

Primljen / Received: 14.11.2012.

Ispravljen / Corrected: 4.4.2013.

Prihvaćen / Accepted: 14.4.2013.

Dostupno online / Available online: 10.6.2013.

Održivo projektiranje visokih građevina

Autori:



Prof. dr. sc. **Arzuhan Burcu Gültekin**, dipl.ing.arh.
Sveučilište u Gazi
Tehnološki fakultet
Odjel za građevinarstvo
arzuhanburcu@yahoo.com



Seda Yavaşbatmaz, dipl.ing.arh.
Sveučilište u Gazi
Tehnološki fakultet
Odjel za građevinarstvo
seda.yvsbtmz@gmail.com

Stručni rad

Arzuhan Burcu Gültekin, Seda Yavaşbatmaz

Održivo projektiranje visokih građevina

Visoke građevine uzrokuju više ekoloških poteškoća u toku svog vijeka trajanja nego što je to slučaj kod niskih građevina. Da bi se umanjili takovi utjecaji, projektiranje nosivog sustava i održivo projektiranje treba se razmatrati zajednički kod projektiranja visokih građevina. U radu se razmatra primjena kriterija održivog projektiranja na 13 građevina certificiranih prema LEED-u (Leadership in Energy and Environmental Design). Primjena tih kriterija ocjenjuje se na promatranim visokim građevinama u kontekstu metode ocjenjivanja koja se predlaže u radu.

Ključne riječi:

održivo projektiranje, visoke građevine, LEED, zelena gradnja

Professional paper

Arzuhan Burcu Gültekin, Seda Yavaşbatmaz

Sustainable design of tall buildings

Tall buildings cause more environmental difficulties in their life cycles than low-rise buildings. In order to decrease these difficulties, the carrier system design and sustainable design should be considered together in the design of tall buildings. The application of sustainable design criteria on 13 buildings certificated according to LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) is considered in the paper. The application of these criteria on the studied tall buildings is evaluated in the context of the evaluation method proposed in the paper.

Key words:

sustainable design, tall buildings, LEED, green building

Fachbericht

Arzuhan Burcu Gültekin, Seda Yavaşbatmaz

Nachhaltige Planung von Hochhäusern

Hochhäuser haben im Laufe ihrer Lebensdauer weitreichendere Einflüsse auf die Umwelt als niedrige Gebäude. Um diese Einflüsse zu vermindern, sollte die Berechnung des Tragwerkes und die nachhaltige Planung im Entwurf von Hochhäusern als eine Einheit betrachtet werden. In der vorliegenden Arbeit ist der Einsatz nachhaltiger Planungskriterien an 13 nach LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) zertifizierten Hochhäusern untersucht worden. Die Anwendung dieser Kriterien am Beispiel der betrachteten Gebäude wird durch eine in der vorliegenden Arbeit vorgeschlagene Bewertungsmethode beurteilt.

Schlüsselwörter:

nachhaltige Planung, Hochhäuser, LEED, grünes Bauen

1. Uvod

U sektoru građenja troši se 17 % vodnih resursa, 25 % šumskih proizvoda od drva i 40 % energetske resursa [1, 2]. Aktivnosti koje se provode u okviru projektiranja, gradnje, upravljanja, održavanja, rekonstrukcija i rušenja utječu na prirodni okoliš, pa se stoga može reći da građevine u tijeku svog vijeka trajanja mogu naštetiti prirodnom okolišu [3].

Danas je sve prisutniji trend građenja visokih građevina da bi se područja u urbanim sredinama koristila ekonomično bez ugrožavanja čovjekova okoliša [4]. Može se reći da su troškovi energije i prirodnih resursa koje u tijeku svog vijeka trajanja koriste visoke građevine viši od odgovarajućih troškova ostalih građevina i to jednostavno zato što su visoke građevine sastavljene od većeg broja katova. Stoga se smatra da visoke građevine koriste energiju i prirodne resurse na nedjelotvoran način [5]. Da bi se taj problem riješio, razvijen je koncept održivog projektiranja visokih građevina.

Cilj održivog projektiranja visokih građevina jest projektiranje kod kojeg se manje koriste prirodni resursi. Lokalni se resursi koriste na ekonomičan način, ne narušava se ekološka ravnoteža, na minimumu se svode štetni utjecaji građevina na okoliš, a istodobno se stvaraju preduvjeti potrebni za zdrav i ugodan život [6]. U tom se kontekstu održivo projektiranje visokih građevina može razmatrati trojako, tj. s ekološkoga, ekonomskoga i društveno-kulturološkoga gledišta.

Učinkovito korištenje prirodnih površina, vode, energije i materijala treba se u postupku projektiranja razmatrati u skladu s načelima ekološki održivog projektiranja. Ekonomске se poteškoće trebaju razmatrati kroz djelotvorno korištenje resursa te provođenje analiza troškova u kontekstu ekonomski održivog projektiranja. S druge strane, treba se povećati kvaliteta života u unutarnjim prostorima te se u okvirima društveno-kulturološki održivog projektiranja trebaju u većoj mjeri primjenjivati inovativne zamisli i aplikacije.

U ovom se radu želi potaknuti svijest o potrebi za održivim projektiranjem visokih građevina čiji se broj povećava u skladu s današnjim trendovima tehnološkog razvoja, a isto tako se istraživače i projektante želi uputiti na nove spoznaje u području održivih visokih građevina. U okviru te želje, u radu se prezentiraju okvirne upute svim subjektima koji djeluju u sektoru građenja, a radi šire primjene i promidžbe kriterija održivog projektiranja visokih građevina, kako na lokalnoj tako i na globalnoj razini.

2. Projektiranje visokih građevina

Gustoća naseljenosti i potreba za razvojem urbanih sredina rastu usporedo s trendom urbanizacije na svjetskoj razini. U skladu s tom potrebom rastao je i broj katova na građevinama pa je došlo i do uvođenja koncepta "visokih građevina" [7].

Vijeće za visoke građevine i urbane sredine (eng. Council on Tall Buildings and Urban Habitat - CTBUH) sa sjedištem u SAD-u definira visoke građevine na tri načina: "arhitektonska visina

bez tehničke opreme poput antena i stjegova za zastave; visina od razine tla do najvišega kata, i visina od razine tla do najviše točke građevine uključujući i tehničku opremu poput antena i stjegova za zastave [8]". S druge strane, kada to pitanje razmatramo u okviru pravne regulative, možemo spomenuti da u Pravilniku o građenju [9] gradska uprava Ankare u Turskoj definira visoke građevine kao građevine izgrađene visine od 21,5 m ili više, tj. građevine s visinom konstrukcije od 30,5 m ili više.

Područje projektiranja visokih građevina obilježeno je naglim poboljšanjima do kojih dolazi zbog tehnološkog razvoja, sve veće međunarodne konkurencije i komercijalnih koristi. Visoke bi se građevine trebale projektirati s naglaskom kako na nosivi sustav, tj. na materijale i tipove nosivog sustava, tako i na arhitektonsko projektiranje što uključuje lokalne uvjete, uvjete tla, potresna djelovanja, protupožarne uvjete, sustave opreme i geometrijske oblike.

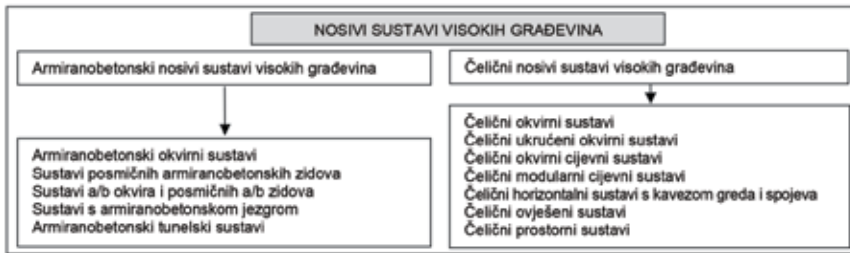
Ekološke, ekonomske i društveno-kulturološke komponente kao što su daljnje korištenje obnovljivih izvora energije, svođenje na minimum ulaznih komponenata u proizvodnom procesu, što manje korištenje sirovina i energije, te povećanje udobnosti korisnika, također se trebaju razmatrati u projektiranju visokih građevina. U tom se kontekstu u području visokih građevina naglašava važnost projektiranja nosivih sustava i održivog projektiranja.

