Održivo ozelenjavanje fasada

Tupek, Denis

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:401308

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

University North Digital Repository

Sveučilište
Sjever

Završni rad br. 348/GR/2019

Održivo ozelenjavanje zgrada

Denis Tupek, 4250/601

Varaždin, ožujak 2019. godine

Sveučilište Sjever

Odjel za Graditeljstvo

Završni rad br. 348/GR/2019

Održivo ozelenjivanje zgrada

Student

Denis Tupek, 4250/601

Mentor

Antonija Bogadi, dipl. ing., pred.

Varaždin, ožujak 2019. godine

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3, HR-42000 Varaždin

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL: Odjel za graditeljstvo

STUDIJ: preddiplomski stručni studij Graditeljstvo

PRISTUPNIK: Denis Tupek | MATIČNI BROJ: 4250/601

DATUM: | KOLEGIJ: Završni radovi i instalacije u graditeljstvu

NASLOV RADA: Održivo ozelenjavanje fasada

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU: Sustainable Greening and Renovation of Facades

MENTOR: Antonija Bogadi | ZVANJE: predavač

ČLANOVI POVJERENSTVA:
1. prof.dr.sc. Božo Soldo
2. mr.sc. Vladimir Jakopec, predavač
3. Antonija Bogadi, predavač
4. dr.sc. Aleksej Aniskin, viši predavač
5.

Zadatak završnog rada

BROJ: 348/GR/2019

OPIS:

Pristupnik u Radu treba istražiti tekuće trendove izvedbe zelenih fasada pri rekonstrukciji postojećih zgrada. Potrebno je opisati tehnologiju različithih vrsta zelenih fasada, sa građevinskog i ekonomskog aspekta te aspekta zaštite okoliša.

Sa građevinskog aspekta potrebno je opisati karakteristične arhitektonske detalje te postupak izvedbe na postojećoj zgradi.

Sa ekonomskog aspekta potrebno je opisati najčešće korištene poslovne modele proizvodnje, prodaje i izvedbe zelenih fasada te odnose dobivenih i uloženih financijskih sredstava obzirom na uštedu energije za grijanje i hlađenje na studiji slučaja.

Nadalje, u Radu je potrebno analizirati utjecaj zelenih fasada na okoliš i ulogu zelenih fasada na smanjivanje utjecaja klimatskih promjena, npr. na gradske toplinske otoke, upravljanje oborinskim i sivim vodama, utjecaj na biodiverzitet i kvalitetu zraka.

ZADATAK URUČEN: 05.03.2018 | POTPIS MENTORA:

SVEUČILIŠTE SJEVER

Predgovor

Pred urbanim ljudskim zajednicama koje se zalažu za svoju samodostatnost, ne preostaje nikakva alternativa koja bi parirala terminu održivog načina života te je jedino pitanje vremena kada će ona u potpunosti zaživjeti. Svi znamo, kako projektiranje, izgradnja, korištenje te povremeno održavanje zgrada ostavlja za sobom veliki ekološki otisak. A tako je diljem svijeta, jer se neprestano gradi, prenamjenjuje, održava i naposlijetku ruši. Veliki je izazov, u današnje vrijeme graditi ekološki prihvatljive konstrukcije i konstrukcijske sisteme u koje ulaze i sistemi zelenih zidova, u kojima se poduzima svaka korisna radnja koja bi vodila do samanjenja prvotne uložene energije što bi značilo da već u samoj proizvodnji smanji korištenje neobnovljivih izvora energije što za rezultantu dobiva smanjenje stvaranja zagađenja, smanjuje razliku između uložene i dobivene energije, koju čovječanstvo pokušava „ukrotiti“ i za nju pronaći, kao takvu, novi smisao i oblik u životnome ciklusu, sada već, u mislima, nekoga novoga proizvoda. Što hoće dati na promišljanje kako današnji objekti, koji čine društvenu jezgru ljudskim zajednicama,su tvorevine koje na Zemlji zamjenjuju vegetaciju i samim time negativno utječu na klimu nekoga područja i njegovu bioraznolikost. Mijenjamo rapidno ovaj svijet, utječemo na sve prirodne strukture na zemlji i unutar nje svojom intervencijom u prostoru koja nije usklađena sa zemljinim kapacitetima te se danas nalazimo u situaciji kako trošimo više resursa nego što ih planet može proizvesti i obnoviti.

Na pitanje kako povećati korisnicima, posjetiteljima i prolaznicima ugođaj prostora što znači time utjecati na njihovo fizičko i psihičko zdravlje, samim time i na osjećaj sigurnosti, kroz svoj jedinstveni dizajn živi zidovi mogu predstavljati ljudski napredak, shvaćanje prirodne raznolikosti i implementaciju iste kroz provedbunovoosmišljenih, davno negdje zabilježenih, sistema koji bi čovjekovu realnostsofisticirali i učinili je dostupnom društvenoj zajednici potičući tako obnovu flore i faune određenoga prostora. Kao jedan od takvih zahvata, koji potiče zeleno gospodarstvo i razvoj, a samim time i održivi koncept koji nudi brojne mogućnosti, kako u društvenoj tako i u ekonomskoj dimenziji sa naglaskom da je priroda i životna sredina zaštićena. Sisteme vertikalnog ozelenjavanja potrebno je dodatno istražiti i poticati njihovu implementaciju u prostoru.

U vjerovanju kako može povećati energetsku učinkovitost ovojnice svakoga objekta, te povećati osjećaj ugode kod korisnika, stvoriti prirodnije okružje čovjeku i stanište brojnim drugim dobroćudnim bakterijama, insektima i ostalim životinjamapotrebno je objediniti sisteme zelenih zidova kao sisteme koji će nas povesti u racionalniju ibioraznolikijubudućnost koja nudi širu lepezu društvenih i ekonomskih interesa te vraća prirodi oduzeti zeleni pokrov, što čini veliku razliku kada se uspoređuje sa slučajem klasične arhitekture koja, često se to može vidjeti

na našim prostorima, djeluje monotono a kad nije takav slučaj i suvremena gradnja je u pitanju, djeluje jednostavno hladno u prostoru ako nema adekvatan spoj sa pejzažom. Zelene fasade, zeleni krovovi, kao dijelovi pasivnih zelenih tehnologija, trebali bi postati naš odgovor kako bi objekti mogli dodatno poboljšati kvalitetu zraka u urbanim područjima sa prekomjernim prometnim zagađenjem. Tijekom ljetnog perioda svakako bi pomogli ublažiti podnevnu žegu jer bi služili kao sjenilo i pomoću procesa evapotranspiracije vraćali ugodnu vlažnost zraka natrag u okružje.U Završnom radu, nastojati ću obraditi i objediniti, prikazati i dati osvrt na postojeće vertikalne zelene sustave i ukazati na njihovu višestruku korist kroz prizmu održivog razvoja temeljenog na spoznajama iz permakulture, koja služi kao alat za postizanje istinskog održivog razvoja, jer kao opsežni projekt uključuje široku zajednicu i traži kontinuirani nadzor i angažman specijaliziranih ljudi za sveopću dobrobit.

Zahvale,

Još bih se htio ovako, pismeno, zahvaliti mojim najdražim ljudima koji su bili uz mene kroz ovo turbulentno razdoblje moga naukovanja, koje neće prestati ovim radom,koje se,dapače, odužilo jer drugačije to nisam znao, a potajno niti želio! Veliko hvala mojoj majci Mariji koja je svojom nepokolebljivom ustrajnošću ipak doprjela do srži svih problema i najviše mipokazala kako je vjera u uspijeh, najbitniji faktor svega što činim u svome životu. Ocu Zlatku, kojem je životni moto: *acta nonverba,* koji mi je usadio pozitivan stav i tražio od mene izvrsnost u onome što ću u budućnosti osobno raditi. Jedno hvala i mome jedinom bratu Danijelu koji je svojom bujnom osobnošću pomogao pribjegu od prosječne misli i djela!

Zahvaljujem svakom profesoru, prijatelju, znancu, koji je pružio vid podrške, vraćao na ispravni put i zaželio daljnji uspjeh u naumu te djevojci Mariji koja me prepoznala kao dobrog čovjekate samim prihvaćenjem mene kao takvog,poticala moje daljnje usavršavanje i dovršavanje započetoga.

Jedno veliko hvala mentorici; Antoniji Bogadi, koja me posebno inspirirala kroz svoje kolegije, predočila širinu moje vlastite mogućnosti te ukazala na put kojega u datom trenutku nisam vidio te samim time oplemenila moju misao za cijeli život!

Za mene je ovo veliki korak i gledam na ovaj rad kao veliki osobni uspjeh te se još jednom zahvaljujem svima koji su mi pomogli pri uspinjanju,po toj, osobnoj, životnoj stepenici.

Potpis studenta

_____

Sažetak

Sistemi zelenih zidova su jedno od rješenja koja mogu obnoviti ovojnicu objekta, smanjiti potrošnju energije za grijanje i hlađenje te povećati ekološke dobrobiti u gusto naseljenim zajednicama. U radu je prikazana podjela sistema zelenih zidova na zelene fasade i sisteme živućih zidova. Opisani su pojedini dijelovi sistema zelenih zidova te je objašnjen proces instalacije i održavanja istog. Pobrojane su brojne prednosti koje se vežu uz instalaciju takvih sistema od kojih profitiraju pojedinac i grad. Dan je osvrt na održivi razvoj i iznesena je analiza dobiti i troškova te se ocjenjuje ekonomska održivost zelenih zidova. Također, obrađena je studija slučaja bazirana u Londonu u kojoj su prikupljeni fizikalni podatci o utjecaju sistema zelenog zida na okoliš kao i dojmovi sudionika ankete.

Ključne riječi:

Sistemi zelenih zidova, zelene fasade, sistemi živućih zidova, bioraznolikost, ušteda energije, urbani toplinski otok, vegetacija, potporni sustavi, navodnjavanje, supstrat, održivi razvoj

Abstract

Green wallsystems are one ofthesolutionsthatcanrebuildtheenvelopeofthebuilding, reduceenergyconsumption for heatingandcoolingandincreaseecologicalbenefitsindenselypopulatedcommunities. Thepaperpresentsthedivisionofthe system ofgreenwallsintogreenfaçadesandsystemsoflivingwalls. Some partsofthegreenwall system are describedandtheprocessofinstallingandmaintainingthe same isexplained. Numerousbenefitshavebeengainedwiththeinstallationofsuchsystemsthatbenefit one individualandthecity. Ithasbeengiven a reviewofsustainable development andancostbenefitanalysisispresentedandeconomicsustainabilityofgreenwallsisassessed.Also, a casestudybasedin London wascollected, inwhichphysical data werecollectedabouttheimpactofthegreenwall system on theenvironmentandtheimpressionsofthesurveyparticipants.

Keywords:

Green wallssystems, greenfacades, livingwallsystems, biodiversity, energysaving, urban heatisland, vegetation, supportsystems, irrigation, substrate, sustainable development

Popis korištenih kratica

g.pr.Kr – godine prije Krista

st. – stoljeće

LWS – sistem živućih zidova

l – litra

kg – kilogram

kg/m^2– kilogram po metru kvadratnom

cm – centimetar

HDPE - polietilen visoke gustoće

pH– mjera kiselosti

tj.– to jest

UN–Ujedinjeni narodi

EU – Europska Unija

CO_2– ugljikov dioksid

NO_2– dušikov dioksid

SO_2– sumporov dioksid

dB– jakost zvuka

CBA–analiza troškova i dobiti

NPV–neto sadašnja vrijednost

IRR–unutarnja stopa povrata

PBP– razdoblje povrata

€/m–eura po metru dužnom

€/m^2–eura po metru četvornom

° C – stupnjevi celzijusa

Sadržaj

1. Uvod 1

1.1. Predmet rada 1
1.2. Cilj Završnog rada 2
1.3. Struktura rada 2
1.4. Metode istraživanja 3

2. Sistemi zelenih zidova 4

2.1. Definicija 4
2.2. Povijest zelenih zidova 4
2.3. Tipologija 6

3. Dijelovi živućeg zida i njegove karakteristike 17

3.1. Potporni elementi 17
3.2. Supstrati i vegetacija 17
3.3. Navodnjavanje i odvodnja 18
3.4. Instalacija i održavanje 20

4. Održivi razvoj i zeleni zidovi 21

4.1. O održivom razvoju 21
4.2. Koristi od zelenih zidova 23

5. Analiza slučaja – primjer iz Londona 31

5.1. Svrha analize i istraživačko pitanje 31
5.2. Metodologija 31
5.3. Studije slučaja 31
5.4. Instrumentacija za toplinsko praćenje 33
5.5. Prikupljanje podataka 33
5.6. Rasprava i analiza 34
5.7. Rezultati mjerenja 36
5.8. Rezultati mjerenja vjetra 39
5.9. Anketa 40

6. Zaključak 43
7. Literatura 46
Popis slika 48
Popis prikaza i tablica 50

1. Uvod

1.1. Predmet rada

Ozelenjavanje ovojnice objekta je prilika za vraćanje raznolikosti okoliša u gusto naseljenjim urbanim područjima. Općenito, glavne prednosti koje nude takvi sistemi živuće biljne ovojnice zgrade u pogledu okolišne prakse, ekonomije i socijalnih aspekata su smanjenje otpuštanja stakleničkih plinova, adaptacija na promjenu klime, poboljšanje kvalitete zraka te poboljšanje uvjeta ugodnosti, kako u zatvorenom prostoru tako i vani uz povećanu bioraznolikost.

Ljudska težnja za stvaranjem skolništa datira daleko u povijest gdje su prvi graditelji počeli stvarati iznimno složene strukture kako bi se zaštitili od vanjskih utjecaja i prirodnih nedaća. Pri tome su koristili raznolike materijale poput kamena i drva koje su logičkim slijedom slagali te tako stvarali prve domove te su formirali prve zajednice. Postepenim tehnološkim razvitkom, ljudi su postepeno usavršavali materijale za svoja skrovišta. Jedan od načina zaštite ovojnice od prekomjernog zagrijavanja tijekom ljeta definitivno je bilo sađenje biljaka tik uz vanjske zidove. To možemo nazvati tradiconalnimozelenjavanjemovjnice objekata. Kako je danas uvriježeno da zgrade i ostali objekti troše velike količine energije prilikom projektiranja, građenja, samoga korištenja te na kraju rušenja, današnji arhitekti i inženjeri traže načine kako dizajnirati i graditi ekološki skladno koliko god i gdje god je to moguće, s minimalnim korištenjem neobnovljivih izvora i minimalnim stvaranjem zagađenja. Puno se objekata već izgradilo i mongi će se još graditi te u gradovima dolazi do potpunog iskorištavanja slobodnog horizontalnog prostora a samim time se čovjeka, koji boravi u takvom okruženju, udaljava od prirode za koju je iskonski vezan. Urbanisti stoga traže nova područja za postavljanje zelene infrastrukture. Tako se nameće vertikalno ozelenjavanje kao jedan od vidova zelene infrastrukture koji ne zauzima velike horizontalne površine već se nadovezuje na već izgrađeni prostor te doprinosi harmoniji u ljudskom umui ostvaruje veliki potencijal u ublažavanju urbanog toplinskog otoka, reducira generiranu buku od prometa i postrojenja te obogaćuje izgrađeni krajolik i pospješuje kakvoću zraka te stvara nova staništa za insekte i ptice.

Trenutni sistemi za ozelenjavanje ovojnice zgrada nisu samo površine prekrivene vegetacijom. Postoji nekolicina sistema na tržištu, kao što su zeleni krovovi i zeleni zidovi, koji sa implementiranom tehnologijom pospješuju njihove performanse i izdržljivost. Zeleni zidovi imaju veći potencijal nego zeleni krovovi, uzimajući u obzir da u urbaniziranim centrima površina pročelja može bitinekolicinu puta veća od tlocrta objekta. Tako da takvi sistemi mogu biti pasivna solucija za prekrivanje pročelja koja doprinosi održivom korištenju zgrade. Vegetacija ima potencijala za poboljšanje mikroklime čak i u zimskom periodu, služeći kao

dopunski izolacijski sloj, te ljeti, pružajući hlad vanjskim zidovima a tu je prisutan efekt evapotranspiracije koji dodatno doprinosi smanjenju sunčeve radijacije na objekt i njegovu okolinu.

Svijesni smo da trenutačno svijet svjedoči rapidnom ekonomskom rastu, pogotovo nakon Drugog svjetskog rata, razvoj urbanih područja je promjenio profil zemljine površine, zamjenio se prirodni krajolik sa izgrađenim nepropusnim površinama koje su uzrokovale povećanje temperature u odnosu na okolna ruralna područja. Razvoj prometne infrastrukture, osim što nas je međusobno bolje povezao, vuče za sobom i niz negativnih obilježja kao što je rascjepkanost prirodnih staništa i povećava brojantropogenih zagađivača te također, kao i zgrade, upija i zadržava te vraća u okoliš toplinu koju je tijekom dana pohranio. S takvim razvojem i promjenama koje se događaju na površini zemlje dolazi do ekoloških problema kao što su suše i zagađenja raznim stakleničkim plinovima. Stoga su biljni zidovi izvrstan način, iako su samo, reklo bi se, djelić u mozaiku rješenja za bolji i održivi razvoj ljudske zajednice.

1.2. Cilj Završnog rada

Ovaj rad za svoju svrhu ima upoznati se sa sistemima vertikalnog ozelenjavanja s naglaskom na živuće vertikalne sisteme, od čega se sve sastoje te koje se dobrobiti dobiju primjenom sistema. Ukratko je opisan koncept održivog razvoja i postavljena je analiza troškova prilikom izvedbe istih te su međusobno uspoređeni kako bi se dalo mišljenje o održivosti.

1.3. Struktura rada

Rad se sastoji od nekoliko temeljnih dijelova. U uvodnom dijelu prikazani su predmet i cilj rada, struktura rada kao i metode istraživanja korištene u istome. Drugo poglavlje donosi pojmovno određenje zelenih zidova, odnosno podjelu istih na zelene fasade i živuće zidove. Potom se rad bavi tematikom dijelova živućeg zida i njegovih karakteristika. Ovdje se objašnjavaju podupirajući elementi, supstrati i vegetacija, način navodnjavanja i odvodnjavanja, instalacija te održavanje.

