

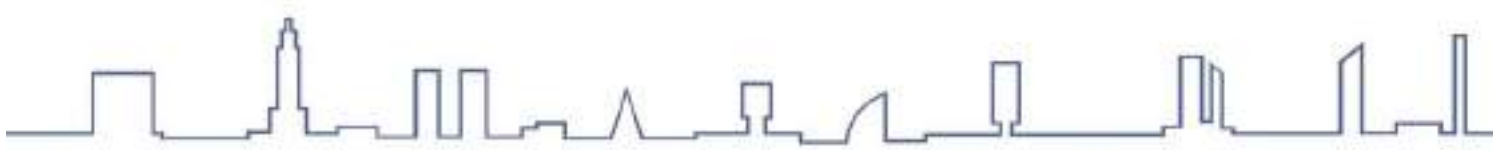
AMIR Čaušević  
NERMAN Rustempašić

# VISOKI OBJEKTI U ARHITEKTURI



Sarajevo, 2021

Arhitektonski fakultet  
Univerziteta u Sarajevu





Izdavač: *Arhitektonski fakultet Univerziteta u Sarajevu*

Za izdavača: *prof. dr. Erdin Salihović, dekan fakulteta*

Autori: *prof. dr. Amir Čaušević*  
*prof. dr. Nerman Rustempašić*

Naslov djela: *Visoki objekti u arhitekturi*

Fotografija naslovnice: [www.freepik.com](http://www.freepik.com) / Designed by Freepik

DTP: *Dženis Avdić*

Lektor: *Melisa Ključar*

Recenzenti: *prof. mr. Mevludin Zečević*

*prof. dr. Sanin Džidić*

*prof. dr. Naida Ademović*

-----  
CIP - Katalogizacija u publikaciji  
Nacionalna i univerzitetska biblioteka  
Bosne i Hercegovine, Sarajevo

726(075.8)  
725.222(075.8)

**ČAUŠEVIĆ, Amir**

Visoki objekti u arhitekturi [Elektronski izvor] / Amir Čaušević, Nerman Rustempašić. - El. knjiga. - Sarajevo: Arhitektonski fakultet, 2021.

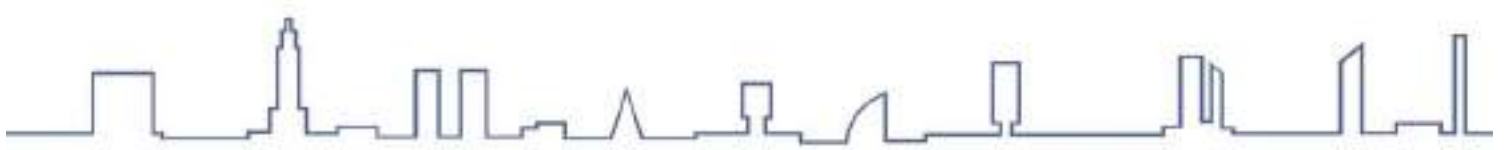
Način pristupa (URL):

[https://af.unsa.ba/pdf/publikacije/A.Causevic.N.Rustempasic\\_Visoki\\_objekti\\_u\\_arhitekturi\\_Arhitektonski\\_fakultet\\_Sarajevo\\_2020.pdf](https://af.unsa.ba/pdf/publikacije/A.Causevic.N.Rustempasic_Visoki_objekti_u_arhitekturi_Arhitektonski_fakultet_Sarajevo_2020.pdf). - Nasl. sa nasl. ekrana. - Opis izvora dana 14. 1. 2021.

ISBN 978-9958-691-98-0

1. Rustempašić, Nerman

COBISS.BH-ID 42185478  
-----







**Amir Čaušević  
Nerman Rustempašić**

## **VISOKI OBJEKTI U ARHITEKTURI**

**Sarajevo, 2021.**



*Architecture is restricted to such a limited vocabulary. A building is either a high-rise or a perimeter block or a town house.*

- Bjarke Ingels

## **Predgovor**

Ova knjiga je nastala kao rezultat višegodišnjeg rada na predmetu i diplomskom modulu „Visoki objekti u arhitekturi“ koji se izučava u okviru master studija na Arhitektonskom fakultetu Univerziteta u Sarajevu i kroz više različitih kolegija na Katedri za konstruktivne sisteme i Katedri za arhitektonske konstrukcije i tehnologiju građenja.

Problematika visokih objekata izuzetno je kompleksna u cjelokupnom procesu realizacije, od planiranja, projektovanja, izvođenja i održavanja. Zahtjevi koji se postavljaju pred ovakve građevine višestruko prevazilaze standardne propise, normative i pravilnike i zahtijevaju poseban pristup. Projektovanje i izvođenje ovih konstrukcija zahtijeva jedan ogroman napor, istraživački rad, nove i inovativne tehnologije, jače i pouzdanije građevinske materijale koje treba razviti, volju i odlučnost da se poduzme rizičan korak da objekat bude viši, ali i sigurniji za korištenje.

Prepostavlja se da je utrka u postizanju što veće visine tornjeva započela prije nekih 5000 godina u Mezopotamiji i pretvorila se u stalnu borbu koja i dalje traje.

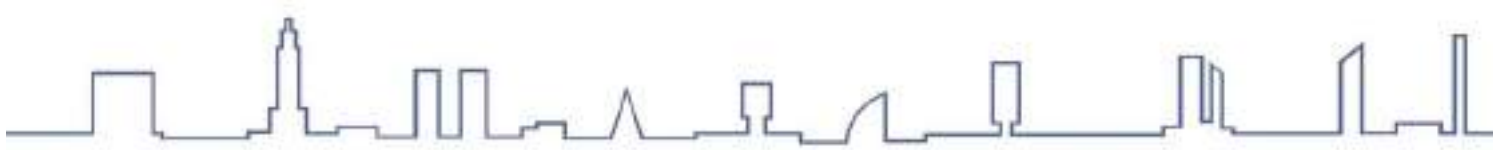
Arhitektonska vertikala pokazuje stremljenje nečim uzvišenom, iznad svakidašnjice, običnog, prizemnog, vodi nas do (npr. renesansni trg i sl.), pomaže da bi bolje mogli čuti glas i zvuk (zvono, Ezan - poziv na molitvu i namaz), ili pak vidjeti (vrijeme, Sahat kula). Arhitektonska vertikala nije isključivo asocijacija na religiju. Ona je svakako i moć i demonstracija moći. Visoka vertikalna forma je vremenom postala krucijalni element u repertoaru formi koja služi i kao reper za orijentaciju i identifikaciju i obilježavanje prostora i aure u centru urbane cjeline.

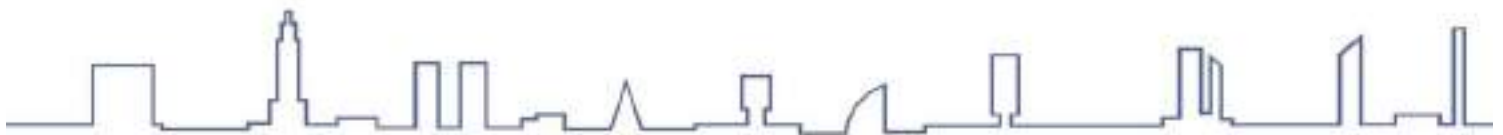
Toranj je termin koji najpribližnije definiše arhitektonsku vertikalu i materijalizaciju iste. A. J. Butler and H. Thiersch vide porijeklo tornjeva u uzorima antičkih svetionika (Farosa i Aleksandrije prije svih). Tornjevi su visoke strukture izgrađene od strane čovjeka, uvijek više (h) nego šire (b), veoma često puno više ( $h \gg b$ ), a koji se zapravo i grade sa ciljem da se iskoristi prednost njihove visine. Primjeri različite upotrebe tornjeva uključuju namjeru da se: sačuva prostor po horizontali, unaprijedi pogled, ostvari strateška prednost, iskoristi potencijalna energija, unaprijedi komunikaciju, koristi kao oslonac, koristi za pristup visokim objektima i sl.

Gotovo da nema grada na svijetu kojega ne krasi tornjevi i svaki od njih je ponosan sa svojom najvišom konstrukcijom. Metodичno ponavljanje ovih formi u cijelom području reflektiraju brzinu njihovog prihvatanja, skupa sa njihovim simboličnim značenjem. Podizanje ovih konstrukcija zahtijeva jedan ogroman napor. Također, zahtijeva nove i bolje tehnologije koje treba naučiti, jace i pouzdanije materijale koje treba razviti, volju i odlučnost da se poduzme jedan rizičan korak. Svaki napredak u povećanju dimenzija reflektira se na sličan napredak u standardu života i ekonomiji.

Na kraju želimo da se zahvalimo recenzentima knjige koji su svojim stručnim sugestijama i komentarima doprinijeli kvalitetu rukopisa knjige. Također, hvala svima koji su na bilo koji način doprinijeli procesu nastajanja i objavljivanja knjige.

Autori





## Sadržaj

<b>1. Uvod</b> .....	<b>14</b>
1.1. <i>Etimologija riječi toranj</i> .....	17
1.2. <i>Primjeri različitih funkcija nosivih konstrukcija i sistema u prirodi i tehnici</i> .....	22
1.3. <i>Osovinske nosive konstrukcije</i> .....	22
1.3.1. <i>Elastičnost prirodnih i građevinskih konstrukcija</i> .....	23
1.4. <i>Analogija između stabla i tornja</i> .....	28
1.5. <i>Primjeri nekih od najpoznatijih arhitektonskih vertikala kroz historiju</i> .....	29
1.5.1. <i>Rani visoki objekti</i> .....	29
<b>2. Toranj u arhitekturi - simboličko značenje</b> .....	<b>35</b>
2.1. <i>Crkveni tornjevi</i> .....	35
2.1.1. <i>Svrha zvonika</i> .....	38
2.2. <i>Minareti</i> .....	39
2.3. <i>Historijske vrijednosti i sigurnost</i> .....	44
<b>3. Tornjevi kao nosive konstrukcije u arhitektonskom objektu (primjena tornjeva kao dijela objekta)</b> .....	<b>46</b>
3.1. <i>Tipovi minareta</i> .....	46
3.1.1. <i>Period dinastije Tulunid</i> .....	47
3.1.2. <i>Period dinastije Fatimid</i> .....	47
3.1.3. <i>Ajubid period</i> .....	47
3.1.4. <i>Otomanski period</i> .....	48
3.1.5. <i>Savremeni minareti</i> .....	48
3.2. <i>Tipovi tornjeva</i> .....	49
<b>4. Posebnost crkvenih tornjeva: pitanje stabilnosti šiljaka tornjeva i atipična djelovanja na konstrukciju tornja u vidu dinamičkih djelovanja zvonika</b> .....	<b>50</b>
4.1. <i>Šiljci tornja</i> .....	50
4.1.1. <i>Vrh šiljka</i> .....	51
4.1.2. <i>Šiljak kao konusno tijelo</i> .....	53
4.1.3. <i>Osmostrani šiljak</i> .....	54
<b>5. Istraživanja i modeli odabranih primjera tornjeva sakralnih objekata – presječne sile i analiza njihovih uticaja na dimenzije i oblikovanje</b> .....	<b>55</b>
<b>6. Razvoj visokih objekata u 19., 20. i 21. stoljeću</b> .....	<b>58</b>
<b>7. Dispozicija i funkcija u odnosu na konstrukciju visokih objekata</b> .....	<b>71</b>
7.1.1. <i>Poslovni prostor</i> .....	71
7.1.2. <i>Stambeni prostor</i> .....	71