Na globalnoj se razini koncept održivog projektiranja provodi kako za niske tako i za visoke građevine. Međutim, međunarodna je zajednica podijeljena na dvije struje kad je riječ o održivosti visokih građevina. Dok neki brane gusto naseljena središta gradova s visokim građevinama smatrajući da su one same po sebi održive, drugi smatraju da je visoka razina energije koja se povezuje s visokim građevinama zapravo znak neodrživosti. U ovom radu se na temelju provedenih analiza pružaju korisne informacije o projektiranju nosivih sustava te o održivom projektiranju visokih građevina.

2.1. Projektiranje nosivog sustava visokih građevina

Nosivi sustav je sklop sastavljen od nosivih elementa koji prenose sile i opterećenja i tako osiguravaju statičku ravnotežu građevine [10]. Cilj nosivog sustava je ostvariti djelotvoran i ekonomičan sustav koji može udovoljiti odgovarajućim funkcionalnim i estetskim zahtjevima. Projektiranje nosivog sustava za visoke građevine značajnije je od projektiranja takvog sustava za niske i srednje visoke građevine i to prije svega zbog vertikalnih i horizontalnih opterećenja koja rastu usporedo s visinom građevine [4].

Kako i količina materijala raste s visinom građevine, s aspekta održivosti je izuzetno značajno na minimum svesti upotrebu materijala za nosivi sustav. Čelik, beton ili materijali za spregnute konstrukcije (beton + čelik) kod visokih se građevina upotrebljavaju kao sustavni materijali. Kao što je prikazano na slici 1, danas postoje razni nosivi sustavi za visoke građevine koji se temelje na zajedničkom korištenju betona i čelika.



Slika 1. Podjela nosivih sustava visokih građevina [6]

Materijali i vrste nosivih sustava izravno utječu na projektiranje visokih građevina. Ispravnim odabirom nosivog sustava stvaraju se djelotvorne i korisne površine dok se istodobno troškovi građenja smanjuju. U tom je kontekstu odabir nosivog sustava vrlo značajan za održivo projektiranje. Na prvi bi se pogled moglo pomisliti da projektiranje nosivog sustava visokih građevina nije povezano s održivošću. Međutim, treba napomenuti da se u nosivi sustav visokih građevina treba ugraditi velika količina materijala za konstrukcije. Istodobno, energija sadržana u materijalu koji se upotrebljava u nosivom sustavu velikih građevina veća je u usporedbi s niskim građevinama. Stoga je odabir materijala za nosivi sustav vrlo bitan u pogledu održivosti i ekonomičnosti. Što su građevine više, to je i nosivi okvir teži. Na primjer, pri projektiranju nosivog sustava, središnja jezgra ima značajnu ulogu u preuzimanju horizontalnih opterećenja. Odgovarajućim projektiranjem jezgre povećava se djelotvorno korištenje prostora, te se u najvećoj mogućoj mjeri koriste prednosti sunčane svjetlosti. U ovom se slučaju može reći da je projektiranje nosivog sustava visokih građevina od ključne važnosti za pitanje održivog projektiranja [11].

2.2. Održivo projektiranje visokih građevina

Održivo projektiranje visokih građevina takvo je projektiranje kojim se osigurava funkcionalnost građevine uz minimalnu cijenu, a kroz manje trošenje energije i smanjeno korištenje resursa [12]. Troškovi energije i prirodnih resursa koje koriste visoke građevine u fazi građenja, tijekom uporabe i rušenja viši su od odgovarajućih troškova niskih građevina [13]. Održivo projektiranje dolazi u prvi plan kao moguće rješenje tog problema kod visokih građevina. U tom kontekstu, u svijetu se visoke građevine ocjenjuju primjenom međunarodnih certifikacijskih sustava koji se temelje na raznim klasifikacijama kriterija održivosti. Ti sustavi doprinose smanjenju neprikladnih ekoloških utjecaja građevina i projektantima daju odgovarajuće smjernice.

LEED (eng. Leadership in Energy and Environmental Design), tj. vodstvo u planiranju energije i upravljanju okolišem, jedan je od međunarodno priznatih certifikacijskih sustava kojeg je u SAD-u razvilo Vijeće za zelenu gradnju (eng. Green Building Council). LEED-ovi projekti uspješno se provode u 135 država. U okviru međunarodnih projekata, tj. projekata koji se provode izvan SAD-a, ostvaruju se projekti koji obuhvaćaju više od 50%

od ukupne površine LEED-ovih zahvata. LEED daje vlasnicima i upraviteljima okvir za određivanje i provođenje praktičnih i mjerljivih rješenja za održivo projektiranje, građenje, upravljanje i održavanje građevina, a pritom daje i rješenja za definiranje zdravstveno prihvatljivih unutarnjih prostora građevina. LEED je dobrovoljan i tržišno orijentiran program baziran

na konsenzusu, a pruža usluge nezavisne provjere održivih građevina. Od obiteljskih kuća i domova pa do čitavih četvrti i urbanih cjelina, LEED mijenja način na koji se građevinski prostor projektira, gradi i koristi. Sveobuhvatan i elastičan, LEED rješava pitanja koja se odnose na čitav vijek trajanja građevine. Građevine koje imaju certifikat LEED projektirane su tako da se ostvare sljedeći ciljevi: niži troškovi upravljanja i veća vrijednost nekretnine, manja količina otpada koji se šalje na odlagališta, manja potrošnja energije i vode, veća sigurnost i zdravstvena ispravnost građevine, smanjena emisija štetnih stakleničkih plinova, te mogućnost ostvarenja poreznih olakšica, povlastica u pogledu zoniranja, isto kao i ostalih pogodnosti koje se nude u gradovima. Prema sustavu LEED, građevine se kategoriziraju po razinama (platinasta, zlatna, srebrna i certificirana). Platinasta se smatra najvišom razinom, dok ostale slijede iza nje po navedenom redoslijedu [14-16].

Može se reći da certifikacijski sustavi nisu u većoj mjeri prihvaćeni u Turskoj. Od građevina koje su certificirane u Turskoj, stambene su zgrade zastupljene sa 4 %, hoteli sa 6 %, laboratoriji sa 2 %, trgovački centri sa 20 %, tvornice sa 12 %, a poslovne građevine sa 50 % [17]. Za većinu tih građevina dobiveni su certifikati LEED: 2 građevine imaju certifikat LEED Platinum (platinasti certifikat), 25 LEED Gold (zlatni certifikat), a 9 LEED Silver (srebrni certifikat), s tim da su dvije od njih visoke građevine. U ovom su trenutku 132 građevine prijavljene za certifikaciju LEED, a od tog broja 14 su visoke građevine.

U prosincu 2012. godine tursko je Vijeće za zelene građevine razvilo beta inačicu turskog sustava za certificiranje održivih građevina za stambene zgrade, koja je usklađena s lokalnim uvjetima i kriterijima. Sustav se sastoji od osam glavnih kategorija: integrirano ekološko upravljanje projektima, korištenje zemljišta, korištenje vode, korištenje energije, zdravlje i dobrobit, korištenje materijala i resursa, stanovanje te upravljanje i održavanje. Ocjenjivanje se bazira na djetelini s četiri lista. Djetelina s jednim listom označava ocjenu prolazan, dva lista je ocjena dobar, tri vrlo dobar, dok je djetelina s četiri lista oznaka za odličnu ocjenu [18, 19].

U ovom su radu održivi kriteriji za projektiranje, isto kao i metode za definiranje tih kriterija, klasificirani u konceptijski okvir koji je prikazan na slici 2. Za potrebe te klasifikacije primjenjeni su kriteriji održivosti iz raznih znanstvenih studija [6, 20-22], isto kao i kriteriji ocjenjivanja prema sustavu LEED [23].

