



DINAMIČKA FASADA GRADSKOG MUZEJA U HERCEG NOVOM

DYNAMIC FACADE ON THE MUSEUM OF THE CITY OF HERCEG NOVI

Anja Marković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ARHITEKTURA

Kratak sadržaj – Cilj ovog rada jeste primjena dinamičkih fasadnih sistema koji su bazirani na konceptu *Mashrabiya* jedinica na konkretnom primjeru novo-projektovanog muzeja grada Herceg Novog u Boki Kotorskoj, Crna Gora – gdje je osnovna struktura muzeja radjena kao predmet mog diplomskog rada, a ovdje usavršena i predstavljena kroz istraživanje o interaktivnim dinamičkim fasadama.

Abstract – The main goal of this project is applying of dynamic façade systems based on the concept of *Mashrabiya* façade on the newly-designed museum of the city of Herceg Novi in Boka Kotorska, Montenegro - where the basic structure of the museum was the subject of my graduation thesis, here presented through research on interactive dynamic facades.

1. UVOD

Kako se svijet rapidno mijenja, zabrinutost za životnu sredinu i globalni ekonomski problemi zahtijevaju konstantno inoviranje arhitektonskih rješenja sa sve manje sredstava na raspolaganju. Postoji više faktora koji utiču na arhitektonske aspiracije. I javni i privatni sektor zahtijevaju povećane performanse i poboljšanu efikasnost. Arhitektonski dizajn mora odgovoriti na mnogobrojne izazove, od udobnosti korisnika, do efikasnosti, realizacije i održivosti. Naše ideje i stvaranje takođe treba da se mijenjaju.

Jedna od većih inovacija novog doba u arhitekturi jesu dinamičke fasade, koje imaju sposobnost da se mijenjaju kako bi obezbijedile optimalne performanse u skladu sa svojom okolinom.

Kao uspješan primjer primjene dinamičke fasade može se navesti kula Al Bahr u Abu Dabiju.

2. PREDMET I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Tema ovog istraživanja je primjena savremenih, inovativnih digitalnih metoda i inovacija na na projektovanom objektu muzeja, složenog dizajna, smještenog u prirodnom okruženju, a sve radi dobijanja kompletnog proizvoda koji će zadovoljiti i odgovoriti na sve zahtjevnije potrebe savremenog društva.

Primjena dinamičke fasade je u cilju zaštite unutrašnjeg prostora od pretjerane insolacije i stvaranju komfora u objektu u kojem će se, korišćenjem novih digitalnih pristupa i tehnologija, ostvariti integracija objekta sa prirodnim inputima. Muzej predstavlja novi parametar u posmatranju identiteta grada i nezaobilazan korak ka

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio Bojan Tepavčević.

ostvarenju Herceg Novog kao savremenog regionalnog kulturnog centra. Ovaj način korišćenja i prezentovanja prostora, kao i preobražavanje postojećih ideja u korisne i nove oblike, kombinacijama i metodama koje su drugačije, omogućavaju se ciljevi razvoja kroz korišćenje tehnoloških rezultata i potencijala.

U cilju postizanja postavljenih zadataka, bilo je neophodno pristupiti primjeni principa inovativnih fasadnih sistema koji se ogledaju kroz:

- Zaštitu prostora od pretjerane insolacije unutrašnjeg prostora;
- Poboljšanje korisničkog komfora i unapređenje fizičkog i psihološkog stanja korisnika;
- Povećanje osvijetljenosti prostorija prirodnim difuznim svjetlom;
- Bolja vidljivost okoline, smanjena upotreba opstruktivnih i psihološki zamarajućih roletni i barijera;
- Unaprijeđen komfor postignut smanjenjem teškog klimatizovanog vazduha i ventilacijom;
- Stvaranje zgrade sa jedinstvenim identitetom, ukorijenjenim u lokalnom nasljeđu i životnoj sredini;
- Stvaranje jedinstvenog i zanimljivog oblika kako za korisnike tako i za posjetioce;

Cilj ovog rada jeste primjena dinamičkih fasadnih sistema koji su bazirani na konceptu *Mashrabiya* jedinica na fasadi novo-projektovanog muzeja grada Herceg Novog u Boki Kotorskoj, Crna Gora.