Četvrto poglavlje donosi poveznicu između zelenih zidova i održive gradnje. U tom segmentu označava se važnost održivog razvoja te društvena, okolišna te ekonomska korist zelenih zidova. Peto poglavlje donosi konkretnu analizu slučaja na primjeru iz Londona. U zaključku su izvedeni svi relevantni zaključci doneseni izradom ovog rada.

1.4. Metode istraživanja

Istraživanje u radu provedeno je temeljem sekundarnih izvora podataka, odnosno temeljem postojeće literature, znanstvenih radova i rezultata istraživanja koja su se provodila od strane renomiranih organizacija i stručnjaka u Hrvatskoj i svijetu. Također, rad je utemeljen na podacima prikupljenim pri istraživanju.

Metode korištene u radu su slijedeće:

- *Induktivna i deduktivna metoda* – budući da induktivna i deduktivna metoda čine jedinstvo, nužno ih je koristiti zajedno.
- *Pojedinačno,* svaka od tih dviju metoda, nisu efikasne i njihovi rezultati nisu pouzdani. Induktivnom metodom služit će kako bi se na temelju pojedinačnih činjenica i spoznaja, kako iz literature tako i iz osobnog iskustva, formirali novi zaključci. Deduktivnom metodom objasnit će se već postojeće činjenice, te ukazati na nove. Također, deduktivna metoda služit će za predviđanje novih događaja.
- *Metoda analize i sinteze* – te dvije metode međusobno se pretpostavljaju i dopunjavaju, prelazeći jedna u drugu u znanstvenom radu. Metodom analize prikupljeni podatci omogućiti će uočavanje, otkrivanje i izučavanje znanstvene istine kako bi se formirali zaključci. Metoda sinteze omogućit će spajanje, odnosno povezivanje podataka, kao i njihovo sistematiziranje u misaone cjeline.
- *Metoda deskripcije* – zapažanje i opisivanje fenomena koja uključuje analizu postojeće literature, dokumentacije, propisa, normi i ostalih dostupnih podataka.
- *Metoda generalizacije* – uopćavanje prikupljenih podataka, odnosno formiranje općenitijeg pristupa zadane problematike.
- *Metoda studije slučaja* – za proučavanje pojedinačnih slučajeva iz prakse

2. Sistemi zelenih zidova

2.1. Definicija

Zelene zidove možemo jednostavno definirati kao zidove pokrivene vegetacijom. Ili malo detaljnije, zeleni zid je zid, samostojeći ili dio građevine, koji je djelomično ili potpuno prekriven sa vegetacijom i u nekim slučajevima s organskim tlom ili anorganskim supstratom za uzgoj. [2]

Činjenica je da se danas na tržištu još uvijek eksperimentira sa različitim sistemima realizacije vertikalnih zelenih zidova. U osnovi svaki sistem mora sadržavati sljedeće: vertikalnu podlogu koja svojm statikom dozvoljava montažu knstrukcije, supstrat specifičan za biljnji materijal, biljni materijal primjeren uvjetima pozicije u prostoru, sistem za automatsko navodnjavanje sprihranom, kanal za sakupljanje viška vode i rasvijetu. [3]

2.2. Povijest zelenih zidova

Od početka ljudskog postojanja čovjek je jasno namjeravomjenjati mikroklimu kako bi ju prilagodio sebi, štiteći se tako od ekstremnih klimatskih uvijeta. Čak i kod prvih dokaza u neolitskim kućama i naseljima očito je da nisu živjeli u potpuno prirodnom okruženju, već su dio prirode transformirali prema svojim potrebama. Ljudi su od pamtivijeka pokušavali napraviti prekrasnu sliku ovojnice građevina pomoću korištenja biljaka. [1]

Koncept zelenih zidova datira u povjest, 600 g.pr.Kr u vidu Babilonskih visećih vrtova, jednim od sedam svjetskih čuda antičkog svijeta i jedinog koji bi mogao spadati u kategoriju legenda. Tako antički pisci opisuju moguću uporabu principa Arhimedovog vijka za navodnjavanje terasatih vrtova. Iz procjena baziranih na opisu vrtova daje se naslutiti da je bilo potrebno 37 000 litara vode na dan za navodnjavanje. Nabukodnosor II je izvijestio kako su koristili masivne kamene ploče kako voda nebi erodirala tlo. [2]



Slika 2.2.2. Viseći vrtovi Babilona

Kratki pregled značajnih godina za sisteme zelenih zidova:

GODINA	ZNAČAJ
300 g. pr. Kr. – 17. st.	Rimljanji vežu vinovu lozu na vrtne rešetke i na zidove od vila. Plemićke kuće i dvorci sa penjajućim ružama su simbol za tajne vrtove
1920.	Britanski i Sjeverno američki pokret za gradske vrtove promiču integraciju kuće i vrta kroz značajke kao što su pergole, rešetkaste strukture i samostalno penjajuće bilje
1988.	Predstavljanje kabelskog sistema nehrđajućeg čelika za zelene fasade
1990.	Kabelski i mrežni sistemi od žice te modularni rešetkasti paneli dolaze na Sjeverno američko tržište
1993.	Prva velika primjena sistema rešetkastih ploča na objektu UnivesalCityWalk u Kaliforniji
1994.	Unutarnji zeleni zid sa sistemom bio filtracije instaliran u Torontu, Kanda u zgradi Canada Life Building
1990. – 2000.	Inovativni hidroponski sustav botaničara Patrick Blanc-a koji je pridobio svjetsku pažnju sa svojim sistemom
2002.	MFO Park, projekt u kojem je instalirano preko 1300 biljaka penjačica

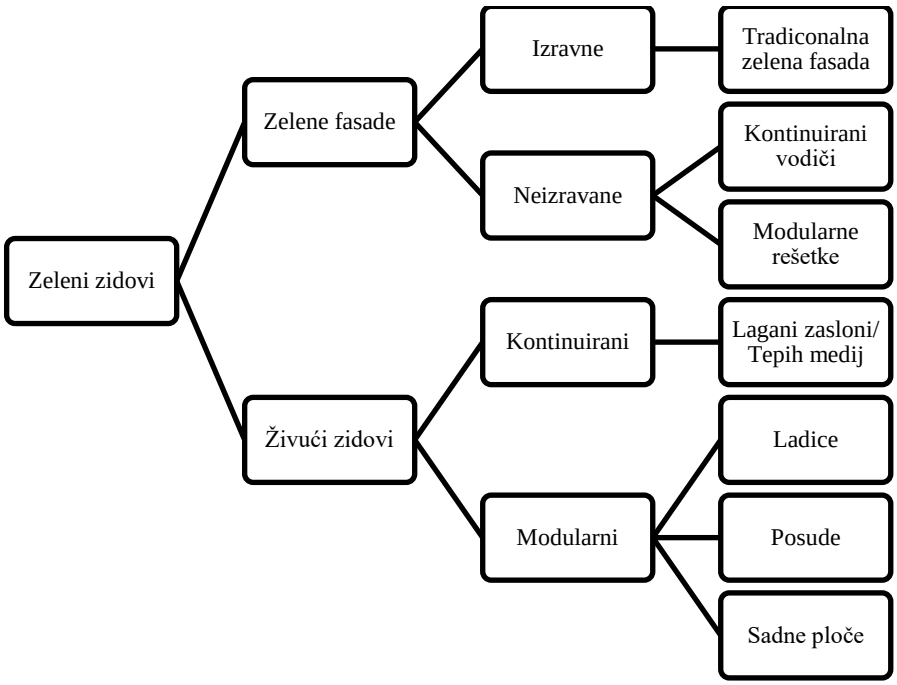
2005.	Japanska vlada sponzorirala je masivnu izložbu Bio Lung. Zid je sadržavao 30 različitih modularnih sistema dostupnih u Japanu
2006.	Nakon promjene građevinskih propisa, Pariz je postao središte novih biljaka i 39 različitih vertikalnih vrtova se pojavilo u gradu

Tablica 2.2.1. Povijesni pregled zelenih zidova

2.3. Tipologija

Dvije su osnovne podjele zelenih zidova: zelene fasade i živući zidovi. [4]

Postoji evidentna razlika između zelene fasade, gdje obično biljke penjačice rastu uzduž zida i pokrivaju ga, i najnovijeg koncepta živućih zidova, koji uključuje materijale i tehologiju za podršku šire raznolikosti biljaka, kreirajući tako jednoliki rast duž površine. [5]



Prikaz 2.3.1. Klasifikacija zelenih zidova prema konstruktivnim karakteristikama

2.3.1. Zelene fasade

Zelene fasade temelje se na primjeni biljaka penjačica ili visećih biljaka duž zida. Takve fasade su najlakši i najednostavniji oblik ozelenjavanja ovojnice. Biljke mogu rasti uz vertikalnu površinu, kao što je to slučaj u tradicionalnom ozelenjavanju, ili rasti silazno, prema dolje po vertikalnoj površini u slučaju kada su ovješene na određenoj visini. Zelene fasade mogu se klasificirati kao direktne ili indirektne. Izravne zelene fasade su one kod kojih su biljke privržene izravno na pročelje. Indirektne su pak one koje sadrže konstrukciju koja podupire rast biljaka.

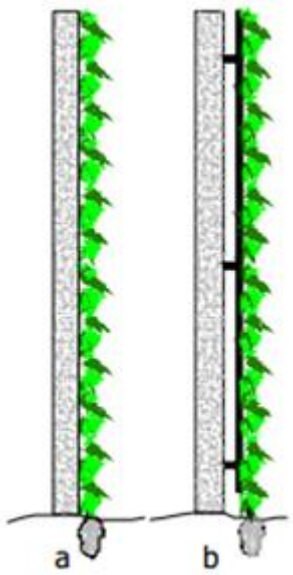
Tradiconalne zelene fasade su smatrane izravnim sistemom ozelenjavanja koji se sastoji od samoprijanjajućih biljaka penjačica, sađenih izravno u tlo.

Zelene fasade također možemo podijeliti prema mjestu sadanje pa tako poznajemo:

a) Biljke posađene izravno tlo
b) Bijke posađene u posude

a) Biljke posađene izravno u tlo

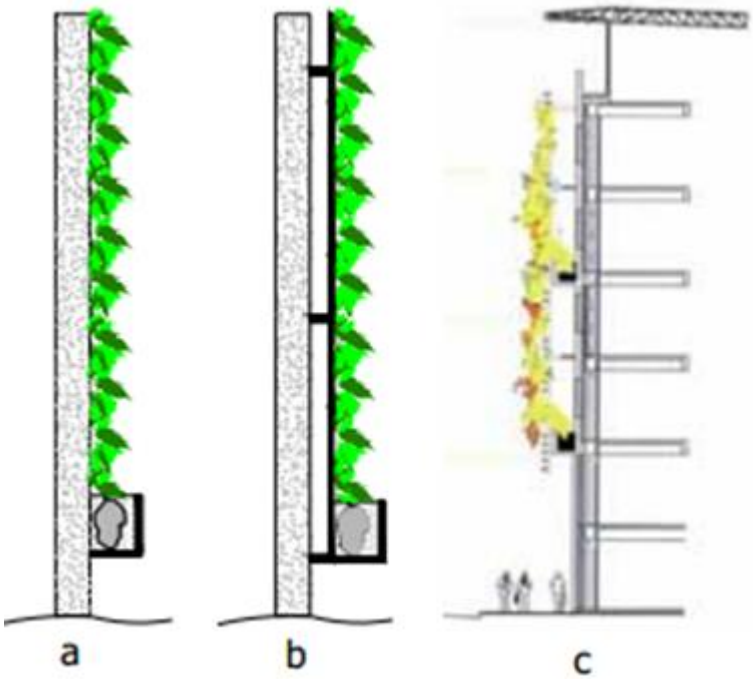
Korjenje biljaka je je izravno u tlu i biljci je dopušteno da raste po fasadi. Znači, biljke rastu prirodnim smjerom prijanjajući se uz pročelje bez sistema koji bi ih podržavo. Ovakvom tipu zelene fasade potrebno je prilično dugo vremena kako bi pokrio cijelu ploštinu pročelja , što naravno ovisi o dimenzijama pročelja i količini biljnih vrsta. Navodnjavanje u ovom slučaju nije potrebno, zato što biljke vodu uzimaju iz prirodnih resursa kao što je kišnica i podzemne vode. Ova kategorija da se podjeliti na sistem samopenjajućih biljaka (izravno po zidu) i biljaka kojima je potrebna potporna konstrukcija za rast (neizravno do zida).[1]



Slika 2.3.1.1. Principi sadnje biljaka u tlo; (a) izravno na zid; (b) neizravno do zida (sa potpornom konstrukcijom)

b) Biljeke posađene u posude

U ovom slučaju biljke rastu iz sadnih posuda koje mogu biti postavljene na različitim visinama po pročelju. Tako mogu biti postavljene u podnožju pročelja, sredini ili na krovu zgrade tvoreći viseći sistem ozelenjavanja. Za ovakve sisteme potrebno je navodnjavanje jer bilje nije posađeno izravno u tlo. Ovakav način ozelenjavanja iziskuje također duži period vremena kako bi prekrilo cijelu predviđenu površinu zida. Pošto korijen biljaka ima limitiran prostor, to se odražava na rast biljaka te je potrebno, u slučaju kada se želi potpuno prekriti visoko pročelje, postavljati posude na svakoj etaži kako bi se kompenziralo potrebno vrijeme za rast biljaka do potpune prekrivenosti pročelja. Također, ovdje su moguća dva principa pridržavanja; izravno prijanjanje ili neizravno sa pomoćnom konstrukcijom.



Slika 2.3.1.2. Principi ozelenjavanja ovojnice sa sadnim posudama a) bilje privrženo izravno na zid b) neizravni princip s pomoćnom konstrukcijom c) neizravno ozelenjavanje, sistem plantažnih posuda iza pomoćne konstrukcije

2.3.2. Sistemi živućih zidova

Živući zidovi (eng. Livingwall system (LWS)) znani još po imenima biozidovi, vertikalni vrtovi, zeleni zidovi [6]su integrirani dio vanjske ovojnice objekta ili unutarnjeg zida. Živući zidovi se sastoje od različitih tipova modula, koji su ovješeni preko nosive konstrukcije na sami zid objekta, u kojima je vegetacija predhodno uzgojena ili jeposađena na licu mjesta, uključujući tako supstrat i sustav za navodnjavanje sa tekućim nutrijentima. [2]

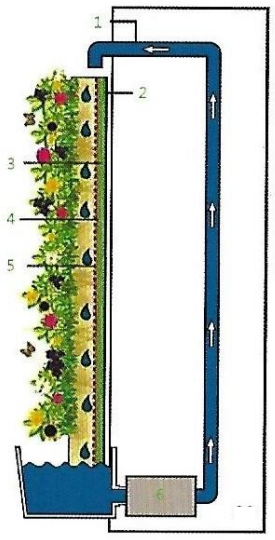
Živući zidovi spadaju u relativno novo oblikovno riješenje [4] zidnih oblaga. Kao takvi, omogućuju integraciju sistema na visoke objekte te im je prednost ta što takvi sistemi omogućuju potpuno pokrivanje površine sa biljnjim materijalom što potiče uniformni razvoj vegetacije duž vertikalne površine, dosežući tako viša područja sa mogučnošću prilagođavanja različitim tipovima građevine. Isto tako pružaju integraciju širom rasponu biljnih vrsta. [5]

Podjela sistema živućih zidova prema načinu postavljanja :

a) Kontinuirani sistem živućeg zida (Insitu)
b) Modularni (prefabricirani) sistemi živućeg zida

a) Kontinuirani sistem živućeg zida (Insitu)

Takvi sistemi se izvode od kokosove, jutene ili umjetne tkanine u više slojeva. [4] u koju se naknadno, individualno, posade biljke. Kontinuirani LWS, znani kao Vertikalni Vrt, ime je dobio od francuskog botaničara PatrickaBlancka, koji je 1988. dizajnirao prvi „MurVegetal'' u Parizu [7] te tako proširio uporabu ovakvog sistema diljem svijeta ukrašavajući tako različite objekte.



Takvi sistemi se zasnivaju na hidroponskom načinu uzgajanja biljaka u kojem biljke uglavnom dobivaju potrebne nutrijente preko kišnice s time da biljkama korijen nije u nikakvom supstratu. Slika2.2.2.1.

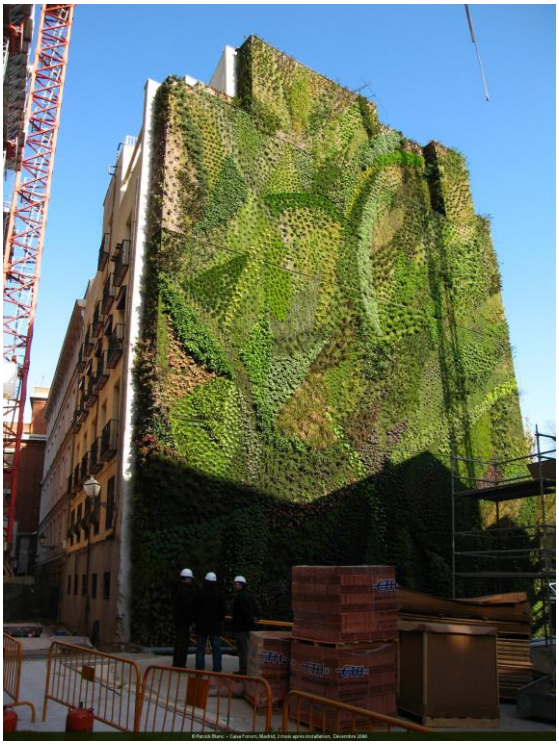
1.Sustav navodnjavanja
2.Vodonepropusna površina (nehrđajući čelik)
3.PVC vodonepropusna membrana
4.Višeslojna tkanina, ne tkana (geotekstil)
5.Mreža za poduporu
6.Pumpa

Slika.2.3.2.1. Vertikalni princip hidroponskog sistema uzgoja biljaka

Slijedeće što će biti prikazano je jedan od brojnih radova poznatog botaničaraPatricaBlancka, koji je izveden pomoću laganih zaslona. Lokacija instalacije je CaixaForumMadrid, Španjolska, izvedeno 2007. godine.(Izvor slika 2.3.2.2.a),b),c),d): /www.verticalgardenpatrickblanc.com)



Slika 2.3.2.2.a)Instalacija vertikalnog vrta, listopad 2006.g.