KRITERIJI ODRŽIVOG PROJEKTIRANJA ZA VISOKE GRAĐEVINE		METODE
Ekološki održivo projektiranje	održive lokacije; djelotvorno korištenje vode; energija i zrak; materijali i resursi	vidi sliku 3
Ekonomski održivo projektiranje	učinkovito korištenje resursa, niski troškovi upravljanja	vidi sliku 4
Društveno-kulturološki održivo projektiranje	kvaliteta unutarnjih prostora, inovacija i postupak projektiranja	vidi sliku 5

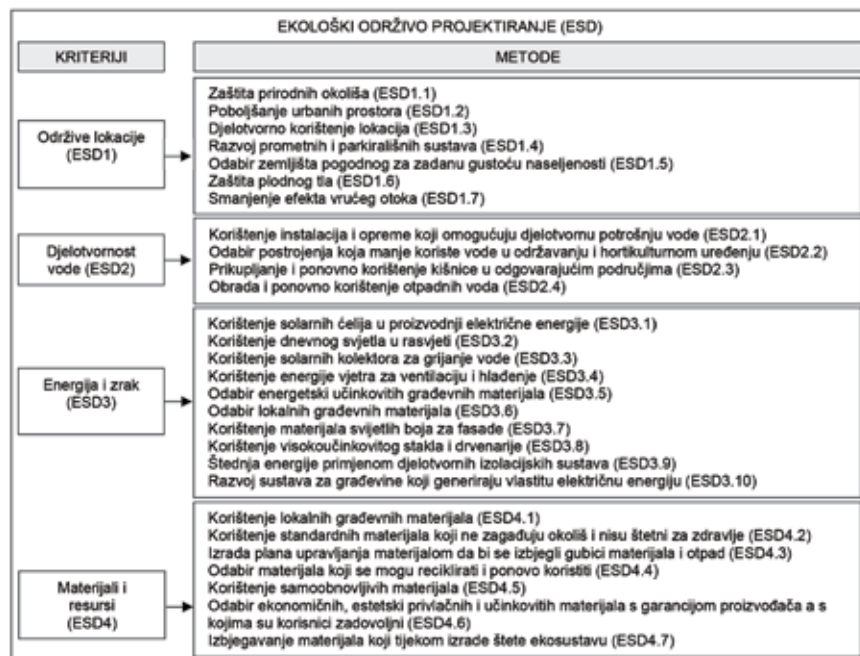
Slika 2. Kriteriji održivog projektiranja za visoke zgrade

kroz manje korištenje prirodnih resursa, naglasak na kreiranje zdravih unutarnjih prostora, korištenje sunčane energije, prirodne ventilacije i prirodne rasvjete, razinu izrade koja ne dovodi do potrebe za čestim održavanjem i popravcima [24].

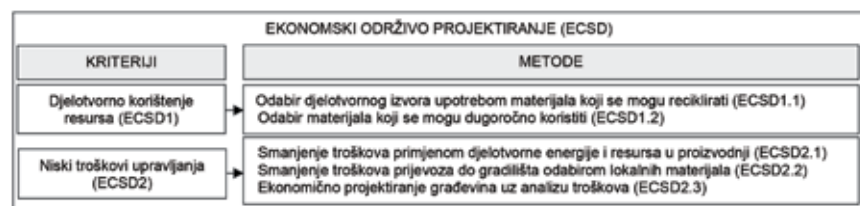
Kod visokih se građevina naglasak treba stavljati na djelotvorno korištenje lokacije, vode, prirodnih resursa, materijala i energije u kontekstu ekološki održivog projektiranja [6]. U tom kontekstu, kriterije ekološki održivog projektiranja možemo klasificirati na "održive lokacije", "djelotvorno korištenje vode", "energija i zrak" i "materijali i resursi". Kriteriji i metode ekološki prihvatljivog projektiranja za visoke građevine prikazani su na slici 3.

2.2.2. Ekonomski održivo projektiranje visokih građevina

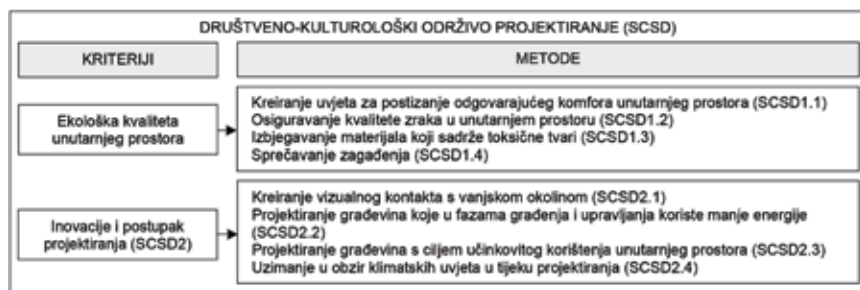
Ekonomski održivo projektiranje (eng. Economical Sustainable Design - ECSD) uključuje projekte koji se izrađuju u okvirima niskih cijena, visoke djelotvornosti te očuvanja i poboljšanja zdravlja [25]. Odluke koje u fazi projektiranja ne uzimaju u obzir kriterije održivosti dovode do visokih troškova korištenja kroz čitav vijek trajanja i onih visokih i onih niskih građevina. Prilikom planiranja niske ili visoke održive građevine, u fazi projektiranja se trebaju napraviti analize cijena koje obuhvaćaju faze građenja, korištenja, održavanja i popravljanja, upravljanja i rušenja. Ekonomski aspekti projektiranja naglašeniji su kod visokih nego kod niskih građevina i to zato što visoke građevine troše više materijala, energije i vode. Ekonomičnost visokih građevina ovisi o troškovima građevnih materijala, energije, radne snage i upravljanja, i to u svim fazama, počevši od faze projektiranja pa do rušenja građevine [4]. U ovom se kontekstu kriteriji ekonomski održivog projektiranja mogu podijeliti na "učinkovito korištenje resursa" i "niske troškove upravljanja". Kriteriji i metode za ekonomski održivo projektiranje visokih građevina prikazani su na slici 4.



Slika 3. Kriteriji i metoda za ekološki održivo projektiranje visokih građevina



Slika 4. Kriteriji i metode za ekonomski održivo projektiranje visokih građevina



Slika 5. Kriteriji i metode za društveno-kulturološki održivo projektiranje visokih građevina

2.2.1. Ekološki održivo projektiranje visokih građevina

Ekološki održivo projektiranje (eng. Ecological Sustainable Design - ESD) visokih građevina uključuje primjenu građevnih materijala koji su usklađeni s okolišem, ponovo iskoristivi i obnovljivi, zatim minimalnu potrošnju energije, korištenje lokalnih i obnovljivih izvora

2.2.3. Društveno-kulturološki održivo projektiranje visokih građevina

Društveno-kulturološka održivost može se definirati kao provedba metoda za zaštitu ljudskog zdravlja i povećanje udobnosti. Visoke građevine trebale bi se analizirati zajedno s njihovom okolinom, a u


projekt bi se trebale uključivati inovacije koje povećavaju kvalitetu interijera radi osiguranja zdravog i ugodnog životnog prostora, pri čemu bi se trebao osigurati kontakt stanara s vanjskom okolinom [26]. U tom se kontekstu kriteriji društveno-kulturološki održivog projektiranja mogu podijeliti na "kvalitetu unutarnjeg prostora" i "inovacije i proces projektiranja". Kriteriji i metode društveno-kulturološki održivog projektiranja (eng. Sociocultural sustainable design of tall buildings - SCSD) visokih građevina prikazani su na slici 5.

3. Ocjenjivanje visokih građevina u kontekstu održivog projektiranja

U ovom se poglavlju analizira primjena kriterija održivog projektiranja, definiranih pomoću tablica u točki 2.2, na visoke građevine za koje je izdan certifikat LEED. Kriteriji održivog projektiranja visokih građevina određuju se na osnovi ekoloških, ekonomskih i društveno-kulturoloških pokazatelja definiranih na osnovi rezultata studije.