3. AL BAHR KULE I MASHRABIYA JEDINICE

Al-Bahr kule predstavljaju novo sjedište Investicionog odbora Abu Dabija i sam projekat je bilo predstavljen na međunarodnom takmičenju na kojem je pobijedio Aedas-UK (današnji AHR) u saradnji sa Arup-om, 2007. godine. Dvije istovjetne, 150 metara visoke kule, prikazane na Slici 1, se nalaze u Abu-Dabiju, Ujedinjeni Arapski Emirati. Među mnogobrojnim performansama dizajna, zgrada se ističe svojim tečnim oblikom (strukturuom inspirisanom spiralnom kašikom za med) i svojim automatizovanim dinamičnim solarnim panelima. Fasadni sistem kinetički odgovara na kretanje Sunca i daje zgradi njen prepoznatljivi identitet.

Dizajn je izvučen iz svog konteksta, uzimajući u obzir životnu sredinu, tradiciju i tehnologiju. Ovaj inicijalni nacrt ilustruje integraciju ovih elemenata.

Inspiracija je proizašla iz tradicionalne tehnologije, koja se kroz vjekove pokazala dobrom u cilju postizanja potrebnog komfora u pustinji. Sve ove ideje su učestvovala u procesu traženja finalnog oblika kao arhitektonske definicije i korijen principa performansi. Iako su stvorene iz jednostavnih inspiracija, pomenute ideje su rasle i postale ambicioznije i kompleksnije u arhitektonskom smislu.



Slika 1. Al-Bahr kule

Vjetar je predstavljao jedan od značajnijih faktora uticaja na dinamičku fasadu kula. Iz tog razloga je sproveden niz ispitivanja u aerodinamičkim tunelima na različitim jačinama, kako bi se simulirala kombinacija naleta vjetra na zgradu uopšte, i lokalno na Mashrabiya jedinice.

Glavni potporni okvir sistema je dizajniran da traje 50 godina. Ostale komponente kao što su pokretači i oslonci, dizajnirani su za minimum 15 godina, kada će ih biti potrebno zamijeniti.

Pogon mehanizma Mashrabiya jedinice je centralno-pozicionirani električni aktuator sa navojima, koji prilikom rada troši vrlo malo energije (svaki motor koristi manje energije od obične sijalice). Aktuator ima hod koji dostiže 1000 mm, što omogućava savijanje mehanizama i obezbjeđuje do 85% čistog otvorenog dijela. Svi mehanički spojevi su izradjeni od nautički provjerenih teflon ležaja.

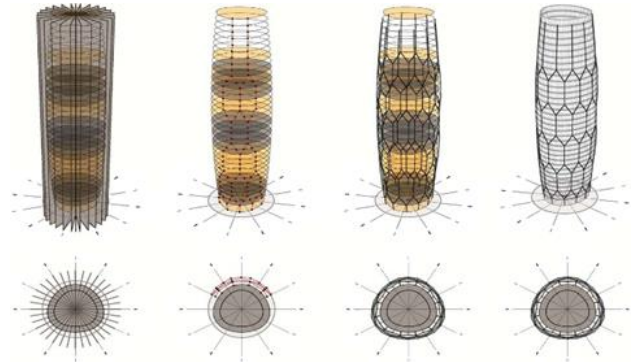
Sistemi dinamičkog zasjenjivanja nisu novi, a razvoj sistema kao što je Mashrabiya obično se primjenjuje na projektima manjih razmjera, gdje se lakše upravlja rizicima. U slučaju Al-Bahr kula iz upravo iz navedenih razloga, projektantski tim se suočio sa kombinacijom kompleksnih izazova.

Dizajn i izgradnja Al-Bahr kula podrazumijevali su stvaranje jedinstvenog rješenja velikih razmjera, koje je zahtijevalo pažljiv dizajn, inženjering i optimizaciju kako bi se kontrolisali troškovi. Bilo kakve koristi, prednosti ili druga pravdanja za svaki pojedinačni element, predstavljala su izuzetan izazov, koji se zasnivao na srodnim troškovima i povratnoj vrijednosti projekta. Prethodno racionalizovana priroda inovativne dinamične fasade, sa fokusom od samog početka na "dizajnu sa konstruktivnim pristupom", omogućila je smanjenje otpada materijala. Dijeljenje dizajnerskih principa kroz CODE, igralo je veliku ulogu u ovom postignuću.