<b>8. Konstruktivni pristup analizi i proračunu .....</b>	<b>73</b>
8.1. Uvod u mjere strukturne efikasnosti .....	73
8.2. Računska djelovanja, modeliranje i koncept sistema .....	75
8.3. Horizontalni pomaci .....	76
8.4. Ostala računska djelovanja .....	77
8.5. Uticaj opreme na raspored nosivih elemenata .....	78
8.6. Koraci analitičkog procesa .....	79
<b>9. Vrsta i analiza opterećenja .....</b>	<b>80</b>
9.1. Aseizmičko projektovanje tornjeva .....	80
9.1.1. Specifičnosti projektovanja seizmički otpornih tornjeva .....	80
<b>10. Opterećenja i statički i dinamički uticaji .....</b>	<b>86</b>
10.1. Opći pojmovi .....	86
10.2. Vrste opterećenja .....	86
10.3. Osnove proračuna seizmičkih sila .....	87
10.4. Spektar odziva prema propisima .....	87
10.5. Metoda ekvivalentnog opterećenja .....	87
10.6. Ograničenje pomjeranja .....	89
10.7. Spektralna dinamička analiza .....	91
10.7.1. Ograničenja spektralne analize .....	94
10.8. Dinamička analiza uz korištenje zapisa pomjeranja tla .....	95
10.8.1. Spektar odziva .....	95
10.9. Temeljne postavke proračuna .....	95
<b>11. Presječne sile i analiza njihovih uticaja na dimenzije i oblikovanje .....</b>	<b>97</b>
11.1. Granična stanja nosivosti tornjeva .....	97
11.2. Granična stanja upotrebljivosti .....	98
<b>12. Tornjevi u seizmičkim područjima - efekti djelovanja potresa .....</b>	<b>100</b>
12.1. Zaštita tornjeva - Seizmički hazard i rizik .....	100
12.1.1. Risk Management i razmatranje rizika .....	101
12.2. Duktilitet i njegovi pokazatelji .....	102
<b>13. Djelovanje vjetra na tornjeve, zahtjevi propisa .....</b>	<b>103</b>
13.1. Opterećenje vjetrom .....	103



13.1.1.	Izbor postupka za proračun .....	105
13.1.2.	Parametri vjetra za pojednostavljeni proračun .....	106
13.1.2.1.	Uporedni pritisak vjetra .....	106
13.1.2.2.	Pritisak vjetra na površinu .....	107
<b>14. Nosivi sistemi visokih objekata .....</b>		<b>109</b>
14.1.	Unutrašnji nosivi sistemi .....	112
14.1.1.	Kruti okviri.....	112
14.1.1.1.	Zglobni sistemi .....	113
14.1.1.2.	Okvirni sistemi.....	114
14.1.2.	Ispunjeni okviri.....	116
14.1.3.	Smičući zidovi i povezani smičući zidovi .....	116
14.1.4.	Sistem smičućih zidova i krutih okvira .....	117
14.1.5.	Sistem smičućih povezanih zidova .....	118
14.1.6.	Outtrigger sistemi .....	118
14.1.7.	Konzolni sistemi s jezgrom.....	119
14.1.8.	Viseći sistemi.....	120
14.1.9.	Jezgra ojačana spregovima .....	121
14.2.	Vanjski nosivi sistemi .....	122
14.2.1.	Cijevni sistemi .....	122
14.2.1.1.	Sistem cijev u cijevi.....	122
14.2.1.2.	Povezane okvirne cijevi .....	123
14.2.1.3.	Cijevni sistem sa spregovima .....	124
14.2.2.	Dijagrid sistemi .....	126
14.2.3.	Prostorni rešetkasti sistemi.....	127
14.2.4.	Hibridni nosivi sistemi .....	127
<b>15. Elementi nosive konstrukcije visokih objekata .....</b>		<b>130</b>
15.1.	Temelji i temeljenje .....	131
15.1.1.	Temeljenje visokih objekata .....	132
15.1.2.	Osnovne vrste temeljenja .....	133
15.1.2.1.	Plitko temeljenje .....	134
15.1.2.1.1.	Podjela plitkog temeljenja po obliku temeljne stope.....	134
15.1.2.1.2.	Podjela plitkog temeljenja po krutosti.....	135
15.1.2.2.	Duboko temeljenje .....	135
15.1.2.2.1.	Podjela dubokog temeljenja .....	136
15.1.3.	Hibridno temeljenje .....	137
15.1.4.	Temeljenje na poboljšanom tlu.....	137

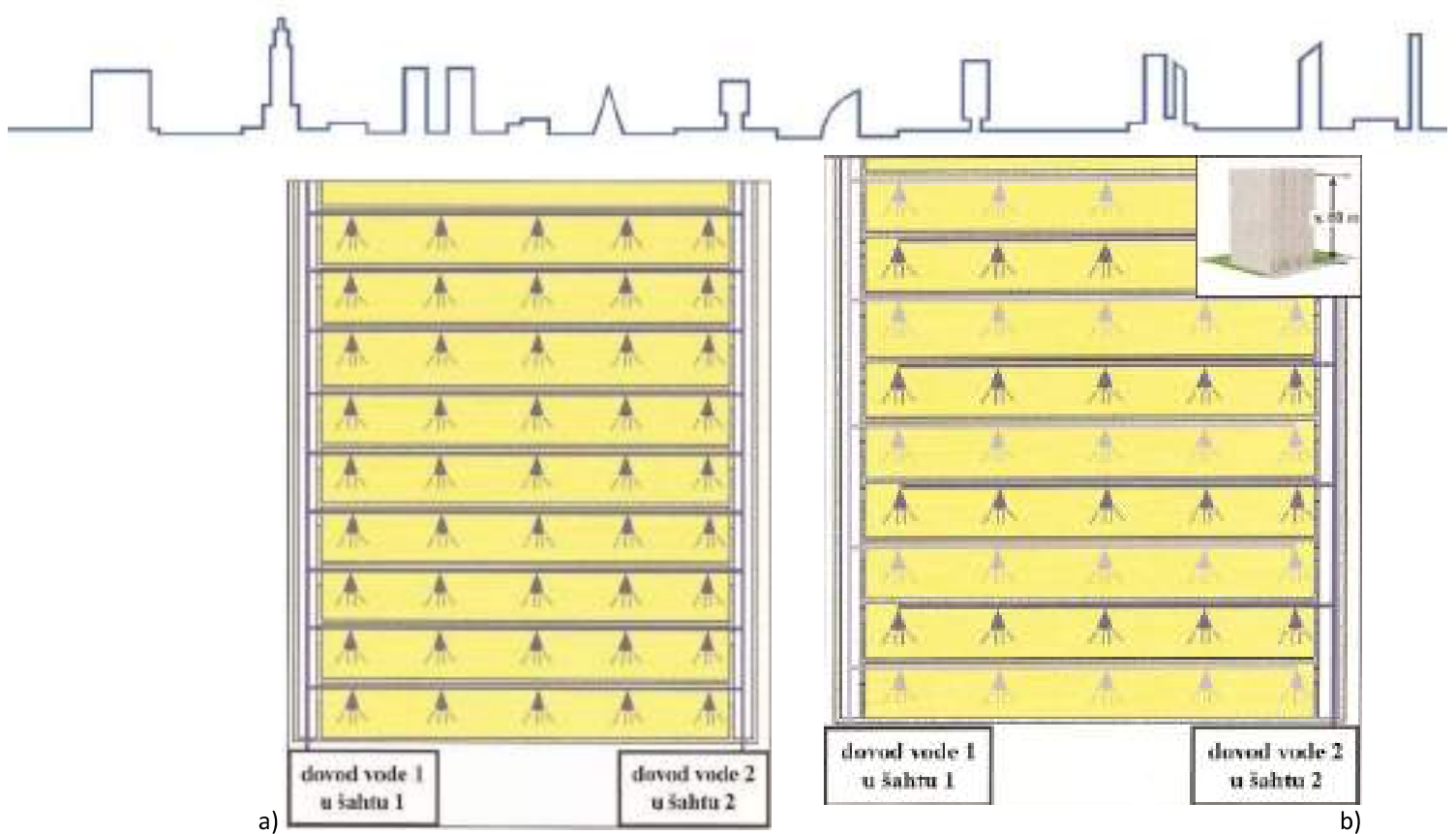


15.1.5.	Temeljenje šipovima .....	138
15.1.5.1.	Standardni in situ šipovi.....	139
15.1.5.2.	Bušotine podržane hidrostatskim pritiskom .....	139
15.1.5.3.	Bušotine s dvostrukom rotacijskom glavom .....	140
15.1.5.4.	Bušotine vijkom In Situ, SOB šipovi .....	141
15.1.5.5.	Mobilni šipovi.....	142
15.1.5.6.	Korištenje dizalice i iskop s grabilicom.....	142
15.2.	Osnovni vertikalni nosivi sistemi visokih objekata.....	143
15.2.1.	Nosivi zidovi .....	144
15.2.2.	Nosiva jezgra.....	144
15.2.3.	Okvirni sistem.....	145
15.2.4.	Cijevni sistem .....	145
15.3.	Horizontalne konstrukcije.....	146
15.4.	Tipovi konstrukcija u odnosu na materijal i broj etaža.....	147
<b>16. Konstruktivni materijali za izvedbu .....</b>		<b>150</b>
16.1.	Čelik.....	150
16.1.1.	Kriterij projektovanja čeličnih konstrukcija .....	151
16.1.1.1.	Ekonomski aspekti .....	152
16.1.1.2.	Modularna izgradnja .....	152
16.2.	Armirani beton .....	153
16.2.1.	Beton visokih čvrstoća (High Strength Concrete - HSC).....	154
16.3.	Kompozitni materijali, čelik-beton .....	155
16.3.1.	Kompozitne ploče.....	155
16.3.2.	Kompozitne grede okvira .....	156
16.3.3.	Kompozitni stubovi.....	156
16.3.4.	Kompozitne dijagonale .....	157
16.3.5.	Kompozitni posmični zidovi.....	158
16.4.	Unakrsno lamelirano drvo – CLT (Cross Laminated Timber) .....	158
16.4.1.	Tehnologija proizvodnje unakrsno lameliranog drveta.....	159
16.4.2.	Požarna otpornost CLT-a.....	162
16.4.3.	Seizmička otpornost CLT-a .....	163
16.4.4.	Ekološki otisak CLT-a.....	164
16.4.5.	Ekološka održivost CLT-a.....	165
16.4.6.	Primjeri primjene CLT-a u gradnji visokih objekata.....	166
16.4.6.1.	Mjøsa Tower – Mjøstårnet, Brumunddal, Norway .....	166
16.4.6.2.	Studentski domovi Univerziteta Columbia, Vancouver, Canada.....	168
16.4.6.3.	The Treet, Bergen, Norway.....	170
16.4.6.4.	Hibridni konstruktivni sistemi – Studija SFB1244, ILEK _Stuttgart.....	171