VISOKE GRAĐEVINE		KRITERIJI ZA ODRŽIVO PROJEKTIRANJE
Neboder "Bank of America" New York - SAD [27, 28]	 <p> <i>Visina:</i> 365.8 m <i>Broj katova:</i> 58 <i>Funkcija:</i> poslovna građevina <i>Certifikat:</i> LEED Platinum <i>Početak-završetak:</i> 2004.-2009. <i>Materijal za nosivi sustav:</i> kompozit <i>Nosivi sustav:</i> AB jezgra + čelični okvir </p>	<p> ESD: Primijenjena je metoda zelenog krova da bi se smanjio efekt vrućeg otoka. Otpadna voda se pohranjuje i koristi na odgovarajućim poljima. Svi materijali korišteni u gradnji nebodera dopremljeni su s udaljenosti od najviše 800 km. Čelik koji je korišten u nosivom sustavu dobiven je recikliranjem otpadnog metala. Značajan dio električne energije nebodera dobiva se iz kombinirane elektrane snage 4600 kW. </p>
	<p> Arhitektonski projekt: Cook + Fox Architects - Adamson Associates Architects Projekt konstrukcije: Severud Associates Consulting Engineers </p>	<p> ECSD: Učinkovitost energije i resursa postignuta je odabirom obnovljivih i dugotrajnih materijala. </p>
		<p> SCSD: Unos svježeg zraka u neboder postignut je primjenom odgovarajućeg sustava za pročišćavanje zraka. U unutarnjim su prostorima korišteni materijali koji ne sadrže toksične tvari. </p>
Zgrada "Visionaire Building" New York - SAD [29, 30]	 <p> <i>Visina:</i> 109.73 m <i>Broj katova:</i> 35 <i>Funkcija:</i> stambena građevina <i>Certifikat:</i> LEED Platinum <i>Početak-završetak:</i> 2006.-2008. <i>Materijal za nosivi sustav:</i> beton <i>Nosivi sustav:</i> AB stup + podna konstrukcija bez greda </p>	<p> ESD: Zeleni krov doprinosi smanjenju efekta vrućeg otoka. Kišnica koja se skuplja na krovu koristi se za zalijevanje zelenih površina. Električna se energija generira pomoću solarnih ćelija koje su postavljene na vanjski zid zgrade. Materijali koji su korišteni u gradnji nebodera dopremljeni su s udaljenosti od najviše 800 km i to iz lako dostupnih izvora. U unutarnjim su prostorima korišteni samoobnovljivi materijali poput bambusa. </p>
	<p> Arhitektonski projekt: Cesar Pelli & SLCE Projekt konstrukcije: DeSimone Consulting Engineers </p>	<p> ECSD: Učinkovitost energije i resursa postignuta je odabirom obnovljivih i dugotrajnih materijala. Doprema materijala koji su korišteni u gradnji iz susjednih područja u skladu je s ekonomski održivim načelima projektiranja. </p>
		<p> SCSD: U gradnji su korišteni materijali koji ne sadrže toksične tvari. Unos svježeg zraka omogućen je primjenom sustava za pročišćavanje zraka. Sanitarna voda tretira se pomoću središnjeg sustava za pročišćavanje te se zatim doprema korisnicima. </p>
Financijski centar Taipei Taipei - Tajvan [4, 31, 32]	 <p> <i>Visina:</i> 509.2 m <i>Broj katova:</i> 101 <i>Funkcija:</i> poslovna građevina <i>Certifikat:</i> LEED Platinum <i>Početak-završetak:</i> 1999.-2004. <i>Materijal za nosivi sustav:</i> kompozit <i>Nosivi sustav:</i> AB jezgra + čelična poprečna greda </p>	<p> ESD: Količina potrebne vode smanjena je za 20-30% korištenjem reciklirane vode. U projektu hortikulture odabrane su biljke koje se mogu zalijevati kišnicom. Kišnica se prikuplja i koristi za zalijevanje biljaka i u sanitarnim čvorovima. Solarne ćelije omogućuju proizvodnju energije od 16 kWh. Dobitak i gubitak topline smanjuje se za 50% uvođenjem dvostruko ostakljenog fasadnog sustava. </p>
	<p> Arhitektonski projekt: C.Y. Lee & Partners Projekt konstrukcije: Thornton Tomasetti </p>	<p> ECSD: Neboder može djelomično zadovoljiti svoje potrebe za energijom pomoću solarnih ćelija. Troškovi energije smanjeni su reduciranjem potrošnje energije za 30%. Načela ekonomski održivog projektiranja primijenjena su smanjenjem potrošnje resursa i učinkovitim korištenjem energije. </p>
		<p> SCSD: Da bi se povećao komfor korisnika nebodera, horizontalne su oscilacije i vibracije ograničene postavljanjem na 88. kat metalnih klatna težine 650 tona koja djeluju kao prigušivači vibracija. </p>

Slika 6. Obilježja građevina analiziranih u kontekstu održivog projektiranja

VISOKE GRAĐEVINE		KRITERIJI ODRŽIVOG PROJEKTIRANJA
<p>Neboder "Condé Nast" New York – SAD [4; 33]</p>  <p>Visina: 338 m Broj katova: 48 Funkcija: poslovni zgrada Certifikat: LEED Gold Početak-završetak: 1996.-1999. Materijal za nosivi sustav: kompozit Nosivi sustav: AB jezgra + čelični okvir</p> <p>Arhitektonski projekt: Fox & Fowle Architects Projekt konstrukcije WSP Contor Seinuk</p>	<p>ESD: Za kupaoalice su odabrane niskoprotočne slavine. Solarne su čelije instalirane na gornjim katovima kao izvor obnovljive energije. Na nižim se katovima koristi staklo visoke vrijednosti transmisije svjetla, dok je na gornjima katovima postavljeno staklo visoke učinkovitosti da bi se umanjio utjecaj sunca. Čelije na krovu proizvode električnu energiju.</p>	
	<p>ECSD: Pogodnost izvora osigurana je korištenjem obnovljivih materijala. Troškovi energije smanjeni su jer građevina može djelomično udovoljiti svojim potrebama za energijom. Ostvarene su i uštede u troškovima prijevoza na gradilište jer su materijali korišteni u gradnji dopremani iz susjednih područja.</p>	
	<p>SCSD: Kvalitetu zraka kontroliraju rashladne stanice postavljene na svakom katu nebodera. U unutarnjim su prostorima korišteni materijali koji ne sadrže toksične tvari. Izvedeni su i odvojeni dimnjaci za izravnu ventilaciju prostorija u kojima se puši i prostorija u kojima se nalaze fotokopirni aparati.</p>	
<p>Neboder Helena New York – SAD [34-36]</p>  <p>Visina: 122.07m Broj katova: 39 Funkcija: stambena građevina Certifikat: LEED Gold Početak-završetak: 2003.-2005. Materijal za nosivi sustav: beton Nosivi sustav: AB stup + podna konstrukcija bez grede</p> <p>Arhitektonski projekt: Fox & Fowle Architects with Harman Jablin Projekt konstrukcije: Severud Associates</p>	<p>ESD: Zeleni krov umanjuje efekt vrućeg otoka. Kišnica se prikuplja i koristi za navodnjavanje zelenih površina. Električna se energija proizvodi pomoću solarnih čelija. 20% materijala koji su korišteni u gradnji dopremljeni su s udaljenosti od 800 km pa je tako podržana primjena lokalnih materijala. U unutarnjim se prostorima koriste fasadni elementi visoke učinkovitosti pa je tako smanjeno štetno djelovanje sunca.</p>	
	<p>ECSD: Učinkovitost energije i resursa postignuta je odabirom obnovljivih i dugotrajnih materijala. Energetske potrebe nebodera riješene su primjenom obnovljivih izvora energije, pa je tako potrošnja energije svedena na minimum.</p>	
	<p>SCSD: Štetni utjecaji ultraljubičastih zraka na pokućstvo smanjeni su primjenom dvostrukog ostakljenja visoke učinkovitosti. Dovod svježeg zraka u unutarnje prostore i vizualno povezivanje s vanjskom okolinom osigurano je primjenom prozora koji se mogu otvarati.</p>	
<p>Neboder "11 Times Square" New York – SAD [37-39]</p>  <p>Visina: 183 m Broj katova: 40 Funkcija: poslovna građevina Certifikat: LEED Gold Početak-završetak: 2007.-2010. Materijal za nosivi sustav: kompozit Nosivi sustav: AB jezgra + čelični okvir</p> <p>Arhitektonski projekt: Fox & Fowle Architects Projekt konstrukcije: Thomson Tomasetti</p>	<p>ESD: Primjenjuje se metode kao što je prikupljanje kišnice i sustav recikliranja, instalacijski sustav koji omogućuje učinkovito korištenje vode, sustav za pročišćavanje zraka, vanjske fasadne komponente visoke učinkovitosti i standardizirani materijali. Žaluzine na vanjskim zidovima sprečavaju štetno djelovanje sunca i doprinose smanjenju potrošnje energije u zgradi.</p>	
	<p>ECSD: Dobitak i gubitak topline optimaliziran je pomoću fasadnih komponenata visoke učinkovitosti na vanjskim zidovima zgrade. Time je smanjena i potrošnja energije.</p>	
	<p>SCSD: U unutarnjim se prostorima koriste materijali koji ne štete ljudskom zdravlju. Za stanare ovog nebodera jedna od najznačajnijih karakteristika je primjena naprednog sustava za pročišćavanje zraka i ventilaciju, čime je optimalizirana kvaliteta zraka u unutarnjim prostorima. Kvaliteta života povećana je uvođenjem svježeg zraka u unutarnje prostore. Refleksija se kontrolira pomoću žaluzina postavljenih na vanjski zid.</p>	

