

Geneza i razvoj ekološki ispravne arhitekture

Linda Hildebrand^{1*}, Thaleia Konstantinou², Saja Kosanović³, Tillmann Klein⁴ i Ulrich Knaack⁵

* Autor za korespondenciju

1 Arhitektonski fakultet, Tehnički univerzitet Rajne-Vestfalije u Ahenu, e-mail: lhildebrand@rb.arch.rwth-aachen.de

2 Fakultet za arhitekturu i građenu sredinu, Tehnološki univerzitet u Delftu, e-mail: T.Konstantinou@tudelft.nl

3 Fakultet tehničkih nauka – Arhitektura, Univerzitet u Prištini sa sedištem u Kosovskoj Mitrovici, e-mail: saja.kosanovic@pr.ac.rs

4 Fakultet za arhitekturu i građenu sredinu, Tehnološki univerzitet u Delftu, e-mail: T.Klein@tudelft.nl

5 Arhitektonski fakultet, Tehnički univerzitet u Darmštatu/Fakultet za arhitekturu i građenu sredinu, Tehnološki univerzitet u Delftu, e-mail: knaack@ismd.tu-darmstadt.de

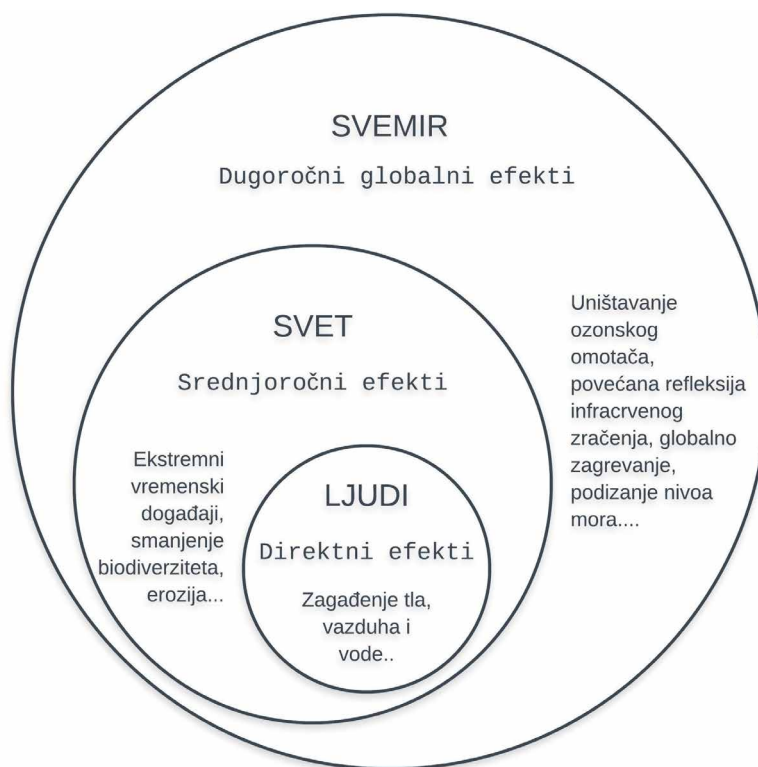
APSTRAKT

Danas je poznato da su zgrade među najvećim potrošačima i zagađivačima na planeti. Međutim, nastanak ekološki ispravne arhitekture u modernom smislu, kako je to prikazano u ovom radu, manjim je delom podstaknut prvim zahtevima za smanjenje negativnog pritiska na životno okruženje a većim delom težnjom da se obezbedi kontinuitet u snabdevanju resursima. Tek kada je u drugoj polovini 20. veka svest o stanju životne sredine i o negativnom ljudskom doprinosu dovoljno sazrela, ideja o projektovanju ekološki ispravnih zgrada je počela da se razvija i usložnjava. Postepeno je projektovanje ekološki ispravnih zgrada preraslo u skup različitih strategija i mera čiji je cilj smanjenje negativnog ekološkog uticaja, kroz usklađivanje konvencionalnih projektantskih zahteva sa njihovim ekološkim značajem. Uspostavljanjem veze između efikasnog korišćenja prirodnih resursa i smanjenja ekoloških uticaja zgrada, ovaj rad se bavi pregledom sadašnjih trendova i izazova u pogledu upotrebe energije, materijala, vode i zemljišta, te promišljanjem mogućih scenarija efikasne budućnosti u kojoj bi šire socijalne i ekonomske sheme postale relevantnije za uspešno projektovanje ekološki ispravnih zgrada.

KLJUČNE REČI zgrade, ekološki uticaji, životni ciklus, efikasnost korišćenja prirodnih resursa

1 Uvod

Ljudi su tokom istorije naučili da kultivišu i eksploatišu raznovrsne prirodne resurse kako bi osigurali svoj opstanak i dobrobit. Sa industrijalizacijom su ljudske aktivnosti i korišćenje resursa dostupnih u Zemljinim sistemima intenzivirani, čime su uzrokovane promene sa nepredvidivim i nepovratnim ekološkim efektima. Iako masivni uticaji na prirodu traju poslednjih dvesta godina, ljudska svest o njima se razvila tek u drugoj polovini prošlog veka, kada je politički i sociološki motivisano pitanje zaštite životne sredine postalo novi fokus.



SL. 1.1 Tri nivoa opsega ekoloških uticaja (Hildebrand, 2014)

Interakcija sa prirodom predstavlja bazu života čovečanstva. Zbog toga se uticaji ljudi na okruženje ne mogu uvek smatrati problematičnim. S druge strane, razmera ekološke štete se definiše tipom, obimom i posledicama pomenute interakcije koja je ili planirana (na primer, generisanje korisne energije, dobijanje sirovina, konverzija zemljišta i slično) ili slučajna (na primer, nuklearne katastrofe u Černobilju ili Fokušimi).

Trasiranje ekoloških efekata je zahtevno zbog složenog uzajamnog dejstva prirodnih ciklusa sa čovečanstvom. Neke ljudske aktivnosti rezultiraju neposrednim reperkusijama u prirodi a pojedini drugi efekti se ne mogu direktno povezati sa svojim uzrokom. Zato se uticaji na prirodu mogu kategorisati kao direktni, srednjoročni i dugoročni globalni efekti. Ova gradacija je od koristi pri definisanju intervencija koje treba sprovesti u opsegu uzroka njihovog uvođenja, s obzirom da se poboljšanje može postići samo onda kada je međusobni odnos između uzroka i ispoljene posledice dokazan. Na primer, definisanje opsega

pomaže da se napravi razlika između toplog gradskog ostrva i stabilnog povećanja temperature usled globalnog zagrevanja u slučaju kada se oba fenomena javljaju na istoj lokaciji. Dok se mere za ublažavanje toplog gradskog ostrva mogu sprovesti na nivou zgrade, projektanti reaguju na globalno zagrevanje samo opštom težnjom da se dugoročno smanje CO₂ emisije.

Zagađenje koje se javlja na definisanom prostornom nivou i uzrokuje in situ posledice sa trenutnim efektima predstavlja manifestaciju direktnog ekološkog uticaja, npr. curenje toksičnih supstanci u vodu, vazduh ili zemljište tokom faze proizvodnje građevinskih materijala.

Srednjoročni ekološki uticaji izazivaju posledice u širem okviru promena u vremenu i prostoru. Uzročni događaj prvo menja prirodne uslove, a zatim ugrožava ljude. Na primer, deforestizacija uzrokuje eroziju zemljišta, a zatim pogoršava kvalitet vazduha, izaziva promene u vremenskim uslovima i sl. Iako posledice po život čoveka možda nisu odmah i direktno uočljive one se mogu dovesti u vezu sa uzročnim događajem.

Dugoročni efekti podrazumevaju posledice koje se ispoljavaju nakon izvesnog vremenskog zakašnjenja i pogađaju ceo svet. Emisije usled ljudskih aktivnosti, kojima se uzrokuje lančana reakcija (od zagađenja, globalnog zagrevanja, do rasta nivoa mora, pojave poplava u priobalnim mestima i dr.), tako predstavljaju primer dugoročnih ekoloških efekata.

Uspostavljanje hijerarhije negativnih ekoloških uticaja produbljuje razumevanje složenosti i utire put ka njihovom smanjivanju. Distance u vremenu i prostoru od mesta generisanja negativnog uticaja do njegove manifestacije predstavljaju osnovne faktore koji utiču na vrstu i obim potrebne reakcije. Dok direktne štetne posledice zahtevaju trenutne reakcije, veće distance u vremenu i prostoru zahtevaju dublje znanje, povećanu odgovornost i globalni pristup. Vreme pojave takođe utiče na regulatorni proces; što se brže neka štetna posledica ispolji to se ranije uspostavlja i regulacija koja sprečava njeno ponavljanje.