Slika 2.3.2.2b) Dva mjeseca nakon instalacije, prosinac 2006.g.



Slika 2.3.2.2.c) Vertikalni vrt, lipanj 2007.g.



Slika 2.3.2.2.d) Vertikalni vrt, travanj 2008.g.



Slika 2.3.2.2.e) CaixaForum Madrid, Španjolska, rujan 2014.g. fotograf: Rubén P. Becós(CaixaForum), (izvor:http://www.b-stylemagazine.com/en/caixaforum-madrid-vertical-garden-spanish-capital/)

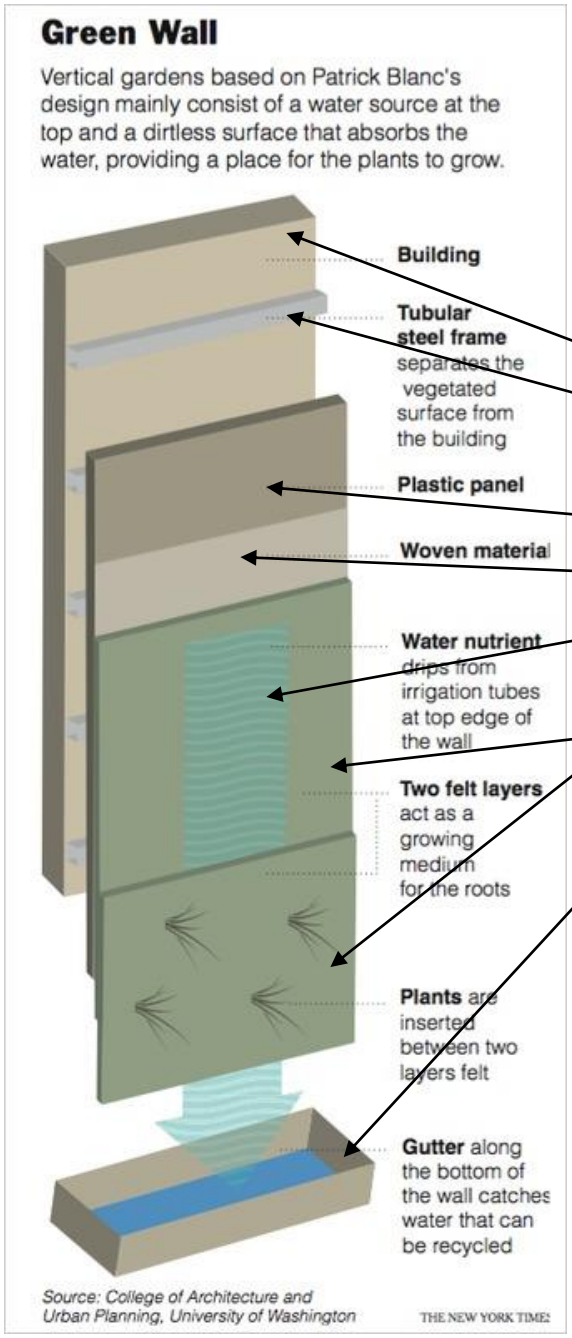
Na 460 kvadratnih metara nalazi se dvjesto pedeset različitih biljnih vrsta i broji ukupno petnaest tisuća biljaka na cijelom zahvatu što daje prosječnu gutoću sadnje od 33 biljke po kvadratnome metru. Na Slikama 2.2.2.1.a),b),c),d)e) je prikazan, također, i uniformni rast biljaka te se zamjećuje kako zelena ovojonicaod završetka instalacije na objektu tvori atraktivno umirujuću podlogu koja posjetitelju pljeniporzornost. Redosljed sadnje biljaka je pomno biran što se najbolje vidi iz *Slika 2.2.2.1.a) Instalacija vertikalnog vrta,listopad 2006.g.,* u kojoj sadni materijal nije postigao puni volumen te se stoga jasno primjećuju geometrijski uzorci i putevi (eng. Pattern) koji omeđuju granice biljnim vrstama.

Ugledni švicarski tim arhitekata Herzog& de Meuron iskoristio je ruševnu elektranu iz kraja 19. stoljeća koja se prostirala na nešto manje od 2000 četvornih metara kako bi stvorili impresivnu novu zgradu kojoj je površina peterostruko veća od prvotne. Zgrada je namjenjena za muzej CaxiaForum i kulturni centar u središtu grada. [7]

Nekada objekt koji je stvarao zagađenje, danas multifunkcionalana, kontrastanai priviđajuće lebdeća zgrada koja svojevrsno jest izložba sama po sebi.

Princip izrade vertikalnog vrta je sljedeći; na vanjski zid se postavlja podupirajući ventilirajući sistem (osbploče,nehrđajuće ploče), na to se postavlja vodonenporpusna folija kako

bi spriječila daljni prodor vode u konstrukciju, slijedi unutarnja tkanina, sustav navodnjavanja, tkanina na koju su prišiveni džepovi ispunjeni netkanim materijalom te vanjska tkanina u kojoj su izrađeni otvori za džepove, za dodatnu sigurnost postavlja se zaštitna mreža. Na samom dnu zelenog zida postavlja se odvodna kanalica te se tako pruža daljnja recirkulacija vode obogaćene sa mineralima i nutrijenitima po sistemu. Potrebno je minimalno $3l$ vode po m^2 zida te on sveukupno teži oko $100kg/m^2$. [1]



Prijevod, Slika2.3.2.2 [8].:

Živući zid

Vertikalni vrtovi bazirani na idejnom riješenju pruženom od PatrickaBlanca većinom se sastoje od izvora vode na vrhu sistema i sadnog medija koji zamjenjuje zemlju, apsorbira vlagu, pruža mjesto biljkama za daljnji rast.

Zgrada

Šuplji pravokutni čelični profil

Odvaja ozelenjenu površinu od zgrade

Plastični (vodonepropusni) panel

Tkanina

Voda sa hranjivim tvarima

Kaplje iz crijeva za navodnjavanje na vrhu zida

Dva sloja tkanine (kokosova, jutena, …)

Preuzima ulogu sadnog medija za korjenje

Žlijeb duž dna zida prikuplja vodu koju zatimpomoću pumperecilkulira natrag u sistem.

Slika 2.3.2.3. Shematski prikaz slojeva kontinuiranog sistema živućeg zida (izvor: http://www.nytimes.com/2010/05/06/garden/06vertical.html)

b) Modularni (prefabricirani) sistemi živećeg zida

U kategoriji sistema zelenih zidova, alternativa vertikalnim vrtovima sutipizirani modularni sistemi, koji su relativno novo arhitektonsko rješenje te se bitno razlikuju po sastavu, težini i načinu postavljanja naspram vertikalnog vrta.

Modularni sistemi su također vrlo često korišteni na tržištu. [2] Mogu se pronaći u nizu izvedenih varijanti kao što su modularni sistemi na principu ladice, posude, plantažne ploče ili u vidu fleksibilnih vreća. [5] Supstrat za sađenje može biti organski ili anorganski, tipa mineralna vuna, treset, kokosova kora. Sustav navodnjavanja je prethodno ugrađen u module koji se predhodno sastave te se takvi slažu na zid ili vješaju na konstrukciju. Pošto su mase od 80kg–180kg, teži su od vertikalnog vrta, jer su većinom moduli od plastike ili metala ispunjeni supstratom te im je potrebna podkonstrukcija. Iako je modularni sustav teži, nudi širi raspon biljaka od hidroponskg sistema. Pošto se fokus kod vertikalnih vrtova stavlja na bilje koje u prirodi raste na specifičnim mjestima kao što su obronci vodopada, kišne šume, riječne obale, i slična mjesta gdje praktički nema medija za sadnju, modularni sistemi sa medijem za sadnju su pogodniji za uzgoj biljaka koje su navikle na tlo u umjerenoj kontinentalnoj klimi. [2]

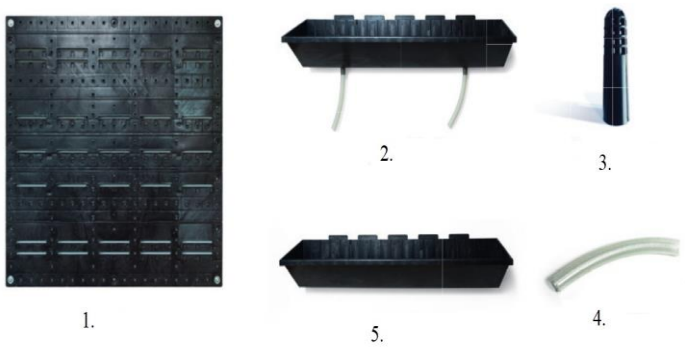
Modularni sistemi su elementi sa specifičnom dimenzijom u kojima se nalazi supstrat u kojem biljke mogu rasti. Svaki element je postavljen na podupirajuću konstrukciju ili je postavljen direktno na vertikalnu površinu. [5]

<u>Modularni sistem na principu ladice</u>

Modularne ladice su obično čvrste posude koje se mogu međusobno pričvrstiti te omogućuju pridržavanje biljaka i njezinog supstrata. Potrebna je podkonstrukcija na koju se pričvršćuju ladice u koje se stavaljategla sa uzgojenom vegetacijom.

Osnovne komponente:

1. Podupirajuća rešetka
2. Ladica sa drenažom
3. Zaštita od lišća
4. Drenažno crijevo
5. Ladica bez drenaže

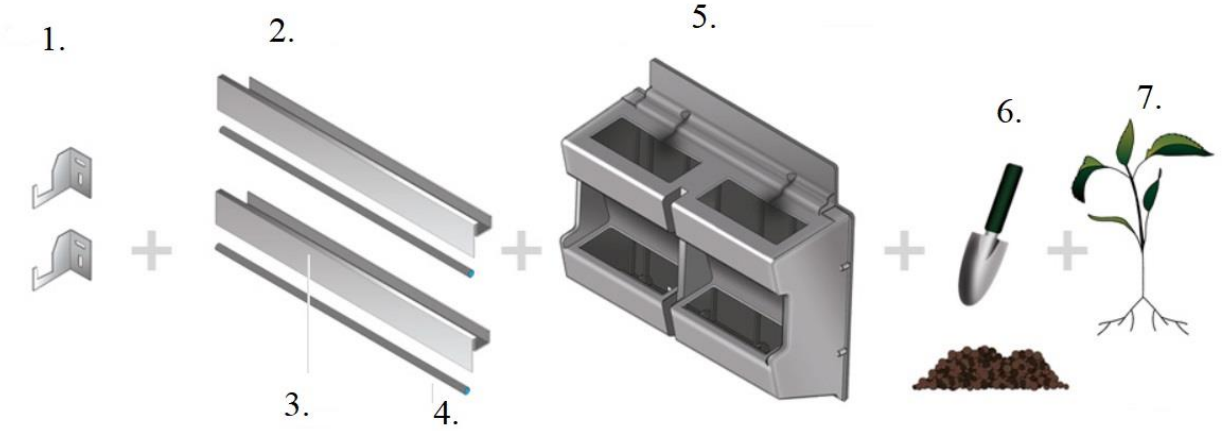


Slika 2.3.2.4. Osnovne komponente sistema ladice(Izvor: https://www.planterdesigns.com/NextGen-Living-walls-Guide.pdf)

Modularni sistem plantažne posude:

Pretežno se izvode od aluminija ili ojačane HDPE plastike, mogu doći u više različitih boja te su ispunjeni supstratom u kojeg se postavlja vegetacija. Težina modula iznosi od 25 kg do 40 kg po jednoj posudi, ovisno o izboru supstrata. [1]

Kompanija Greenwavessystems ima u poudi patentirani sistem Greenwave 4.0. Projektirani je tako da vertikalni vrt može djelovati kao potpuno obložni zid za nove i za stare zgrade. [9]



Slika 2.3.2.5. Dijelovi modularnog sistema plantažne posude (izvor:http://greenwavesystems.nl/greenwave-4-0/)

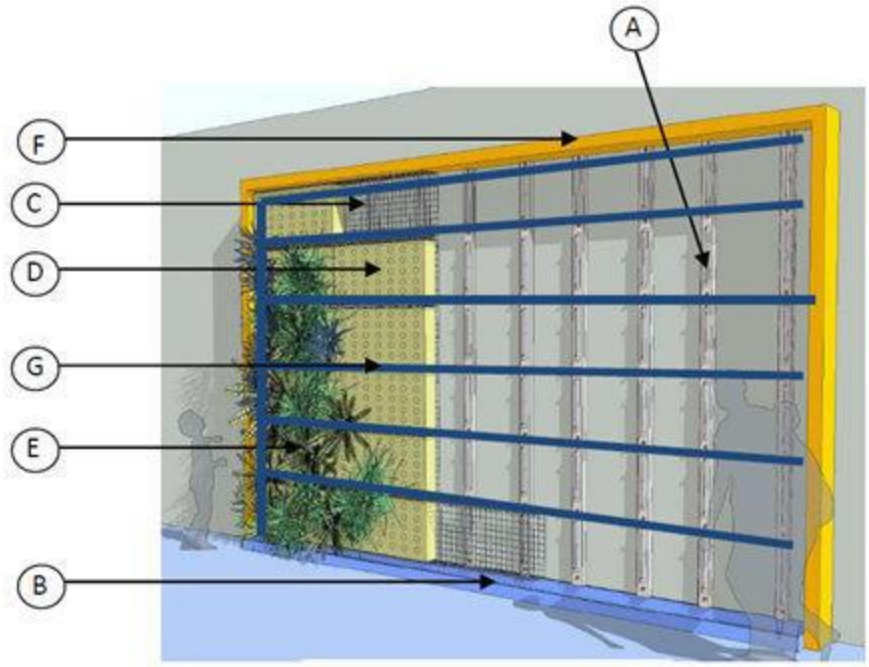
Sistem plantažne posude:

1. Montažni nosači
2. Čelični profili (vodilice)
3. Pokrovna traka u boji
4. Crijevo za navodnjavanje
5. Plantažna posuda
6. Supstrat
7. Vegetacija

Vertikalni vrt sastavljen od ovakvih ili sličnih modula postavljaju se na posebno konstruiranenosače. Greenwave sistem je optimalno konstruiran u pogledu njegovih dimenzija te je odmaknut od zida, što rezultira optimalnim protokom zraka iza sistema vertikalnog vrta. Zbog te činjenice ne može se pojaviti prisutstvo vlage na prvotnoj fasadi. Svaki modul je širok 60 cm i visok 51 cm. Debljina modula je 20 cm.Ovim dimenzijama ostvoren je idealni odnos između količine tla i raspodjele vlage unutar modula. Jer ako bi posuda bila viša od predviđene, gornji sloj tla postao bidehidriran dok bi donji sloj ostao sasturiran. [9]

Sistemi sadnih ploča

Karakteristika ovakvih sistema je anorganski supstrat u kojem se sade biljke. Najčešći materijali koji služe kao supstrat su aminoplast smola i kamena vuna. Takvi materijali za sadnju su lagani i kompaktni neutralne pH vrijednosti što pogoduje brojnim biljnim vrstama. Isto tako takvi materijali su vodopropusnipa se biljke laganoukorjenju. Sistemi sa anorganskim medijem koji tada služe kao sadna ploča koja se postavlja u čelični okvir te se vješa na fasadnu podkonstrukciju.Automatizranisistem za navodnjavenje je potreban kako bi svaka biljka dobila potrebne nutrijente pošto se radi o hidroponskom uzgoju.



Slika 2.3.2.6. Sistem sadnih ploča (izvor: GeorgiaPapadopoulou - Green Walls as element ofbioclimatic design inMediterranean Urban Buildings)

Elementi sustava:

A) Čelična konstrukcija
B) Odvodni žljeb
C) Modularna ploča/kavez/kutija
D) Substrat
E) Biljke
F) Metalni okvir
G) Sistem navodnjavanja

Čelična konstrukcija može sadržavati horizontalne montažne vodilice na koje se mogu učvrtiti modularni elementi. Kada je sistem opremljen sa sistemom navodnjavanja potrebno je odmaknuti konstrukciju od zida kako bi se mogle spojiti cijevi za vodu. Odvodni žljeb sabire višak vode koja je prošla duž sistema te odumrlu vegataciju koja je otpala sa zida. U slučaju vanjske primjene, ponekad, nije potreban žljeb. Modularnikavezi su prefabricirani elementi koji su dizajnirani tako da mogu nositi substrat za sadnju i biljke. Kavezi su opremljeni sa sistemom spojnica tako da se lako mogu ovjesiti na horitontalne vodilice i omogućiti prolaz crijeva od sistema za navodnjavanje. Glavna razlika između nosača je debljina: kavezi i kutije su debljine 15 – 20 cm a ploče 10 cm. Substarat je najčešće napravljen od vlakana npr.kokosova vlakna, treset ili laganih materijala kao što je mineralna i kamena vuna. Bilje se odabire u fazi projektiranja u dogovoru sa klijentom. Odabiru se biljne vrste koje su pogodne toj klimi, osvjetljenju te temperaturi. Biljke se predhodno uzgajaju u rasadnicima zasađene u odabrani medij za sadnju po određenom, zadanom, uzorku. Sistem navodnjavanja čine spremnik vode, pumpa, vertikalne i horizontalne cijevi za navodnjavanje, i prostorije za nadzor sistema. Navodnjavanje može biti spojeno na javnu vodovodnu mrežu ili na kolektor za kišnicu. [10]

3. Dijelovi živućeg zida i njegove karakteristike

Najnovija rješenja kod implementacije zelenihzidova uglavnom su usmjerena na dizajn sustava i njegove elemente. Ovdje se ubrajaju potporni elementi, supstrati i vegetacija te navodnjavanje i odvodnja i to kako bi se postigla što učinkovitija tehnička rješenja kao i performanse u svim građevinskim fazama od instalacije, održavanja te zamjene.