<b>17. Tehnologija izvođenja .....</b>	<b>173</b>
17.1. <i>Zaštita građevinske jame</i> .....	174
17.1.1. <i>Armiranobetonske dijafragme</i> .....	175
17.1.1.1. <i>Ugradnja geotehničkih sidara/ankera</i> .....	178
17.1.1.2. <i>Mlazno injektiranje sa štapnim sidrima</i> .....	179
17.1.2. <i>Zagatni zidovi</i> .....	180
17.1.3. <i>Armiranobetonski šipovi</i> .....	182
17.1.4. <i>Tehnologija izvođenja mlaznog injektiranja</i> .....	183
17.2. <i>Top-down metoda</i> .....	184
17.3. <i>Tehnologija i oplata za izvođenje AB konstrukcije</i> .....	186
17.3.1. <i>Osnovni dijelovi oplata</i> .....	187
17.3.2. <i>Kriteriji za izbor oplata</i> .....	187
17.3.3. <i>Podjela oplata</i> .....	188
17.3.4. <i>Oplate za vertikalne konstrukcije</i> .....	189
17.3.4.1. <i>Tehnologija sa sistemima velikih prienosnih oplata</i> .....	189
17.3.4.2. <i>Tehnologija sa sistemima malih prienosnih oplata</i> .....	189
17.3.4.3. <i>Penjajuće klizne i podizne oplata</i> .....	190
17.3.4.4. <i>Oplata za stubove i grede</i> .....	191
17.3.5. <i>Oplate za horizontalne konstrukcije</i> .....	192
17.3.5.1. <i>Oplatni sistem malih panelnih oplatnih elemenata</i> .....	192
17.3.5.2. <i>Sistem oplatnih stolova</i> .....	193
17.4. <i>Pomoćne konstrukcije skela</i> .....	193
17.5. <i>Organizacija gradilišta</i> .....	196
17.5.1. <i>Pripremni radovi</i> .....	197
17.5.2. <i>Sadržaji gradilišta</i> .....	197
17.5.3. <i>Vertikalni transport na gradilištu</i> .....	199
17.5.3.1. <i>Toranjske dizalice, liftovi i platforme</i> .....	200
17.5.4. <i>Zaštita na radu tokom građenja</i> .....	202
17.5.4.1. <i>Procjena opasnosti</i> .....	205
<b>18. Fasade visokih objekata .....</b>	<b>208</b>
18.1. <i>Temperaturni efekti</i> .....	209
18.2. <i>Staklene fasade</i> .....	209
<b>19. Vertikalni transport u visokim objektima .....</b>	<b>214</b>
19.1. <i>Historijat liftova</i> .....	214
19.2. <i>Dimenzionisanje liftova</i> .....	215



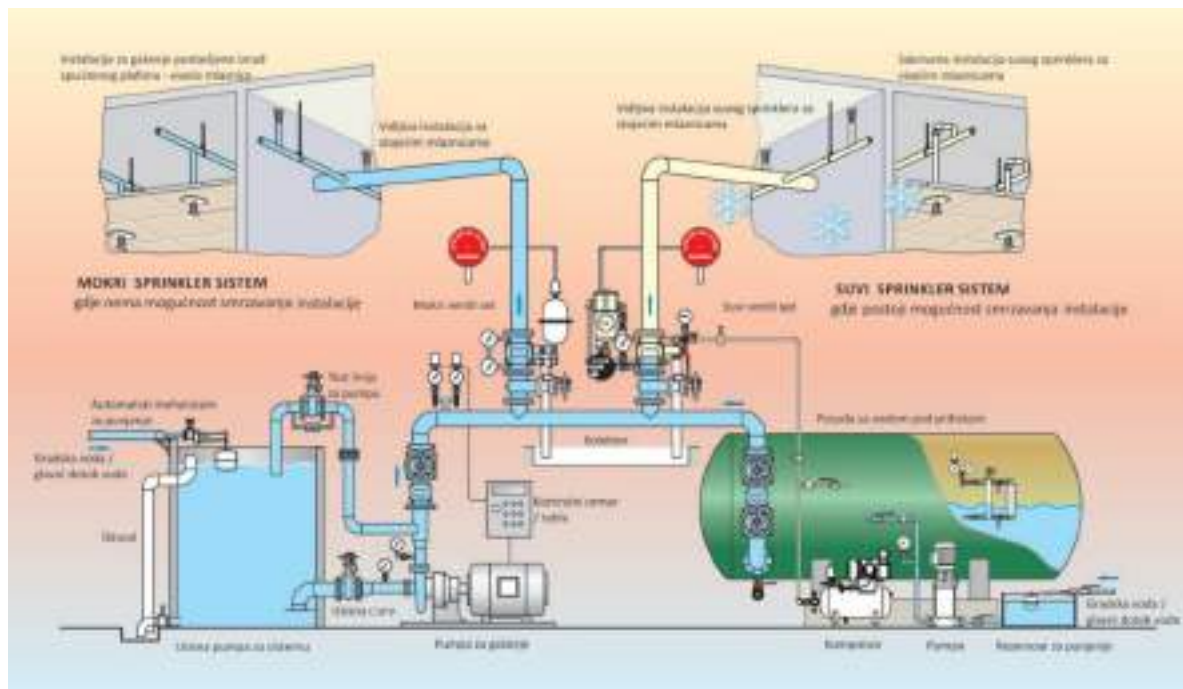


Slika 275. Šematski presjek s prikazom razvoja sprinklerske mreže - cirkulatorni sistem (a) i 2 zasebna toka za objekte < 60 m (b)

Sprinklerski sistemi imaju niz prednosti:

- Automatska detekcija i kontrola razvoja požara – Sprinkler sistem reaguje uvijek uključujući i periode kada su zgrade prazne uz brzu reakciju pri nastanku požara.
- Automatski alarm - U sudjelovanju s protupožarnim alarmom automatski sprinkler sistem javlja nastanak požara.
- Smanjuje štete nastale dimom i toplinom - Značajno smanjuje razvoj dima i topline budući da sprečava požare u samoj fazi nastanka.
- Veća sigurnost - Povećava sigurnost kako korisnika zgrada tako i vatrogasaca. Smanjuje zaštitarske potrebe i zahtjeve, minimizirajući mogućnosti neovlaštenih ulazaka.
- Gotovo eliminiraju smrtne slučajeve prilikom požara u objektima i smanjuju ozljede i gubitak imovine uzrokovane požarom za više od 80 %
- Prilikom aktivacije sistema uveliko se smanjuje korištenje vode, ali i šteta nastala u procesu gašenja požara u poređenju s gašenjem požara od strane vatrogasne službe
- Ne reaguju na dim i kuhinjske pare te se aktiviraju samo u slučaju požara.
- Fleksibilan dizajn i izvedba - Smanjuju se zahtjevi za evakuacijske puteve i dimne / požarne barijere zbog karakteristike brzog gašenja požara. Velike mogućnosti pri postavljanju i prilagođavanju prostoru predstavljaju prednost;
- Smanjuje troškove osiguranja - Zbog karakteristika automatskog otkrivanja i sprečavanje požara već u nastanku, čime su smanjene i moguće štete, osiguravajuća društva nude jeftinije police osiguranja.<sup>115</sup>

<sup>115</sup> Vorbeugender Brandschutz im Bild\_ Muster-Hochhaus\_Richtlinie; J. Spittnak, U. Dietmann, S. Schmidt; 2008; preveo E.Kajević



Slika 276. Opća šema sprinkler uređaja s mokrim i suhim sistemom

### 20.5. Evakuacione etaže u visokim objektima

Evakuacijska etaža se smatra dijelom izlazne rute u visokim / ultra visokim zgradama. To ne podrazumijeva površinu cijele etaže nego prostor određene površine uz požarno stepenište i sigurno mjesto za kratki odmor ili za mjesto gdje se čeka evakuacija dok se požar ne ugasi i stavi pod kontrolu. Evakuacione etaže su jako dobro rješenje za spašavanje ljudskih života, jer je činjenica da su karakteristične negativne posljedice kod visokih objekata, sa stanovišta zaštite od požara, sljedeće:

- otežana mogućnost korištenja primjene vatrogasne opreme za spoljnu intervenciju i spašavanje, a kod najviših objekata potpuna nemogućnost za upotrebu vatrogasne tehnike s vanjske strane
- lako i brzo zadimljenje puteva za evakuaciju i
- vrlo kratko vrijeme za evakuaciju zbog mogućeg brzog širenja dima i vatre.

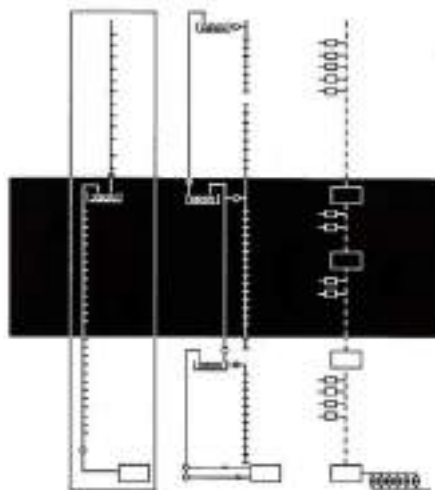
Faktički to je sklonište i smatra se privremenim sigurnim mjestom za evakuirane osobe u požarnim situacijama. Kako se evakuacijski sprat smatra privremenim sigurnim mjestom, treba imati dovoljno otpornih svojstava na požar i prostor treba biti odvojen od ostatka zgrade odgovarajućom otpornošću na požar. Prostor se pozicionira uz požarno stepenište i dimenzionira na osnovu broja korisnika. Evakuacione sobe ne projektuju na svakoj etaži. Sobe su u potpunosti zaštićene od prodora vatre i dima i imaju svoje neovisan sistem za napajanje svježim zrakom, ventilacijom, osvjetljenjem i posebnim sistemom veze za komunikaciju s vatrogascima.<sup>116</sup>

<sup>116</sup> [https://www.iafss.org/publications/fss/5/737/view/fss\\_5-737.pdf](https://www.iafss.org/publications/fss/5/737/view/fss_5-737.pdf); preuzeto: 15.09.2020.



## 21. Složeni instalacioni sistemi visokih objekata

Projektovanje, opremanje i snabdijevanje visokih objekata svim potrebnim energentima za neometano funkcionisanje izuzetno je kompleksan i zahtjevan zadatak. Razlog tome je velika visina, velika površina, kao i zahtjevani red veličine energenata koje treba isporučiti i do najviših dijelova objekta, a koji su najčešće hibridni po pitanju funkcije i kao takvi imaju i različite zahtjeve i potrebe. Vertikalnost objekta je ograničavajući parametar, jer vertikalno dopremanje i isporuka energenata nerijetko prkose gravitacijskim pravilima. Stoga je, ovisno o visini objekta, korisnim površinama te tehnološkim potrebama objekta, potrebno predvidjeti najoptimalniji tok i vid transporta energenata, na način da sve etaže objekta budu podjednako snabdjevene.