Svest o ishodima ljudskih aktivnosti je osnova za redukovanje ekološkog zagađenja i degradacije. Vrsta i obim akcija za smanjenje štetnih ekoloških efekata zavise od polja delovanja. U arhitektonskom projektovanju, poznavanje ekološke dimenzije je fundamentalno za definisanje tehničkih, socijalnih i ekonomskih mera. U tom smislu, ovaj rad uspostavlja platformu činjenica potrebnih za razumevanje progresivnog antropogenog uticaja na životnu sredinu, obrazlaže genezu i razvoj ekološki ispravnih zgrada u širim socijalnim uslovima i detaljno razmatra segmente koji su trenutno najrazvijeniji. Rad se dalje bavi glavnim izazovima u savremenom arhitektonskom projektovanju sa aspekta potrošnje prirodnih resursa: vode, zemljišta, energije i materijala, i istovremeno razrađuje moguća scenarija za resursno efikasnu budućnost.

2 Antropogeni uticaji na životnu sredinu tokom istorije

Ekološki sistemi na Zemlji obuhvataju žive entitete i njihovo neživo okruženje. Oni funkcionišu u složenim ciklusima koji su se tokom proteklih milion godina menjali sa promenama ekoloških uslova i žive materije. Od početka života na Zemlji, kopnene površine su prelazile u vodene, kontinenti su menjali svoj položaj i veličinu, temperature su varirale od hladnih do vrućih ekstrema, a žive vrste su nestajale ili nastajale. Sve ove promene su bile praćene sporim i stabilnim kosmičkim procesima i uslovima, i njihovim manifestacijama i odgovorima (samoregulacijom) na Zemlji, zbog čega se ciklusi prošlosti mogu smatrati konzistentnim. Dokazi ove konzistentnosti mogu se naći u zapisima ledenih jezgara, bušotinama, biljkama i dr. S druge strane, tokovi ciklusa prošlosti na Zemlji su bivali prekidani iznenađujućim događajima, kao što su vulkanske erupcije, što je dovelo do masivnih promena uslova okruženja.

Tokom prethodnih 12000 godina na Zemlji je razvijena klima koja pogoduje čovečanstvu. Ovaj period je započeo nakon poslednje ledene epohe i nazvan je Holocenska era ili interglacijalni period. U ovoj fazi su se događale samo minorne klimatske promene, kao što su hladni periodi tokom 16. i 17. veka (Feulner, 2011).

Opipljivi tragovi razvoja civilizacija i društava omogućavaju rekonstrukciju prošlih sistema ljudskog delovanja, načina korišćenja dostupnih resursa i uticaja na prirodu. Kroz vekove, ljudi su svojim aktivnostima uticali na prirodnu sredinu, prvenstveno vršenjem promena na pokrivaču tla. Kada su metode transporta postale bolje razvijene, eksploatacija površinskih resursa (npr. drveta) je neproporcionalno povećana (Hornborg, McNeill, & Martinez-Alier, 2007). Novi izumi i tehnološki razvoj, počev od 19. veka, doveli su do intenziviranja ekstrakcije i korišćenja prirodnih resursa i podstakli pojavu novih uticaja na Zemljine sisteme koji su danas poznati kao antropogeni uticaji na životnu sredinu.

Od početka perioda industrijalizacije potrošnja resursa se kontinualno povećavala. Posledično, ekološki uticaj na svim nivoima je rastao i stopa promena u okruženju se ubrzavala. Ekonomski uspon tokom 50-ih godina 20. veka rezultovao je ponudom mnoštva električnih proizvoda dostupnih velikom delu društva. Sa rastom životnog standarda i zahtevima komfora značajno je povećana i potrošnja energije. Polet građevinske industrije doveo je do masivne proizvodnje različitih vrsta građevinskih materijala čije se ekološko ponašanje tokom životnog ciklusa tek sada ispituje. Kontinuirani rast upotrebe prirodnih resursa: neobnovljive energije, sveže vode, zemljišta i sirovina materijala, praćen je intenziviranjem zagađenja vode, vazduha i tla, te generisanjem ogromnih količina otpada i emisija. Rezultat modernog načina život je da se veza između ljudi i drugih segmenata prirode većim delom prekinula. Uporedo s tim, zabeležen je trend rasta svetske populacije. Novi stvoreni proizvodi u građenoj sredini i njeno širenje na račun prirodne sredine postali su novi izvori ekološkog zagađenja i degradacije. U isto vreme,

brojnost i intenzitet 'iznenađenja', tj. ekstremnih vremenskih događaja, su povećani sa porastom prosečne globalne temperature.

Da bi se osiguralo kontinualno funkcionisanje sistema Zemlje potrebno je bavljenje kako aktuelnim trendovima u potrošnji resursa tako i budućim zahtevima. Istovremeno je potrebno i bavljenje posledicama prošlih antropogenih uticaja i aktivnosti, kao što su, primera radi, klimatske promene.

3 Ekološki pokret i održivost

U srži ekološkog pokreta nalazi se svest o povezanosti ljudi i drugih živih bića, prirodnih resursa i ekoloških problema (Armiero & Sedrez, 2014, str. 1). Posmatran u vidu kulturološkog fenomena, ekološki pokret se odnosi na aktivno učešće pojedinaca, grupa i organizacija u svrhu očuvanja raznovrsnih sistema i vrednosti planete.

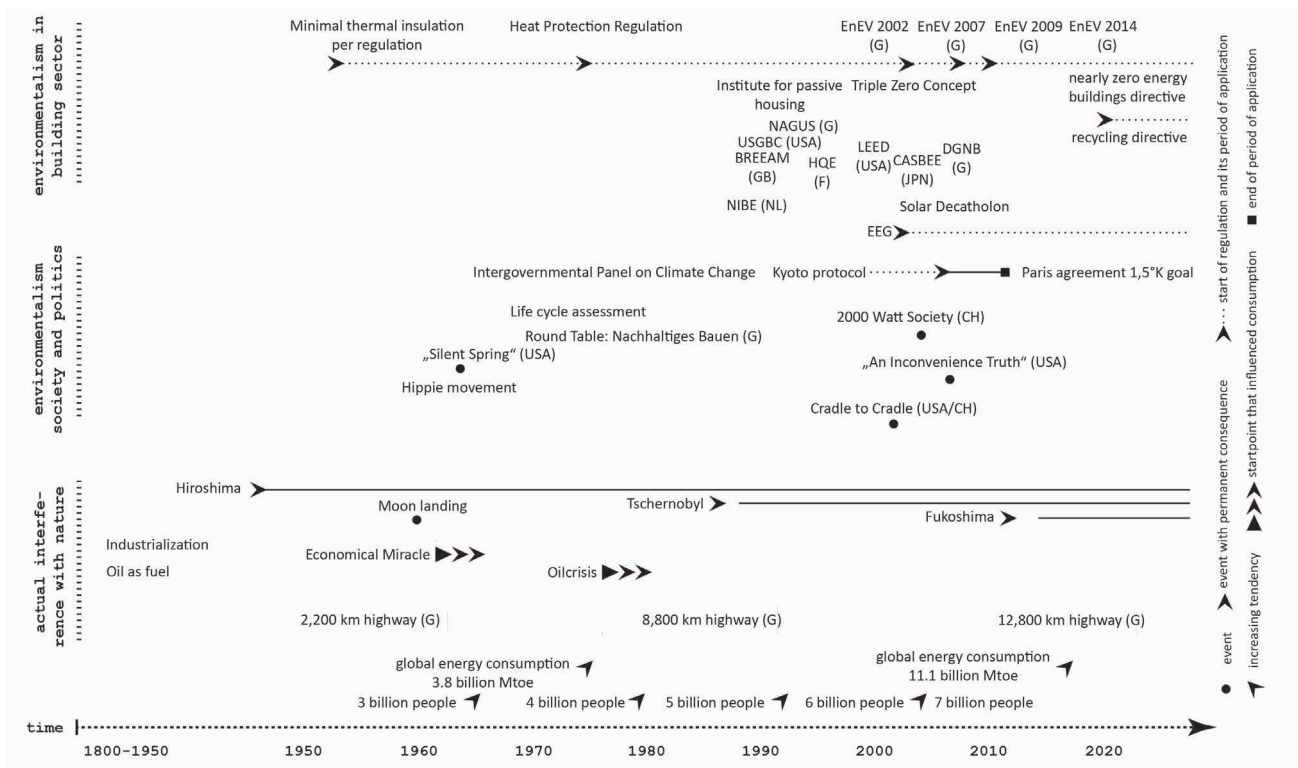
Pored ideja i događaja, koji su oblikovali ekološki pokret na Zapadu, počev od 13. veka, i upozorenja naučnika u 19. veku u vezi sa opasnostima po prirodu (Grove, 1992), kolektivna reakcija na stanje životne sredine je konsolidovana tek u drugoj polovini 20. veka. Dok je socijalna i politička svest o ekološkim posledicama u Evropi razvijena tokom 60-ih godina prošlog veka, i to u levo orijentisanim grupama, čiji je cilj bio da pažnju usmere ka prirodi i njenim proglašenim vrednostima, objavljivanje knjige *Tiho proleće* (eng. *Silent Spring* (Carson, 2002)) se smatra iskrom razvoja ekološkog pokreta u Sjedinjenim Američkim Državama. 22. aprila 1970. godine je prvi put obeležen Dan Zemlje. 1972. godine je ustanovljena ogranizacija Greenpeace a Rimski klub je objavio izveštaj *Limiti rasta* (eng. *The Limits of Growth*) u kojem je slika bliske budućnosti prikazana kao dramatična (Meadows, Meadows, Randers, & Behrens III, 1972). Iako su se predviđanja (npr. u vezi nestašice nafte do 1990. godine) pokazala kao netačna, prevođenje ovog izveštaja na trideset jezika je predstavljalo dokaz porasta međunarodnog interesovanja za ekološke probleme.