Složena priroda geometrije zgrade i dinamično ponašanje mehanizovanih jedinica značilo je da se komponente povezuju u brojnim konfiguracijama. Zbog toga je bilo veoma važno usvojiti pristup "univerzalnog dizajna", gdje bi veze i interfejsi bili dizajnirani tako da se prilagode što većem broju scenarija. Ovo je ograničilo složenost u vezi sa jedinstvenim veličinama, dok je smanjilo broj jedinstvenih građevinskih rješenja.

Ovaj pristup se sasvim dobro primjenjuje na parametarski dizajn, uključujući različite pakete poput Grasshopper, Digital Project (CATIA), Tekla, Inventor i SolidWorks,

između ostalih. Omogućeno je direktno izvlačenje podataka sa digitalnih modela, radi kontrole CNC mašina za izradu. Upotrebom CODEa je omogućena efikasna koordinacija više od petnaest različitih softverskih paketa korišćenih sa različitih strana.



Slika 2. Zid-zavjesa Al-Bahr kule i konstrukcija u obliku saća

Princip zamračivanja je najefikasniji kada je direktno usmjeren ka sunčevim zracima, npr. ortogonalno. Zamračujući element mora bacati sijenku svih svojih ivica na susjedni element zamračivanja, kako bi se izbjegli direktni sunčevi zraci koji padaju na prozorsko staklo iza njih. Međutim, s jedne strane, pomjeranje sunčeve svjetlosti dovodi do padanja sunčevih zraka na zid-zavjesu u svim smjerovima. S druge strane, nemaju svi direktni sunčevi zraci (koji prodiru u unutrašnjost zgrade) uticaj na sveukupne performanse omotača. Konfiguracija zasjenjivanja je bazirana na optimizovanoj kategorizaciji sunčevih zraka.

Geometrija mora izbjeći značajno izvrtanje, savijanje i istezanje komponenti, dok ide od jedne konfiguracije otvaranja do druge, kako bi se smanjio rizik od preklapanja i nisko-frequentnih vibracija, koje mogu potpuno srušiti sistem, naročito na visokim nivoima. Ovo je razlog za usvajanje origami rješenja sklapanja, u kojem sve komponente zadržavaju svoje geometrijske karakteristike.

Pored prednosti strukturne čvrstine i sposobnosti savijanja, trouglasti oblik svake dinamične Mashrabiya jedinice, znači da se ona nalazi na bilo kojoj geometrijski složenoj površini (princip triangulacije), bez potrebe za hladnim oblikovanjem ili preklapanjem da bi se jedna spojena dinamična jedinica uklopila pored druge.

4. PRIMJENA DINAMIČKE FASADE NA MUZEJU GRADA HERCEG NOVOG

Osnovni koncept formiranja dinamičke fasade na muzeju grada Herceg Novog ogleda se u primjeni Mashrabiya jedinica kao elementa koji je svojim karakteristikama i osobinama odgovorio na sve zadate kriterijume u cilju stvaranja komfora u unutrašnjem prostoru muzeja.

4.1. Analiza lokacije

Podneblje Boke Kotorske ima mediteransku klimu, čije su osnovne odlike suva i topla ljeta i blage zime. Sam Herceg Novi ima specifičnu mikro klimu koja je uslovljena izuzetno dobrom južnom ekspozicijom, blizinom mora, krečnjackom podlogom i planinskim zaledem, koje sprečava prodor hladnih vazдушnih masa.

Zbog svega toga Herceg Novi ima vrlo visoku prosječnu godišnju temperaturu vazduha koja iznosi 16,2 °C i čak prosječno godišnje oko 200 sunčanih dana. Ljeti, u julu i avgustu, grad ima prosječno 10,7 sunčanih sati dnevno. Karakteristična su, takođe, i mala temperaturna kolebanja tako da je prosječna dnevna oscilacija temperature samo oko 4 °C.