3.1. Potporni elementi

Živući zidovi sadrže noseći okvir koji služi za držanje elemenata te podršku za biljke. Kontinuirani sistem živućih zidova se upravo temelji na instalaciji okvira postavljenog na zid i na taj način stvara ventilirajući sloj između sustava i zidne površine. Okvir zapravo drži osnovnu ploču te štiti zid od vlage. Osnovna ploča stoga podržava druge slojeve, odnosno propusne, fleksibilne te korijenske zaslone. [5]

Modularni sistem živućeg zida može imati više oblika kao što su primjerice posude, plantaže kaveze i slično. Kako bi se osigurao kontinuitet sustava, svaki modul se obično sastoji od nekoliko međusobno povezanih dijelova i touključujući sustav međusobnog povezivanja na stranama koje se međusobno povezuju. Ovi modularni elementi mogu također sadržavati prednji pokrov koji tvori rešetku kako bi se spriječilo padanje biljaka. Pločice i posude obično se fiksiraju na vertikalni ili horizontalani okvir koji je pričvršćen na zidnu površinu. Povratna površina može uključivati iugradbene nosače za njihovu suspenziju u vidu okvira koje su spojene na vertikalnu površinu. Modularne posude omogućuju ugradnju nekoliko biljakau istom redu. Oni su obično izrađeni od polimernih materijala i zbog svojeg oblika imaju značajan vizualni impuls na površini zgrade. [5]

3.2. Supstrati i vegetacija

Za modularne sisteme sa plantažnom posudom potreban je supstrat. Preporučljivo je da taj supstrat bude lagan pošto se zajedno sa posudom vješa na potpornu konstrukciju. Sadni supstrati mogu biti načinjeni miješanjem organskei anorganske smjese kako bi se utjecalo na smanjenje težine te dopustilo razvoj korjena do potpunog kapaciteta. Supstrat bi tako trebo biti dovoljno porozan sa dobrom mogučnošću zadržavanja vode. Uobičajeno je lagani supstrat mješati sa mineralnim granulama srednje i fine granulacije te u svrhu poboljšanja supstrata dodavati

mješavinu organskih i anorganskih gnojiva, minerala te hormona za pospješenje rasta biljaka. U slučaju kontinuiranog živućeg sistema nema potrebe za supstratom jer se pokazalo kako biljke mogu razviti svoje korjenje duž propusne tkanine i dalje živjeti pomoću nutrijenata koji se dopremaju preko sustava navodnjavanja. Potrebno je biti vrlo oprezan sa doziranjem i načinom navodnjavanja jer osim kvalitetnoga izbora omjera nutrijenata važno je ostaviti dovoljno vremena između dvaju ciklusa navodnjavanja kako bikorjenje biljka uspješnoapsorbiralo dobivene nutrijente. Što bi značilo da zaslon na kojemu se nalazi korijen biljke, zasićen vodom i nutrijentima, u jednom periodu između dva ciklusa trebao biti suh kako bi korijen mogao vršiti apsorpciju jer u suprotnom dolazi do gnjiljenja korijena a samim time i odumiranja biljke.

Izbor odgovarajuće vegetacije ovisi o klimatskim uvjetima, karakteristikama objekta i njegova okruženja te pozicije u prostoru. Treba imati na umu kako pojedine biljke više vole osunčano stanište dok druge iziskuju polu hlad ili su prilagođenje životu u sjeni.

Sistemi živućih zidova dopuštaju razvoj novih estetskih koncepta zelenih zidova, temeljenih na stvaranju umjetničkih rješenja s biljnim vrstama, istražujući upotrebu uzoraka, varijacija u boji, teksturi, obliku lišća i njegovoj gustoći, vitalnosti i samome rastu. Ta su rješenja donijela širu raznolikost biljnih vrsta na zelene zidove,dopuštajući tako integraciju grmova, trava i biljaka trajnicasve dok se ima u obziru njihova potreba za vodom i hranjivim tvarima. [5]

Hidroponski sustav omogućuje širi izbor biljnih vrsta u različitim stadijima razvoja: uzgojene biljke, reznice ili sjeme, ovisno o željenom estetskom efektu na određenom objektu. Kako bi se ispunili ciljevi održivosti preporučljivo je koristiti autohtone biljke koje ne zahtjevajupuno vode te su naviknute na lokalne uvijete izlaganja svijetlu i vremenske uvjete.

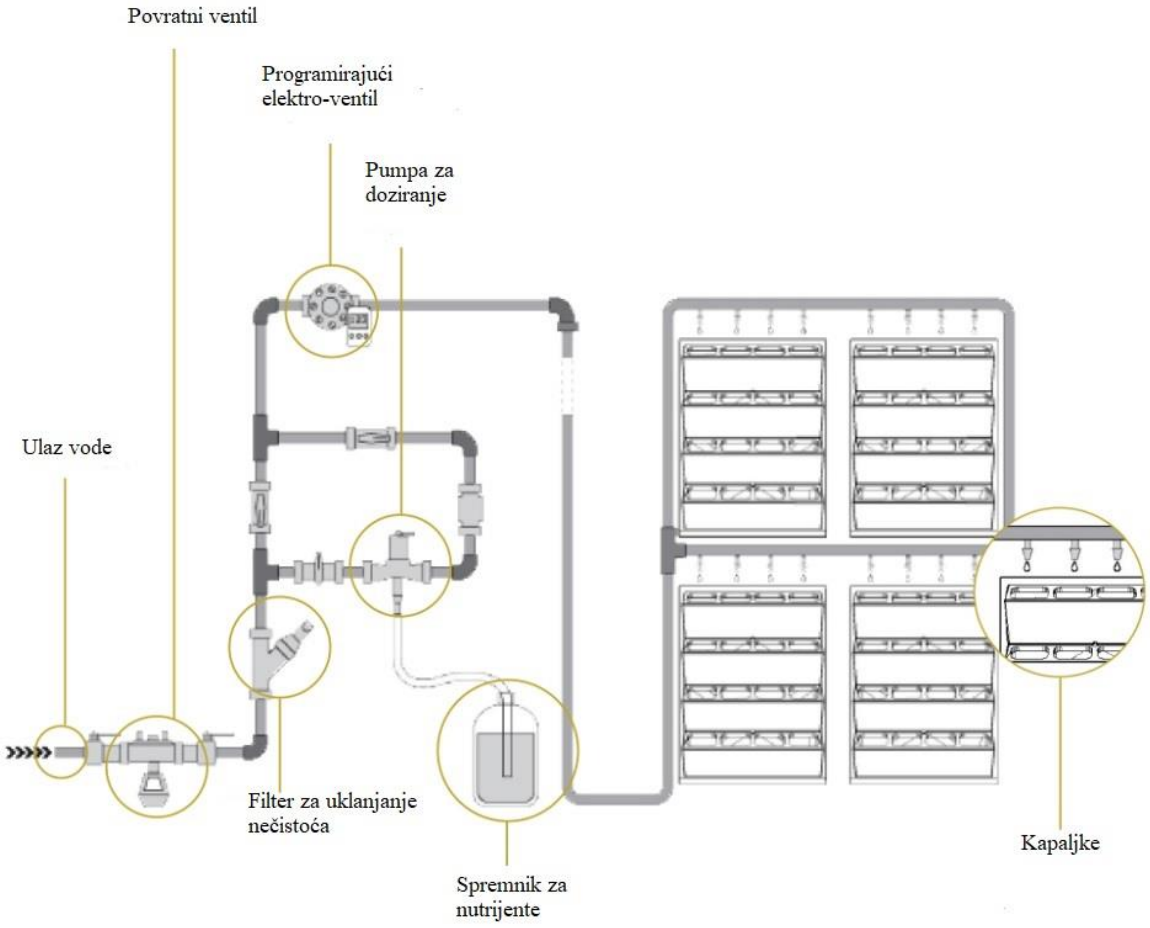
3.3. Navodnjavanje i odvodnja

Potreba za navodnjavanjem ovisi o vrsti sistema, odabranim biljnim vrstama te lokalnim klimatskim uvjetima. Modularni sistemi zeleninh zidova zahtijevaju instalaciju sistema za navodnjavanje kako bi se osigurala potrebna voda za razvoj biljaka. Voda može biti obogaćena hranjivim tvarima, mineralima i različitim gnojivima kako bi biljke dobile sve potrebne elemente za rast i razvoj. Navodnjavanje u kontinuiranim sistemima zelenih zidova vrši se od vrha sistema na niže. Postoje svega dva tipa navodnjavanja: direktno ili recirkulacijsko navodnjavanje.

Direktni sustav za navodnjavanje nema spremnik za vodu ili pumpu. Umjesto toga, voda za navodnjavanje dolazi izravno iz vanjskog izvora vode (tj. Gradske vode). Ova voda se ponekad ubrizgava s gnojivom kroz injektor. Crpka nije potrebna za izravno navodnjavanje zbog

postojećeg tlaka vode vodovoda. Voda je usmjerena prema zelenoj stijenci i jednoliko se raspoređuje na biljke u zidu. Budući da se voda gravitira prema dolje, svaki višak vode za navodnjavanje sakuplja se i šalje u kanalizacijski kanal (ne recirkulira). [12]

U recirkulacijskom sustavu izvor vode je spremnik za navodnjavanje koji je ili daljinski upravljan ili je izravno ispod zelenog zida. Sustav za navodnjavanje redovito se ručno puni kako bi se osigurala odgovarajuća opskrba vodom za navodnjavanje. Voda se pomoću pumpe crpi iz spremnika u zeleni zid te se raspodjeljuje biljkama u zidu. Gravitacija utječe na tok vode te povlači višak vode prema dolje. Višak odvodne vode skuplja se na dnu zida i ponovno se vraća u spremnik. Tako voda ponovo i iznova recirkulira. [12]



Slika 3.3.1. Direktni sustav navodnjavanja modularnog zelenog zida (izvor: http://www.vertiss.net/en/green-wall/set-up-watering-maintenance/)

U sustavu navodnjavanja povratni ventil ima svrhu spriječiti istjecanje vode natrag u gradsku mrežu, filter za uklanjanje nečistoća sprječava prolaz česticama koje bi se mogle nataložiti i stvoriti začepljenje u kapaljkama, programirajući elektro-ventil služi za regulaciju vremena kada će se i koliko navodnjavati, pomoću pumpe za doziranje omogućeno je dodavanje nutrijenata u vodu.

Ispuštanje viška tekućine odvija se gravitacijom. Kontinuirani i modularni živući zidovi koriste geotekstile koji potiču drenažu duž propusne membrane, istovremeno sprječavajući korijenju prekomjerno širenje. Za postizanje bolje drenaže dno modularnog sustava može biti konkavno, nagnuto, perforirano ili može biti izrađeno od poroznog ili upijajućeg materijala. [5]

3.4. Instalacija i održavanje

Zelene fasade, uključujući sve vrste i tipove, predstavljaju troškovno učinkovite procese ozelenjivanja objekata. Naime, tijekom instalacijskog procesa potrebno je ipak istaknuti kako postoje određena ograničenja kao i ograničenja kod same raznolikosti biljnih vrsta. Kada postoji potreba za zamjenom biljaka, navedeni sustavi pokazuju teškoće u osiguravanju vegetacijskog kontinuiteta. Tijekom rasta biljaka, neke biljke za penjanje moraju potražiti smjernice kako bi osigurale pokrivenost cjelokupne površine. Također, vrlo je važno uputiti na to da neke biljke penjačice mogu čak oštetiti građevine, točnije mogu ih uništiti svojim korijenima ili pak unositi nakupine ili stvarati pukotine.

Modularni tip ima prednosti u usporedbi s neprekinutim vodičima i to kod procesa ugradnje i održavanja. Važno je istaknuti kako uklanjanje biljaka na različitim visinama značajno smanjuje utjecaje raspršenog rasta biljaka uvjetovanog penjanjem uz površinu što omogućuje zamjenu neuspješnih biljaka. Pozamašni broj modularnih živućih zidova pojavljuje se na tržištu kako bi se uklonili problemi ugradnje, održavanja i zamjene. Neki modularni sustavi omogućuju rastavljanje svakog modula pojedinačno ili uključuju uklonjivi prednji poklopac za zamjenu stjenke ili zamjenu vegetacije. Neki modularni elementi također se mogu međusobno ugnijezditi i to kako bi se pojednostavili procesi prijenosa i primjene. Kada se uspoređuju kontinuirani sistem živućih zidova s modularnim sistemom živućih zidova, kontinuirani sistemi omogućuju stvaranje zelenih površina širem raznovrsnošću biljnih vrsta. Međutim, kontinuirani sustav živućih zidova obično su hidroponski sustavi koji zahtijevaju opskrbu vodom i hranjivim tvarima, što predstavlja nedostatak održivosti i rezultira višim troškovima održavanja u odnosu na veće potrebe za navodnjavanjem. Zapravo, svaki zeleni zidni sustav ima svoje osobine, prednosti i nedostatke, ovisno o njihovoj estetskoj prirodi, troškovima i potrebama održavanja. [5]

4. Održivi razvoj i zeleni zidovi

4.1. O održivom razvoju

Koncept održivog razvoja podrazumijeva proces postizanja ravnoteže između gospodarskih, socijalnih i okolišnih zahtjeva, kako bi se osiguralo "zadovoljavanje potreba sadašnje generacije, bez ugrožavanja mogućnosti budućih generacija da zadovolje svoje potrebe". Od 1987. Godine, kada je na ovaj način definiran u Izvještaju Svjetske komisije za okoliš i razvoj pod predsjedanjem Gro Harlem Brundtland, pa do današnjeg dana, održivi razvoj je postao jedan od ključnih elemenata u formuliranju i provođenju razvojnih politika u svijetu.

Operacionalizacija koncepta i njegova primjena u praksi rezultat su kako teorijskih tako i političkih težnji usmjerenih prema osiguravanju dugoročnog razvoja ljudskog društva u očuvanom okolišu. U tom procesu, ključni događaji i pokretačka snaga bili su Svjetski skupovi na vrhu u Riju i Johannesburgu te usvajanje Milenijske deklaracije UN-a u rujnu 2000. Od razine UN (i Komisije UN-a za održivi razvoj) i brojnih multilateralnih i međunarodnih institucija i organizacija, preko vlada pojedinih zemalja i EU-a, do civilnog sektora i lokalne samouprave, na provedbi koncepta održivog razvoja rade milijuni ljudi širom svijeta. Na sastanku Ujedinjenih naroda krajem rujna 2015. svjetski su se čelnici dogovorili o novom 15-godišnjem globalnom Programu za održivi razvoj kojem je ciljna godina 2030. i koji sadrži 17 ciljeva održivog razvoja.[11]

Ciljevi održivog razvoja su:

1. Iskorjenjavanje siromaštva
2. Iskorjenjavanje gladi
3. Zdravlje i dobrobit
4. Kvalitetno obrazovanje
5. Rodna ravnopravnost
6. Pitka voda i higijenski uvijeti
7. Pristupačna i čista energija
8. Dostojanstven radi i ekonomski rast
9. Industrija, inovacije i infrastruktura
10. Smanjenje nejednakosti
11. Održivi gradovi i održive zajednice
12. Odgovorna potrošnja i proizvodnja
13. Odgovor na klimatske promjene
14. Život ispod vode
15. Život na kopnu
16. Mir i pravda / snažne institucije
17. Partnerstvo za ciljeve

Održivi razvoj predstavlja tako zvani okvir za oblikovanje strategije kontinuiranog privrednog kao i socijalnog napretka, no bez štete za okoliš i prirodne izvore koji su bitni za ljudske djelatnosti kako u neposrednoj tako i u daljnjoj budućnosti. [13]

Upravo se on oslanja na vrlo ambicioznu ideju prema kojoj razvoj niti u kojem segmentu ne smije ugrožavati budućnost nadolazećih naraštaja trošenjem primjerice neobnovljivih izvora, dugoročnim devastiranje i zagađivanjem okoliša, ili u konkretnom primjeru graditeljstva, korištenjem onih materijala koji su nepovoljni za sam okoliš. Vidljivo je stoga kako globalna privreda, ekonomija pa tako i graditeljstvo, moraju odgovarati svim ljudskim potrebama te opravdanim željama, no razvoj je potrebno smjestiti u ekološke granice ovog planeta. Samim time jasno je kako je osnovni i temeljni cilj osigurati održivo korištenje prirodnih izvora kako na nacionalnoj tako i na međunarodnoj razini. [14]

Održivi razvoj promiče održivu gradnju, točnije gradnju koja će nastojati poboljšati kvalitetu življenja, koja će uspostaviti ravnotežu između prava te potreba, radnja koja će uzeti u obzir ograničenost prirodnih resursa te raditi u tom segmentu.

Tri sastavnice održivog razvoja:



Slika 3.1.1. Tri sastavnice održivog razvoja (izvor:Lidija Pavić-Rogošić: Globalni ciljevi održivog razvoja do 2030.)

ODRŽIVI RAZVOJ	NEODRŽIVI RAZVOJ
Nastoji poboljšati kvalitetu našeg življenja, koja ne uključuje jedino materijalna dobra već uzima u obzir i socijalne te elemente zdravog okoliša.	Nastoji podići standard našeg življenja koji se temelji isključivo na materijalnim dobrima.
Promatra ekonomska, socijalna i pitanja zaštite okoliša kao međusobno povezana. Traži cjelovita i trajna rješenja.	Promatra ekonomska, socijalna i pitanja zaštite okoliša kao zasebne cjeline. Pretpostavlja da jaka ekonomija nužno vodi zdravom društvu i okolišu.
Rješavajući probleme današnjih generacija, uzima u obzir i potrebe budućih generacija.	Usmjeren na kratkotrajna rješenja problema, ne vodeći računa o potrebama budućih generacija.
Prilikom donošenja svih odluka, uzima u obzir ograničenost prirodnih resursa potrebnih za obavljanje ljudskih djelatnosti.	Promatra okoliš kao luksuz koji je potrebno zaštititi samo ako nam to materijalna sredstva dozvoljavaju. Nema svijesti o ograničenosti prirodnih resursa.
Nastoji uspostaviti ravnotežu između prava i potreba pojedinaca s jedne strane i socijalne odgovornosti s druge.	Prvenstveno se usredotočuje na prava i potrebe pojedinca.