Sa Brundtland izveštajem (Brundtland, 1987), posledice ljudskog odnosa prema prirodi su prerasle u globalnu zabrinutost a termin *održivost* je ponovo oživljen i prenet iz originalnog konteksta šumarstva u kojem je nastao u 18. veku da bi se njime opisao obim seče šuma; količina posečenog drveća ne treba da premaši količinu sadnica kojima se šuma obnavlja. U godinama nakon objavljivanja izveštaja *Naša zajednička budućnost* (eng. *Our Common Future* (Brundtland, 1987)), termini ekološki pokret, ekologija i održivost su često korišćeni naizmenično, dok njihova značenja kasnije nisu postala jasnije razgraničena. Da bi objasnio međuodnos održivosti i ekološkog pokreta, autor O'Riordan (1991, str. 7) je definisao pojam „novi ekološki pokret“ čiji je cilj „da osmisli niz strategija koje omogućavaju ljudima da vide kako su njihovi interesi, kao i interesi planete u celini, pod uticajem reformi u okviru trijade održivosti, ekološki prihvatljivog razvoja na lokalnom nivou i ostvarivanja osnovnih potreba i političkih prava“. Danas termin *održivost*

nalazi primenu u različitim društvenim kontekstima i na različitim nivoima i zato je njegovo značenje složeno. Da bi se značaj održivosti razumeo, potrebno je izučiti i opšte i specifične referentne okvire na koje se ovaj pojam odnosi.

Uopšteno, glagol *održati* (eng. to sustain) se prema Oksfordskom rečniku može odnositi na „cilj da se nastavi duži vremenski period ili bez prekida“ (Simpson & Weiner, 2010). Stoga održivost predstavlja preduslov kontinualnog napretka globalnog društva. Zbog složenosti pravca održivosti ljudskog razvoja, ovaj pojam danas obuhvata aspekte ekologije, ekonomije i društva i njihove uzajamne odnose kroz dimenziju kulture. U projektovanju arhitektonskih objekata održivost se najčešće odnosi na ekološku dimenziju, mada je uključivanje drugih aspekata održivosti takođe potrebno.

4 Ekološki pokret u sektoru zgrada



SL. 4.1 Ekološki značajni trendovi i događaji i odgovori na njih (Hildebrand, 2014)

Sektor zgrada je odgovoran za potrošnju oko 50% resursa na globalnom nivou, kao i za proizvodnju oko 60% globalnog otpada i 40% gasova sa efektom staklene bašte (Hegger, Fuchs, Stark, & Zeumer, 2008). Iako su se ekološki uticaji zgrada na okruženje uvećavali od početka perioda industrijalizacije, svest o njima je počela da se razvija tek u drugoj polovini 20. veka kada je prepoznavanje ekoloških rizika počelo da podstiče sprovođenje aktivnosti koje se danas mogu okarakterisati kao usporivači negativnih trendova na Zemlji (Sl. 4.1).

Uopšteno, moderna arhitektura nije uzimala u obzir prirodna ograničenja, stanje životne sredine ili ekološke posledice ispoljene kreativnosti. Umesto ekoloških pitanja, prioritet je bio dat masovnoj proizvodnji i mogućnostima koje je ona stvorila, posebno u ranim fazama modernog pokreta od 1920-ih do 1950-ih godina (Sl. 4.2).

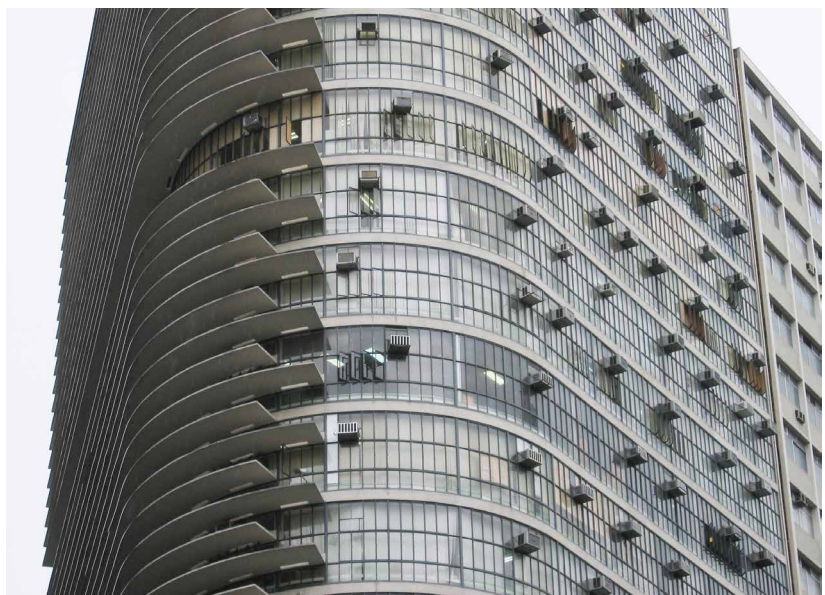
Sl. 4.2 Zgrada Bauhaus Dessau, arh. Walter Gropius, 1925-26. (Fotografija: Marcel Bilow)

Moderni pokret stvorio je novi arhitektonski trend transparentnosti sa velikim neizolovanim staklenim fasadama koje su često izazivale veliku potrošnju energije i nedostatak komfora. U tom periodu ekološka pitanja nisu bila na dnevnom redu.



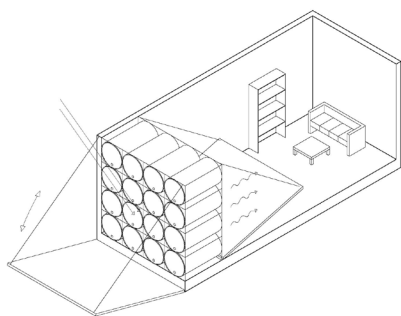
Sl. 4.3 Zgrada Banco Mineiro de Produção, Belo Horizonte, arh. Oscar Niemeyer, 1953. (Fotografija: Autori)

Intenzivno Sunčevo zračenje u Brazilu izazivalo je veliko opterećenje neželjenim dobicima toplote i nedostatak komfora u modernim zgradama. Niemeyer je ekološke strategije ugradio u svoju arhitekturu instaliranjem fiksnih elemenata na fasadama orijentisanim prema Suncu.



Iz sadašnje perspektive, međutim, neki trendovi razvoja koji su uticali na oblikovanje modernih zgrada, kao što je to bio slučaj sa procvatom prefabrikacije, dobro se uklapaju među postulate ekološke ispravnosti. Tako se može reći da su neki značajni arhitekti modernisti nehotično dali doprinos razvoju ekološki ispravne arhitekture. Među njima je Le Corbusier koji je u svojim pet tačaka arhitekture uvrstio krovne bašte i oslobađanje prizemlja; Frank Lloyd Wright i Alvar Aalto, koji su ponudili moderno tumačenje organske arhitekture; ili Oscar Niemeyer koji je mere solarne zaštite integrisao sa osnovnim oblikovnim izrazom (Sl. 4.3)

Entuzijazam za bioklimatsko projektovanje tokom 1960-ih godina pokazali su Hassan Fathy, kroz istraživanje vernakularnih projektantskih principa, i Buckminster Fuller koji se oslonio na potencijal tehnologije i dao dinamički arhitektonski odgovor na promenljive spoljne uslove. Sa energetsom krizom 1970-ih godina potrošnja energije u zgradama je postala relevantna politička, istraživačka i projektantska tema. Osveščena zavisnost od resursa je podigla interesovanje za energetske performanse zgrada i mogućnosti generisanja korisnih oblika energije iz obnovljivih izvora. Kao odgovor su ponuđena neka energetska efikasna rešenja poput aktivnih solarnih sistema, solarne zaštite i pasivnih projektantskih strategija (npr. izumi koje je razvio Steve Baer, Sl. 4.4), a broj publikacija o uštedi energije i tehnološkim i arhitektonskim reakcijama je počeo da se povećava. Tokom iste decenije u Sjedinjenim Američkim Državama su započeta istraživanja mogućnosti za reciklažu materijala.