Slika 277. Piktogramski prikaz vertikalne raspodjele instalacija u visokom objektu

### 21.1. Vertikalni transport i raspodjela

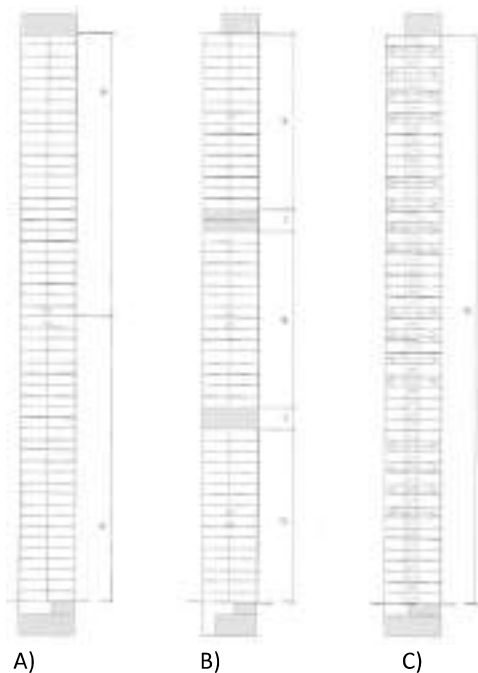
Na primjeru visokog objekta, ukupne visine od 102 etaže, šematski su prikazane pozicija i neophodan broj tehničkih centrala (u konkretnom slučaju 7). Kao što je prikazano, najveći prostorni kapaciteti i zahtjevi objekta u tehnološkom smislu su u tehničkim centralama na prizemnoj i potkrovnoj etaži objekta. Mjesta glavnih agregata te pumpnih stanica i sl. (međustanica) prikazani su u svrsi snabdijevanja sa sljedećim energentima:

- Ventilacije
- Grijanje
- Hlađenje
- Vodosnabdijevanje / odvodnja otpadne vode
- Postrojenja za protupožarni sistem
- Snabdijevanje jakom i slabom strujom

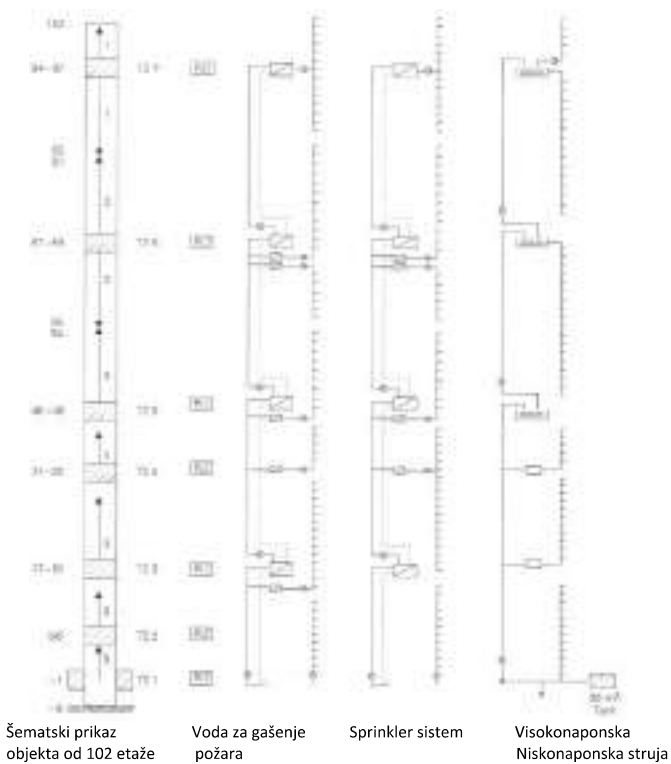
Centralno snabdijevanje energentima kompletnog objekta odvija se preko tehničkih centrala na etaži - 1. Etaža 1 direktno je povezana s gradskim vodovima (dopremanja energenata) odakle se vrši distribucija



istih prema sljedećim tehničkim centralama, metodom prepumpavanja, premoštavanja itd.<sup>117</sup>(slike 278. i 279)



**Slika 278.** Šematski prikaz osnovne podjele tehničkih centrala u visokom objektu prema poziciji i načinu distribucije energenata. A) Centralno snabdijevanje: podrum-krov (potkrovlje); B) Centralno snabdijevanje: podrum-međuetaže-krov (potkrovlje); C) Decentralizovano snabdijevanje po etažama

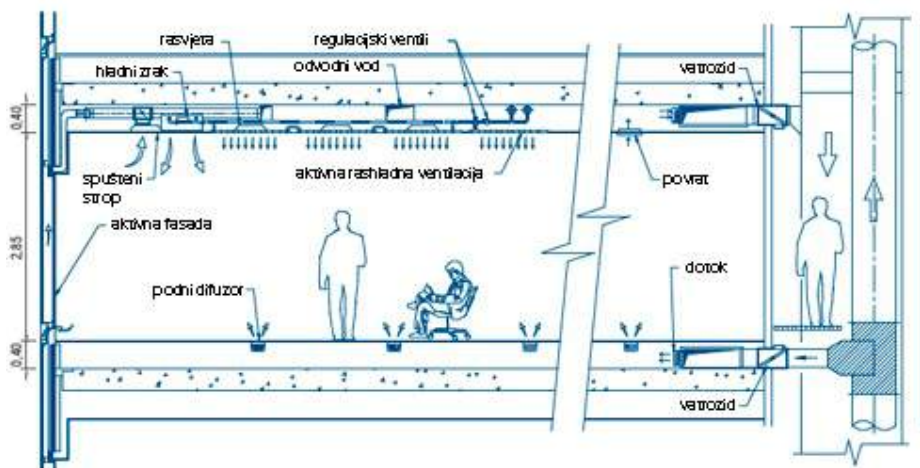


**Slika 279** Šematski prikaz vertikalne raspodjele energenata (ventilacija, grijanje, hlađenje i vodovod) na konkretnom primjeru visokog objekta spratnosti od 102 etaže. Centralno snabdijevanje odvija se preko tehničke etaže – 1.

<sup>117</sup> Hochhaus Atlas; Johann Eisele, Ellen Kloft (Hrsg). Typologie und Beispiele Konstruktion und Gestalt, Technologie und Betrieb; 2002; – preveo E.Kajević

## 21.2. Horizontalna raspodjela

O horizontalnoj raspodjeli i distribuciji energenata, putem cijevi, kablova, šaftova i sl. potrebno je razmišljati već kod projektovanja konstruktivnog sistema, tačnije međuspratnih konstrukcija. Kod objekata s visokim gredama integrisanim u međuspratnim konstrukcijama nerijetko dolazi do poteškoća prilikom horizontalnog razvoja instalacije, zbog čega se danas sve češće upotrebljavaju ravne međuspratne konstrukcije s duplim podom ili spuštanim stropom sa šupljinama za instalacije. Također su aktuelni i prefabrikovani elementi međuspratnih konstrukcije gdje su instalacije još u fabrici razvedene u sklopu međuspratne konstrukcije, te je na gradilištu potrebno izvršiti samo međusobno spajanje istih i priključenje na izvor energenta.<sup>118</sup>



Slika 280. Šematski prikaz presjeka kroz konstrukciju spuštenog stropa i duplog poda za horizontalni razvod instalacija po etažama

Instalacije za klimatizaciju, ventilaciju, rasvjetu, sistem detekcije dima kao i protupožarni sprinkler sistem i dr. uglavnom se razvede, vješaju i kače za stropne nosive konstrukcije u prostoru spuštenog stropa u koji se montiraju rasvjetna tijela, detektori kao i mlaznice sprinkler sistema.



Slika 281. Prikaz konstrukcije duplog poda s trasama i vodovima svih neophodnih energenata

<sup>118</sup> Hochhaus Atlas; Johann Eisele, Ellen Kloft (Hrsg). *Typologie und Beispiele Konstruktion und Gestalt, Technologie und Betrieb*; 2002; – preveo E.Kajević





### 12.3. Tehničke etaže

Kao što je prethodno spomenuto, snabdijevanje energentima i distribucija istih kod konkretnog primjera (visokog objekta, spratnosti od 102 etaže), vrši se preko nekoliko servisnih / tehničkih etaža, gdje ulogu centralne (ona koja je direktno povezana na izvor svih energenata i distribucija se vrši preko njenih postrojenja) ima etaža -1. Pored toga, objekt posjeduje još šest servisnih etaža, uključujući i potkrovnju. Na slici je prikazana osnova etaže – 1, na kojoj su prikazane pozicije i obim egergentskih postrojenja te njihova povezanost na glavni gradski vod.<sup>119</sup>

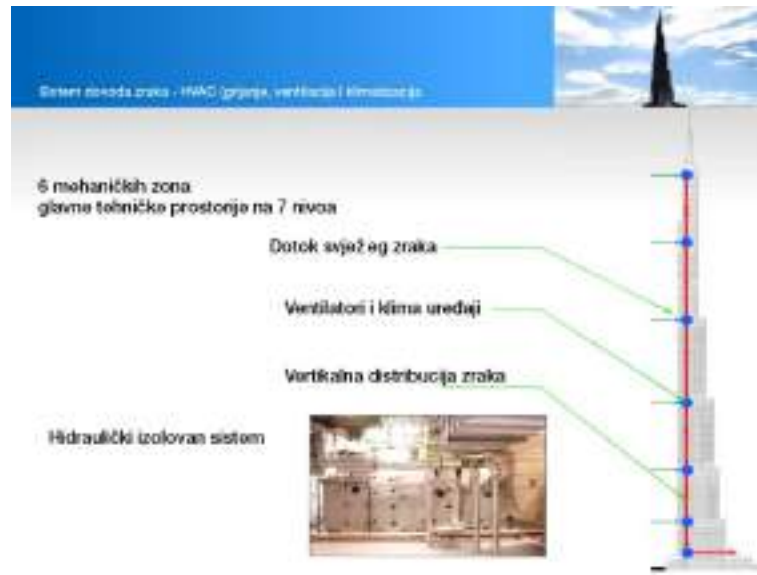


Slika 282. Tehničke / servisne etaže u visokim objektima

Omogućavanje grijanja, hlađenja i ventilacije u visokim zgradama komplikovano je velikim udaljenostima preko kojih se rashlađena i grijana voda mora crpiti iz centralnog postrojenja. To dovodi do potrebe za povećanom snagom pumpanja i porastom ili gubitkom temperature vode unutar sistema. Ograničavajući pritisak na cjevovodu omogućava standardiziranu opremu, smanjuje rizik od kvara, smanjuje rizik po zdravlje i sigurnost, omogućava izbor ekonomskih komponenti i smanjuje težinu i nametnute snage. Povećani nazivni pritisak, također, dovodi do većih troškova održavanja, jer će rad pod visokim pritiskom skratiti životni vijek opreme. Zbog toga se postrojenja za ovu namjenu raspoređuju po tehničkim etažama radi optimalnog korištenja i servisiranja opreme.