Tablica 4.1.1. Razlika održivog i neodrživog razvoja (izvor: vlastita izrada)

4.2. Koristi od zelenih zidova

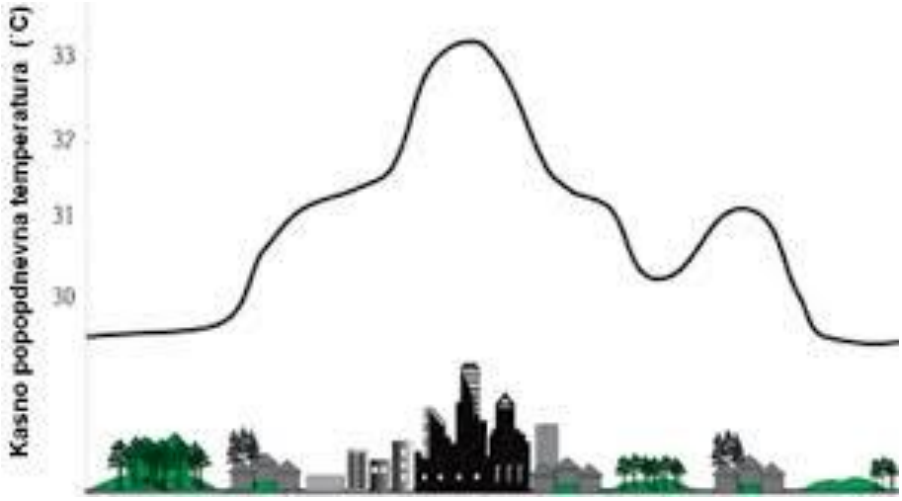
Biljke u gradu mogu pružiti kvantitativne prednosti, u obliku financijskih prinosa, kao i kvalitativne ekološke, društvene i estetske prednosti. Iako se prednosti raspravljaju odvojeno, one su zapravo neodvojive i treba ih se poštovati u izgrađenom okolišu. [15]

4.2.1. Okolišna korist

Vertikalno ozelenjavanje, svojom implementacijom, može pružiti brojne pozitivne koristi urbanim sredinama. Biljke koje se postavljaju po ovojnici objekta mogu doprinjeti smanjenju refleksije sunčevog zračenja te samim time povoljno utječu na mikroklimu nekog područja. Utjecaji koji proizlaze iz zelenih zidova na okoliš možemo ukratko sažeti u nekoliko cijelina a to su: smanjenje efekta urbanog toplinskog otoka, poboljšanje kakvoće zraka, povećanje biološke raznolikosti, povećanje uštede energije, te smanjenje zagađenja uzrokovanom bukom.

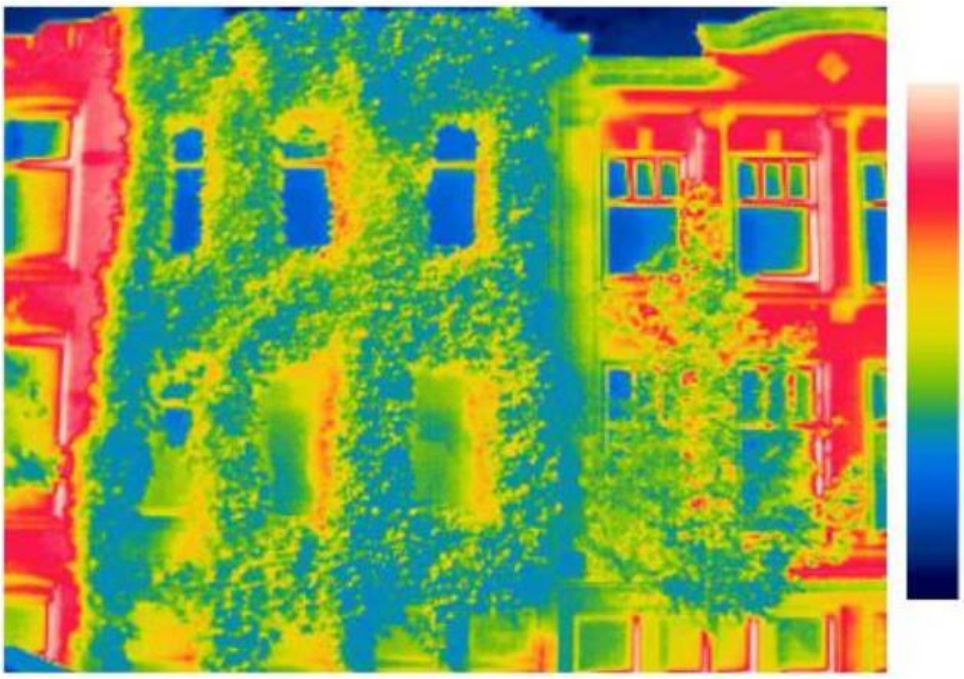
Smanjenje efekta urbanog toplinskog otoka

Urbani toplinski otok je gradsko područje koje je znatno toplije od okolnih ruralnih područja, a uglavnom je uzrokovano ljudskim djelovanjem. Toplinski otok je pojava prisutna i ljeti i zimi. Glavni uzroci su veća gustoća kuća i zgrada, oslobađanje topline trošenjem fosilnih goriva, promet te smanjenje prirodne ventilacije. Toplinski otoci imaju utjecaj i na povećanje potrošnje energije, a samim time doprinose efektu stakleničkih plinova te globalnom zatopljenju. Iako se toplinski otoci mogu javljati na bilo kojem području, vjerojatniji su u gradu jer su njegove površine sklone zadržavati velike količine topline. Toplinski otoci imaju utjecaj na povećanje potrošnje energije, povišenje emisija stakleničkih plinova, kvalitetu vode i ljudsko zdravlje. [16]



Slika 4.2.1.1. Shematski prikaz promjene temperature (izvor: S. Babić, A. Deluka-Tibljaš, M. Cuculić, S. Šurdonja: „Analiza zagrijavanja kolničkih površina urbanih područja“, časopis Građevinar 64 (2012) 2, str. 125.)

Korištenjem sistema zelenih zidova i krovova ovaj se fenomen može umanjiti. Dva su principa kojima sesmannjuje efekt a to je direktno zasjenjivanje građevina i proces evapotranspiracije. Biljke pomoću procesa evapotranspiracije konzumiraju toplinsku energiju i otpuštaju vodu u okružje čineći ga tako ugodijim za život povećavajući tako vlažnost zraka te smanjujući okolnu temperaturu.



Slika 4.2.1.2. Snimak pročeljainfracrvenom kamerom (izvor: Perini K,OttelėM,Fraaij A, Haas E, Raiteri R. Greeningthebuildingenvelope, façadegreeningandlivingwallsystems. Open J Ecol 2011;1: str.1–8.)

Poboljšanje kakvoće zraka

Integracija zelenila na fasadu zgrade dovodi do smanjenja okolne temperature te tako pozitivno utječe na kakvoću zraka. Plinoviti zagađivači kao što su CO_2, NO_2, SO_2 apsorbiraju se u procesu fotosinteze a fine čestice prašine se vežu za lišće biljke. Ugljikov dioksid biljkekoriste za proces fotosinteze, stvara se kisik i biomasa dok se dušik i sumporni dioksid pretvaraju u nitrate i sulfate u biljnom tkivu. [17]

Povećavanje bioraznolikosti

Urbanizacija stvara nove izazove za očuvanje bioraznolikosti. Kako veliki dio svjetske populacije migrira iz ruralnih dijelova u urbane sredine, događa se promjena između ljudske aktivnosti i bioraznolikosti, te usporedno k tome trebali bi razmišljati o novim smjernicama za bioraznolikost. Bioraznolikost se smatra ključnom stavkom ekosistema i kao takva ona je ključna determinanta funkcioniranja ekosistema. [1] Biljni zidovi mogu doprinijeti i poboljšati biološku raznolikost pružanjem novih urbanih staništa i specifičnih staništa za rijetke ili važne vrste biljaka ili životinja. Zeleni krovovi također mogu pružiti vezu ili koridor preko urbanih 'ekoloških pustinja' i pomoći u migraciji beskralježnjaka i ptica. Projektiranje biološke

raznolikosti zahtijeva rano razmatranje razvoja koncepta s obzirom na biljne vrste, izvore hrane, vrijednosti staništa, pristupne točke i visine građenja. [18]

Ušteda energije sistemima zelenih zidova

Vegetacija na zidovima pomaže pri hlađenju zgrada tijekom ljeta i izolaciju tjekom zime. Objašnjenje, tjekom zime, zimzelene vrste nude izolaciju kroz sloj zraka oko fasade, čime se smanjuju gubitci topline konvekcijom. ÖzgörBurhan Timur i dr. prevode ovaj fenomen u brojeve: do 30% veći učinak izolacije zabilježen je kada temperature pada blizu nule.

Tijekom vrućeg ljetnog dana grijani zidovi uzrokuju povećanje unutarnjih temperatura, povećanu potražnju za hlađenjem i povećavaju potrošnju energije. Nakon integracije zelenog zida temperatura površine pada, čime se smanjuje temperatura zida i smanjuje potreba za hlađenjem građevine. [10]

Smanjenje buke

Vegetacija se godinama koristi kao barijera koja smanjuje razinu buke na prometnicama i urbanim područjima. Sistemi zelenih zidova imaju tendenciju da apsorbiraju i raspršuju zvučne valove što dovodi do smanjenja buke i prijenosa zvuka kroz zid, te tako omekšavaju ili potpuno uklanjaju zvuk unutar objekta. [10] Čimbenici koji utječu na smanjenje razine buke su: dubina medija za sadnju, strukturni elementi zelenog zida te stupanj prekrivenosti pročelja vegetacijom. [19] Pronađeno je kako je 44% stavnovnika EU izloženo zagađenju od buke većem od 55 dB-a u 2000. godini. Nisu svi sistemi pogodni za smanjenje buke no većina sistema umanjuje buku za 5-10 dB-a.[1]

4.2.2. Društvena korist

Društveni utjecaji uključuju psihološke, estetske i zdravstvene učinke sistema zelenih zidova. Društveni utjecaji predstavljaju odnos između ljudskog ponašanja i njegove aktivnosti u odnosu na vertikalne vrtove. [15]

Psihološki utjecaj

Psihološki utjecaj je teško procijeniti jer se temelji na individualnim, subjektivnim mišljenjima. Suživot urbane zajednice sa prirodom je ograničen što povlači za sobom bolesti kao što su depresija i anksioznost. Hortikultura ima terapijsko djelovanje koje čovjeku pruža

zadovoljstvo rada sa biljkama te umanjuje osjećaj stresa, ljutnje i straha, smanjuje krvni tlak i napetost mišića. Tako vertikalni vrtovi privlače pozornost poput prirodnih sredina te utječu na razinu negativnih misli poput meditacije. Studije su pokazale kako zelenilo na radnom mjestu smanjuje odsutnost zaposlenika za 5-15%. Također, biljke u učionicama su smanjile razinu stresa te podignule produktivnost za 12%. Proučavanjem primjera učeno je da ljudi više vole obitavati u urbanim sredinama koje su na neki način povezane sa prirodom naspram onih urbanih mjesta kojima fali interakcija sa prirodom. [15]

Estetski utjecaj

Estetska poboljšanja primarni su cilj većini projekata koji uključuju sisteme zelenih zidova. Velike parkirališne zgrade, zgrade kampusa, maloprodajni objekti itd. svi oni pružaju priliku za dizajniranjem vertikalnih vrtova u svrhu poboljšanja estetike. Estetska vrijednost odnosi se na ljudsku interakciju, a ne na kvantitativnu procjenu materijala i aspekata performansi sustava u zgradi. Izrada zelenih zidova u predvorju, ulazu u zgradu ili na krovni vrt mogu uzrokovati mjerljivo poboljšanjeljudskog stanja. Ova posebna korist je poboljšanje kvalitete ljudskog iskustvau izgrađenom okolišu. [19]

Zdravstveni utjecaj

Korisnici prostora mogu doživjeti pozitivan utjecaj vertikalnih vrtova na njihovo zdravlje ovisno o provedenom vremenu pokraj njih. Sindrom bolesnih zgrada može uzrokovati iritacije oka, nosa, grla, može prouzrokovati glavobolju, umor i osip kože. Vertikalni vrtovi instalirani u interijeru mogu smanjiti koncentraciju hlapljivih organskih spojeva. Iz fiziološkog pogleda vertikalni vrtovi mogu imati utjecaj na smanjenje otkucaja srca i razinu stresa. Sistemi mogu podići vlažnost zraka u prostorijama na optimalnih 45-65%. [15]

Mogućnosti zapošljavanja

Mnogi se projekti razvijaju na održivom urbanom modelu kako biostvarili povoljan odnos između prirode i grada.Nove poslovne i radne prilike nastaju na tržištu kada lokalne samouprave i privatni sektor započinju praksu korištenja vertikalnih vrtova za urbani identitet na institucionalnom zelenom tržištu. [15] Kako se popularnost za tehnologiju zelenih zidova povećava, potražnja za kvalificiranim osobljem prati trend porasta te se radna mjesta otvaraju u području projektiranja, instalacije i održavanja.

4.2.3. Ekonomska korist

Kako bi se odredila ekonomska održivost sistema zelenih zidova koristi se analiza dobiti i troškova (eng. Cost - BenefitAnalysis (CBA)). U takvim studijama detaljno se iznose sve povezane dobiti i troškovi određenog projekta. Uvode se indikatori ekonomske održivosti kao što su: Neto sadašnja vrijednost (eng. NetPresentValue (NPV)), Unutarnja stopa povrata (eng. Internal Rate ofReturn (IRR)), Razdoblje povrata (eng. PayBack Period (PBP)).

Neto sadašnja vrijednost

Procijenjena sadašnja vrijednost nekog plaćanja koje treba obaviti (ili primiti) sutra. Plaćanje se diskontira za iznos koji uzima u obzir vrijeme između današnjeg trenutka i dana kad ono dospijeva. Taj se iznos izračunava uzimajući u obzir očekivane kamatne stope i stupanj rizika povezanog s plaćanjem.

Neto sadašnja vrijednost investicijskog projekta je razlika između sadašnje vrijednosti budućeg prihoda od projekta i sadašnje vrijednosti njegovih budućih troškova. [20]

Unutarnja stopa povrata

IRR je mjerni podatak koji se koristi u kapitalnom proračunu kako bi se procijenila profitabilnost potencijonalnih ulaganja. Interna stopa povrata je diskontna stopa koja čini neto sadašnju vrijednost (NPV) svih novčanih tokova od određenog projekta jednakom nuli. [21]

Razdoblje povrata

Razdoblje povrata investicije je tehnika ocjenjivanja ulaganja koja govori o vremenskom razdoblju koje je investicija poduzela za povrat početnog ulaganja ili glavnice. Izračun razdoblja povrata je vrlo jednostavan i njegova interpretacija također. Prednost je njegova jednostavnost, dok postoji dva glavna nedostatka ove metode. Ne uzima u obzir novčane tijekove nakon razdoblja povrata, ona također zanemaruje vremensku vrijednost novca. [22]

Katia Perini je u jednom od svojih članaka iznjela analizu troškova i koristi za različite sisteme zelenih zidova. Nakon što je sistematski podjelila sisteme na:

A) Izravna zelenea fasada
B) Neizravna zelena fasada
C) Neizravna zelena fasada sa plantažnom posudom
D) Sistem živućeg zida (kontinuirani)

Dolazimo do sljedećih spoznaja.