A



B

Sl. 4.4 A+B: Slobodnostojeća kuća, Korales, Novi Meksiko, arh. Steve Baer, 1973. (Slika A: Autor; fotografija B: Steve Baer, Zomeworks)

Primer ranog niskotehnološkog pristupa održivoj arhitekturi. Tokom dana, pustinjsko sunce zagreva burad sa vodom. Noću, kada je hladno, energija se oslobađa i zagreva unutrašnji prostor. Protok energije je kontrolisan pomoću izolovanih vrata sa obe strane fasade.

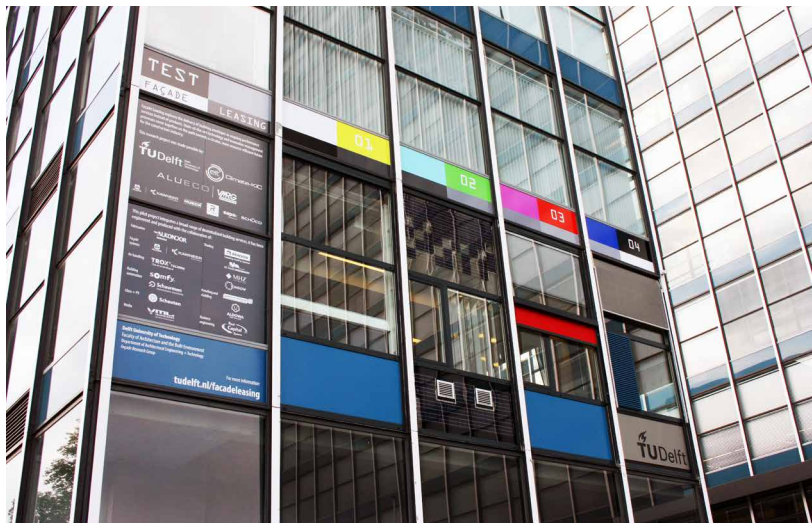
Postmoderni pokret je transformisao arhitektonski izraz i (ponovo) uveo mnoštvo ranijih formi. Kontekst mesta je opet postao značajan u projektovanju, što je suprotno prethodnom Internacionalnom stilu. Ovo je dalje uticalo da se percepcija odnosa između arhitektonskih objekata i njihovog okruženja izmeni. Tokom 1980-ih godina, mere za smanjenje potrošnje operativne energije u zgradama su se značajno proširile. U isto vreme, započeto je istraživanje ekoloških uticaja građevinskih materijala (primarno u oblasti toksičnih emisija), zajedno sa studijama mogućnosti za smanjenje vrednosti njihove ugrađene energije. Krajem ove decenije prepoznat je i značaj mera uštede vode. Tokom poslednje decenije 20. veka i prve decenije 21. veka uspostavljeni su sveobuhvatni principi projektovanja ekološki ispravnih zgrada različitih tipova a termini kao što su 'zelena arhitektura', 'održiva arhitektura', 'ekološki ispravna arhitektura', 'eko-tek arhitektura' (koja je ipak više bila viđena kao arhitektonski pravac, a manje kao kvalitet zgrada), 'ekološki odgovorno projektovanje' i dr. dobili su širu upotrebu. Paralelno su razvijane različite međunarodne metode i sertifikati za merenje i obeležavanje nivoa dostignutog ekološkog kvaliteta.

Pored poboljšanja fizičkog kvaliteta zgrada, današnji napori takođe ciljaju da unaprede i energetska ponašanje postojećih zgrada kroz optimizaciju projektantskog procesa (npr. Konstantinou & Knaack, 2013). Drugi pokušaji odnose se na stvaranje novih biznis modela, kao što su koncepti lizinga, kako bi se uskladili zahtevi na stranama

potražnje (investitori i korisnici) i ponude (privreda i projektanti). Tradicionalni građevinski svet podržava minimalno početno ulaganje i ispunjavanje minimalnih uslova iz propisa. Ideja je da se ova praksa preusmeri ka stavu kojim se nagrađuje optimalno ekološko ponašanje tokom čitavog životnog ciklusa zgrada, uključujući scenarija njegovog završetka (npr. Azcarate-Aguerre et al., 2017) (Sl. 4.5). Među postojećim preprekama usvajanju novog pristupa je i dug upotrebni vek zgrada u poređenju sa drugim modelima usluga, na primer iznajmljivanja automobila ili štampača.

SL. 4.5 Lizing fasade na Tehnološkom univerzitetu u Delftu. (Fotografija: Marcel Bilow)

Testiranje vrednosti različitih konfiguracija fasada u odnosu na celi predviđeni životni ciklus, na slučaju obnove zgrade visoke spratnosti u univerzitetskom kampusu. Cilj je pronalaženje novih biznis modela za optimalno energetska ponašanje i smanjenje emisija CO₂.



Iako karakteristike prostornog konteksta u velikoj meri utiču na formulisanje projektantskih, ekološki ispravnih strategija, zbog čega je i čitav pristup uslovljen specifičnostima nekog određenog mesta, potrošnja operativne energije i ekološki uticaji građevinskih materijala danas predstavljaju glavna univerzalna polja aktivnosti u okvirima ekološki ispravne arhitekture.

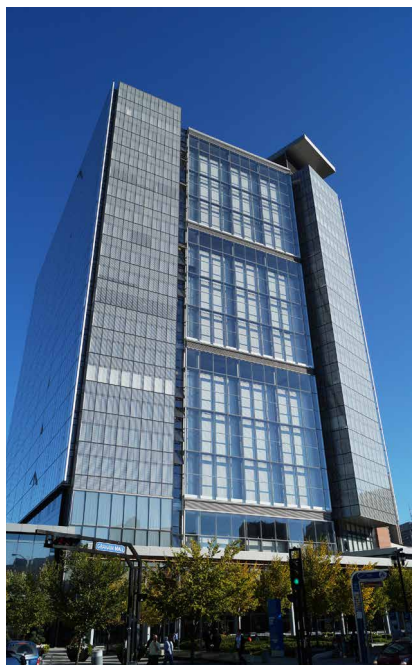
4.1 Energija

Energija se u zgradama koristi za grejanje, ventilaciju, rashlađivanje, osvetljenje, zagrevanje vode i dr., odnosno za rad različitih električnih sistema i pojedinačnih uređaja, opreme i mašina. Količina operativne energije upotrebljene u zgradi u navedene svrhe zavisi od njene pozicije, tipoloških, fizičkih i prostornih karakteristika, primenjenih električnih sistema, klimatskih uslova, ponašanja korisnika i dr. Ventilacioni i transmisioni gubici toplote, zajedno sa solarnim dobicima i dobicima od unutrašnje opreme i drugih izvora toplote rezultuju potražnjom energije za grejanje i rashlađivanje (McMullan, 2002). Transmisioni gubici toplote odnose se na energiju koja teče kroz omotač zgrade. Oni direktno zavise od toplotne transmisije materijala i temperaturnih razlika između spoljnog i unutrašnjeg prostora, što je izraženo koeficijentom prolaza toplote (U-vrednošću). S druge strane, ventilacioni gubici toplote zavise od propustljivosti fasade, veličine i kvaliteta otvora, karakteristika mehaničkih sistema za ventilaciju i dr. Lokacija zgrade, njena orijentacija

i oblikovanje fasada definišu i solarne dobitke. Uopšteno, lokacija ima glavnu ulogu u određivanju tipa izvora energije koja će se koristiti u zgradi, kao i u optimizaciji snabdevanja i potražnje za energijom.

Više od 50% energije utrošene u stambenim zgradama na prostoru Evropske unije odlazi na grejanje (Itard & Meijer, 2008). U zavisnosti od klimatskih uslova, ovaj procenat dostiže i 70% (BPIE, 2011). Iako je grejanje prostora okarakterisano tokom proteklih decenija kao najznačajnija aktivnost sa aspekta potražnje za energijom, korišćenje energije u druge svrhe poput zagrevanja vode, rashlađivanja i električnog osvetljenja je takođe relevantno.