Pored glavnog napojnog kabla i trafostanice za potrebe objekta zbog velikih visina, ali i različitih namjena dijelova objekta po vertikali, radi se sektorizacija instalacija za pojedine korisnike za vlastitim glavnim razvodnim tablama (za administrativni dio, stanovanje, hotel, tržni centar i sl). Ovakvi objekti moraju biti obezbijeđeni s rezervnim izvorom, najčešće dizel-električnog agregata, za napajanje uređaja i instalacije koji objekt štite od požara i koji mora da obezbijedi napajanje električnom energijom od najmanje 2 h. Jedini potrošač koji se mora isključivo napajati iz akumulatora / baterije je svjetiljka panik rasvjete. Neke instalacije (električne instalacije za osvjetljenje puteva za evakuaciju) i uređaji (sigurnosni lift, uređaji za zatvaranje dimnih klapni, hidroforsko postrojenje i pumpe, automatski uređaji za gašenje požara i uređaji za provjetranje i regulisanje pritiska u evakucionom stepeništu) moraju biti napajani električnom energijom u vrijeme trajanja požara, kako bi se omogućilo suzbijanje požara i evakuacija ljudi.

<sup>119</sup> Hochhaus Atlas; Johann Eisele, Ellen Kloft (Hrsg). Typologie und Beispiele Konstruktion und Gestalt, Technologie und Betrieb; 2002; – preveo E.Kajević



Slika 283. Položaj servisnih etaža u objektu Burj Khalifa

Na sedam tehničkih dvoetažnih pojaseva smještena je sva instalacijska oprema koja snabdijeva svim potrebnim energentima najvišu zgradu na svijetu Burj Khalifa u Dubaiju. Tehničke etaže raspoređene su na svakih 30 spratova i sadrže električne podstanice, spremnike i pumpe za vodu, uređaje za klimatizaciju i ventilaciju, odvodnju otpadnih voda, sprinkler postrojenja i dr.

#### 21.4. Održivost, ekološki pristup

Pitanje održivosti u arhitekturi prezentira kao najbitniju temu sadašnjosti i budućnosti, čime se pokret „zelenog“ građenja aktualizira u gotovo cijelom svijetu. 21. stoljeće, sa povećanom brigom o klimatskim promjenama i osviještenošću o tome kako građevinarstvo i arhitektura utiču na planetu, donosi nove koncepte u projektovanju, izgradnji i eksploataciji zgrada. Termin „zelena izgradnja“ formalno se koristi tek od devedesetih godina prošlog stoljeća.

Neprofitna organizacija Savjet za zelene zgrade Sjedinjenih Američkih Država (*United States Green Building Council – USGBC*) 1994. godine započela je LEED standard certifikacije zelene gradnje i fokusira se na mnogo širi spektar uticaja zgrada na okolinu. Ovakvom pristupu projektovanja, izgradnje i upravljanja zgradom odaje priznanje u vidu certificiranja u okviru strogih rejting sistema kao što su BREEAM u Velikoj Britaniji i LEED rejting sistema u Americi. LEED je od početka zamišljen kao dinamičan sistem koji bi pratio promjene u razvoju visokih tehnologija i konstantno pomjerao granice održive izgradnje. Američki ured za zaštitu okoliša praksu izgradnje „zelenih“ zgrada definiše kao:

- povećanje učinkovitosti zgrada i njihovih lokacija prilikom korištenja energije, vode i materijala i
- smanjenje uticaja koji zgrada ima na ljudsko zdravlje i okoliš uz pomoć odgovarajućeg odabira lokacije, projektovanja, izgradnje, korištenja, održavanja i rušenja – kompletnog životnog ciklusa objekta.

Prva verzija LEED 1.0 sistema predstavljena je javnosti 1998. godine. Sistem se zasnivao na skupljanju poena (prva verzija je imala maksimalno 40 poena) i imao je vodič za korisnike. Rezultat poboljšanja je LEED 2.0 koji je odobren u martu 2000. godine, a uz koji je zgrada mogla skupiti maksimalno 69 bodova. Već 2002. godine LEED tim radi na stvaranju certifikata koji se odnose na specifičnu funkciju objekta, a



2007. godine svijetu je predstavljena LEED 3.0 verzija kojom se ovaj sistem certificiranja širi na Dubai, Indiju, Kinu i Indoneziju i postaje internacionalno priznat. LEED program certifikacije danas je na četvrtoj verziji koja je prihvaćena u novembru 2013. godine.

U periodu od 15 godina LEED certificiranje postalo je standard zelene izgradnje i razvilo se u kompleksni sistem ocjenjivanja zgrade s aspekta energetske efikasnosti krenuvši od dizajna, preko izgradnje do korištenja i održavanja. Od grupe nekoliko volontera i entuzijasta LEED se danas razvio u neprofitnu organizaciju koja ima 119 924 uposlenika i volontera. Trenutna verzija obuhvata 10 rejting sistema za projektovanje, izgradnju, funkcionisanje i održavanje zgrada i naselja i 5 kategorija koje obuhvataju i prave razliku između specifičnosti različitih funkcija, a to su:

- Dizajn i konstrukcija zgrade (BD+C) – Odnosi se na zgrade koje su u procesu izgradnje ili potpune adaptacije.
- Dizajn i konstrukcija enterijera (ID+C) – Odnosi se na zgrade koje rade na potpunoj adaptaciji enterijera.
- Upravljanje i održavanje zgrade (O+M) – Odnosi se na postojeće zgrade koje su u procesu poboljšanja s malo ili bez nove gradnje.
- Razvoj okoliša / susjedstva (ND) – Odnosi se na nove projekte razvoja zemljišta stambene ili mješovite funkcije. Projekti mogu biti u različitim fazama razvoja od konceptualnog planiranja do izgradnje.

LEED certificiranje funkcionira tako da se svaka prijavljena zgrada ocjenjuje kroz devet ključnih kategorija koje se tiču uspješnog funkcionisanja „zelene“ zgrade, a to su:

- Integrativni proces koji se odnosi na stvaranje sinergije između različitih sistema koji pomažu funkcionisanju zgrade i same lokacije još u samoj fazi projektovanja.
- Lokacija i prijevoz je kategorija koja poenima nagrađuje promišljene odluke o izgradnji na konkretnoj lokaciji kao što su kompaktna izgradnja, planiranje alternativnih načina transporta i povezanost sa sadržajima kao što su restorani i parkovi.
- Održivost lokacije odnosi se na vezu zgrade s okruženjem, očuvanje postojećih prirodnih ekosistema kao i integraciju zgrade s regionalnim ekosistemima i očuvanje bioraznolikosti na koju se prirodni sistemi oslanjaju.
- Učinkovitost korištenja vode je kategorija koja prije svega zgradu nagrađuje poenima u ovisnosti od efikasnosti korištenja vode. Također, ova kategorija dodatno prepoznaje i upotrebu alternativnih izvora vode.
- Energija i atmosfera kategorija energiju posmatra holistički i odnosi se na smanjenje potrošnje, energetski učinkovite strategije dizajna i korištenje obnovljivih izvora energije.
- Materijali i resursi je kategorija koja je usredsređena na minimiziranje uticaja koji ekstrakcija, prerada, transport, održavanje i zbrinjavanje građevinskih materijala ima na okoliš.
- Kvalitet atmosfere enterijera nagrađuje poenima projektne timove koji se bave kvalitetom unutrašnjeg zraka i toplotnom, vizuelnom i akustičkom udobnošću zgrade. Dobrobit i zdravlje ljudi koji borave u zgradi su fokus ove kategorije.
- Inovacija kao kategorija jedan je od simbola zelenih zgrada i odnosi se na korištenje novih





tehnologija u samom projektovanju i izgradnji. Svrha ove kategorije je da prepozna projekte koje koriste inovativne pristupe pri očuvanju sredine.

- Regionalni prioritet je kategorija koja poenima nagrađuje projektantske timove i zgrade koji u obzir uzimaju geografski specifične prioritete zaštite sredine, prioritete konkretne društvene zajednice i javnog zdravstva.

Trenutno LEED nudi četiri nivoa certificiranja, a to su: certificiran (40-49 poena), srebreni (50-59 poena), zlatni (60-79 poena) i platinasti (više od 80 poena). Kao jedna od prednosti LEED certificiranih navodi se i zadovoljstvo i povećana produktivnost uposlenika i korisnika zgrade. Naučna istraživanja pokazuju da je kvalitet atmosfere enterijera bolji u zelenim zgradama u odnosu na tradicionalne. Pored mjerljivih benefita koji se ogledaju u vidu manje količine alergena i supstanci, zagađivača okoliša, u unutrašnjosti zgrade, tu su i nemjerljivi pokazatelji koje prijavljuju sami korisnici zgrade. Pобољшanje mentalnog i fizičkog zdravlja, manje simptoma vezanih za tzv. „sindrom bolesne zgrade“, poboljšana produktivnost i manje izostajanja s posla su samo od nekih posljedica koje se vezuju za zelenu gradnju. Uspostavljanjem zakonske regulative za „zelenu izgradnju“, LEED i svi ostali rejting sistemi postaju nepotrebni, jer bi projekt morao da zadovolji izvjesne uslove da bi uopšte dobio dozvolu za građenje. LEED danas predstavlja najrasprostranjeniji rejting sistem „zelene gradnje“, prisutan u preko 165 zemalja i kao dinamičan sistem koji prati razvoj društva i predstavlja dobar alat pokreta održive izgradnje čiji je cilj da „zelene zgrade“ postanu pravilo, a ne iznimka.



## **22. Budućnost i perspektive visokih megastruktura**

Kako će visoke zgrade oblikovati gradove budućnosti? Ovo je, naravno, složeno pitanje, odgovor na koji će neminovno biti golem spoj projekcija, nagađanja, mišljenja i činjenica. Ali, jedno je sigurno: visoke zgrade će imati veliku ulogu u budućnosti urbanih sredina, jer pitanja zaštite okoliša postaju sve više na prvom mjestu, a svjetsko stanovništvo stalno raste. Ipak, rješenja za visoke zgrade nisu uvijek prikladna kao, npr. u nekim urbanim područjima Hong Konga, gdje ogromne kule stvaraju osjećaj klaustrofobije i teško je doći do svjetlosti, posebno na nižim spratovima.

Visoki objekti dizajniraju se kao održive multifunkcionalne strukture, odnosno kao hibridni objekti, uz kombinaciju korištenja hotela, stanova, ureda, rekreacije, zabave, tržnog centra i sl. Kina naročito razvija mnoge primjere tornjeva s mješovitom / hibridnom upotrebom.