Tablica 2. *Osobni troškovi povezani s postavljanjem vertikalnih sustava ozelenjavanja*

Povezani sa	Kategorija troška	Vrsta trošaka	Vremenski okvir	Iznos (€/m^2 fasade)
1. Izravna zelena fasada	Početni	Vegetacija i postavljanje	Jedan put	21,78*
		Kopanje i sađenje	Jedan put	519,92*
	Održavanje	Obrezivanje	Godišnje-poslje 4. godine	2,81
		Obnova nosača	Jedan put - 50. godina	1224,35
	Odlaganje	Odlaganje vegetacije	Jedan put - 50. godina	31,1
2A. HDPE neizravna zelena fasada	Početni	Vrsta vegetacije	Jedan put	21,8*
		Kopanje i sađenje	Jedan put	519,92*
		Podupirući sistem i transport	Jedan put	36,07
		Postavljanje sistema	Jedan put	83,5
	Održavanje	Obrezivanje	Godišnje-poslje 4. godine	2,81
		Obnova nosača	Jedan put - 50. godina	755,39
	Odlaganje	Odlaganje vegetacije	Jedan put - 50. godina	197,4
2B. Čelična neizravna zelena fasada	Početni	Vrsta vegetacije	Jedan put	1,52
		Kopanje i sađenje	Jedan put	36,27
		Podupirući sistem i transport	Jedan put	93,79
		Postavljanje sistema	Jedan put	83,5
	Održavanje	Obrezivanje	Godišnje-poslje 4. godine	2,81
		Obnova nosača	Jedan put - 50. godina	755,39
	Odlaganje	Odlaganje vegetacije	Jedan put - 50. godina	197,4
3A. HDPE neizravni sustav s plantažnom posudom	Početni	Vrsta vegetacije	Jedan put	37,99
		Podupirući sistem i transport	Jedan put	93,79
		Plantažna posuda	Jedan put	60,67
		Sustav navodnjavanja	Jedan put	27,61
		Postavljanje sistema	Jedan put	83,5
	Održavanje	Obrezivanje	Godišnje	5,63
		Navodnjavanje(H_2O)	Godišnje	0,96
		Zamjena vegetacije (5%)	Godišnje	1,9
		Zamjena cijevi (sistem navodnjavanja)	Godišnje	2,47
		Obnova nosača	Jedan put - 50. godina	695,67
	Odlaganje	Odlaganje vegetacije	Jedan put - 50. godina	202,69
3B. Čelični neizravni sistem sa plantažnom posudom	Početni	Vrsta vegetacije	Jedan put	28,36
		Podupirući sistem i transport	Jedan put	93,79
		Plantažna posuda	Jedan put	60,67
		Sistem navodnjavanja	Jedan put	27,61
		Postavljanje sistema	Jedan put	83,5
	Održavanje	Obrezivanje	Godišnje	5,63
		Navodnjavanje(H2O)	Godišnje	0,96
		Zamjena vegetacije (5%)	Godišnje	1,42
		Zamjena cijevi (sistem navodnjavanja)	Godišnje	1,42
		Obnova nosača	Jedan put - 50. godina	695,67
	Odlaganje	Odlaganje vegetacije	Jedan put - 50. godina	206,2
4. Živući zeleni sustavi	Početni	Vrsta vegetacije	Jedan put	27,49
		Paneli zaveg. I transport	Jedan put	176,23
		Sistem navodnjavanja	Jedan put	27,61
		Postavljanje sistema	Jedan put	83,5
	Održavanje	Obrezivanje i namještanje panela	Godišnje	14,41
		Navodnjavanje(H2O)	Godišnje	0,96
		Zamjena panela (5%)	Godišnje	6,05
		Zamjena vegetacije (10%)	Godišnje	2,75
		Zamjena cijevi (sistem navodnjavanja)	Godišnje	2,85
		Obnova nosača	Jedan put - 50. godina	486,96
	Odlaganje	Odlaganje vegetacije	Jedan put - 50. godina	218,56

*€/dužnom metru sistema na pročelju

Tablica 4.3.1. Osobni troškovi povezani sa postavljanjem vertikalnih sustava ozelenjavanja (izvor: K. Perini Cost-benefitanalysis for greenfaçadesandlivingwallsystems, dorađeno)

U Tablici 4.3.1. dan je pregled svih troškova koji se pojavlju prilikom instalacije jednog od odabranih sistema. Da se primjetiti kako je za instalaciju direktni sistem ozelenjavanja ovojnice najjeftiniji te iznosi 22 €/m, s time da je potrebno, kao i u drugom slučaju, kopati duž pročelja do plodne zemlje. Iznos cijene radova po dužnom metru je 520 €. Cijena podupirajućih elemenata varira između 36 - 94 €/m^2 ovisno o vrsti korištenog materijala za potporu, dok postavljanje samog sistema iznosi 83,5 €/m^2. Sistemi sa plantažnom posudom su skuplji zbog potrebne posude i sistema navodnjavanja dok je sistem živućeg zida najskuplji jer sama dobava panela i vegetacije iznosi oko 200 €/m^2. Troškovi i potrebe prilikom održavanja također variraju od pojedinog sistema, tako izravni i neizravni tip zelene fasade iziskuje samo rezidbu viška biljne mase dok u ostalima sistemima moramo pribrojati zamajenudijelova sistema za navodnjavanje. Za sisteme živućih zidova potrebno je pridodati i zamjenu sadnih panela. U troškove odlaganja uključuje se zbrinjavanje uklonjenih biljaka i potpornih struktura, njihov prijevoz do odlagališta otpada, odlaganje te obnavljanje obloge pročelja.

Kada govorimo o ekonomskoj održivosti pojedinih sistema za ozelenjavanjene možemo reći kako su svi sistemi održivi. Analiza je pokazala kako su direktni i indirektni sistemi ozelenjavanja ekonomsko održivi u svim scenarijima. To bi značilo kako je isplativo uložiti sredstva u takve sisteme jer ti sistemi svojom instalacijom te gore navedenim koristima pospješuju performanse ovojnice objekta u pogledu na uštedu energije. Što bi značilo kako u 50 godina, što se uzima za životni vijek pojedinog sistema, ti su se sistemi isplatili i još su doprinjelipospiješenju uštede energije. Sistem živućeg zida ispada u svakom scenariju ne isplativ odnosno ekonomski ne održiv. Razlozi suvisoki troškovi za održavanje takvih sistema koji se ponovljaju svake godine u njihovom životnom ciklusu i kao takvi premašuju samu pruženu korist od sistema.

5. Analiza slučaja – primjer iz Londona

5.1. Svrha analize i istraživačko pitanje

Cilj ove analize je: 1) ispitati i procijeniti toplinske performanse LWS-a i mogu li se razmatrati kao moguća metoda za ublažavanje klimatskih promjena.
2) Vrednovanje kvantitativne količine hlađenja tijekom ljeta pomoću LWS-a i kako oni mijenjaju mikroklimu određenog područja.
3) Dati analizu njihovih prednosti te dati uvid u razinu termalne udobnosti kod korisnika.
4) Prikazati pozitivan utjecaj vegetacije na klimu kroz praćenje temperature zraka, površinske temperature sustava i razine vlažnosti istog.
Cilj je bio pružiti kvantitativne i kvalitativne podatke za procjenu dostupnih rješenja za buduće klime i klimatske promjene. Osim toga, opisati utjecaj vegetacije kao sredstvo održive i bolje kvalitete građanina u urbanoj sredini.

Mogu se formulirati sljedeća istraživačka pitanja:

1) Na koji način zelene ovojnice pomažu ublažavanju klimatskih promjena u Londonu?
2) Imaju li zeleni zidovi sposobnost mijenjati mikroklimu tijekom ljeta?
3) Kako zelene ovojnice pomažu pri samnjivanju efekta toplinskog urbanog otoka?

5.2. Metodologija

Kako bi se riješila istraživačka pitanja izvedena je eksperimentalna studija tijekom ljeta 2016. u središtu Londona. Istraživanje se temelji na terenskom nadgledanju tri različita LWS-a. Za određivanje učinka hlađenja LWS-a, podaci su se prikupljali kroz praćenje stanja u okolišu. Istraživanje okolišnog praćenja usmjereni su na prikupljanje, analizu i usporedbu površinske temperature, temperature okoline, vlage i brzinu vjetra između zelenih zidova i obližnjih golih zidova. Studija slučaja na mjestu 'B' nema površinsku temperaturu zbog činjenice da su iButtoni ostavljeni na javnim prostorima nestali.

5.3. Studije slučaja

Istražene studije bili su u potpunosti ozelenjeni LWS-i sa sličnim biljkama. Sastoje se od modularnih sadnih ploča, vodonepropusnog sloja i sustava navodnjavanja spojenog izravno na sadne ploče. Studija slučaja na mjestu „A“ je LWS orijentiran na istočnom pročelju, instaliran 2015. godine te sadrži 15000 biljaka. Mjerenja su provedena od 25. svibnja do 26. lipnja 2016.

Druga studija na mjestu „B“ smještena je na sjevernom pročelju, površine 700 m^2 i visine zida 12 m te sadrži 52 000 biljaka. Treći slučaj „C“ je LWS koji se proteže od zapadnog preko južnog do istočnog pročelja, ukupne površine 260 m^2. Zid sadrži 18 000 biljaka. Mjerenja su provedena 26. svibnja do 13. lipnja 2016.

Ime mjesta	Slika	Orijentacija fasade	Pojedinosti
Mjesto „A“		Istočno orjentirano	15 000 biljaka, bršljan i paprat
Mjesto „B“		Sjeverno orjentirano	52 000 biljaka, *Asplenium scolopendrium*, (Obični jelenjak)*Heuchera*, (Crvena kamenikolika)*Lonicera nitida*, (Sjajna kozokrvina) *Polystichumsetiferum* (papratnjača)
Mjesto „C“		Zapadno, južno i istočno orjentirano	18 000 biljaka, *Asplenium scolopendrium*, (Obični jelenjak) *Helxinesolieroli*(Kućna sreća), *Ophiopogonjaponica*, (Zmijobrad) *Lavendulaaugustifolia*(Lavanda)

Tablica 5.3.1. Prikaz tri istraživana LWS-a sa orjentacijom i opisom (izvor: MaricruzSoleraJimenez (2018) Green walls: a sustainableapproach toclimatechange, a casestudyof London, Architectural Science Review, 61:1-2, 48-57,str.:50)

5.4. Instrumentacija za toplinsko praćenje

Kako bi se analizirala uloga zelenih zidova u reguliranju temperature, količine vlage i brzine vjetra korišteno je nekoliko vrsta instrumenata. Instrumenti korišteni za mjerenja temperature površine i okoline su Therma-Cam B2, iButtons (Maxim DS1920) te za mjerenje temperature i vlage okoliša (ATP-PT 5035). Dok je za procjenu brzine vjetra korišten anemometar (Kestrel 1000 wind meter).



Slika 5.4.1. Uređaji korišteni u studiji: mjerač okoliša, iButton, termalni fotoaparat,anmemometar (izvor: MaricruzSoleraJimenez (2018) Green walls: a sustainableapproach toclimatechange, a casestudyof London, Architectural Science Review, 61:1-2, 48-57,str.:51)

5.5. Prikupljanje podataka

Na svakom mjestu, površinske temperature su mjerene sa uređajem iButton smještenim unutar LWS-a i drugi smješten na obližni zid kao što je prikazano na slici. Ukupno osam iButtona je korišteno za snimanje vanjske temperature po satu. Cilj usporedbe je procjena utjecaja površinske temperature zbog vegetacijskog sloja. Osim toga, mjerenja na licu mjesta poduzeta su za mjerenje temperatura okoline, vlažnosti i brzina vjetra u tri živa zida. Točkasta mjerenja su provedena na različitim udaljenostima od zida na visini od 1,5 m okomito na zid. Vanjska temperatura zraka i relativna vlažnost mjerene su na fiksnim udaljenostima od 5 cm od površine fasade zelenog zida te goli zid i udaljenosti od 2 m za svaki eksperimentalni dan.

Mjerenja brzine vjetra snimljena su anemometrom (Kestrel 1000 wind) unutar lišća, 5 cm i 2 m ispred zelene fasade i gole fasade. Osim mjerenja okoliša, kvalitativno, podaci su prikupljeni upitnikom. Sudionici upitnika bili su korisnici LWS-a u Londonu. Upitnik su popunili korisnici koji žive ili rade u blizini LWS-a u Londonu istoga dana. Anketa o zadovoljstvu korištena je kako bi se razumjelo kako se stanari osjećaju u smislu toplinske udobnosti i percipirane društvene koristi.



Slika 5.5.1. Sistem živućeg zida na mjestu 'C' sa prikazom smještanja iButton-a (izvor: MaricruzSoleraJimenez (2018) Green walls: a sustainableapproach toclimatechange, a casestudyof London, Architectural Science Review, 61:1-2, 48-57,str.:51)

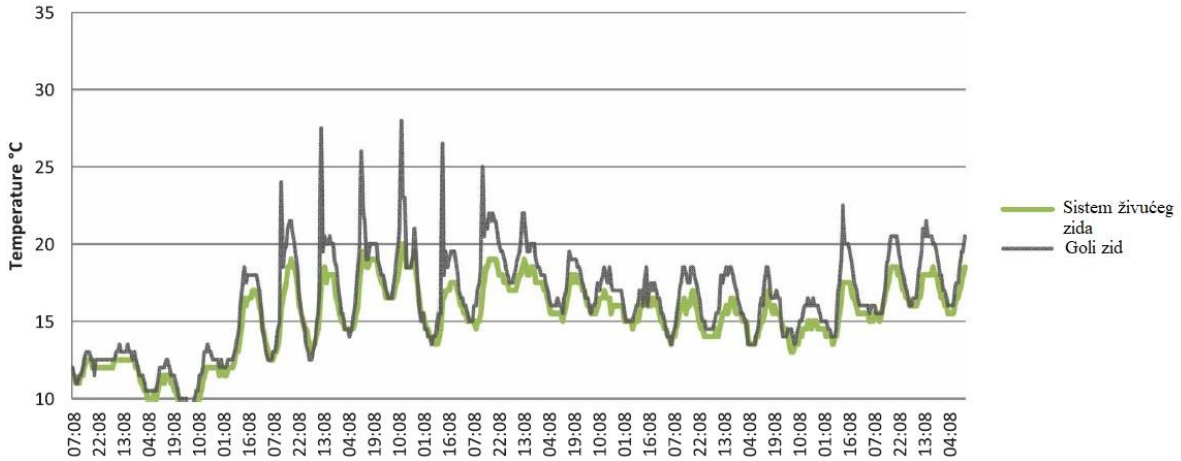
5.6. Rasprava i analiza

Satni mjereni podaci odabrani za analizu klasificirani su za mjesto "A" kao tipičan sunčani dan (7. lipnja 2016.), hladni dan (15. Lipnja2016.) i vrući oblačni dan (23. lipnja 2016.). Izmjereni podaciza analizu LWS "C" klasificirani su kao tipični sunčan dan (7. srpnja 2016.),hladni dan (30. lipnja 2016.) i vrući oblačan dan (26. lipnja 2016.). LWS 'C' je pokazao da pružaviše hlađenje. Ovaj zid ima više ekstremnih temperatura vjerojatnojer su mjerenja provedena od 26. lipnja do13. srpnja tijekom toplijih ljetnih dana. Nadalje, obližnje zgrade na istočnoj fasadi za mjestu 'C' nisu toliko visoke kao kod studije u slučaja "A", stoga postoji manje sjenčanja. Međutim, na mjestu 'C' pokrivenost i gustoća lišća je intenzivnija pa pruža veću učinkovitost kroz sjenčanje i evapo-transpiraciju.Smanjenje temperature u prisutnosti LWS je bilo više istaknuto u sunčanim vrućim danima. Dakle, ovo sugerira kako LWS ima poboljšane koristi kao se solarni intenzitet povećava (Slika 5.6.1.).



Slika 5.6.1. Fotografija snimljena infracrvenim fotoaparatom, usporedba površinskih temperatura (izvor: MaricruzSoleraJimenez (2018) Green walls: a sustainableapproach toclimatechange, a casestudyof London, Architectural Science Review, 61:1-2, 48-57,str.:52)

Tijekom tog razdoblja maksimalna površinska temperatura snimljena na običnoj fasadi na mjestu 'A' iznosila je 28 °C. U međuvremenu, temperatura zelene fasade bila je 20 °C u 12:00 sati. LWS na lokaciji 'A' doživio je, u usporedbi sa golom fasadom, maksimalnu razliku u temperaturi površina od 10 °C (16,5 °C i 26,5 °C) u 12 sati po sunčanom danu.

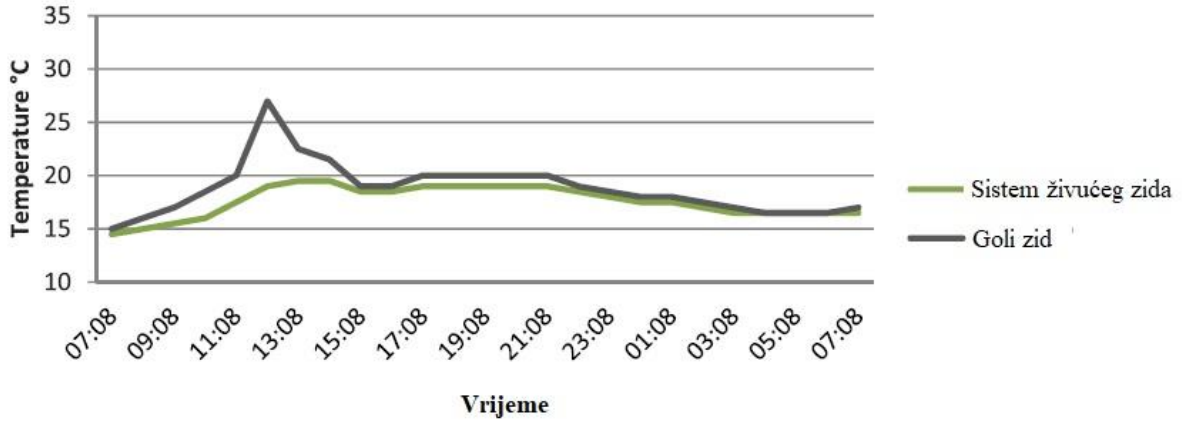


Prikaz 5.6.1. Temperaturni profil za LWS na mjestu 'A' i obližnjeg gologa zida (26. svibnja 2016. - 19. lipnja 2016.) (izvor: MaricruzSoleraJimenez (2018) Green walls: a sustainableapproach toclimatechange, a casestudyof London, Architectural Science Review, 61:1-2, 48-57,str.:52)

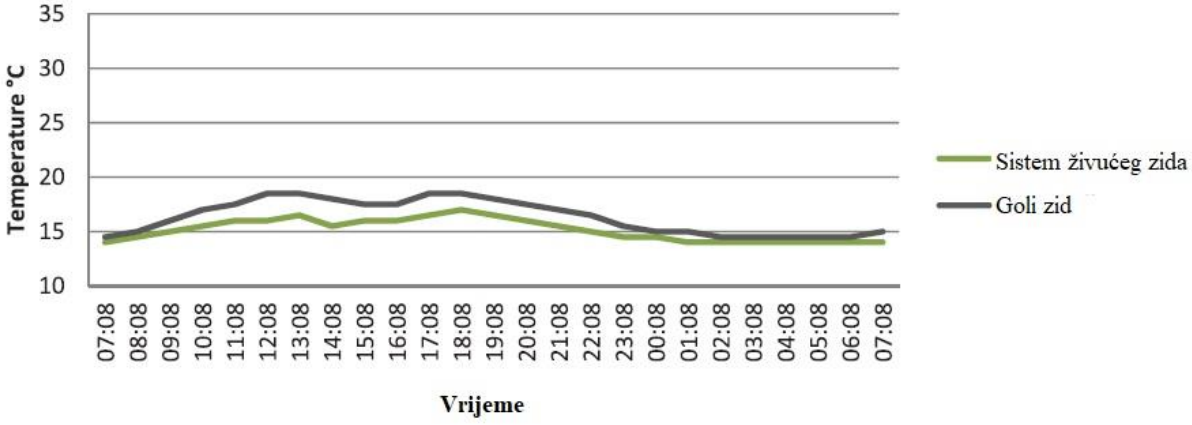
Maksimalna razlika temperaturne vrijednostiizmedu gologa zida i zelenog zida bila je 12 °C u 11:00 sati na lokaciji "C". Površinske temperature golog zida postižu najviše 31 °C, dok je zeleni zid dosegao 19 ° C u istom satu. Osim toga, srednja temperatura fasade tijekom vrućeg sunčanog dana u LWS je 20,3 °C a na golom zidu 23,7 °C (mjesto 'C'). Ovi rezultati potvrđuju učinkovitost vegetacije u presretanju sunčevog zračenja i time smanjuju površinske temperature.
Oba LWS-a imaju manju fluktuaciju temperature tijekom dana što stvara stabilnu mikroklimu u usporedbi sa susjednim izloženim površinama. Fluktacija površinske temperature kod LWS-a po sunčanom danu na lokaciji "A" kretala se od 14 °C do 21 °C dok je na golom zidu izmjerena oscilacija temperature između 14 °C i 28 °C.
Osim toga,površinske temperature oba LWS bile su dosljedno nižetijekom četiri tjedna. Najučinkovitije smanjenje temperature promatrano je od 11:00 do 14:00 sati na mjestu 'A'i na mjestu 'C' od 10:00 do 16:00 sati vrućim danima (oblačno isunčano). Podaci pokazuju da je istočna fasada bila učinkovitija tijekom jutra, budući da dobiva izravno zračenje.Rezultati sugeriraju da LWS može poboljšati toplinsko ponašanje građevinske ovojnice. Međutim, tijekom noći,temperature su relativno slične i na zelenom zidui kod golih površina pročelja na sunčanim, vrućim oblačnim i hladnim danima.Postoji jaka veza izmeđudoba dana, lokalnog vremena i učinaka hlađenja zida. Po vrućem oblačnom danu,srednja površinska temperatura, na mjestu 'A', zelenog zida bila je 19,7 °C a gologazida bila je 21,5 °C.Na hladani dan, rashlađivanje je iznosilo 2,5 °C. U međuvremenu, prosječno dnevno smanjenje temperaturne razlike zabilježene na LWS-u na mjestu "C" po hladnom danu bilo je 0,8 °C a 1,6 °Cna mjestu "A". Međutim, u hladnim, oblačnima danima, učinak hlađenja irasponi fluktuacije bili su manji i u LWS-u i na golom zidu. Može se zaključiti da termalna udobnost u zgradamase povećava kroz niži toplinski tok kroz zid savegetativnim slojem. Zasjenjivanje pomoću vegetacije osigurava manje sunčevog zračenja po površinama objekta tetako regulira vanjsku i unutrašnjost mikroklimu, što to dovodi do smanjenja potrošnje energije kroz nižu i konstantnu temperaturu.