Od 1970-ih godina postoji tendencija da se smanji ukupna količina operativne energije. Shodno tome, uvedeni su pojmovi kao što su 'energetski efikasne', 'nisko-energetske', ili zgrade sa 'nultom energijom'. Nakon energetskog embarga koji se dogodio u zimu 1973/1974. godine, na međunarodnom planu je uveden niz standarda kako bi se kroz ograničavanje potrošnje smanjila zavisnost od energije. Među njima je i nemačka Uredba o konzervaciji toplote (nem. Wärmeschutzverordnung) iz 1976. godine koja je stavila akcenat na omotač zgrade i na smanjenje transmisionih gubitaka toplote. Tokom vremena su nacionalni standardi i propisi u evropskim državama postajali strožiji i opširniji, kako u pogledu potrošnje energije tako i obezbeđivanja komfora. Dodatno je razvijeno i više nacionalno primenljivih evropskih propisa kojima se regulišu pasivne karakteristike omotača zgrada i definišu metode aktivnog korišćenja energije u zgradama. Tokom prethodne decenije su standardi za redukciju potrošnje operativne energije u zgradama prerasli u široki katalog mera. Usvajanjem *Direktive 2010/31/EU o energetskim performansama zgrada* (European Parliament and the Council of the European Union, 2010) učinjen je značajan zakonski korak ka redukciji potrošnje operativne energije kod novosagrađenih i zgrada koje se podvrgavaju obnovi a kao dokaz o nivou potrošnje uvedene su energetske oznake. Prema ovom dokumentu, od 2020. godine, i dalje, obezbeđivanje energetske oznake će biti obavezno za zakupce i kupce sagrađenog upotrebno prostora zgrade. Dodatno će na javnim zgradama površine veće od 500 m² prikazivanje dodeljene oznake biti obavezno. Direktiva 2010/31/EU takođe propisuje da sve novosagrađene zgrade u Evropskoj uniji budu 'skoro nula energetske' do 31. decembra 2020. godine (javne zgrade do 31. decembra 2018. godine). Da bi se dostigli funkcionalni i fizički kvaliteti, uslovljeni sadašnjim nivoom komfora i težnjom da se održi skoro nulta potrošnja operativne energije, biće potrebno eksploatirati više od aktivnih i pasivnih kapaciteta zgrada. Direktiva ostavlja zemljama članicama da same definišu nacionalne okvire za dostizanje standarda i adaptaciju različitim klimatskim uslovima, tj. da nacionalne minimalne zahteve u domenu energetskih performansi zgrada odrede pojedinačno.



A



B

SL. 4.6 Da bi se ostvarila približna energetska neutralnost zgrada, potrebni su integrirani fotonaponski sistemi ili drugi načini generisanja energije na licu mesta. Balansiranje između energetske potrebe i generisanja energije je složeno jer zavisi kako od same zgrade i instalacija tako i od načina upotrebe, zahteva u pogledu komfora i ponašanja korisnika. Arhitektonska integracija komponenata je dolazeći izazov za projektante. (Fotografija: Autor)

SL. 4.7 A+B: Zgrada *Manitoba Hydro*, Vinipeg, arh. Kuwabara Payne McKenna Blumberg Architects i Transsolar KlimaEngineering, 2009. (Fotografija: Autor)

Oštra klima (sa ekstremno hladnim zimama i toplim letima) zahteva primenu posebnih mera. Zgrada se oslanja na prirodne resurse energije kao što su geotermalna energija i Sunčevo zračenje, što je čini jednom od najefikasnijih zgrada u Kanadi. Suprotno najvećem broju zgrada u regionu koje su potpuno klimatizovane ova zgrada je 100% prirodno ventilisana. U kombinaciji sa atrijumom upotrebljen je solarni dimnjak.

Smanjenje potrošnje operative energije u zgradama je u uskoj vezi sa razmatranjem porekla i izvora iz kojih ona potiče. U stvari, izvor energije predstavlja ključni faktor ekoloških uticaja izazvanih korišćenjem operative energije. Nosač energije se izlaže transformaciji kojom se energija pretvara u korisni oblik – a to su toplotna ili električna energija – i isporučuje krajnjim korisnicima. Efikasnost svakog izvora zavisi od napora uloženi u transformisanje u upotrebljivi oblik energije. Kada je pretvaranje resursa u korisni oblik manje energetski intenzivno taj se resurs smatra efikasnijim u celini. S druge strane, jednako je važno i vrednovanje ekoloških performansi resursa sa aspekta generisanja emisija. Stoga osnovna klasifikacija energetske resursa na obnovljive i neobnovljive odražava ne samo njihovu dostupnost kroz vreme, odnosno potencijal obnavljanja, već i ekološki uticaj stvoren u različitim fazama toka energije (od ekstrakcije do krajnje upotrebe u zgradama). U tom smislu, ne samo radi krajnje upotrebe u zgradama, neki resursi poput uglja se postepeno isključuju iz strategija budućeg snabdevanja energijom.

Sumiranjem potreba da se regulišu potrošnja energije, generisanje emisija i ublažavanje promene klime, Evropska komisija je razvila *strategiju za pametan, održivi i inkluzivni rast – Evropa 2020* u kojoj su postavljeni sledeći ciljevi: smanjenje emisija CO₂ za 20% ispod nivoa iz 1990. godine, dobijanje bar 20% energije iz obnovljivih izvora i povećanje energetske efikasnosti za 20% (European Commission, 2010). Skoro su postavljeni i novi ciljevi za 2030. godinu: 40% smanjenja emisija gasova staklene bašte u poređenju sa nivoima iz 1990. godine i najmanje 27% udela obnovljive energije, tj. bar 27% energetske uštede u poređenju sa konvencionalnim scenarijom (European Commission, n.d.).

4.2 Materijali

Primena i nadogradnja energetske propisa u kontinuitetu i razvoj novih tehnologija i energetske sistema, s jedne strane, kao i povećano korišćenje obnovljivih energetske resursa s druge strane, proširili su osnovni fokus bavljenja ekološki ispravnim zgradama prema opsežnim razmatranjima ekološkog ponašanja materijala. Postizanje efikasnosti u korišćenju resursa materijala, koje je komplementarno postizanju ciljeva održivog razvoja (npr. United Nations, 2015), odnosi se ne samo na redukovanu upotrebu materijala već i na niz njihovih karakteristika, kao što su poreklo, dostupnost, ulazni resursi (npr., voda, energija i sirovine) i izlazni produkti proizvodnje (emisije i otpad), mogućnost ponovne upotrebe i reciklaže itd.

Izučavanje ekoloških performansi materijala se zasniva na analizi serije procesa i koraka koji zajedno čine životni ciklus. Potencijalno, materijal proizvodi negativne ekološke uticaje u svakoj fazi svog životnog ciklusa, od dobijanja sirovina, proizvodnje, transporta, građenja (instalacije), upotrebe i održavanja, sve do kraja životnog ciklusa – razgradnje ili rušenja zgrade, procesiranja otpada i reciklaže. Da bi se precizno odredili ekološki uticaji nekog materijala (ili komponente) potrebne su informacije koje se tiču ponašanja tokom različitih faza životnog ciklusa (European Committee for Standardisation, 2011).

Za vrednovanje ekoloških uticaja građevinskih materijala na okruženje danas se koristi standardizovani metod *ocene životnog ciklusa* (eng. Life Cycle Assessment – LCA). Jedan od prvih instrumenata kojima je naglašen značaj ekološkog kvaliteta materijala i ocene životnog ciklusa, tzv. *integrisana politika o proizvodima* (eng. Integrated Product Policy), uveden je 1998. godine (Ernst & Young, 2000). Tokom narednih godina rezultati studija životnog ciklusa materijala povećavali su interesovanje o ekološkim uticajima i shodno tome uticali na stvaranje različitih baza podataka i softverskih alata u kojima su rezultati ocene svrstavani prema tipu uticaja, čime je omogućeno poređenje materijala i olakšano donošenje projektantskih odluka.

Energija koja se koristi za proizvodnju i eventualno razgradnju materijala i komponentata u zgradama se može izračunati ali se ne može ni meriti ni videti, pa se zato naziva *sivom* ili *ugrađenom* energijom. Količina ugrađene energije u zgradi (po bruto jediničnoj površini) zavisi od tipa korišćenih materijala i primenjenog konstruktivnog sistema (npr. Hildebrand, 2014). Za smanjenje količine ugrađene energije i stoga ekoloških uticaja materijala uvedene su različite strategije kao što su: izbor materijala sa zatvorenim životnim ciklusom (ponovo upotrebljeni ili reciklirani materijali); uključivanje scenarija razgradnje na osnovu tipa veza; redukcija količine materijala upotrebljenih tokom izgradnje zgrade; korišćenje obnovljivih i dugotrajnih materijala i dr.

5 Trenutni izazovi u postizanju ekološke ispravnosti zgrada i izgledi daljeg razvoja

Negativni ekološki uticaji zgrada na okruženje se nikada ne mogu u potpunosti ukloniti, ali se zato kontinualnim razvojem principa ekološke ispravnosti mogu uspješnije adresirati. Imajući na umu činjenicu da ekološki uticaji zgrada pre svega predstavljaju posledicu korišćenja energije, materijala, vode i zemljišta, postizanje i unapređenje efikasnosti korišćenja resursa se izdvajaju kao vodeći ciljevi savremene ekološki ispravne arhitekture. Za razliku od prethodno razmatranih aspekata materijala i energije, korišćenju vode i zemljišta u aktivnostima vezanim za zgrade do sada je bila posvećena manja pažnja.

5.1 Efikasnost korišćenja vode

Korišćenje bilo koje količine sveže vode u zgradama, u bilo koju svrhu, rezultira njenim zagađivanjem. Potrošnja sveže vode takođe podrazumeva i stvaranje pritiska na izvorišta, što u kontekstu rastuće populacije i promene klime formira ogroman socijalni i ekološki problem. Naposljetku, korišćenje vode u zgradama je često povezano i sa korišćenjem energije potrebne za njeno zagrevanje. Navedena problematična pitanja u vezi vode su prepoznata kao izazov na nivou Evropske unije tek tokom prethodne decenije (npr., Commission of the European Communities, 2007; BIO Intelligence Service, 2012). Osim toga, efikasnost korišćenja vode u zgradama je do sada razmatrana u okvirima sistema za ocenu ekološkog kvaliteta (uglavnom sa dobrovoljnom primenom), individualnih, lokalnih ili ređe nacionalnih inicijativa i mera i objavljenih preporuka.