Slika 6. (nastavak) Obilježja građevina analiziranih u kontekstu održivog projektiranja

3.1. Analiza visokih građevina s certifikatom LEED u kontekstu održivog projektiranja

Provedba kriterija održivog projektiranja može se osigurati primjenom odgovarajućih metoda u fazama projektiranja,

građenja, korištenja i rušenja. Za visoke se građevine trebaju primjenjivati adekvatne metode da bi se zadovoljili kriteriji održive lokacije, djelotvornog korištenja vode, energije i zraka, materijala i resursa u sklopu ekološki održivog projektiranja, kriteriji djelotvornog korištenja resursa i niskih troškova

VISOKE GRAĐEVINE		KRITERIJI ODRŽIVOG PROJEKTIRANJA
Neboder "7 World Trade Centre" New York - SAD [40, 41]		ESD: Potrošnja vode smanjena je za 30% primjenom sustava za djelotvorno korištenje vode. Otpadna se voda pohranjuje na krovu i koristi u odgovarajućim područjima. Električnu energiju za potrebe zgrade generiraju mikroturbine. Može se reciklirati otprilike 30 % čeličnog materijala koji je korišten za gradnju zgrade.
	Visina: 226 m Broj katova: 52 Funkcija: poslovna građevina Certifikat: LEED Gold Početak-završetak: 2002.-2006. Materijal za nosivi sustav: kompozit Nosivi sustav: AB jezgra + čelični okvir	ECSD: Djelotvornost izvorišta materijala postignuta je primjenom materijala koji se mogu reciklirati. Troškovi prijevoza do gradilišta smanjeni su odabirom lokalnih građevnih materijala.
	Arhitektonski projekt: David Childs (SOM) Projekt konstrukcije: WSP Cantor Seinuk	SCSD: Žaluzine koje su instalirane na vanjski zid zgrade štite od štetnog utjecaja sunca i povećavaju udobnost boravka u unutarnjim prostorima. Korisnici mogu koristiti sunčano svjetlo čitav dan. Odgovarajuća kvalitete zraka u unutarnjim prostorima postiže se adekvatnim grijanjem i hlađenjem te primjenom sustava za pročišćavanje zraka.
Neboder "555 Mission Street" San Francisco - SAD [42, 43]		ESD: Efekt vrućeg otoka smanjen je primjenom materijala za krovnu oblogu koji odbija sunčano svjetlo. Ukupna potrošnja vode smanjena je za 30% pomoću sustava za djelotvorno korištenje vode. U gradnji su korišteni materijali koji se mogu reciklirati.
	Visina: 139.6 m / Broj katova: 33 Funkcija: poslovna zgrada Certifikat: LEED Gold Početak-završetak: 2007.-2009. Materijali za nosivi sustav: čelik Nosivi sustav: čelični okvir	ECSD: Odabrani su trajni materijali koji se mogu reciklirati, a troškovi su smanjeni učinkovitim korištenjem vode i energije.
	Arhitektonski projekt: Kohn Pederson Fox & Heller Manus Projekt konstrukcije: Louie International	SCSD: Poboļšana je kvaliteta zraka, tj. kvaliteta boravka u unutarnjim prostorima primjenom materijala koji ne sadrže štetne tvari. Otvoreni prostori u zgradi omogućuju vizualno povezivanje s vanjskom okolinom te povećavaju komfor boravka.
Neboder "Comcast" Philadelphia - SAD [28, 44, 45]		ESD: U zgradi se svake godine uštedi 6100 m ³ vode zbog korištenja zahoda bez vode. Vanjska se fasada sastoji od lagano ohrapavljenog nereflektirajućeg stakla. Napravljen je plan upravljanja materijalima radi praćenja podrijetla materijala i izbjegavanja otpada. 80% drvenih dijelova dobiveno je iz održivih izvora
	Visina: 296.73 m / Broj katova: 58 Funkcija: poslovna zgrada / Certifikat: LEED Gold Početak-završetak: 2005.-2008. Materijal za nosivi sustav: kompozit Nosivi sustav: AB jezgra + čelični okvir	ECSD: Troškovi rasvjete svedeni su na minimum zbog maksimalnog korištenja dnevnog svjetla. Smanjeni su troškovi klimatizacije zahvaljujući korištenju svijetlo obojenih materijala niske emisije na vanjskoj fasadi.
	Arhitektonski projekt: Robert A. M. Stern Architects Projekt konstrukcije: Thornton Tomasetti	SCSD: U unutarnjim se prostorima izbjegava korištenje toksičnih materijala. Odabrani su široki prostori da bi se ostvario vizualni kontakt s vanjskom okolinom.
Neboder "Hearst" New York - SAD [46, 47]		ESD: Kišnica se skuplja i koristi u rashladnom sustavu zgrade. Koriste se učinkoviti sustavi grijanja i ventilacije i to tako da se 75% vremena u godini koristi vanjski zrak. Otprilike 90% čelika koji se koristio u građenju zgrade može se reciklirati. Čelik je dobavljen u skladu sa zahtjevima za djelotvorna izvorišta materijala.
	Visina: 182 m Broj katova: 46 Funkcija: poslovna zgrada Certifikat: LEED Gold Početak-završetak: 2003.-2006. Materijal za nosivi sustav: kompozit Nosivi sustav: čelična jezgra + ukršteni okvir	ECSD: Materijali koji se mogu reciklirati korišteni su za oblaganje vanjskih zidova i za komponente nosivog sustava zgrade.
	Arhitektonski projekt: Foster & Partners, Gensler Projekt konstrukcije: WSP Cantor Seinuk	SCSD: Radni su prostori smješteni blizu vanjske fasade da bi se u što većoj mjeri iskoristilo sunčano svjetlo. Korisnicima je osigurano adekvatno radno okruženje. Također je osiguran i vizualni kontakt s vanjskom okolinom.

Slika 6. (nastavak) Obilježja građevina analiziranih u kontekstu održivog projektiranja

VISOKE GRAĐEVINE		KRITERIJI ODRŽIVOG PROJEKTIRANJA
<p>Zgrada "Solaire Building" New York - SAD [48]</p>  <p>Visina: 85.29 m Broj katova: 27 Funkcija: stambena građevina Certifikat: LEED Gold Početak-završetak: 2001.-2003. Materijal za nosivi sustav: beton Nosivi sustav: AB okvir</p> <p>Arhitektonski projekt: Cesar Pelli & Associates S.L.C.E Architects Projekt konstrukcije: The Cantor Seinuk Group</p>	<p>ESD: Primijenjena je metoda zelenog krova da bi se smanjio efekt vrućeg otoka. Kišnica se skuplja na krovu. Reciklira se otpadna voda koja se generira u zgradi. Potrebe za energijom zadovoljavaju se primjenom solarnih ćelija. Dvije trećine materijala koji su korišteni u gradnji dopremljeno je iz okolnih područja. Reciklirano je 93% otpada generiranog tijekom građenja.</p>	
	<p>ECSD: Djelotvornost u odabiru izvorišta povećana je zahvaljujući korištenju materijala koji se mogu reciklirati. Troškovi potrošnje električne energije smanjeni su primjenom solarnih ćelija.</p>	
	<p>SCSD: Adekvatna kvaliteta zraka u unutarnjim prostorima osigurana je primjenom sustava za pročišćavanje zraka. U unutarnjim su prostorima korišteni materijali koji ne sadrže štetne tvari.</p>	
<p>Neboder "One South Dearborn Building" Chicago – SAD [49, 50]</p>  <p>Visina: 174 m / Broj katova: 40 Funkcija: poslovna zgrada Certifikat: LEED Silver Početak-završetak: 2003.-2005. Materijal za nosivi sustav: kompozit Nosivi sustav: AB jezgra + čelični okvir</p> <p>Arhitektonski projekt: DeStefano Keating and Partners Projekt konstrukcije: Halvorson and Partners</p>	<p>ESD: U okolici zgrade osigurani su alternativni sustavi prijevoza. Odabran je vodoopskrbni sustav koji omogućuje učinkovito korištenje vode. Troškovi rasvjete su smanjeni maksimalnim korištenjem dnevnog svjetla. Troškovi klimatizacije su umanjeni tako da su na vanjskim fasadama korišteni svijetlo obojeni materijali niske emisije. Na fasadi su korišteni učinkoviti svijetlo obojeni materijali.</p>	
	<p>ECSD: U gradnji zgrade korišteni su materijali koji se mogu reciklirati. Dobavom građevnih materijala iz okolnih područja ostvarene su uštede u troškovima prijevoza do gradilišta.</p>	
	<p>SCSD: Odabrani su široki prozori da bi se u što većoj mjeri iskoristilo dnevno svjetlo. Korisnici mogu ostvariti vizualni kontakt s vanjskom okolinom.</p>	
<p>Neboder "30 Hudson Street Building" New Jersey - USA [51]</p>  <p>Visina: 238 m / Broj katova: 42 Funkcija: poslovna zgrada Certifikat: LEED Početak-završetak: 2001.-2004. Materijal za nosivi sustav: čelik Nosivi sustav: čelični okvir</p> <p>Arhitektonski projekt: Cesar Pelli & Associates Projekt konstrukcije: Thornton Tomasetti</p>	<p>ESD: Odabran je sustav za djelotvorno korištenje vode. Potrošnja vode je smanjena prikupljanjem i ponovnim korištenjem kišnice. U unutrašnjim se prostorima koriste certificirani drveni materijali.</p>	
	<p>ECSD: Ekonomska su ograničenja određena analizom troškova a zadano je i djelotvorno korištenje resursa. Takva djelotvornost je i povećana zahvaljujući primjeni materijala koji se mogu reciklirati.</p>	
	<p>SCSD: Ne koriste se materijali s toksičnim tvarima radi očuvanja kvalitete zraka u unutarnjim prostorima. Vizualan kontakt s eksterijerom ostvaruje se primjenom širokih prozora.</p>	