Navedene klimatske karakteristike i spoljašnji faktori uslovljavaju upotrebu ovakvog tipa dinamičke fasade. Bilo je potrebno posebnu pažnju posvetiti zaštiti od spoljašnjih uticaja sunca, vjetera, vlage, kiše i uticaja soli zbog blizine mora.

4.2. Osnovna ideja i koncept muzeja

Glavna ideja, na kojoj je zasnovan koncept objekta, jeste kretanje kroz muzej, stvaranje ambijenata kao i omogućavanje vizura prema moru i botaničkoj bašti, koje predstavljaju jedinstvene kvalitete. U cilju ostvarivanja ove ideje i zbog potrebe savladavanja visinske razlike, nametnulo se formiranje rampe, kao najpovoljnijeg rješenja zadatog cilja.

Naime, osim osnovne funkcije (savladavanje visine) rampa u određenim djelovima postaje prostor za izlaganje eksponata (na sjevernoj strani), zbog svoje pozicije na južnoj strani (izlazi van gabarita objekta) omogućava vizure posjetilaca prema moru i botaničkoj bašti, što penjanje čini veoma interesantnim. Svi vizuelni doživljaji na koje posjetilac nailazi prilikom kretanja kroz prostor muzeja, ne ostavljaju ga ravnodušnim i drže pažnju tokom cijelog obilaska.

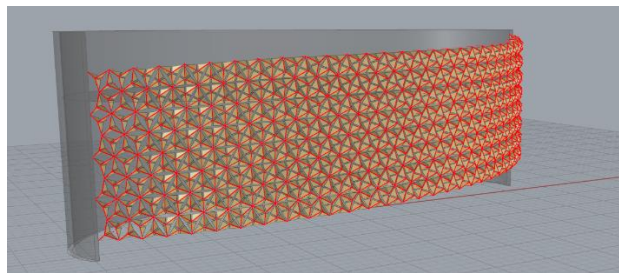
Objekat je sastavljen iz dvije međusobno povezane cjeline – centralni prostor (koji se proteže po svim etažama i namijenjen je izlaganju eksponata i potrebnim pratećim sadržajima) i rampama (koje osim što predstavljaju glavne vertikalne komunikacije, ujedno omogućavaju prelijepu vizuru ka moru i botaničkoj bašti i obezbjeđuju dodatni prostor za izlaganje eksponata). Objekat je elipsoidnog oblika, sastavljen iz tri elipse koje su međusobno zarotirane. Objekat je spratnosti S+P+3. Muzej je projektovan da prati nagib terena i njegove karakteristike.

4.3. Primjena Mashrabiya jedinica na konkretnom primjeru

Detaljnim istraživanjem načina funkcionisanja i primjene Mashrabiya jedinica na Al Bahr kulama, pojavila se ideja o primjeni navedenog dinamičkog fasadnog sistema na objektu muzeja grada Herceg Novog u cilju doprinošenja održivom načinu života, stvaranju zdrave životne okoline, što bolje energetske efikasnosti i postizanju visokih estetskih ciljeva.

Zbog svih pogodnosti i povoljnih atributa koje posjeduje Mashrabiya jedinica, ali i zbog sličnosti sa geometrizovanom rozetom, stvorila se mogućnost i potreba njene primjene na južnoj strani objekta (u visini od tri etaže) gdje je osim funkcionalne i zaštitne uloge, u potpunosti zadovoljila i estetske zahtjeve.

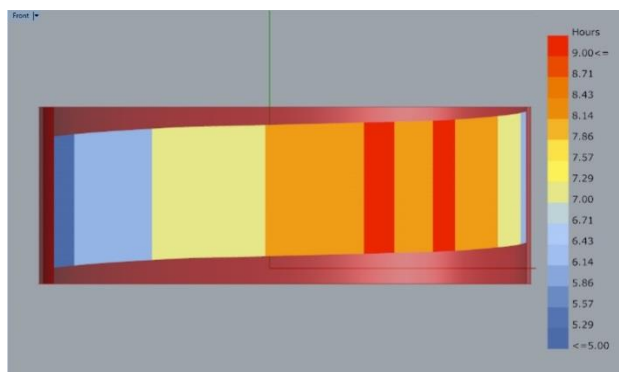
Broj Mashrabiya jedinica na južnoj fasadi muzeja iznosi 456 (Slika 3). U cilju postizanja ravnoteže i cjelovitosti u estetskom smislu, na kamenoj fasadi sa sjeverne strane objekta (koja ne posjeduje prozorske otvore) je primijenjen samo skelet Mashrabiya jedinica.