Predložene mere za efikasno korišćenje vode u aktivnostima vezanim za zgrade obuhvataju smanjenje upotrebe sveže vode, uvođenje alternativnih izvora, zatvaranje tokova i prečišćavanje vode na licu mesta. Da bi se pomenuti, trenutno ambiciozni, ciljevi ostvarili i postojeće barijere prevazišle neophodna je primena niza intervencija koje su komplementarne sa projektovanjem a tiču se uvođenja regulative (na primer, u pogledu merenja potrošnje vode) i ekonomskih mera, kao i promene ponašanja korisnika.

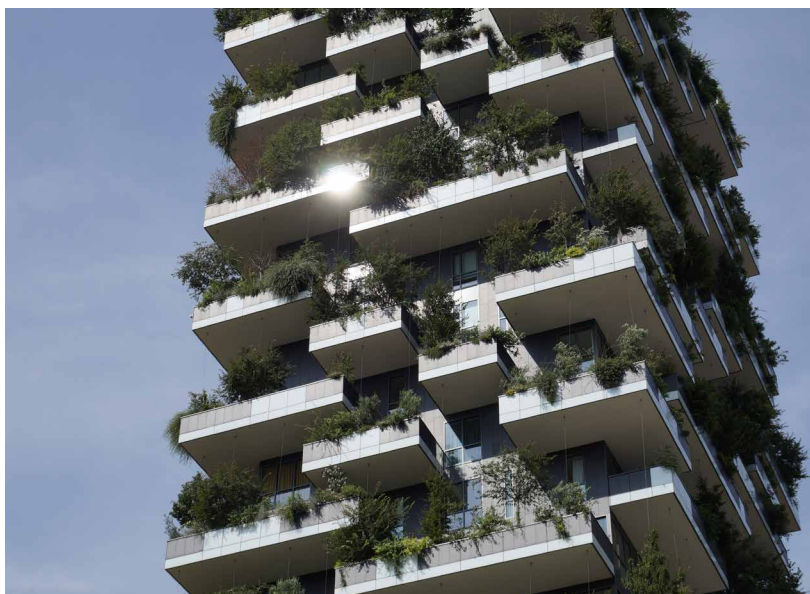
5.2 Efikasnost korišćenja zemljišta

Za razliku od opširnog istraživanja na nivoima naselja i susedstva, razmatranje korišćenja zemljišta u slučajevima kada se istraživačke granice poklapaju sa granicama parcele na kojoj se neka zgrada nalazi ili planira je daleko skromnije i uglavnom ograničeno na sisteme za procenu ekološkog kvaliteta (npr. Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency – CASBEE). Ekološki efekti pripreme za gradnju, građenje, a zatim i korišćenje zemljišta za fizičku bazu zgrade i za aktivnosti njenih korisnika, međutim, ukazuju na potrebu za pravilnim upravljanjem zemljištem na nivou svake pojedinačne lokacije. Iako je izazov naglašeniji u gusto izgrađenim područjima, značaj mikro-

lokacije je u kontekstu promene klime opšti, s obzirom da zemljište i elementi na njegovoj površini imaju ulogu u ublažavanju negativnih efekata kako stabilnog povećanja temperature tako i ekstremnih vremenskih događaja.

Zemljište treba razumeti kao osnovni resurs koji omogućava primenu mera za regulisanje parametara spoljnog vazduha. Stoga se tretiranje površine i pokrivača zemljišta na parceli može povezati sa merama za redukovanje zahteva za operativnom energijom u zgradi koja se planira. Zemljište je istovremeno i neophodan agens koji prirodu približava ka granicama materijalizovane sredine, utiče na dobrobit korisnika zgrade i, konačno, pruža ekosistemske usluge.

Kako bi se osiguralo stabilno ekološko funkcionisanje zemljišta i dostigla efikasnost njegovog korišćenja, projektovanjem zgrada bi prvenstveno trebalo obuhvatiti redukciju upotrebe i smanjenje zagađenja i remećenja strukture i sastava tla. U skladu s tim, projektantske strategije za postizanje efikasnosti korišćenja zemljišta se kreću od definisanja forme zgrade preko kompenzovanja zauzete površine intervencijama na zgradi (npr. Sl. 5.1), smanjenja veličine materijalizovanih (zaptivenih) površina, izbora materijala i konstruktivnih sistema i metoda gradnje, razmatranja prirodne i izgrađene morfologije u neposrednom okruženju (da bi se uvećala nefragmentovana površina zemljišta) i dr. (npr. Kosanović & Fikfak, 2016). Samo kada su ovi aspekti uspešno iskazani kroz projektovanje, parcela (potencijalno i sama zgrada) može postati baza za razvijanje naprednih principa regenerativnog projektovanja. Da bi se ovo dogodilo, neophodni su interdisciplinarni pristup projektovanju, podrška različitih društvenih aktera i zakonodavna revizija aktivnosti predvođenih ekonomskim interesima (na primer, u pogledu određivanja ekonomske vrednosti građevinskog zemljišta u odnosu na ekološku vrednost).



Sl. 5.1 Zgrada *Bosco Verticale*, Milano, arh. Boeri Studio, 2014. (Fotografija: Autor)

'Vertikalna šuma' teži da prirodu vrati u grad. Stvaranjem zelene zone oko omotača zgrade projektanti žele da pospeše biodiverzitet i filtriraju zagađujuće čestice u vazduhu.

Razmatranje korišćenja zemljišta u aktivnostima vezanim za zgrade se, međutim, ne završava na granicama parcele (npr. Allacker, de Souza, & Sala, 2014). Ukoliko projektovanje ima za cilj da umanjí ekološke štete zgrade na okruženje, koje proističu usled korišćenja različitih tipova prirodnih resursa a nastaju tokom različitih faza životnog ciklusa zgrade, izvesno je da obim aktuelnih procena životnog ciklusa treba proširiti.

5.3 Energetska budućnost i ljudske potrebe

Globalne negativne pojave u domenu energije predstavljaju izazov za sveukupan održivi razvoj i sežu daleko iza granica pojedinačnih zgrada. Stoga korišćenje energije prvenstveno predstavlja kapitalnu socio-ekonomsku temu koja, prema sadašnjim trendovima, izvesno mora da nastavi sa nalaženjem rešenja za umanj enje razlika, iskorenjivanje energetskog siromaštva i ublažavanje negativnih ekoloških efekata. Ovo takođe znači da se osnova sa koje treba rešavati trenutne energetske izazove i planirati održivu energetsku budućnost razlikuje od jedne do druge zemlje i od regiona do regiona, čak i tamo gde su razvijene i usvojene zajedničke zakonodavne i političke platforme (npr. Attia et al., 2017).

Prema trenutnim pokazateljima, u budućnosti će korišćenje energije u zgradama sve više biti uslovljeno regulisanjem odnosa između različitih interesnih strana na različitim ključnim tačkama energetskog lanca, od generisanja, do distribucije i krajnje potrošnje energije (Bulut, Odlare, Stigson, Wallin, & Vassileva, 2015). Dok je unapređenje (ili tek samo postizanje) energetske efikasnosti zgrada već uspostavljeno kao ekološki prioritet, dalji tehnološki razvoj i usvajanje odgovarajućih multi-akter modela predstavljaju sledeće važne korake ka uspehu u redukovanju korišćenja neobnovljive i povećanju udela obnovljive energije u zgradama. S druge strane, ukoliko dalji razvoj omogućí uspostavljanje proporcionalnih odnosa između dostupne obnovljive energije i potreba (tj. potrošnje), onda bi shvatanje zahteva i ograničenja koja su trenutno ključni postulat efikasnosti moglo biti u značajnoj meri izmenjeno. Izvesno je da postoji vremenski raspon u kojem treba sprovesti opsežnu transformaciju nekih postojećih ekonomskih i socijalnih shema.

Osim potražnje, neke aktuelne diskusije o održivoj energetskoj budućnosti dotiču promene u shvatanju komfora. Bez obzira na špekulacije da li će se uslovi komfora i njihova definicija menjati tokom vremena ili neće, neosporno je da će energetski učinak zgrada i u budućnosti predstavljati indikator obrazaca aktivnosti korisnika. Kako je predviđanje ponašanja korisnika u kontekstu korišćenja operativne energije već sada složen zadatak sa često netačnim rezultatima (npr. Delzendeh, Wu, Lee, & Zhou, 2017), stručnjaci u oblasti arhitekture i građevinarstva moraju da, pored početnih podešavanja usklađenih sa ciljevima efikasnosti (poželjno iznad nivoa propisanog minimuma), uzmu u obzir i načine na koje korisnici upotrebljavaju zgradu. Ponuda višestrukih mogućnosti korisnicima povećaće šansu za adekvatan odgovor na pojedinačne zahteve i na promene koje se mogu javiti tokom vremena.