Slika 6. (nastavak). Obilježja građevina analiziranih u kontekstu održivog projektiranja

upravljanja u sklopu ekonomski održivog projektiranja, te kriteriji kvalitete unutarnjeg prostora i inovacije i postupka projektiranja u sklopu društveno-kulturološki održivog projektiranja. U tom je kontekstu analizirana primjena tih kriterija i metoda na 13 građevina za koje je ishodan certifikat LEED, a sada su u fazi uporabe. Podaci o lokaciji, visini, broju katova, funkciji, vrsti certifikata LEED, početku i završetku građenja, materijalima i vrsti nosivog sustava, projektantima i konstruktorima, prikazani su na slici 6. Nakon toga su u tablici 1. prikazani kriteriji održivog projektiranja koji su primijenjeni na analiziranim građevinama.

3.2. Ocjena analiziranih visokih građevina s certifikatom LEED

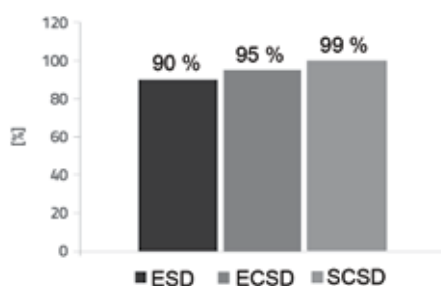
U radu se predlaže metoda za ocjenjivanje učinkovitosti visokih građevina s certifikatom LEED koje su analizirane u točki 3.1. Kriteriji za ocjenjivanje predložene metode odgovaraju kriterijima za održivo projektiranje prema točki 2.2. Pri ocjenjivanju su se za primjenu kriterija održivog projektiranja dobivala 2 boda, za djelomičnu primjenu kriterija 1 bod, a za izostanak primjene 0 bodova. Učinkovitost visokih

Tablica 1. Kriteriji održivog projektiranja za analizirane visoke građevine s certifikatom LEED

Kriteriji za održivo projektiranje			Analizirane visoke građevine s certifikatom LEED													Ukupan broj bodova	Bodovi sekcije	Postotak sekcije
			Bank of America Tower	The Visionaire Building	Taipei Financial Center	Condé Nast Building	The Helena Building	Eleven Times Square Building	7 World Trade Center	555 Mission Street Building	Comcast Tower	Hearst Tower	Solaire Building	One South Dearborn Building	30 Hudson Street Building			
ESD	ESD1	ESD1.1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	Ukupan broj bodova	Bodovi sekcije	Postotak sekcije
		ESD1.2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
		ESD1.3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
		ESD1.4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1			
		ESD1.5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
		ESD1.6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
		ESD1.7	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
	ESD2	ESD2.1	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1			
		ESD2.2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2			
		ESD2.3	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
		ESD2.4	2	2	2	1	2	2	1	2	1	2	2	2	2			
	ESD3	ESD3.1	2	2	2	2	2	0	0	0	2	0	2	0	2			
		ESD3.2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
		ESD3.3	0	2	2	2	1	0	0	0	2	1	2	1	2			
		ESD3.4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1			
		ESD3.5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
		ESD3.6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
		ESD3.7	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
		ESD3.8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
		ESD3.9	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
		ESD3.10	2	2	2	2	2	0	2	0	2	1	2	1	2			
	ESD4	ESD4.1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
		ESD4.2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
		ESD4.3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
		ESD4.4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
		ESD4.5	2	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2			
		ESD4.6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
		ESD4.7	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
BODOVI		54	56	55	52	53	49	50	48	53	51	53	43	38	655	728	90 %	
ECSD	ECSD1	ECSD1.1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	Ukupan broj bodova	Bodovi sekcije	Postotak sekcije	
		ECSD1.2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1				
	ECSD2	ECSD2.1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1				
		ECSD2.2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0				
		ECSD2.3	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2				
BODOVI		10	10	10	10	10	10	10	8	10	10	10	10	6	124	130	95 %	
SCSD	SCSD1	SCSD1.1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	Ukupan broj bodova	Bodovi sekcije	Postotak sekcije	
		SCSD1.2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
		SCSD1.3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
		SCSD1.4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
	SCSD2	SCSD2.1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
		SCSD2.2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0				
		SCSD2.3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
		SCSD2.4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
BODOVI		16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	14	206	208	99 %		

građevina određena je u postotku udovoljavanja kriterijima održivog projektiranja i to ocjenjivanjem zadanih kriterija. To je ocjenjivanje prikazano u tablici 1.

Kao što se može vidjeti iz tablice 1, uspjeh koji su postigle visoke građevine u kontekstu zadanih kriterija iznosi 90 % za ekološki održivo projektiranje, 95 % za ekonomski održivo projektiranje te 99 % za društveno-kulturološki održivo projektiranje. Iz rezultata dobivenih analizom može se zaključiti da su ekološki, ekonomski i društveno-kulturološki kriteriji održivog projektiranja u velikoj mjeri primijenjeni kod analiziranih visokih građevina s certifikatom LEED. Grafički prikaz ocjena koje su u kontekstu održivog projektiranja dobile visoke građevine s certifikatom LEED daje se na slici 7.



Slika 7. Grafički prikaz kriterija održivog projektiranja za visoke građevine s certifikatom LEED

3.3. Rezultati i analiza

Razmatra se usporedni prikaz visokih građevina s certifikatom LEED koje su analizirane u točki 3.1 prema metodi predloženoj u točki 3.2 i to na osnovi ekoloških, ekonomskih i društveno-kulturoloških kriterija za održivo projektiranje. Ta se usporedba zasniva na podacima iz tablice 1. Za svaki kriterij projektiranja promatranih građevina daju se dijagrami i usporedne tablice. U tim usporednim tablicama i grafičkim prikazima analizira se uspjeh koji su ostvarile visoke građevine s certifikatom LEED u odnosu na ekološke, ekonomske i društveno-kulturološke kriterije održivog projektiranja. U tablici 2, visoke su građevine analizirane zasebno prema kriterijima ESD, ECSD i SCSD, a udovoljavanje kriterijima iskazano je u postocima za svaku građevinu.