Drugo važno pitanje u scenariju visoke zgrade su kontekst i razlike. U svijetu u kojem vlada homogenost - gdje visoki objekti liče jedan na drugi, bez obzira na to gdje se grade, u Americi ili Aziji, i koji odražavaju jednodimenzionalnost, trebalo bi postojati mjesto dizajnu koji bi odražavao jedinstveno okruženje objekta i lokacije. Zgrade moraju biti kulturno svjesne i odražavaju svoje posebno okruženje kako bi ostvarile značaj i postale simbol, što je pojedinim objektima u potpunosti uspjelo, tako da su vremenom postali nacionalni simboli, prepoznatljivi u cijelom svijetu, kao što je, npr. Eiffelov toranj koji se pri njegovom spomenu odmah veže za Pariz i simbol je cijele Francuske.

Ideja o izgradnji visoke zgrade ili kule kao statusnog simbola već je decenijama glavni faktor u gradovima u nekim dijelovima svijeta. Postavljanje kule samo zbog svog ikoničnog statusa i stvaranja repera veoma je upitno. Mnogim gradovima, naprimjer, ne treba kula i visoki objekt da budu prepoznatljivi i da budu bolje mjesto za življenje.

U budućnosti će arhitekti više paziti na potrošnju ugljika i otisak koji ostavljaju u okolišu. Ovaj će se pristup primjenjivati i na visoke objekte, tako da je drvo, odnosno industrijski prerađeni i obrađeni drveni poluproizvodi i gotovi konstruktivni elementi kao konstruktivni materijal prihvatljiviji od betona i čelika. CLT svojom inovativnošću zasigurno je u posljednjih desetak godina doprinio sve većoj upotrebi i popularizaciji drvenih konstrukcija u izgradnji visokih objekata. Umjesto tradicionalnih masivnih linijskih konstrukcija počinje primjena punostijenih oblika, relativno male vlastite težine. S obzirom na dosadašnji razvoj ovog materijala, očekuje se njegova daljnja popularizacije i primjena u budućnosti. Da bi se ostvario puni potencijal CLT-a, potrebno je provoditi i dalja istraživanja njegovih mogućnosti, ponašanja te eventualnog unapređenja. Potrebno je uvesti i normizaciju ovog materijala u propise za gradnju. Također, treba poraditi na standardizaciji elemenata, kako bi se uskladili proizvodi raznih proizvođača, uvođenjem modularnih elemenata. Zaključno, kompozitni materijal poput CLT-a donosi nove napretke i tehnologije u pogledu gradnje višespratnih objekata i za sada njegova najveća prednost u odnosu na ekvivalente jeste ekološki aspekt. CLT predstavlja alternativno rješenje betonskim i zidanim konstrukcijama, a u budućnosti se očekuje dalje jačanje njegove uloge u gradnji ove vrste objekata uprkos betonu i čeliku koji su osnovni konstruktivni materijali.

Gledajući u budućnost, gotovo da ne postoji ograničenje visine visokih objekata, jer kako pritisak na



zemlju postaje općenito intenzivniji, tako i potreba za više poljoprivrednog zemljišta za prehranu rastuće populacije postaje sve jača. Kao rezultat klimatskih promjena, povećane poplave zbog ekstremnijih vremenskih prilika i porasta nivoa mora smanjit će raspoloživo zemljište, tjerajući ljude u čvršće okruženje. Ako se stanovništvo udvostruči ili utrostruči, jedini način za to je građenje u visinu.

Visoki objekti su dizajnirani s inženjerskom domišljatošću, tehničkim inovacijama, estetikom i kao takvi su tehnički izazovni arhitektima i inženjerima drugih drugih struka upravo zbog svoje kompleksnosti u svakom aspektu dizajna. Jedan od glavnih izazova u budućnosti visokih objekata je dati značajan doprinos gradu kroz unapređenje i obogaćivanje ekološki odgovornog dizajna. Na kraju se utrka svodi na to da se dizajnira i izgradi visoki objekt što je moguće ekonomičniji, vitkiji i ljepši.



### 23. Literatura:

- [A1] Bonci, A., Carluccio, G. et al. *Use of shock transmission units and shape memory alloy devices for the seismic protection of monuments*. University of Roma "La Sapienza"; 2001.
- [A13] van Dine, A.. *Uncommon structures, unconventional builders*. Black Dog and Leventhal Publishers, Inc, New York; 2001.
- [A14] Aničić, D. et al. *Zemljotresno inženjerstvo-visokogradnja*. Beograd: Građevinska knjiga; 1990.
- [A16] Rui, A. *Venezia 15 campanili*. Italija: Vianello Libri; 2006.
- [B1] Onouye, B., Kane, K., Kane K. *Statics and Strengths of Materials for Architecture and Building Construction*. Prentice Hall; 2002.
- [B2] Petrović, B. *Odabrana poglavlja iz zemljotr. građ.* Beograd: Građevinska knjiga; 1989.
- [C1] Murty C.V.R., et al. *Some concepts in Earthquake behavior of Buildings*. India: Gujarat State Disaster Management Authority; September 2012.
- [C2] Čaušević, A.. *Arhitektonsko konstruktivne koncepcije tornjeva sakralnih objekata – Ponašanje na atipične pobude*, doktorska disertacija; Sarajevo, Arhitektonski fakultet Sarajevo; 2009.
- [D4] Fugazza, D.. *Shape-memory alloy devices in earthquake eng.* Pavia; September 2003.
- [D7] Dowrick, D.J. *Earthquake resistant design*. Brisbane: John Wiley sons; 1977.
- [E2] EC-8. *Projektovanje seizmički otpornih konstrukcija*. Beograd: Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu; 1987.
- [E3] EGN-5439 *The Design of Tall Buildings, Lecture 01, Why Tall Buildings?*, L. A. Prieto-Portar; 2008.
- [E4] E. Hadžimusić. *Aseizmičke konstrukcije u visokogradnji*. Sarajevo: Svjetlost; 1985.
- [E6] E. Hadžimusić. *Aseizmičke konstrukcije u visokogradnji*. Sarajevo: Svjetlost; 1985.
- [E8] Nojfer, E.. *Arhitektonsko projektovanje*, Beograd: Građevinska knjiga; 1985.
- [I3] Tahirović, I.V. *Zavisnost oblika arhitektonskog objekta od statičkog sistema i mehaničkih osobina materijala, sa posebnim osvrtom na objekte pod kupolama*, disertacija, Sarajevo; 1982.
- [J4] Ambrose, J.. *Simplified design for wind and earthquake forces*. New York: John Wiley and Sons, inc; 1995.
- [K1] Bernardeschi, K., Padovani, K., Pasquinelli, G. *Numerical modelling of the structural behaviour of Buti's bell tower*, Journal of Cultural Heritage 5 (371-378); 2004. <http://france.elsevier.com/direct/CULHER/>
- [K2] Kurmaev, A.M. *Sovremenije metodi stroiteljstva zdanij v seizmičkih rajonah Karta Moldovenske*, Kišinev; 1985.
- [M1] Beconcini, M.L., Bennati, S., Salvatore, W. *University of Pisa, Department of Structural Engineering, Pisa, Italy: Structural characterisation of a medieval bell tower: First historical, experimental and numerical investigations, Historical Constructions, P.B. Lourenço, P. Roca (Eds.), Guimarães; 2001. Mauerwerk Kalender, Berlin: Ernst&Sohn; 1997.*
- [M2] Valluzzi, M.R., da Porto, F. *Modena University of Padova: STRUCTURAL INVESTIGATIONS AND STRENGTHENING OF THE CIVIC TOWER IN VICENZA*
- [M5] Hrasnica, M. *Spektri odgovora za seizmičku procjenu zgrada*, Građevinar br. 54 (2002) 11, 657-663 Zagreb; 2002.
- [M6] Hrasnica, M. *Seizmička analiza zgrada*. Sarajevo: Univerzitet u Sarajevu; 2005
- [M7] Muravljev, M. *Građevinski materijali*. Beograd: Građevinska knjiga; 2000.



- [M8] Muravljev, M., Stevanović, B.. *Zidane i drvene konstrukcije zgrada*. Beograd: Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu; 1999.
- [M9] Muravljev, M., Jevrić, D. *Građevinski materijali 2*. Beograd: Akademski misao; 2003.
- [M10] *Monograph on Planning and Design of Tall Buildings*, Volumes CB, CL, PC, SB and SC, ASCE; 1980.
- [N1] Nanni, A. *Carbon fibers in Civil Structures: Rehabilitation and New Construction*. San Antonio, Texas: Proc. Intertech; December 4-6, 6 pp; 2000.
- [S1] Ivorra, S. *Analysis of the dynamic actions when bells are swinging on the bell-tower of Bonrepos i Mirambell Church (Valencia, Spain)*. Historical Constructions, P.B. Lourenço, P. Roca (Eds). Guimarães; 2001.
- [S2] Chao-yong, S., Xiang-yun, H., Fu-lin, Z., Xue-hai, L., Jian-qiu, L., Min, R., Jian-ting, W., Ze-qun, Y. *Testing research on seismic behavior for an ancient masonry tower*, *Earthquake Engineering Research Test Center*. Guangzhou: Guanzghou University, P.R. China
- [S3] Skoko, M.. *Izbor optimalnih modela konstruktivnih elemenata pri sanaciji i rekonstrukciji objekata visokogradnje*, mag. Rad. Sarajevo: Arhitektonski fakultet Sarajevo; 2004.
- [S4] Bennati, S., Nardini, L. and Salvatore, W. *Dynamic Behavior of a Medieval Masonry Bell Tower. Part I: Experimental Measurements and Modeling of Bell's Dynamic. Actions*
- [T1] Bruckhardt, T. *Art of Islam*, *World of Islam Festival Publishing Company Ltd. The mosque*, edited by Martin Frishman and Hasan Uddin Khan, London: Thames and Hadson; 1994.
- [U1] Eco, U. *Istorija lepote*. Beograd: Plato; 2004.
- [U2] Reid, E. *Understanding Buildings: A Multidisciplinary Approach*, *The Mit Press*. Cambridge, Massachusetts; 1984.
- [V1] Castelli, V., Bonucci, S. *Antiche torri di Siena*, Siena, Italija, 2005
- [Z1] Savez društva za seizmično građevinarstvo Jugoslavije, *Zbornik 5. Kongresa*, Bled, 24.-26.4.1990., Ljubljana; 1990.
- [Z2] Zelenika R. *Metodologija i tehnologija izrade i znanstvenog i stručnog djela*. Beograd: Savremeno pakovanje; 1988.
- Vlašić A., Puž G., Skokandić D., *Visoke građevine*, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu; 2018.
- Roje – Bonacci, T., *Duboko temeljenje i poboljšanje temeljnog tla*. Split: Građevinsko-arhitektonski fakultet; 2008.
- Roje – Bonacci, T. *Potporne građevine i građevne jame*. Split: Građevinsko-arhitektonski fakultet Sveučilišta u Splitu; 2005.
- Krleža M. *Enciklopedija leksikografskog zavoda*. Zagreb: Vijesnik d.d; 1969.
- Jeleč, M., Varevac, D., Rajčić, V. *Križano lamelirano drvo (CLT) – pregled stanja područja*, Građevinar; 2017.
- Gafnon, S., Pirvu, C. *CLT Handbook*, Quebec, FPIInnovations; 2011.
- Coull, A. and Smith, Stafford, B. *Tall Buildings*. London: Pergamon Press; 1997.
- Taranath, B.S. *Structural Analysis and Design of Tall Buildings*, Mc Graw Hill; 1998.
- Hrnjić, H., Čaušević, A; Skoko, M. *Otpornost materijala*, Sarajevo: Arhitektonski fakultet u Sarajevu; 2012.
- Zlatar, M. *Prednapregnuti beton*, skripta. Sarajevo: Građevinski fakultet u Sarajevu; 2011.
- Hart, Henn, Sontag. *Atlas čeličnih konstrukcija, građevinska knjiga*. Beograd