Predviđanje ponašanja korisnika u budućnosti okarakterisanoj manifestacijama promene klime (kao što su promene temperature) je još složenije. Za dostizanje energetske budućnosti otporne na primenu klime, korisničke potrebe, funkcionalne zahteve i projekat zgrade treba uravnotežiti sa nizom mogućih situacija uzrokovanih promenom klime, koje mogu nastupiti tokom njenog upotrebnoeg veka.

5.4 Modeli efikasnog korišćenja materijala

U biti ekoloških uticaja zgrada na okruženje nalaze se tokovi i zalihe mase i energije. U skladu s tim, sveobuhvatni pristup smanjenju bilo kojeg negativnog ekološkog uticaja materijala treba da obuhvati razmatranje i mase i energije. Tradicionalna linearnost zastupljena u procesima projektovanja, građenja i korišćenja zgrada – linearnost životnog ciklusa – identifikovana je kao osnovna barijera. U principu, linearni životni ciklus zgrade podrazumeva da su transformisani prirodni resursi upotrebljeni samo jednom od klevke do groba, zbog čega je u velikoj meri narušena ravnoteža između onoga što je uzeto iz prirode, onoga što je iskorišćeno i onoga što je vraćeno u prirodu, ostavljeno kao otpad ili prosleđeno u druge ljudske procese. U linearnom procesu, između ulaznih resursa, proizvoda i njegove krajnje forme po završetku upotrebe postoji značajna disproporcija u smislu količina, kvaliteta i povezanih ekoloških uticaja.

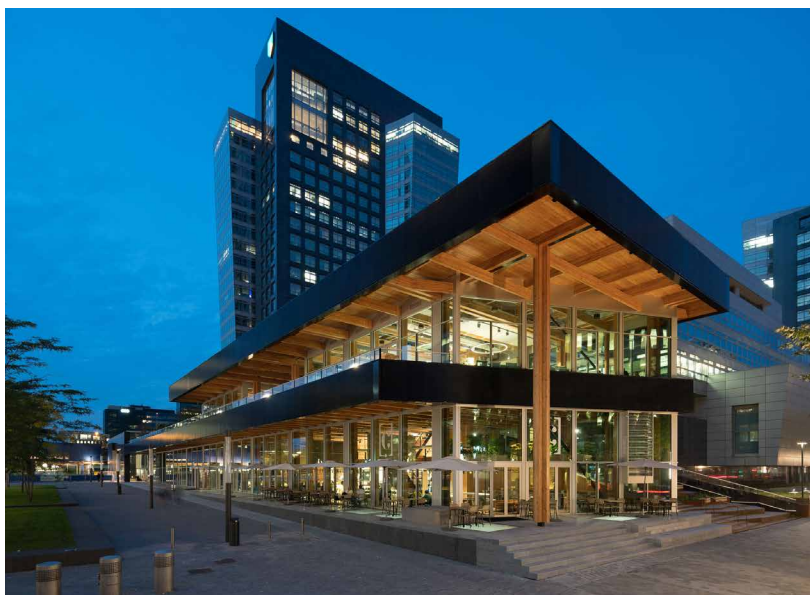
Da bi se umanjili negativni ekološki efekti materijala, odnosno, da bi se redukovala potražnja za novim resursima, kao i uticaji koji nastaju po fazama životnog ciklusa, predložen je metod zatvaranja životnog ciklusa. Konceptualizaciju pristupa zatvorenom životnom ciklusu podržavaju termini kao što su *ponovna upotreba* (*re-upotreba*) i *reciklaža*, dok je *biološka razgradnja* prihvaćena kao jedina pozitivna strana linearnosti. Kako bilo, uspeh u preduzimanju mera da se poboljša efikasnost korišćenja materijala zatvaranjem životnog ciklusa ne zavisi samo od projektantskih odluka i prethodnih analiza jer se radi o veoma složenoj temi i velikom broju aktera uključenih u proces. Efikasnost korišćenja materijala je dakle pitanje uspostavljanja prihvatljivog, integrisanog ekonomsko-ekološko-socijalnog modela.

U pristupu *od klevke do klevke*, mogući scenariji završetka životnog ciklusa su predstavljeni kroz dva različita entiteta – tehnosferu i biosferu (Braungart & McDonough, 2002). Kao i pristup od klevke do klevke, i drugi pristupi koji se bave ekologijom građevinskih materijala integrisani su sa industrijskim i ekonomskim modelima. Tu spadaju *industrijska ekologija* (Frosch & Gallopoulos, 1989), *zelena ekonomija*, *ekonomija performansi* (Stahel, 2008), *plava ekonomija* (Pauli, 2015) i *cirkularna ekonomija* (Pearce & Turner, 1990; Webster, 2017) koja ujedinjuje sve pomenute koncepte prema '6R' metodologiji (redukoavanje, re-upotreba, reciklaža, re-projektovanje i re-proizvodnja (Jawahir & Bradley, 2016)) i predstavlja najrelevantniji aktuelni konceptualni okvir za održivu proizvodnju i upotrebu materijala i drugih stvorenih proizvoda.

Zasnovan na ideji da minimalizuje unos resursa, otpada, emisija i curenje energije, i to usporavanjem, zatvaranjem i sužavanjem ciklusa materijala i energije (Geissdoerfer, Savaget, Bocken, & Hultink, 2017), model cirkularne ekonomije je takođe poznat kao *cirkularnost*. Generalno, koncepti cirkularnosti pružaju snažan podstrek tekućoj raspravi o udobnom životnom standardu u okviru postojećih kapaciteta na planeti. Interesovanje za izučavanje cirkularnosti, koje je za kratko vreme značajno poraslo, je s jedne strane podiglo suštinsku relevantnost teme, a s druge podstaklo izvođenje mnoštva definicija, tumačenja i preporuka na osnovu kojih se može zaključiti da koherentnost u tačnom opisu cirkularnosti još uvek nedostaje (Kirchherr, Reike, & Hekkert, 2017).

SL. 5.2 Paviljon ABNAMRO,
Amsterdam, arh. de Architekten
Cie., 2017. (Fotografija: Ossip van
Duivenbode, 2017)

Koncept zgrade je takav da ona bude 'cirkularna' što je više moguće. Većim delom su korišćeni biološki materijali (drvena osnovna struktura), komponente se mogu ponovo upotrebiti, a završni slojevi zidova jednostavno zameniti ili čak izostaviti.



Primena shema cirkularne ekonomije je pod uticajem aktera koji predvode tranziciju (Lazarevic & Valve, 2017), ekonomskih pokazatelja lanaca snabdevanja (Nasir, Genovese, Acquaye, Koh, & Yamoah, 2017), postojećih prepreka u primeni '6R' principa, naročito u vezi sa zatvaranjem tokova materijala, ponude novih mogućnosti klijentima (Ritzén & Sandström, 2017), kao što je korišćenje ili iznajmljivanje umesto posedovanja i dr. Materijali i komponente zasnovane na principima cirkularnosti menjaju standardne projektantske i građevinske metode. S obzirom da je pristup nov, izvesno je da su potrebna dalja istraživanja i testiranja u pogledu ponašanja ponuđenih rešenja tokom faze korišćenja, kao i sistemsko preformulisanje celovitih građevinskih sistema. Uključivanje različitih interesnih strana u postupak procene mogućnosti i željenih ishoda cirkularnosti jasno ukazuje da postoji potreba da se novoprojektovani koncepti približe zakonskoj regulativi, te da će ekološki uticaji biti izbalansirani u dovoljnoj meri onda kada se dostignu pouzdanost i prihvatljivost novoponudjenih koncepata. U svakom slučaju, ujedinjenje cirkularnosti sa poslovanjem i rastom znači i ujedinjenje često suprotstavljenih ekoloških i ekonomskih interesa i redefinisane postojećih odnosa između proizvodnje i potrošnje, zbog čega je doprinos cirkularne ekonomije održivom razvoju obećavajući.

6 Zaključak

Ekološki ispravna arhitektura se mora razumeti kao kontinualni razvojni proces (pre nego željeno stanje neke zgrade) koji evoluirao zajedno sa novim naučnim otkrićima, novim tehnološkim napretkom, novim zahtevima korisnika i širim ekološkim, socijalnim i ekonomskim uslovima. Uprkos dokazanom doprinosu ublažavanju negativnih ekoloških uticaja, glavno postojeće ograničenje u primeni principa ekološki ispravne arhitekture, kako su naglasili Ghaffarian Hoseini i dr. (2013), jeste nedostatak nacionalne i međunarodne regulative. Iako su naponi da se ekološki problemi u okviru jasni, izostanak standardizovane osnove se negativno reflektuje na potencijal ekološki ispravne arhitekture da deluje kao činilac koji može da predupredi buduće izazove poput oskudice resursa, odnosno da se souči sa neizvesnostima kao što je promena klime. Umesto primene sistemskog pristupa koji optimizuje korišćenje svih vrsta prirodnih resursa, dominantno usmerenje ekološki ispravne arhitekture predstavlja pitanja energije i materijala.