Rezultati grafičkih prikaza, koji su u tablici 2 iskazani pojedinačno za svaku visoku građevinu, mogu se protumačiti na sljedeći način:

- Kriterijima ESD1 udovoljile su građevine Solaire, Ose South Dearborn i 30 Hudson Street sa 93 %, dok su ostale građevine dobile 100 %. Stopostotni učinak postigle su za kriterije ESD2 građevine Bank of America i Visionaire, 88 % su postigle građevine Taipei Financial Center, Helena,

Eleven Times Square, 555 Mission Street, Solaire i Hearst. 75 % su postigli neboderi 7 World Trade Center i Comcast, dok su ostale građevine dobile 63 %. Što se tiče kriterija ESD3, stopostotni učinak postigle su građevine Visionaire Building, Taipei Financial Center, Condé Nast building i Comcast. 95 % su dobile građevine Helena i Solaire, 90 % Bank of America, 80 % 7 World Trade Center i Hearst, 70 % Eleven Times Square, 555 Mission Street i One South Dearborn, dok je 55 % dobila građevina 30 Hudson Street. U pogledu kriterija ESD4, maksimalni učinak imaju građevine Bank of America, Visionaire, Taipei Financial Center, Eleven Times Square, 7 World Trade Center, Hearst Tower i Solaire, 93 % imaju građevine Condé Nast, Helena, 555 Mission Street i Comcast, 79 % ima građevina One South Dearborn, a 64 % ima građevina 30 Hudson Street. Za kriterije ECSD1, građevina 30 Hudson Street ostvarila je 75 %, dok su sve ostale građevine dobile 100 %. Što se tiče kriterija ECSD2, 67 % je dobila građevina 555 Mission Street, 50 % građevina 30 Hudson Street, dok su ostale građevine dobile 100 %. Prema kriteriju SCSD, sve su visoke građevine dobile 100 %, osim građevine 30 Hudson Street koja je dobila 99 %.

- Može se vidjeti da su visoke građevine bolje udovoljile kriterijima ECSD nego kriterijima ESD. Također, bolji su rezultati postignuti za kriterije SCSD u usporedbi s kriterijima ESD i ECSD. Kao što je navedeno u točki 3.1, građevine Bank of America, Visionaire i Taipei Financial Center imaju certifikat LEED Platinum. Građevine Condé Nast, Helena, Eleven Times Square, 7 World Trade Center, 555 Mission Street, Comcast, Hearst i Solaire imaju certifikate LEED Gold. Građevina One South Dearborn ima certifikat LEED Silver, a građevina 30 Hudson Street ima certifikat LEED (vidi sliku 6). Te su visoke građevine s različitim certifikatima LEED ocijenjene prema kriterijima ESD, ECSD i SCSD kako je to prikazano u tablici 3, a rezultati su izraženi u postocima.

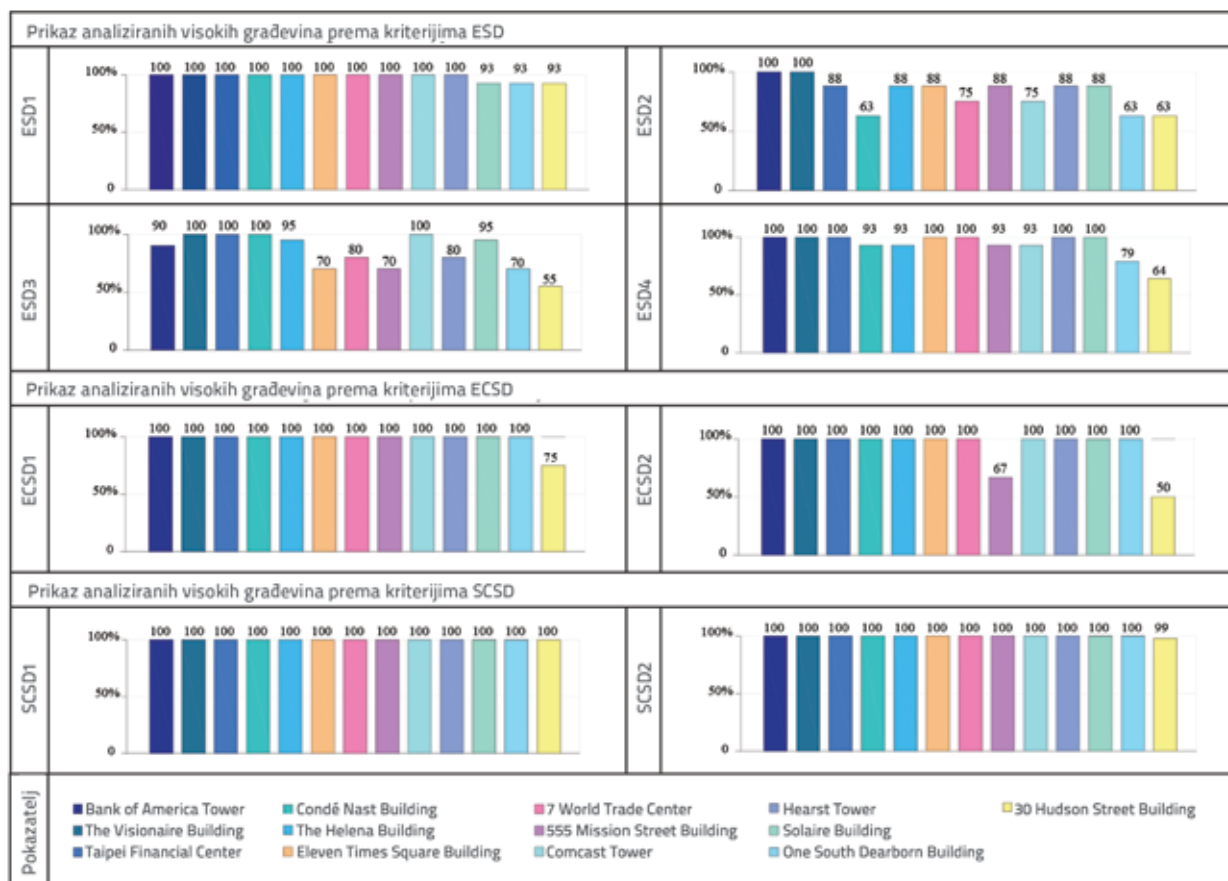
Rezultati dijagrama prikazanih u tablici 3 za svaki kriterij održivog projektiranja mogu se protumačiti na sljedeći način:

- Kao što se može vidjeti na slici 6, građevine Visionaire, Helena i Solaire su stambene zgrade, dok su ostale analizirane građevine poslovne zgrade. Sve stambene građevine imale su učinak 100 % u vezi s kriterijima ECSD1, ECSD2, SCSD1 i SCSD2. Nasuprot tome, kod poslovnih građevina bilježimo da je građevina 30 Hudson Street postigla 75 % za ECSD1 i 50 % za ECSD2, dok je građevina 555 Mission Street postigla 67 % za kriterije ECSD2. Analiza prikaza iz tablice 3 pokazuje da se stambene građevine bitno ne razlikuju od poslovnih. Stoga se može zaključiti da funkcija građevine ne utječe na primjenu kriterija za održivo projektiranje visokih građevina.

Tablica 2. Usporedba kriterija ESD, ECSD i SCSD koji su primijenjeni za visoke građevine

Visoke građevine	Ekološki održivo projektiranje	Ekonomski održivo projektiranje	Društveno-kulturološki održivo projektiranje
Bank of America Tower			
The Visionaire Building			
Taipei Financial Center			
Condé Nast Building			
The Helena Building			
Eleven Times Square Building			
7 World Trade Center			
555 Mission Street Building			
Comcast Tower			
Hearst Tower			
Solaire Building			
One South Dearborn Building			
30 Hudson Street Building			

Tablica 3. Usporedba visokih građevina prema kriterijima ESD, ECSD i SCSD



4. Zaključak

U skladu s prethodno definiranim ciljevima, u ovom se radu daju okvirne upute u vidu kompilacije i sažetog prikaza podataka o održivim visokim građevinama. U tu su svrhu određeni ekološki, ekonomski i društveno-kulturološki kriteriji održivog projektiranja. Primjena tih kriterija analizira se na 13 visokih građevina koje posjeduju certifikate LEED, a učinkovitost visokih građevina određuje se u kontekstu predloženih zahtjeva za održivo ekološko, ekonomsko i društveno-kulturološko projektiranje u skladu s podacima koji su dobiveni tijekom analize. Ustanovljeno je da postotak u kojem analizirane visoke građevine s certifikatom LEED udovoljavaju ESD kriterijima iznosi 90 %, dok taj postotak za ECSD kriterije iznosi 95 %, tj. 99 % za kriterije SCSD. Rezultati analize također pokazuju da visoke građevine s certifikatom LEED Platinum udovoljavaju kriterijima sa 99 %, visoke građevine s certifikatom LEED Gold sa 97 %, a visoke građevine s certifikatom LEED Silver sa 92 %, dok taj postotak iznosi 76 % za visoke građevine s običnim certifikatom LEED. Tako visoki postoci prikladan su primjer koji pokazuje kakvo bi se značenje trebalo pridavati održivom projektiranju i sustavu certificiranja u okviru projektiranja visokih građevina, kako u Turskoj tako i u drugim zemljama diljem svijeta.