Slika 3. Generisane Mashrabiya jedinice u južnoj fasadi muzeja (Rhinceros + Grasshopper)

4.3.1. Analiza osunčanosti kroz primjenu paketa LADYBUG-a (Grasshopper)

Da bi primjerna Mashrabiya jedinica bila opravdana, bilo je neophodno prije svega izvršiti potrebne analize. Najznačajniji faktor uticaja koji ujedno predstavlja i polaznu tačku jeste insolacija fasade predmetnog objekta. Programski paket koji omogućava vršenje te analize sa potrebnim izlaznim parametrima je Ladybug tools - dodatak Grasshopperu (Slika 4).



Slika 4. Rezultat analize osunčanosti primarne geometrije (prednje fasade) - (Grasshopper + Ladybug)

Kao rezultat izvršene analize, dobijen je spektar boja na Medjuspratnoj ploči objekta (od plave do crvene) koji u zavisnosti od nijanse predstavlja satnicu izloženosti iste Suncu.

Na osnovu rezultata i vrijednosti preuzetih iz analize osunčanosti prednje fasade, u već definisanim centralnim tačkama panela, generisani su radiusi krugova koji su promjenjivi u zavisnosti od dužine trajanja izloženosti određene tačke Suncu. Radijus kruga je veći što je satnica osunčanosti duža.

Generisani radiusi krugova promjenjivih vrijednosti predstavljaju ulazni podatak za određivanje ugla otvorenosti Mashrabiya jedinica.

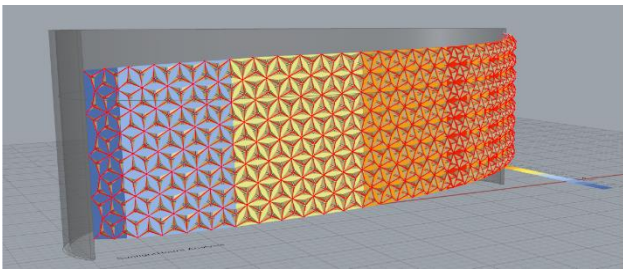
4.3.2. Formiranje fasade primjenom paketa Rhinceros i Grasshopper

U daljem procesu projektovanja bilo je neophodno formirati digitalni model koji bi omogućio direktno izvlačenje podataka i sagledavanje mogućnosti dinamičke fasade. Primjenom Rhinceros i Grasshopper paketa omogućena je parametarska kontrola zadatih podataka i generisanje promjena na predmetnoj geometriji a da se u isto vrijeme zadrže principi osnovnog koncepta.

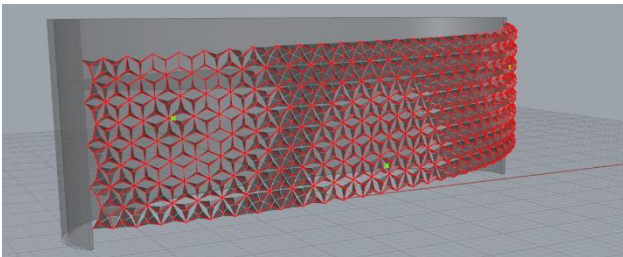
U ovom radu su razradjena tri faktora koji utiču na ugao i dinamiku otvaranja Mashrabiya jedinica, i to:

1. Nivo osunčanosti prednje fasade (Slika 5);
2. Udaljenost panela u odnosu na zadate tačke (geometrije) - (Slika 6);
3. Mogućnost manualnog zadavanja broječnih vrednosti (putem slajdera) u cilju definisanja ugla otvaranja Mashrabiya jedinica u vandrednim situacijama (oluja, naleti vjetra, jaka kiša i dr.)- (Slika 7);