Osim integracije različitih projektanskih mera ekološke ispravnosti u celoviti okvir, potrebno je i uvođenje ekološki ispravne arhitekture u šire okvire održivosti, gde se očekuje da će intenzivnije uključivanje socijalnog aspekta zauzvrat rezultovati unapređenim ekološkim ponašanjem zgrada. Na taj način bi korisnici zgrade koji su identifikovani kao presudni faktor održavanja nivoa ekološkog kvaliteta bili uspešnije integrisani. Ovo takođe znači da se principi ekološki ispravne arhitekture mogu opsežnije primeniti samo kada su stvoreni odgovarajući, širi, socijalni i ekonomski uslovi.

Literatura

- Attia, S., Eleftheriou, P., Xenii, F., Morlot, R., Ménéz, C., Kostopoulos, V., ... & Almeida, M. (2017). Overview and future challenges of nearly zero energy buildings (nZEB) design in Southern Europe. *Energy and Buildings*, 155, 439-458. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.09.043>
- Allacker, K., de Souza, D.M., & Sala, S. (2014). Land use impact assessment in the construction sector: an analysis of LCIA models and case study application. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 19(11), 1799-1809. <https://doi.org/10.1007/s11367-014-0781-7>
- Armiero, M. & Sedrez, L.F. (2014). Introduction. U: M. Armiero & L.F. Sedrez (Eds.), *A history of environmentalism: local struggles, global histories* (str.1-20). London: Bloomsbury.
- Azcarate-Aguerre, J.F., Konstantinou, T., Klein, T., Steensma, S., Guerra-Santin, O., & Silvester, S. (2017). Investigating the business case for a zero-energy refurbishment of residential buildings by applying a pre-fabricated façade module. U: T. Laitinen Lindström, Y. Blume, M. Regebro, N. Hampus, & V. Hiltunen (Eds.), *Proceedings of the ECEEE 2017 Summer Study on Energy Efficiency: Consumption, efficiency and limits* (str. 1113-1122). European Council for an Energy Efficient Economy (ECEEE). Preuzeto sa <https://pure.tudelft.nl/portal/files/18921561/contents.pdf>
- BIO Intelligence Service. (2012). *Water performance of buildings*. Final report prepared for European Commission, DG Environment. Preuzeto sa http://ec.europa.eu/environment/water/quantity/pdf/BIO_WaterPerformanceBuildings.pdf
- Braungart, M., & McDonough, W. (2002). *Cradle to cradle: remaking the way we make things*. New York: North Point Press.
- Brundtland, G. H. (1987). *The Brundtland Report*. World Commission on Environment and Development.
- Bulut, M. B., Odlare, M., Stigson, P., Wallin, F., & Vassileva, I. (2015). Buildings in the future energy system—Perspectives of the Swedish energy and buildings sectors on current energy challenges. *Energy and Buildings*, 107, 254-263. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.08.027>
- BPIE. (2011). *Europe's buildings under the microscope*. Brussels: Building Performance institute Europe.
- Carson, R. (2002). *Silent spring* (40th anniversary ed.). Mariner Books.

- Commission of the European Communities. (2007). *COM (2007) 414 Final: Addressing the challenge of water scarcity and droughts in the European Union*. Preuzeto sa <http://www.ipex.eu/IPEXL-WEB/dossier/document/COM20070414FIN.do>
- Delzende, E., Wu, S., Lee, A., & Zhou, Y. (2017). The impact of occupants' behaviours on building energy analysis: A research review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 1061-1071. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.264>
- European Commission. (2010). *Europe 2020 – a strategy for smart, sustainable and inclusive growth*. Preuzeto sa <http://ec.europa.eu/eu2020/pdf/COMPLETE%20EN%20BARROSO%20%20%20007%20-%20Europe%202020%20-%20EN%20version.pdf>
- European Commission. (n.d.). *2030 energy strategy*. Preuzeto sa <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/2030-energy-strategy>
- European Committee for Standardisation. (2011). *EN15643-2, Sustainability of construction works, Sustainability assessment of buildings, Part 2: Framework for the assessment of environmental performance*. CEN.
- European Parliament and the Council of the European Union. (2010). *Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings*. [Online]. EUR-Lex: Access to European Union Law. Preuzeto sa http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/;ELX_SESSIONID=FZMjThLLzfxmmMCQGp2Y1s2d3Tjwtd8Qs3pqdkhXZ-bwqGwlgY9KN!2064651424?uri=CELEX:32010L0031
- Ernst, & Young. (2000). *Developing the foundation for integrated product policy in the EU*. Report. Brussels: European Commission, DG Environment. Preuzeto sa http://ec.europa.eu/environment/ipp/pdf/ipp_devrep.pdf
- Feultner, G. (2011). Are the most recent estimates for Maunder Minimum solar irradiance in agreement with temperature reconstructions? *Geophysical Research Letters*, 38, L16706. Preuzeto sa <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2011GL048529/epdf>
- Frosch, R.A. & Gallopoulos, N.E. (1989). Strategies for manufacturing. *Scientific American*, 261 (3), 144-152. DOI: 10.1038/scientificamerican0989-144
- GhaffarianHoseini, A., Dahlan, N. D., Berardi, U., GhaffarianHoseini, A., Makaremi, N., & GhaffarianHoseini, M. (2013). Sustainable energy performances of green buildings: A review of current theories, implementations and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.01.010>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N.M.P., & Hultink, E.J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Grove, R. (1992). Origins of Western Environmentalism. *Scientific American*, 267(1), 42-47. Preuzeto sa <http://www.jstor.org/stable/24939136>
- Hegger, M., Fuchs, M., Stark, T., & Zeumer, M. (2008). *Energy manual: sustainable architecture*. Basel: Birkhäuser.
- Hildebrand, L. (2014). *Strategic investment of embodied energy during the architectural planning process* (Doctoral dissertation). Rotterdam: Delft University of Technology.
- Hornborg, A., McNeill, J.R., & Martinez-Alier, J. (Eds.). (2007). *Rethinking environmental history: world-system history and global environmental change*. Rowman Altamira.
- Itard, L., & Meijer, F. (2008). *Towards a sustainable Northern European housing stock* (Vol. 22). Amsterdam: IOS.
- Jawahir, I.S., & Bradley, R. (2016). Technological elements of circular economy and the principles of 6r-based closed-loop material flow in sustainable manufacturing. *Procedia CIRP*, 40, 103-108. DOI: 10.1016/j.procir.2016.01.067
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation & Recycling*, 127, 221-232. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Konstantinou, T. & Knaack, U. (2013). An approach to integrate energy efficiency upgrade into refurbishment design process, applied in two case-study buildings in Northern European climate. *Energy and Buildings*, 59, 301-309. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.12.023>
- Kosanović, S. & Fikfak, A. (2016). Development of criteria for ecological evaluation of private residential lots in urban areas. *Energy and Buildings*, 115, 69-77. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.02.037>
- Lazarevic, D. & Valve, H. (2017). Narrating expectations for the circular economy: Towards a common and contested European transition. *Energy Research & Social Science*, 31, 60-69. <http://dx.doi.org/10.1016/j.erss.2017.05.006>
- McMullan, R. (2002). *Environmental science in building*. Basingstoke: Palgrave.
- Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J., & Behrens III, W.W. (1972). *The limits to growth; A report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind*. New York: Universe Books.
- Nasir, M. H. A., Genovese, A., Acquaye, A. A., Koh, S. C. L., & Yamoah, F. (2017). Comparing linear and circular supply chains: A case study from the construction industry. *International Journal of Production Economics*, 183, 443-457. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.06.008>
- O'Riordan, T. (1991). The new environmentalism and sustainable development. *Science of the Total Environment*, 108(1), 5-15. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(91\)90230-C](https://doi.org/10.1016/0048-9697(91)90230-C)

- Pauli, G. (2015). *The Blue Economy/Version 2.0: 200 projects implemented; US\$ 4 billion invested; 3 million jobs created*. Academic Foundation.
- Pearce, D.W., & Turner, R.K. (1990). *Economics of natural resources and the environment*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
- Ritzén, S., & Sandström, G. Ö. (2017). Barriers to the circular economy—integration of perspectives and domains. *Procedia CIRP*, 64, 7-12. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.005>
- Simpson, J. & Weiner, E. (Eds.). (2010). *Oxford Dictionary*. New York: Oxford University Press.
- Stahel, W.R. (2008). The performance economy: business models for the functional service economy. In K.B. Misra (Ed.), *Handbook of Performability Engineering* (str. 127-138). London: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-84800-131-2_10
- United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for sustainable development*. Preuzeto sa http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E
- Webster, K. (2017). *The circular economy: a wealth of flows* (2nd ed.). Ellen MacArthur Foundation Publishing.