5.7. Rezultati mjerenja

Izmjerene vrijednosti toplinskih svojstava LWS-aukazuju na razliku u temperaturi površine golog zida i zelenog zida na udaljenosti od 5 cm i 2m. Rezultati LWS na mjestu'C', koji prekriva tri strane fasade sa zelenilom (istok, jug i zapad) prikazani su na slici 8.Mjerenja na točkama potvrđuju da se pomoću živućeg zida može umanjiti temperatura zraka između 0.5 °C i 4.1 °C u usporedbi s mjerenjem udaljenim 2m.

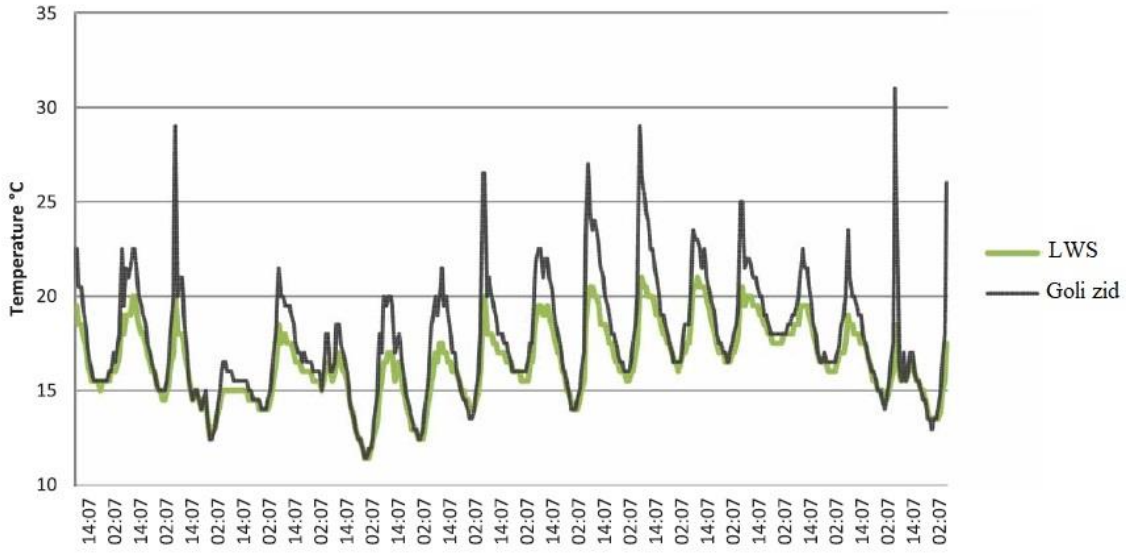


Prikaz 5.7.1. Usporedba temperatura na površini LWS-a mjesto 'A' i gologa zida po vrućem sunčanom danu (7. lipnja 2016.). (izvor: MaricruzSoleraJimenez (2018) Green walls: a sustainableapproach toclimatechange, a casestudyof London, Architectural Science Review, 61:1-2, 48-57,str.:53)

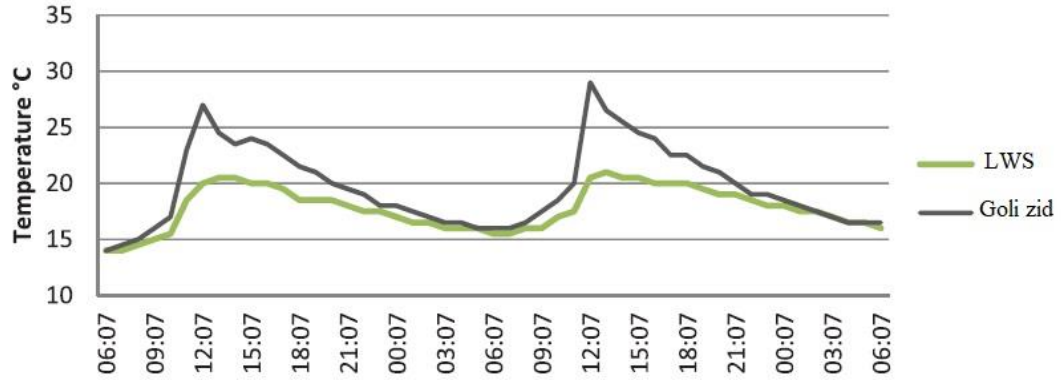


Prikaz 5.7.2. Usporedba temperatura na površini LWS-a mjesto 'A' i gologa zida po hladnom danu (15. lipnja 2016.). (izvor: MaricruzSoleraJimenez (2018) Green walls: a sustainableapproach toclimatechange, a casestudyof London, Architectural Science Review, 61:1-2, 48-57,str.:53)

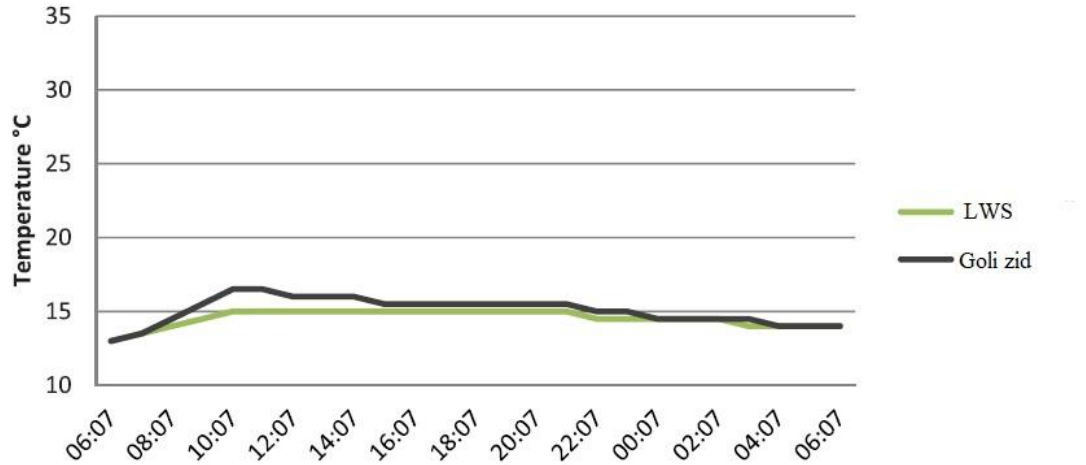
Maksimalna razlika u temperaturi vanjskoga zraka bila je 4.1 °C, 5 cm od LWS-a naspram mjerene udaljenosti od 2m na južnoj fasadi, mjesto "A". Rezultat toga je uspostavljena hladnija mikroklima u blizni zelenog zida. Ovaj fenomen je djelomično posljedica procesa evapotranspiracije koja hladi zrak djelujući kao pasivni sustav hlađenja koji smanjuje potrošnju energije i smanjuje razinu ugljičnog dioksida. Toplinska energija se apsorbira tijekom procesa evapotranspiracije stvarajući tako evapotranspiracijsko hlađenje koje smanjuje ambijentalnu temperaturu i temperaturu vanjske površine. (slike 9 i 10)



Prikaz 5.7.3. Temperaturni profil za LWS na mjestu 'C' i obližnjeg gologa zida, period od 3 tjedna (izvor: MaricruzSoleraJimenez (2018) Green walls: a sustainableapproach toclimatechange, a casestudyof London, Architectural Science Review, 61:1-2, 48-57,str.:53)



Prikaz 3.7.4. Usporedba temperatura na površini LWS-a mjesto 'C' i gologa zida po vrućem sunčanom danu (6. srpnja 2016.). (izvor: MaricruzSoleraJimenez (2018) Green walls: a sustainableapproach toclimatechange, a casestudyof London, Architectural Science Review, 61:1-2, 48-57,str.:54)

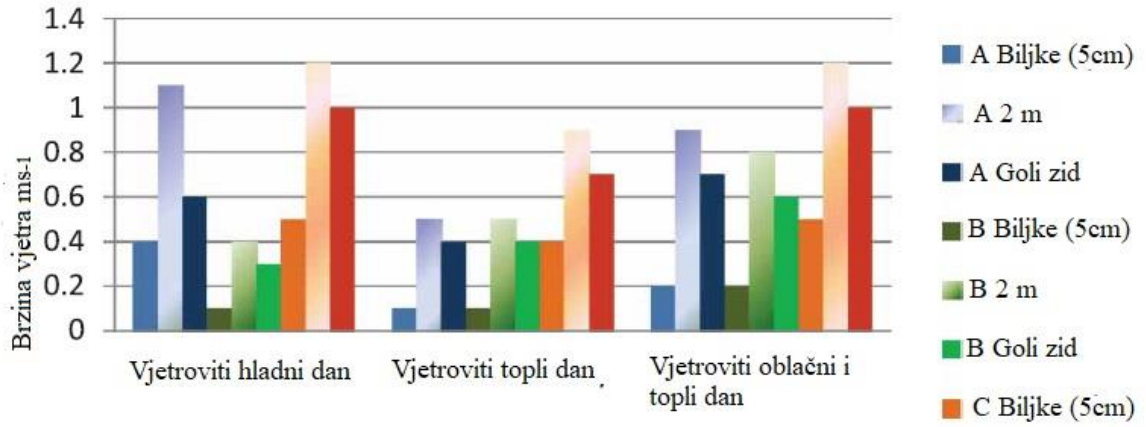


Prikaz 3.7.5. Usporedba temperatura na površini LWS-a mjesto 'C' i gologa zida po hladnom danu (30. lipnja 2016.). (izvor: MaricruzSoleraJimenez (2018) Green walls: a sustainableapproach toclimatechange, a casestudyof London, Architectural Science Review, 61:1-2, 48-57,str.:54)

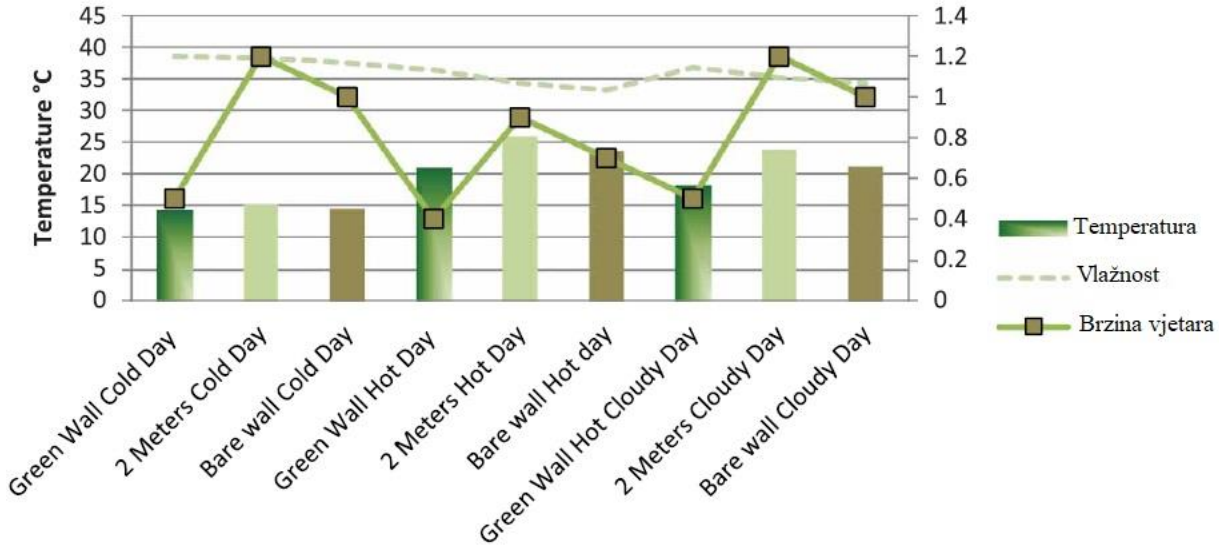
Učinak ozelenjenih pročelja bili su približno slični na svim proučavanim mjestima na kojima je smanjena temperatura i brzina vjetra kada se uspoređuje sa susjednim neozelenjenim površinama. (slike 11 i 12).
Dodatni vegetacijski sloj stvara novu mikroklimu mjenjajući vanjsku toplinsku udobnost za korisnike. LWS na mjestu 'C', zid okrenut prema jugu, ostvaruje najveće smanjenje temperature po vrućim, sunčanim danima, promatrano 5 cm od zida i sa udaljenosti od 2 m. Ovi rezultati ukazuju kako gradovi mogu imati koristi od postavljanja vertikalnog zelenila i to kroz hlađenje okolnoga zraka. Nadalje, hladnije vanjske temperature smanjuju efekt urbanog toplinskog otoka, umanjavaju efekt toplinskih valova, poboljšavaju toplinsku udobnost, mjenjaju gradske kanjone te smanjuju potrošnju energije za hlađenje unutarnjih prostorija.

5.8. Rezultati mjerenja vjetra

Brzina strujanja zraka u blizini LWS-a je niža u usporedbi sa brzinama kod gologa zida te se još više smanjila između lišća. Smanjenje brzine vjetra varira između 0,1 i 1,2 ms^{-1}gledano sa udaljenosti od 5 cm te uspređeno sa udaljenosti od 2 m te kad se uspoređuje sa obližnjim golim zidom iznosi 0,7 ms^{-1}. Osim toga, lišće smanjuje brzinu strujanja zraka na 0 ili 0,1 ms^{-1}. Živući zidovi mogu spriječiti prodor vjetra u konstrukciju duž svoje površine. U studijama je zaključeno kako smanjenje vjetra može smanjiti toplinski protok kroz date zidove što nam govori kako brzina vjetra utječe na toplinsku propusnost u zgradama te da zarobljeni sloj zraka između lišća smanjuje toplinski tok kroz slojeve zida. Što znači da zarobljeni zrak između lišća djeluje kao izolacija povećavajući toplinski otpor zgrade što rezultira samnjenjem uporabe energije za grijanje i hlađenje. Drugi važni čimbenik smanjenja brzine vjetra i temperatura na površinama ovojnica objekta jest sprječavanje prodora zraka u zgrade što također dovodi do smanjenja korištenja energije. Nadalje, kombnicijom smanjenja brzine vanjskog zraka i niže temperature na zelenim zidovima moguće je smanjiti infltraciju zraka u prosjeku od 8% do 12% ovisno o parametrima fasade. Relativna vlažnost na LWS-u dostigla je maksimalnu razliku od 3% u odnosu na goli zid.



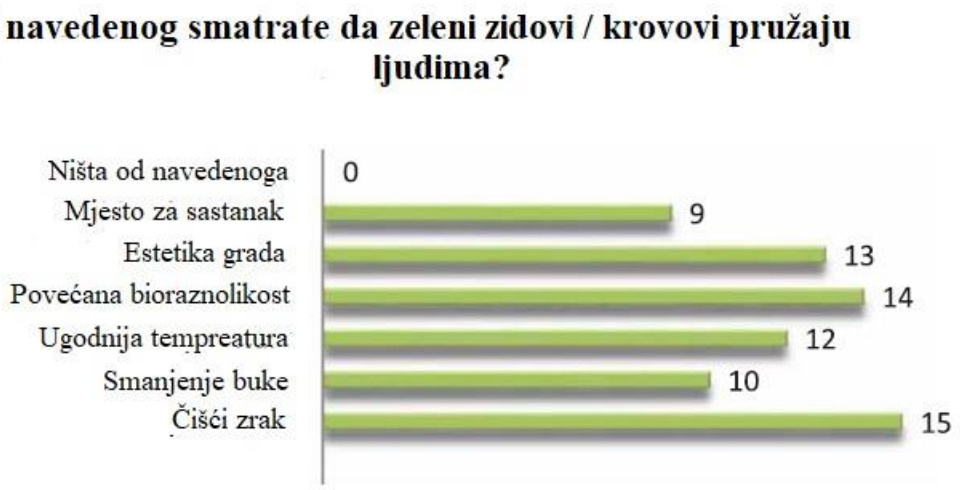
Prikaz 5.8.1. Usporedba brzine vjetra na zidu 'A', 'B' i 'C' na 5 cm, 2 m i golog zida na tri različita dana (izvor: MaricruzSoleraJimenez (2018) Green walls: a sustainableapproach toclimatechange, a casestudyof London, Architectural Science Review, 61:1-2, 48-57,str.:54)



Prikaz 5.8.2. Usporedba temperature okolnog zraka, relativne vlage i brzine vjetra na zidu 'C' istočne fasade. (izvor: MaricruzSoleraJimenez (2018) Green walls: a sustainableapproach toclimatechange, a casestudyof London, Architectural Science Review, 61:1-2, 48-57,str.:55)

5.9. Anketa

Upitnik je proveden kako bi se izmjerila dobivena korisnička korist, njihovo iskustvo kao korisnika navedenoga sistema i percipirana toplinska udobnost dobivena korištenjem sistema. Pozitivne reakcije su dobivene od korisnika u vidu ugođaja koji pružaju zeleni zidovi i krovovi.