- [■] Hadrović, A. *Konstruktivni sistemi u arhitekturi*. Sarajevo: Arhitektonski fakultet u Sarajevu; 2009.
- [■] Čaušević, A. *Konstruktivni aspekti sanacije i rekonstrukcije zidanih objekata visokogradnje*. Sarajevo: Arhitektonski fakultet Sarajevo; 2004.
- [■] Hachner, Reiner, Jesk, Simone, Klauck, Brigit. *Office Building*, Birkhauser; 2002.
- [■] Neufert, E.. *Architects Data*, Third Edition; 2003.
- [■] Parker D., Wood A. *The Tall Buildings Reference Book*. Milton Park, Abingdon: Routledge; 2013.
- [■] Stafford Smith B., Coull A. *Tall Buildings Structures: Analysis and Design*. John Willey & sons, inc; 1991.
- [■] Taranath B. S. *Structural Analysis & Design of Tall Buildings*. McGraw Hill; 1988.
- [■] Taranath B. S. *Wind and Earthquake Resistant Buildings: Structural Analysis and Design*. Library of Congress; 2005.
- [■] Taranath B. S. *Reinforced Concrete Design of Tall Buildings*. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data; 2010.
- [■] Eisele, J., Kloft E. (ur.). *Hochhaus Atlas. Typologie und Beispiele Konstruktion und Gestalt, Technologie und Betrieb*; 2002; ISBN 3-7667-1309-4
- [■] Schmidt, J.N. *Wolken-Kratzer\_Ästhetik & Konstruktion*; ISBN 3-7701-2260-7
- [■] Kovačević I., Džidić S. *High-Rise Buildings-Structures and Material*. Internacionalni BURCH Univerzitet Sarajevo, Bosna i Hercegovina; februar 2018, CIP 725.222(075.8), ISBN; 978-9958-834-58-5, COBISS.BH-ID 24904454;
- [■] Spittinak J., Dietmann U., Schmidt, S. *Vorbeugender Brandschutz im Bild\_ Muster-Hochhaus\_Richtlinie*; ISBN 978-3-939138-53-2
- [■] Richards, J. *GREEN BUILDING: A Retrospective on the History of LEED Certification*, Institute for Environmental Entrepreneurship; 2011.
- [■] Hill, J. *Skyscraper*; ISBN 978—3-421-04103-6; 2018.
- [■] Kovačević I., Džidić S. *Modern Structural Concepts for High-Rise Buildings*. Book of Proceedings of the 13th Scientific Conference with International Participation "Contemporary Theory and Practice in Construction" organized by Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy of University of Banja Luka, May 24-25, 2018, Banja Luka, Bosnia and Herzegovina, ISSN 2566-4484, DOI: 10.7251/STP1813549K, pp 549-561.
- [■] Hyun-Joon Shin, Chan-Sol Ahn, Ji-Seok Kim, Sang-Hyun Joo; *Development of the Separate Air-Supply Type of Pressurization Smoke Control System for the Stairwells of High-Rise Buildings in Korea*; Jung-Yup Kim; Open Journal of Fluid Dynamics Vol.04 No.03(2014), Article ID:49512,11 pages 0.4236/ojfd.2014.43019
- [■] <https://www.cecobois.com/> - Center of Expertise on Commercial Wood Construction (Cecobois)
- [■] <https://www.ilek-uni-stuttgart.de/institut/institutsprofil/>
- [■] <https://www.etel.ch/de/linearmotoren/prinzip/>
- [■] <https://www.frameworkportland.com/>
- [■] <https://en.wikipedia.org/wiki/>
- [■] <https://archinect.com/news/article/150025665/the-world-s-tallest-wooden-tower-is-beingbuilt-in-norway>
- [■] <https://www.archdaily.com/879625/inside-vancouvers-brock-commons-the-worlds-tallesttimber-structured-building>
- [■] <https://cdn.peri.com/>



- [■] <https://www.doka.com/uk/system>
- [■] <https://www.archdaily.com/922897/how-do-double-skin-facades-work>
- [■] <https://www.zastitanaradu.com.hr/>
- [■] <http://www.alumil.com/en/products/facades-and-atriums/>
- [■] <http://www.elvial.gr/924DF082.en.aspx>
- [■] <https://testturm.thyssenkrupp-elevator.com/>
- [■] [https://www.iafss.org/publications/fss/5/737/view/fss\\_5-737.pdf](https://www.iafss.org/publications/fss/5/737/view/fss_5-737.pdf)



## **24. Izvodi iz recenzija**

**Prof. mr. Mevludin Zečević, dipl. ing. arh.**

**Redovni profesor na Arhitektonskom fakultetu Univerziteta u Sarajevu**

„Predloženi rukopis prevashodno je namijenjen i pogodan za upotrebu studentima arhitekture i drugim korisnicima kao stručna literatura, ali i projektantima kao korisna literatura prilikom projektiranja. Sistematičnim pristupom, jasnim i konciznim jezičkim izrazom autori su dali neophodne informacije i predočili znanja iz oblasti visokih objekata. Sadržajni koncept i popis relevantne literature, koji su sintezno obuhvaćeni ovim radom u potpunosti upućuju na studiozni odnos autora prema struci i nauci. Korištena literatura je relevantna za tretiranu oblast i skoro u potpunosti se radi o inozemnoj literaturi koja je publicirana u zadnjih desetak godina. Predloženi rukopis predstavlja djelo u kome se na jedinstven način obrađuje obimna građa vezana za različite aspekte razumijevanja suštine i razloga nastajanja, konstruiranja, projektiranja, izgradnje i korištenja visokih objekata.“





**Prof. dr. Sanin Džidić, dipl. ing. građ.**  
**Vanredni profesor na Tehničkom fakultetu Univerziteta u Bihaću**

„Poznavajući raspoloživu literaturu i istraživanja iz oblasti visokih objekata u arhitekturi u Bosni i Hercegovini i na jezicima naroda u Bosni i Hercegovini, ali i regionu, postoje istraživanja koja se bave specifičnim aspektima visokih objekata u arhitekturi. Neka obrađuju samo arhitektonske aspekte, druga konstruktorske aspekte visokih objekata, treća se bave pojedinačnim razmatranjima u vezi sa visokim objektima. Međutim, ne postoji dijelo koje istovremeno i cjelovito sublimira sve najvažnije aspekte kada se razmatraju visoki objekti od njihove istorije, razvoja, elemenata arhitektonskog projektovanja, konstruktorskog projektovanja i tehnologije izgradnje ovakvih objekata, instalacionih aspekata, zaštite od požara i dr.

Autori, Prof. dr. Amir Čaušević i Prof. dr. Nerman Rustempašić su kroz svoja studiozna i temeljita istraživanja prezentirana u ovoj svojoj knjizi popunili ovu bitnu prazninu i siguran sam da će u narednim generacijama studenata arhitekture i građevinarstva ova knjiga biti od iznimne koristi u njihovom akademskom razvoju, ali isto tako i istraživačima i znanstvenicima u njihovim istraživanjima. Procjenjujem da će ga koristiti i inženjeri drugih struka (mašinski i elektroinženjeri) u svojim aktivnostima kod projektovanja i izgradnje visokih objekata. Rukopis će sigurno biti koristan i širem čitateljskom krugu, čija su interesovanja usmjerena na oblast visokih objekata u arhitekturi.“



**Prof. dr. Naida Ademović, dipl. ing. građ.**

**Vanredni profesor na Građevinskom fakultetu Univerziteta u Sarajevu**

„Rukopis je napisan na jasan i stručan način, korištenjem sistematičnog pristupa, što ga čini lakim za praćenje i razumijevanje budućim čitateljima. Stručna terminologija i metodologija koja je korištena u pisanju odaje stručno, znanstveno i pedagoško iskustvo autora. Rukopis je urađen na kvalitetu, jasan i pregledan način i odgovara za koju je namijenjen.

Predloženi rukopis prevashodno je namijenjen i pogodan za upotrebu studentima arhitekture kao stručna literatura, ali i projektantima kao korisna literatura prilikom projektovanja. Tematika visokih zgrada obrađena je na sistematičan način, uz primjenu relevantne, uglavnom strane literature, koja je publicirana u zadnjih petnaestak godina. Ovo djelo na jedinstven način prikazuje obiman materijal koji je neophodan za razumijevanje samog razloga za nastanak ovih objekata, njihovo konstruiranje, projektiranje, izgradnju i korištenje i zaštitu visokih objekata.“

## 25. Index pojmov

### A

analiza, 8, 9, 19, 20, 27, 55, 79, 80, 86, 90, 91, 95, 96, 97, 209, 242  
  analizama, 18, 56, 59, 95  
analiza, 20, 27, 55, 79, 219  
analize, 9, 20, 56, 79, 84, 86, 87, 88, 90, 91, 94, 95, 97, 110, 131, 132, 150, 152, 219  
arhitektura, 15, 47, 237  
arhitekture. *pogledaj* arhitektura  
arkade, 39  
armirani beton, 11, 153, 159  
armiranobetonske, 112, 146, 147, 150, 153, 174, 181, 186  
armiranobetonsko, 154, 201  
aseizmičko, 9, 80

### B

biološki, 19  
building, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 70, 73, 112, 113, 170, 214, 237, 242, 244

### C

CLT, 11, 119, 150, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 168, 169, 240, 243  
crkva, 35, 50  
crtež, 71  
čelik, 11, 56, 147, 150, 151, 220  
čelika, 19, 58, 59, 110, 112, 113, 114, 122, 143, 147, 150, 151, 152, 153, 155, 159, 165, 208, 212, 220, 240  
čovjek, 18, 19, 25, 71  
čvrstoća  
  čvrstoću, 18, 132, 154, 161, 211, 220

### D

deformacije  
  deformacija, 21, 56, 76, 77, 86, 87, 88, 90, 102, 194, 208, 209  
design, 71, 96, 151, 155, 156, 157, 242, 243, 244  
dizajn, 47, 71, 208, 209, 238  
djelovanja, 8, 9, 22, 23, 50, 54, 75, 76, 77, 80, 84, 86, 87, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 104, 105, 109, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 119, 120, 121, 122, 127, 128, 143, 144, 148, 150, 156, 163, 167, 169, 208, 221, 230  
drvo, 11, 23, 150, 158, 159, 161, 162, 164, 165, 166, 170, 194, 240, 243

