unutra (solarni dobici toplote). To može da se postigne: - eliminisanjem nekontrolisanog ulaska vazduha sa minimalnom ventilacijom neophodnom da se zadovolji kvalitet unutrašnjeg vazduha; - zastorima, koji propuštaju što je moguće više sunčeve toplote dok sprečavaju blještanje izazvano niskim položajem sunca; - provetrenom fasadom, koja formira izolacioni tampon sloj; - energetski aktivnom fasadom.

Tokom letnjih meseci cilj inteligentne fasade bio bi suprotan, odnosno maksimalno povećanje protoka toplote od unutrašnjosti ka spolja, a smanjivanje

protoka od spolja ka unutra. To se može omogućiti [2]: - pomoću zastora koji blokiraju sunčevu toplotu kako ne bi prodrila u unutrašnji prostor, dok u isto vreme omogućavaju vizure ka spoljašnosti; - otvaranjem prozora kada spoljašnja temperatura padne ispod unutrašnje (noćno hlađenje); - dinamičnom provetrenom fasadom, tako da vazduh odnosi veći deo toplote unutar šupljine.

## 5.6 HLAĐENJE

Tokom leta, u klimatskim uslovima gde postoji dovoljna varijacija spoljašnje temperature u toku dana, noćna ventilacija može da se koristi kako bi se ohladila termalna masa objekta. To omogućava pravilna konstrukcija i kontrola elemenata omotača. Zidovi, podovi i ostale pregrade apsorbuju toplotu tokom dana. Ova akumulirana toplota može da se ukloni raznovrsnim sistemima poprečne ventilacije koja se zasniva na protoku vazduha izazvanog vetrom, efektu dimnjaka ili mehaničkoj ventilaciji.

U pojedinim klimatskim uslovima ova strategija u kombinaciji sa hlađenjem zračenjem može u potpunosti da eliminiše potrebu za mehaničkim hlađenjem. Teška termalna masa strateški se postavlja u izložene betonske plafonske ploče. Masa se hladi tokom noći spoljašnjim vazduhom koji se kreće preko nje, čime se tokom dana zračenjem dobija hladnija sredina. Implementacija ovakvog sistema podrazumeva primenu automatski kontrolisanih prozora i otvora preko centralnog sistema upravljanja [5].

## 5.7 GENERATORI ELEKTRIČNE ENERGIJE

Objekti teže ka energetske nezavisnosti, dobijanjem energije iz obnovljivih izvora. Za inteligentne omotače je karakteristično da se pretvaranjem direktnog sunčevog zračenja u električnu energiju, preko fotovoltaznih panela, može pokriti jedan deo potrošnje električne energije u objektu.

## 6 ZAKLJUČAK

Inteligentni omotači će svakako u bliskoj budućnosti postati sastavni deo svih novoprojektovanih objekata. Razlozi za to su višestruki: energetske uštede, ekološki aspekti i poboljšanje uslova komfora u objektima. Kako se radi o veoma širokom dijazonu uticajnih faktora, način rešavanja inteligentnih omotača u zavisnosti od tih faktora biće veoma različit. Ipak osnovna svrha ovog sistema je obezbeđenje komfora ljudi koji borave u objektu, pa zbog toga

poređenje inteligentnog omotača sa reakcijama ljudske kože daje prave odgovore na definisanje njegovog načina funkcionisanja.

Danas u svetu već postoji niz pokušaja da se preko inteligentnih fasada obezbedi minimalna potrošnja energije, podmirenje sopstvenih energetskih potreba, kao i održivost takvih sistema. Većina objekata danas opremljena je naprednim tehnologijama, ali samo neke od njih koriste stvarni potencijal adaptacije. Nijedan od tih primera ne daje konačno rešenje, tako da još uvek postoji puno prostora za inovaciju sistema i primenu novih tehnologija. Uloga projekatanta biće da definišući inteligentan omotač upotrebi sva nova tehnološka saznanja i da konsultuje stručnjake iz mnogih oblasti, odnosno pri rešavanju ovakvih fasada potreban je multidisciplinarni rad.

Ipak mora se imati u vidu da je arhitektonski kvalitet odraz kulture i društva, tako da inteligentni omotači treba da ispune visoki standard u tom pogledu. Nove, inteligentne fasade ne smeju da zaustave stvaranje dobre arhitekture. Kako pri projektovanju ovih fasada arhitektura zavisi od proizvoda kao što su sistemi zamračivanja ili integrisani generatori električne energije, na koje arhitekta ima ograničen uticaj, treba naći optimalni balans u ispunjenju funkcija inteligentne fasade i njenog izgleda.

## LITERATURA

- [1] *Architectural Expression of Environmental Control Systems*, G. Baird, Spon Press, London, UK, 2001.
- [2] <http://www.cwct.co.uk/ibcwindow/adaptive/thermAltrans.html> (februar 2010.)
- [3] *High-performance commercial building facades. Building Technologies Program, Lawrence Berkeley National Laboratory*, E. Lee et al., 2002. <http://www.osti.gov/bridge/purl.cover.jsp;jsessionid=0032CC2160DF853B092B572CD02B3F4A?purl=/834266-cPGaBt/native/> (februar 2010.)
- [4] *The Future Envelope 2 – Architecture – Climate – Skin*, Grupa autora, IOS Press BV, Netherlands, 2009.
- [5] *Facade Construction Manual 1*, T. Herzog, R. Krippner, W. Lang, Birkhäuser – Publisher for Architecture, Basel – Boston – Berlin, 2004.
- [6] *On skins and other preoccupations of architectural design*, A.N. Tombazis, *Renewable Energy*, 8, (1-4), 1996. p.p. 51-55