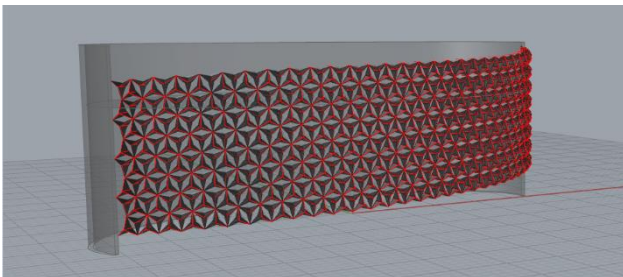
U cilju testiranja Grasshopper koda za formirani fasadni sistem, bilo je potrebno uvesti neki faktor nezavisan od spoljašnjih prirodnih uticaja. Izabrane su dvije nasumične tačke koje prikazuju mogućnost otvaranja panela na precizno odredjenim lokacijama. Ovakav pristup može biti interesantan kada je potrebno naglasiti (otvoriti ili zatvoriti) željene djelove fasade manualnim rukovanjem.



Slika 5. Dio koda iz Grasshopper paketa koji se odnosi na otvaranje ugla panela u zavisnosti od nivoa osunčanosti (Rhinceros + Grasshopper).



Slika 6. Dio koda iz Grasshopper paketa koji se odnosi na definisanje ugla otvaranja u zavisnosti od udaljenosti panela od zadate tačke (Rhinceros + Grasshopper).



Slika 7. Dio koda iz Grasshopper paketa koji se odnosi na zadavanje broječnih vrijednosti ugla otvaranja Mashrabiya jedinica putem slajdera (Rhinceros + Grasshopper).

5. ZAKLJUČAK

Preklapanje prostora sa različitim sadržajima, otvorenost ka spoljašnjosti i transparentnost kao način povezivanja kulture sa korisnikom, objekta sa svjetlošću, fasade sa suncem je omogućeno primjenom dinamičke fasade.

Projekat se bazira na neraskidivoj vezi sa prirodom – suncem i energijom koja kreira njegov tok života. Prenošenjem te energije na unutrašnji prostor muzeja, svaki element predstavlja eksperiment ozvaničen u unutrašnjosti, gdje dolazi do neočekivanog susreta sa osnovnim djelovima zgrade – podom, zidom, plafonom.

Dinamični Mashrabiya solarni paneli otvaraju nove mogućnosti iz oblasti adaptirajućih građevinskih sistema i razvijaju inovativne ideje. Ovaj novi pristup ima značajne kvantitativne i kvalitativne benefite i u proizvodno-građevinskom, ali i dizajnerskom procesu u cilju stvaranja što komfornijeg prostora za korisnike.

Ovaj metod nudi put koji ohrabruje razvoj i izradu naprednih inovativnih sistema. Dinamička arhitektura je sposobna da da automatizovane odgovore na spoljašnje izvore informacija, kako bi se postigao sistem visokih performansi.

6. LITERATURA

- [1] Peter Oborn, *Al Bahr Towers: The Abu Dhabi Investment Council Headquarters*, Wiley, United Kingdom, November 2012.
- [2] Russell Fortmeyer i Charles Linn, *Kinetic Architecture: Designs for Active Envelopes*, The Image Publishing Group, Victoria, 2014.
- [3] Helmut Köster, *Dynamic Daylight Architecture: Basics, Systems, Projects*, Birkhäuser Architecture, June 2004.

Kratka biografija:



Anja Marković rođena je u Beranama 1992. godine. Završila SPECIJALISTIČKE studije – PROJEKTANTSKI smjer 17.12.2014. na Arhitektonskom fakultetu u Podgorici. U septembru 2015. godine upisala master studije na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, na departmanu za digitalne tehnike, dizajn i produkciju u arhitekturi i urbanizmu, dizajn enterijera. Do današnjeg dana zaposlena u „Pizzarotti Montenegro“ kompaniji koja predstavlja glavnog izvođača radova na projektu Porto Novi (projekat luksuznih i prostranih rezidencija) u Kumboru.
Kontakt adresa:
anja.markovic0303@gmail.com