### E

efikasnost, 115, 210  
ekscentricitet, 44, 80  
elastičnost, 19, 23, 24  
elastičnost  
  elastičnost, 8, 23, 24  
element, 14, 22, 25, 36, 44, 58, 97, 149, 159, 171, 178, 187, 212, 223, 230

### F

fasada, 79, 124, 171, 195, 208, 209, 210, 211, 212, 213  
fasade, 208

forma, 14, 15, 16, 17, 27, 43, 94, 122  
funkcija, 15, 71  
funkcionalnih, 19, 20

### G

grad, 30, 62  
graditeljsko, 21, 30  
građevina, 18, 28, 29, 30, 31, 32, 37, 39, 40, 45, 58, 73, 74, 80, 86, 94, 142, 144, 147, 148, 152, 154, 166, 174, 188, 193, 194, 197, 229  
gravitacione, 84  
grijanje, 79, 210, 211, 234

### H

historija  
  historiji, 18  
hram, 32

### I

instalacija, 71, 72, 79, 121, 130, 146, 149, 154, 197, 203, 225, 226, 230, 233, 235, 236  
intenzitet, 86, 87, 100, 101  
Interakcija, 78  
istraživanja, 19, 45, 49, 55, 56, 57, 80, 163, 164, 166, 171, 215, 217, 239, 240  
izgradnji  
  izgradnja, 19, 33, 39, 51, 143, 165, 167, 173, 194, 197, 218, 237, 238, 239, 240

### J

jezgro, 68, 71, 118, 119, 144, 151, 154, 201

### K

karakteristike, 39, 45, 71, 77, 82, 84, 87, 95, 96, 99, 100, 131, 140, 141, 142, 154, 159, 161, 220, 231  
katedrala, 36, 37, 43  
kip, 31, 32  
klimatizacija, 79  
konstrukcija, 8, 11, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 36, 39, 45, 49, 55, 56, 58, 59, 61, 68, 75, 77, 84, 87, 88, 89, 90, 95, 97, 98, 100, 101, 102, 103, 105, 110, 113, 114, 115, 117, 119, 121, 122, 123, 124, 127, 131, 132, 144, 147, 149, 150, 151, 152, 157, 158, 162, 163, 164, 167, 168, 169, 171, 172, 174, 175, 178, 183, 186, 188, 189, 191, 192, 193, 194, 195, 218, 219, 220, 221, 222, 226, 235, 238, 240, 242, 243  
kula, 14, 15, 63  
kupole, 15, 19

### L

LEED, 68, 237, 238, 239, 244  
liftovi, 13, 58, 202, 225  
linijskih, 23, 159, 240

### M

masa, 18, 49, 52, 55, 79, 80, 81, 84, 91, 218  
masivni



masivnih, 17, 18, 25, 30, 100, 136, 168, 240  
materijal, 11, 15, 19, 21, 30, 49, 54, 56, 132, 147, 150, 151, 153, 154, 155, 159, 164, 165, 166, 181, 185, 186, 187, 194, 197, 198, 199, 218, 220, 222, 223, 225, 226, 229, 240  
materijala, 23, 24, 33, 39, 40, 45, 46, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 71, 79, 80, 81, 97, 98, 99, 100, 102, 112, 115, 127, 137, 143, 145, 147, 148, 150, 152, 154, 155, 159, 161, 162, 163, 164, 165, 171, 173, 181, 185, 189, 190, 191, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 202, 203, 205, 209, 218, 220, 221, 224, 225, 226, 227, 237, 238, 240, 242, 243  
mauzolej  
mauzoleja, 32  
međuspratne konstrukcije, 125, 146, 147, 148, 149, 154, 222, 235  
minaret, 15, 40, 41, 42, 43, 44  
Minareti, 8, 33, 39, 41  
moment  
momente, 22, 26, 76, 92, 209  
monumentalni, 29

## N

neboder, 16, 58, 64, 65, 66, 68, 69, 113, 119  
nebodera, 15, 36, 58, 65, 69, 70, 137, 210, 216  
Nosiva  
nosivi, 11, 19, 25, 143, 144, 193  
nosive konstrukcije, 8, 10, 22, 25, 46, 110, 130, 152, 189, 195, 201, 222, 235  
nosive strukture, 23, 24  
nosivih elemenata, 9, 20, 23, 58, 75, 78, 109, 112, 130, 168, 192, 209  
nosivost, 75, 78, 80, 84, 88, 130, 131, 138, 139, 142, 159, 163, 165, 169, 194, 201, 215  
nosivosti, 9, 18, 24, 45, 75, 76, 94, 96, 97, 98, 110, 130, 133, 135, 137, 138, 147, 150, 158, 163, 174, 189, 190, 193, 200, 202, 205, 220

## O

obelisk, 17, 18  
objekt, 26, 45, 87, 100, 101, 103, 119, 125, 132, 140, 154, 171, 173, 196, 201, 215, 216, 217, 218, 219, 221, 223, 229, 236, 240, 241  
objekti, 3, 8, 18, 29, 30, 33, 39, 41, 55, 59, 61, 71, 103, 109, 119, 148, 150, 197, 199, 208, 215, 218, 219, 229, 236, 240, 241  
odbrambeni, 14  
okvira, 10, 11, 58, 75, 76, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 122, 124, 125, 127, 148, 149, 151, 156, 157, 189, 208  
oplata, 12, 147, 181, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 197, 203  
opterećenja, 9, 20, 22, 24, 27, 29, 45, 49, 55, 56, 73, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 84, 86, 87, 90, 98, 99, 101, 103, 105, 109, 110, 112, 113, 114, 120, 124, 126, 127, 130, 131, 132, 134, 135, 138, 139, 143, 144, 146, 147, 148, 149, 150, 155, 156, 157, 158, 163, 168, 171, 175, 181, 182, 185, 186, 187, 194, 195, 208, 209, 218, 221, 223, 230  
oslonac, 15, 37  
otpornost, 11, 23, 56, 75, 80, 113, 114, 116, 118, 120, 127, 143, 145, 151, 154, 162, 163, 181, 208, 210, 212, 218, 219, 221, 222, 223

## P

piramida, 25, 30, 31  
poprečne, 35, 84, 92, 105, 110  
pravac, 86, 87, 146  
presjek  
presjeka, 23, 24, 26, 35, 49, 55, 56, 74, 97, 99, 122, 132, 133, 138, 147, 156, 162, 191, 216, 221, 224, 226, 229, 235

## R

razvoj  
razvoja, 17, 19, 20, 23, 33, 46, 55, 59, 70, 75, 110, 152, 170, 216, 231, 235, 238  
rekonstrukcije, 80

## S

seizmički, 9, 80, 101, 102, 131, 242  
seizmičkog  
seizmičko, 80, 87, 96, 98, 100, 102, 163  
sila, 9, 20, 23, 26, 46, 53, 55, 73, 84, 86, 87, 88, 90, 91, 92, 94, 95, 97, 100, 101, 104, 108, 110, 113, 114, 118, 120, 121, 122, 124, 125, 127, 131, 146, 149, 150, 155, 178, 179  
sile, 8, 9, 22, 23, 26, 46, 49, 54, 55, 77, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 95, 96, 97, 98, 100, 104, 108, 110, 113, 114, 115, 116, 122, 125, 130, 131, 149, 150, 151, 158, 178, 200, 209  
simbol, 15, 29, 36, 42, 43, 67, 68, 240  
simetrične, 80  
sistem, 10, 11, 12, 22, 25, 27, 45, 54, 59, 68, 73, 74, 75, 79, 87, 91, 109, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 118, 119, 120, 121, 122, 124, 125, 126, 127, 130, 131, 143, 145, 148, 149, 150, 155, 167, 173, 176, 180, 182, 187, 191, 192, 193, 203, 209, 210, 212, 214, 216, 219, 224, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 237, 238, 239  
sistemi, 10, 11, 13, 19, 60, 71, 75, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 118, 120, 122, 125, 126, 127, 128, 130, 143, 144, 145, 148, 149, 151, 153, 159, 164, 171, 173, 211, 212, 224, 228, 229, 230, 231, 233, 238, 239, 244  
skela, 12, 15, 37, 193, 194, 195, 203, 204  
skeletalni, 59, 119  
skica, 34, 71  
smjer, 86, 87, 125  
spregnuta, 121, 147  
stabilnost, 18, 23, 25, 27, 46, 51, 53, 54, 55, 130, 140, 151, 155, 174, 190, 208, 209  
stablo, 18, 26, 27  
stambeni, 15, 68, 215  
Stohastička, 84  
svjetionik, 15, 31  
šiljak, 8, 36, 37, 50, 51, 53, 54

## T

tehnički  
tehnička, 19, 23, 55, 133, 241  
Tehnički, 19  
tehnološko, 30  
toranj, 8, 15, 25, 34, 35, 36, 38, 44, 69, 70, 85, 108, 217  
tornjevi, 8, 14, 15, 16, 33, 35, 36, 37, 38, 42, 46, 49, 55, 56, 66, 69, 84, 100, 120  
torr, 17



tower, 11, 14, 16, 30, 37, 64, 65, 66, 67, 68, 74, 120, 124,  
126, 158, 166, 217, 243  
tradicija, 15

## U

ugljendioksid, 164  
umjetnost, 21, 173  
uticaj  
uticaje, 23, 50, 98

## V

ventilacija, 79, 234  
vertikala, 8, 14, 16, 17, 29, 33  
visina, 18, 23, 35, 37, 46, 50, 51, 56, 70, 73, 89, 104, 107,  
108, 109, 112, 121, 122, 132, 147, 148, 153, 156, 189,  
191, 201, 216, 217, 218, 221, 233, 236  
visinu, 18, 30, 36, 58, 59, 65, 72, 76, 108, 120, 130, 131,  
144, 146, 152, 171, 199, 201, 215, 216, 241  
visok, 19, 31, 37, 41, 46, 55, 66, 84, 131, 139, 146, 152, 155,  
182, 208, 217

vitkost, 18, 46

vjetar

vjetra, 9, 10, 18, 19, 20, 24, 26, 27, 28, 46, 50, 51, 52, 53,  
54, 56, 75, 76, 81, 84, 85, 87, 101, 103, 104, 105, 106,  
107, 108, 110, 113, 123, 125, 138, 144, 149, 150, 151,  
201, 206, 208

vlaga

vlage, 18, 160

vlastita težina, 159, 208

voda

vode, 18, 71, 72, 154, 164, 174, 180, 181, 182, 183, 208,  
209, 223, 230, 231, 233, 236, 237, 238

vrtovi, 30, 31

## Z

Zaštita na radu, 12, 202, 203

zemljotres, 81, 100

zidani, 35, 37, 46, 56, 59

Zidovi, 26, 116, 117, 144, 209, 223, 224, 226

ziggurat, 33

zvonici, 35, 36, 37, 38, 39, 49

zvonik, 15, 35, 38, 39