Broj visokih građevina u Turskoj stalno raste i to zbog raznih razloga kao što su rastuće potrebe korisnika u posljednjih nekoliko godina, razvoj tehnologija građenja, povećanje gustoće naseljenosti u urbanim središtima te povećanje cijene zemljišta. Međutim, još uvijek je broj održivih visokih građevina nedovoljan. Zbog toga bi se u Turskoj trebali poticati kriteriji za održivo projektiranje i certifikacijski sustavi koji se na međunarodnom planu primjenjuju u projektiranju visokih građevina. U tom bi kontekstu svi subjekti koji djeluju u sektoru graditeljstva trebali usvojiti odnose uspostavljene u ovom radu i prihvatiti ih kao mogući pristup za održivo projektiranje. Osim toga, ovaj bi se pristup trebao upotpuniti znanstvenim studijama, obrazovnim programima, zakonima i propisima, a u odgovarajućoj mjeri i provedbenim obvezama koje bi vladini organi trebali uvesti u svrhu primjene kriterija održivog projektiranja za visoke građevine. Projektanti bi trebali dati svoj doprinos rastućoj svijesti o značenju okoliša i to kroz primjere građevina i obrazovnih institucija, a također i kroz informiranje putem dodiplomskih i poslijediplomskih predmeta, seminara i konferencija. Osim toga, naglasak bi se trebao staviti i na mjere koje se trebaju poduzeti da bi se povećao broj stručnjaka za certifikacijske sustave.

LITERATURA

- [1] Say, C. & Wood, A.: Sustainable Rating Systems around the World, *Council on Tall Buildings and Urban Habitat Journal (CTBUH Review)*, 2 (2008) pp. 18-29.
- [2] Smith, P. F.: *Architecture in a Climate of Change: A Guidance to Sustainable Design, Second Edition*, Oxford Architectural Press, Britain, 2005.
- [3] Çelebi, G., Gültekin, A. B., Harputlugil, G., Bedir, M. & Tereci, A.: *Building - Environment Relationship (in Turkish), First Edition*, Publications of TMMOB Chamber of Architects, İstanbul, 2008.
- [4] Sev, A.: *Sustainable Architecture (in Turkish), First Edition*, YEM Publishing Company, İstanbul, 2009.
- [5] Elnimeiri, M. & Gupta, P.: Sustainable Structure of Tall Buildings, *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 17 (2008) pp. 881-894.
- [6] Yavaşbatmaz, S.: *Evaluation of Tall Buildings in the context of Sustainable Design Criteria (in Turkish)*, M.Sc. Thesis, Gazi University Institute of Science and Technology, Ankara, 2012.
- [7] Özgen, A. & Sev, A.: *Carrier Systems in Multistory Tall Buildings (in Turkish), First Edition*, Birsen Publishing Company, İstanbul, 2000.
- [8] CTBUH Height Criteria, <http://www.ctbuh.org/TallBuildings/HeightStatistics/Criteria/tabid/446/language/en-US/Default.aspx>, 02.11.2012.
- [9] Building Bylaws of Metropolitan Municipality of Ankara (in Turkish), ISBN: 978-605-4067-11-4. No 109, pp. 19, 2010.
- [10] Türkcü, H. Ç.: *Modern Construction and Structure Systems - 1(in Turkish)*, Dokuz Eylül University Publications, İzmir, 1990.
- [11] Beedle, L. S., Ali, M. M. & Armstrong, P. J.: *The Skyscraper and the City: Design, Technology and Innovation*, Edwin Mellen Press, New York, 2007.
- [12] Akbıyıklı, R., Sönmez, İ. & Dikmen, S. Ü.: Sustainable Development in Turkey and Sustainability in Construction Sector (in Turkish), *International Sustainable Buildings Symposium*, Ankara, pp. 422-425, 2010.
- [13] Collins, A., Watts, S. & Alister, M. Mc.: The Economics of Sustainable Tall Buildings, *CTBUH 8th World Congress*, Dubai, pp. 175-185, 2008.
- [14] Tamboli, A., Leonard, J. & Umakant, V. X, Xu.: Tall Buildings: Sustainable Design Opportunities,, *CTBUH 8th World Congress*, Dubai, pp. 120-126, 2008.
- [15] LEED Certification Information, <http://www.nrdc.org/buildinggreen/leed.asp>, 11.10.2012.
- [16] The U.S. Green Building Council (USGBC), <http://new.usgbc.org/leed>
- [17] Çamlıbel, E. & Alhanlıoğlu, G.: Green Residences in Turkey in 2023 (in Turkish), *Bulletin of Ekoyapı*, 10 (2012), pp. 42-45.
- [18] Enginöz, Y. K.: Green Home Certificate for Turkey (in Turkish). *Bulletin of Yapı – Ecology in Construction*, 365 (2012), pp. 30-31.
- [19] Erten, D.: The Beta Version of National Certification System is Ready (in Turkish), *Bulletin of Ekoyapı – Ecological Buildings and Settlements*, Turkish Green Building Council, 9 (2012), pp.76-79.
- [20] Alparslan, B.: *Design and Evaluation of an Example Building in Ankara in the context of Ecological Building Design Criteria (in Turkish)*, M.Sc. Thesis, Gazi University Institute of Science and Technology, 2010.
- [21] Çalışkan, Ö.: *Research on Prioritized Ecological Building Design Criteria for Bursa and Example Design (in Turkish)*, M.Sc. Thesis, Gebze Institute of Technology Institute of Sciences and Engineering, 2007.
- [22] Çelebi, G. & Gültekin, A. B.: Scope of Sustainable Architecture: A View from Conceptual Framework (in Turkish), *Bulletin of Mimarlar - Global Warming and Architecture*, 1 (2007) 2, pp.30-36.
- [23] LEED Measures, <http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=1989>, 30.10.2012.
- [24] Gültekin, A. B. & Dikmen, Ç. B.: Analysis of Ecological Design Criteria in Architectural Design Process (in Turkish), *VI. National Ecology and Environment Congress*, İzmir, pp. 159-167, 2006.
- [25] Özçuhadar, T.: *Defining Energy Efficient Design Criteria with the help of Life Cycle Assessment to Achieve Sustainable Design (in Turkish)*, M.Sc. Thesis, İstanbul Technical University Institute of Science and Technology, 2007.
- [26] Dündar, B., Atabey, İ. İ. & Bulut, B.: Green Building Evaluation Systems with BREEAM and LEED (in Turkish), *International Sustainable Buildings Symposium*, Ankara, pp. 682, 2010.
- [27] Mueller, A.: The Bank of America Tower: Crystal Clear, *Civil Engineering*, 78 (2008) 12 pp. 38-46.
- [28] Sev, A. & Özgen, A.: Can tall buildings be sustainable? (in Turkish), *International Sustainable Buildings Symposium*, Ankara, pp. 7-10, 2010.
- [29] The Visionaire, <http://www.thevisionaire.com/>, 20.10.2012.
- [30] http://www.archiplanet.org/wiki/The_Visionaire,_New_York,_New_York, 29.03.2013.
- [31] Joseph, L. M., Poon D. & Shieh, S.: Ingredients of High-rise Design Taipei 101, *Structure Magazine*, 41-45, 2006.
- [32] Taipei 101, http://www.taipei-101.com.tw/index_en.htm, 29.03.2013.
- [33] Utkutuğ, G. S.: *Building Design/Ecology/Energy Efficient/ Intelligent Building Through New Century (in Turkish)*, 4th International HVAC+R Science and Technology Symposium, Turkey, 2000.
- [34] Gonchar, J.: A Westside Story, *GreenSource Magazine, McGraw Hill Construction*, New York, April, (2007) pp. 73 – 75.
- [35] The Helena, <http://www.thehelena.com/>, 25.10.2012.
- [36] Helena Building, <http://leedcasestudies.usgbc.org/images.cfm?ProjectID=614>, 29.03.2013.
- [37] Eleven Times Square, http://ominy.org/media/projects/11TSMetals_spring09.pdf, 29.03.2012.
- [38] Eleven Times Square, <http://www.siny.org/project/eleven-times-square/>, 29.03.2013.
- [39] Eleven Times Square, <http://sjpproperties.com/newsroom/commercial-news/2011/188>, 30.10.2012.
- [40] 7 World Trade Center, <http://www.silversteinproperties.com/properties/7-world-trade-center>, 29.03.2013.