Prikaz 5.9.1. Zaključene korisničke koristi (izvor: MaricruzSoleraJimenez (2018) Green walls: a sustainableapproach toclimatechange, a casestudyof London, Architectural Science Review, 61:1-2, 48-57,str.:55)

Naime, 95% korisnika osjeća bolju termalnu udobnost u obje vrste mjesta. Također, velika količina korisnika njih 85% traži žaštitu od sunca ljeti. Svi sudionici, 100 %, potiču inicijative za više zelenih prostora te smatraju da je vrlo važno stvarati i osiguravati takve prostore. Nadalje, njih 95% se složilo kako zelene fasade / krovovi mogu pozitivno utjecati na ublažavanje klimatskih promjena u njihovom gradu. Izvijestili su kako postoji potreba za većim poticajima za zelene površine u gradu i primjenu vertikalnog ozelenjavanja. Anketa je otkrila kako 75% ispitanih korisnika prostora je posjetilo LWS od kojih je 30 % posjećivalo između 1 – 3 puta tjedno, 25 % između 4 – 8 puta i 20 % više od 8 puta tjedno. Njih 25 % izjasnilo se kako nikada nemaju koristi tj. nikada ne posjećuju prostor. Svi ispitanici smatraju kako sistemi zelenih zidova imaju brojne prednosti. Najveći broj ispitanika naveo je čisti zrak kao glavnu dobrobit od sistema. Većina njih smatra kako vertikalno zelenilo pridonosi estetici i povećava bioraznolikost. Više od pola ispitanika smatra da je poboljšana toplinska zaštita primjenom sistema. Složili su se kako zelene površine mogu smanjiti razinu buke i predstavljati mjesto za sastanke. Nadalje, 85 % sudionika je zaključilo kako ovakvi sistemi mogu pridonjeti ublažavanju klimatskih promjena. Složili su se kako bi zeleni zidovi / krovovi umanjili temperaturu i umanjili količinu oborinskih voda. Budući razvoj trebao bi uključiti više zelenila u gradu jer sudionicima to godi. Korisnici su razumjeli prednosti zelenih zidova i njihov pozitivan odnos i utjecaj na klimatske promjene. Štoviše interakcija između zelenila i vanjskoga prostora osigurava povećanu toplinsku udobnost ljeti. Ti se čimbenici pretvaraju u vrijedne resurse kada se govori o poboljšanju javnih prostora

sa uočenim socijalnim koristima. Po njihovom mišljenju, trebalo bi biti više inicijativa o vertikalnom zelenilu koje potiču izvođače, planere i dizajnere. [23]

6. Zaključak

Sisteme zelenenih zidova možemo podijeliti na zelene fasade i sisteme živućih zidova. Ove dvije kategorije su dodatno podijeljene u podkategorije tako da se zelene fasade dijele na direktne ili indirektne fasade sa ili bez sadne posude. Sistemi živućih zidova djele se na kontinuirane sisteme i na modularne sisteme. Može se kazati kako su zelene fasade jednostavniji sustavi pošto se daju izvesti samo pomoću biljaka penjačica a u nekim slučajevima sadrže potpornu strukturu za rast biljaka i/ili sadnu posudu što nije slučaj sa živućim zidovima koji u sebi sadrži više potrebnih elemenata za normalno funkcioniranje sistema.

Osim što živući zid sadrži potporne elemente za smještaj biljaka, neki sustavi koriste suspstrat dok postoji slučaj kada je moguće i bez njega omogućiti zdravi razvoj biljkama te onda govorimo o hidroponskom sistemu uzgoja. Ono što čini sustav kompliciranijim je sistem navodnjavanja koji održava zid na životu donoseći mu vodu i potrebne nutrijente. Takvi sistemi moraju imati kontrolnu prostoriju kako bi se moglo regulirati i nadzirati stanje nad sustavom.

Zeleni zidovi, svojom implementacijom, pružaju brojne dobiti za pojedinca i za zajednicu. Jedna od bitnijih ekoloških zanačajki za koje vežemo zelene zidove jest smanjenje efekta toplinskih urbanih otoka. Biljni zidovi svojim zasjenjivanjem smanjuju temperature na pročelju te se tako smanjuje utjecaj refletirane topline u okružje. Bilje također doprinosi poboljšanju mikroklime pomoću prirodnog procesa evapotranspiracije. Bilje čisti zrak od nečistoća, smanjuje buku, čini dom mnogim životinjama, te pomaže smanjenju potrošnje energije za hlađenje i grijanje prostorija. Estetski vrlo dojmljivo, ono pomože čovjeku zadržati pozitivno psihološko stanje te smanjuje krvni tlak i pomaže pri alergijama.

Ekonomski gledano, otvara nova radna mjesta i potiče danje usavršavanje dionika. Ozeleniti pročelje je u nekim slučajevima ekonomski vrlo isplativo. Zelene fasade se mogu napraviti već od 20 €/m dok sistemi živućih zidova mogu koštati i preko 1200€ / m^2 i nikada neće biti ekonomsko održivi jer je instalacija i održavanje daleko skuplje naspram dobivenih koristi i ušteda u energiji.

Kratki zaključak izvedene analize slučaja. Istraživanje je provedeno tijekom ljeta u Londonu 2016. godine na tri različite lokacije te kvantificira toplinske performanse LWS-a. Praćeni su bili vremenski parametri kao što je temperatura površine, brzina vjetra, relativna vlažnost i vanjska temperatura zraka. Površinske temperaturne razlike između LWS-a i golog zida iznose i do 12 ° C. Vanjski okolni zrak može postići 4,1 ° C nižu temperaturu mjerenu sa 2 m udaljenosti. Niže temperature i fluktacije zabilježene su na svim mjestima u zelenim zidovima. Brzina vjetra može se smanjiti do 0,7 ms^{-1} ispred zelene fasade a između lišća svodi se na 0 ms^{-1} što znači da postoji zona gdje zrak miruje sa manjim fluktacijama temperature te kao takav djeluje kao izolacija.

Sunčevo zračenje može se blokirati pomoću vertikalnog zelenila što za rezultat daje smanjenu temperaturu pročelja i umanjuje troškove hlađenja objekta. Unutarnja temperatura dodatno se smanjuje povećanom vlagom uzrokovane evapo-transpiracijom. Zeleni zidovi imaju brojene pozitivne učinke na okoliš koje su korisnici zamijetili. Čisti svježi zrak je primaran prema datom istraživanju. Većina ispitanika smatralo je da vertikalno zelenilo podiže estetsku sliku grada, doprinosi bioraznolikosti i toplinskoj udobnosti. Provedeno eksperimentalno praćenje govori nam kako je moguće smanjiti temperaturu okoline te umanjiti brzinu vjetra stvarajući tako ugodniju mikroklimu. Zeleni zidovi mogu se koristiti kao dio strategije za poboljšanje energetske učinkovitosti zgrade u umjerenoj klimi i za smanjenje nivoa CO_2.

Denis Tupek

_____

U Varaždinu 11. ožujka 2019.

Sveučilište
Sjever

SVEUČILIŠTE
SJEVER

IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, DENIS TUPEK *(ime i prezime)* pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom OBNOVA OVOJNICE ZELENIM ZIDOVIMA KROZ PRIZMU ODRŽIVOG RAZVOJA *(upisati naslov)* te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnost i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, DENIS TUPEK *(ime i prezime)* neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom OBNOVA OVOJNICE ZELENIM ZIDOVIMA KROZ PRIZMU ODRŽIVOG RAZVOJA *(upisati naslov)* čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

(vlastoručni potpis)

7. Literatura

[1] M. A. Mir: Green façadesandbuildingstructures, Master thesis, Delft University ofTehnolgy, Delft, 2011.

[2] J. Tong: Living Wall; JungletheConcrete, Hong Kong, Kina, 2013.

[3]D. Jurić: Energetska učinkovitost: Vertikalno ozelenjavanje, Hausbau, br. nepoznat, kolovoz 2012.

[4] http://www.arhiteko.hr/menu.html?http://www.arhiteko.hr/_zelenizidovi.html dostupno 18.3.2017.

[5] M. Manso, J. Castro-Gomes: Green wallsystems: A reviewoftheircharacteristics, RenewableandSustainable Energy Reviews, br. 41 2015., str. 863-871

[6]www.holcim.hr/fileadmin/templates/HR/doc/7.../Nina_Peric_-_Ozivimo_zidove.pdf

[7] http://www.b-stylemagazine.com/en/caixaforum-madrid-vertical-garden-spanish-capital/, dostupno 11.9.2017.

[8]http://www.nytimes.com/2010/05/06/garden/06vertical.html, dostupno 12.9.2017.

[9] http://greenwavesystems.nl/verticale-tuinen/greenwave-4-0/, dostupno 11.6.2018.

[10] Georgia I. Papadopoulou: Green Walls as element ofbioclimatic design inMediterranean Urban Buildings, Master thesis, International Hellenic University, Thessaloniki – Grčka, 2013.

[11] Lidija Pavić-Rogošić: Globalni ciljevi održivog razvoja do 2030. , Zagreb, studeni 2015.

[12]https://www.ambius.com/green-walls/how-green-walls-work-irrigation/,dostupno 19.9.2018.

[13] Kordej – De Villa, Ž., Stubbs, P., Sumpor, M.: „Participativno upravljanje za održivi razvoj“, Ekonomski institut Zagreb, 2009., str. 18.

[14] Solak, A., Mušija, E., Krivokapa, T., Turković, N.: „*Održivi razvoj*“, 2000., str.*4*

[15] http://www.environmentdesignguide.com.au/media/TEC26.pdf , dostupno 25.9.2018.

[16] https://hr.wikipedia.org/wiki/Toplinski_otoci, dostupno 25.9.2018.

[17] Perini K,OtteléM,Fraaij A, Haas E, Raiteri R.:Greeningthebuildingenvelope, façadegreeningandlivingwallsystems. Open J Ecol 2011;1: str.1–8.

[18]http://www.growinggreenguide.org/technical-guide/introduction-to-roofs-walls-and-facades/benefits/, dostupno 25.9.2018.

[19] Green roofs: Introduction to Green Walls Technology, Benefits& Design September 2008.

[20] http://www.moj-bankar.hr/Kazalo/, dostupno 2.10.2018.

[21] https://www.investopedia.com/terms/i/irr.asp, dostupno 2.10.2018.

[22] https://efinancemanagement.com/investment-decisions/payback-period-pbp, dostupno 2.10.2018.

[23] MaricruzSoleraJimenez (2018) Green walls: a sustainableapproach to climatechange, a casestudyof London, Architectural Science Review, 61:1-2, 48-57, DOI: 10.1080/00038628.2017.1405789

Popis slika

Slika 2.2.2. Viseći vrtovi Babilona, Izvor: http://www.starapovijest.eu/viseci-vrtovi-babilona/

Slika 2.3.1.1. Principi ozelenjavanja ovojnice sa sadnim posudama a) bilje privrženo izravno na zid b) neizravni princip s pomoćnom konstrukcijom c) neizravno ozelenjavanje, sistem plantažnih posuda iza pomoćne konstrukcije, Izvor: http://article.sciencepublishinggroup.com/html/10.11648.j.ijema.20160401.13.html

Slika 2.3.2.2.a) Instalacija vertikalnog vrta,listopad 2006.g., Izvor: https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/

Slika 2.3.2.2.b). Dva mjeseca nakon instalacije, prosinac 2006.g., Izvor: https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/

Slika 2.3.2.2c). Vertikalni vrt, lipanj 2007.g., Izvor: https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/

Slika 2.3.2.2.d) Vertikalni vrt, travanj 2008.g.

Slika 2.3.2.2.e) CaixaForum Madrid, Španjolska, rujan 2014.g. fotograf: Rubén P. Becós (CaixaForum)izvor: http://www.b-stylemagazine.com/en/caixaforum-madrid-vertical-garden-spanish-capital/)

Slika 2.3.2.3. Shematski prikaz slojeva kontinuiranog sistema živućeg zida, izvor: http://www.nytimes.com/2010/05/06/garden/06vertical.html

Slika 2.3.2.4. Osnovne komponente sistema ladice (Izvor: https://www.planterdesigns.com/NextGen-Living-walls-Guide.pdf

Slika 2.3.2.5. Dijelovi modularnog sistema plantažne posude (Izvor: http://greenwavesystems.nl/greenwave-4-0/)

Slika 2.3.2.6. Sistem sadnih ploča (izvor: GeorgiaPapadopoulou - Green Walls as element ofbioclimatic design inMediterranean Urban Buildings)

Slika 3.3.1. Direktni sustav navodnjavanja modularnog zelenog zida (izvor: http://www.vertiss.net/en/green-wall/set-up-watering-maintenance/)

Slika 4.2.1.1. Shematski prikaz promjene temperature (izvor: S. Babić, A. Deluka-Tibljaš, M. Cuculić, S. Šurdonja: „Analiza zagrijavanja kolničkih površina urbanih područja“, časopis Građevinar 64 (2012) 2, str. 125.)

Slika 4.2.1.2. Snimak pročelja infracrvenom kamerom (izvor: Perini K,OtteléM,Fraaij A, Haas E, Raiteri R. Greeningthebuildingenvelope, façadegreeningandlivingwallsystems. Open J Ecol 2011;1: str.1–8.)

Slika 5.4.1. Uređaji korišteni u studiji: mjerač okoliša, iButton, termalni fotoaparat,anmemometar (izvor: MaricruzSoleraJimenez (2018) Green walls: a sustainableapproach to climatechange, a casestudyof London, Architectural Science Review, 61:1-2, 48-57,str.:51)

Slika 5.5.1. Sistem živućeg zida na mjestu 'C' sa prikazom smještanja iButton-a (izvor: MaricruzSoleraJimenez (2018) Green walls: a sustainableapproach to climatechange, a casestudyof London, Architectural Science Review, 61:1-2, 48-57,str.:51)

Popis prikaza i tablica

Tablica 2.2.1. Povijesni pregled zelenih zidova…….6
Prikaz 2.3.1. Klasifikacija zelenih zidova prema konstruktivnim karakteristikama……6
Tablica 4.1.1. Razlika održivog i neodrživog razvoja…….23
Tablica 4.3.1. Osobni troškovi povezani sa postavljanjem vertikalnih sustavaozelenjavanja..
…….29
Tablica 5.3.1. Prikaz tri istraživana LWS-a sa orjentacijom i opisom……32
Prikaz 5.6.1. Temperaturni profil za LWS na mjestu 'A' i obližnjeg gologa zida (26. svibnja 2016. - 19. lipnja 2016.) (izvor: MaricruzSoleraJimenez (2018) Green walls: a sustainableapproach to climatechange, a casestudyof London, Architectural Science Review, 61:1-2, 48-
57,str.:52)……35
Prikaz 5.7.1. Usporedba temperatura na površini LWS-a mjesto 'A' i gologa zida po vrućem sunčanom danu (7. lipnja 2016.). (izvor: MaricruzSoleraJimenez (2018) Green walls: a sustainableapproach to climatechange, a casestudyof London, Architectural Science Review, 61:1-2, 48-57,str.:53)……37
Prikaz 5.7.2. Usporedba temperatura na površini LWS-a mjesto 'A' i gologa zida po hladnom danu (15. lipnja 2016.). (izvor: MaricruzSoleraJimenez (2018) Green walls: a sustainableapproach to climatechange, a casestudyof London, Architectural Science Review, 61:1-2, 48-
57,str.:53)……37
Prikaz 5.7.3. Temperaturni profil za LWS na mjestu 'C' i obližnjeg gologa zida, period od 3 tjedna (izvor: MaricruzSoleraJimenez (2018) Green walls: a sustainableapproach to climatechange, a casestudyof London, Architectural Science Review, 61:1-2, 48-57,str.:53)…….38
Prikaz 3.7.4. Usporedba temperatura na površini LWS-a mjesto 'C' i gologa zida po vrućem sunčanom danu (6. srpnja 2016.). (izvor: MaricruzSoleraJimenez (2018) Green walls: a sustainableapproach to climatechange, a casestudyof London, Architectural Science Review, 61:1-2, 48-57,str.:54)…….38
Prikaz 3.7.5. Usporedba temperatura na površini LWS-a mjesto 'C' i gologa zida po hladnom danu (30. lipnja 2016.). (izvor: MaricruzSoleraJimenez (2018) Green walls: a sustainableapproach to climatechange, a casestudyof London, Architectural Science Review, 61:1-2, 48-
57,str.:54)……38

Prikaz 5.8.1. Usporedba brzine vjetra na zidu 'A', 'B' i 'C' na 5 cm, 2 m i golog zida na tri različita dana (izvor: MaricruzSoleraJimenez (2018) Green walls: a sustainableapproach to climatechange, a casestudyof London, Architectural Science Review, 61:1-2, 48-57,str.:54)…….40
Prikaz 5.8.2. Usporedba temperature okolnog zraka, relativne vlage i brzine vjetra na zidu 'C' istočne fasade. (izvor: MaricruzSoleraJimenez (2018) Green walls: a sustainableapproach to climatechange, a casestudyof London, Architectural Science Review, 61:1-2, 48-57,str.:55)…….40
Prikaz 5.9.1. Zaključene korisničke koristi (izvor: MaricruzSoleraJimenez (2018) Green walls: a sustainableapproach to climatechange, a casestudyof London, Architectural Science Review, 61:1-2, 48-57,str.:55)……....41