

UVOD U GRADITELJSTVO 8. PREDAVANJE

KONSTRUKCIJE



8. KONSTRUKCIJE

- Općenito o konstrukcijama
- Mostovi
- Visoke konstrukcije
- Hale
- Stadioni
- Stambene i poslovne zgrade
- Naftne platforme
- Elektrane i industrijska postrojenja

8.1. Općenito o konstrukcijama

Organizirani skup međusobno povezanih dijelova građevine sposoban da nosi sam sebe i da preuzima djelovanja i prenosi ih na druge objekte ili tlo.

Razvrstavaju se u karakteristične skupine prema različitim svojstvima:

- prema materijalu: betonske, drvene, kamene, metalne, kombinirane...
- prema načinu gradnje: monolitne, montažne, polumontažne, zidane, kombinirane
- prema sudjelovanju u nosivosti građevine:
 - nosive
 - nosi sebe i preuzima djelovanja prenoseći ih na druge objekte ili tlo
 - sastavni dijelovi su nosivi elementi: greda, luk, ljuska, okvir, ploča, rešetka...
 - geometrijski nepromjenjiva, znači ima dovoljan broj unutarnjih i vanjskih veza
 - nenosive
 - nosi sebe ali nije predviđena da preuzima na sebe druga opterećenja (npr. pregradni zid)

8.1. Općenito o konstrukcijama

- Podjela konstrukcija prema namjeni:
 - mostovi
 - tornjevi
 - dimnjaci
 - jarboli
 - neboderi
 - stadioni
 - hale
 - naftne platforme
 - elektrane i industrijska postrojenja

} visoke konstrukcije

U ovom predavanju pregled će biti dan upravo prema ovoj podjeli!

8.1. Općenito o konstrukcijama

Novi trendovi u konstrukcijama – lake konstrukcije

CILJ SVAKE STRUKTURE:

- da bude što lakša
- vlastita težina je "nužno zlo"
- njezina prava svrha je prijenos pokretnih (korisnih) opterećenja i zatvaranja prostora za zaštitu od vanjskih utjecaja

II
V

TEŽNJA DA STRUKTURA BUDE ŠTO LAKŠA

ZAHTJEVI DRUŠTVA I LJUDSKIH POTREBA:

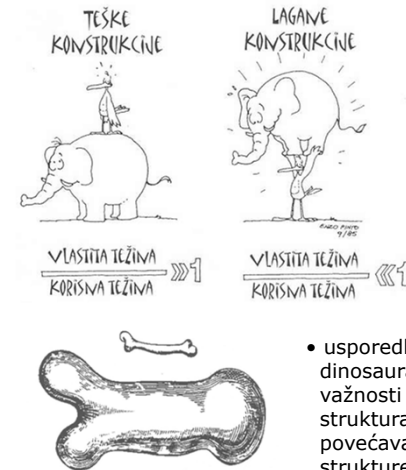
- sve veće potrebe za velikim prostorima za zadovoljavanje kolektivnih potreba
- ostvarivanje takvih prostora uz što manju potrošnju gradiva i energije

II
V

TEŽNJA ZA VELIKIM RASPONIMA

8.1. Općenito o konstrukcijama

Novi trendovi u konstrukcijama – lake konstrukcije



- usporedba kosti ptice i dinosaura -> uči nas o važnosti mjerila kod struktura -> veći rasponi povećavaju vlastitu težinu strukture

8.1. Općenito o konstrukcijama

Novi trendovi u konstrukcijama – lake konstrukcije

POKAZATELJ "LAKOĆE" KONSTRUKCIJE:

odnos $\frac{g}{p}$ —> što je manji odnos struktura je laganija

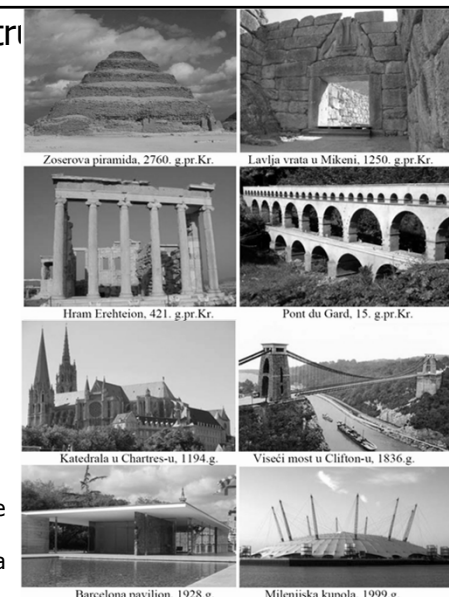
- na veličinu p (pokretno, korisno) opterećenje ne možemo utjecati – ona je zadana konkretnim projektnim zadatkom

II
V

- na odnos g/p možemo, dakle, utjecati smanjivanjem vrijednosti g (vlastita težina strukture) i to je osnovni zadatak lakih struktura

8.1. Općenito o konstrukcijama

Novi trendovi u konstrukcijama – lake konstrukcije



- Smanjivanje težine konstrukcija kroz povijest graditeljstva

8.2. Mostovi

Most je građevina koja prometnicu prevodi preko zapreke.

- Potreba za mostom postoji tamo gdje je u trasi prometnice takva zapreka da je nije moguće savladati izravnim oslanjanjem na tlo.
- Važno je zapamtiti da most nije samo konstrukcija.
- Uz funkcionalnost, postojanost, gospodarnost (što mora zadovoljiti svaki most) treba voditi računa i o estetici.
- Podjela mostova prema glavnim nosivim elementima:
 - gredni mostovi
 - lučni mostovi
 - ovješeni mostovi
 - viseći mostovi

8.2. Mostovi

GREDNI MOSTOVI

- Glavni nosivi element je greda i prijenos opterećenja se u pravilu vrši savijanjem.

Armirano betonski prednapeti gredni mostovi

- Pet armirano betonskih prednapetih grednih mostova s najvećim rasponima

Redni broj	Naziv mosta	Raspon (m)	Država i godina	Slika mosta
1.	Stolmasundet	301	Norveška 1998.	
2.	Rafsvundet	298	Norveška 1998.	
3.	Sundøy	298	Norveška 2003.	
4.	Humen-2	270	Kina 1997.	
5.	Gateway	260	Australija 1986.	

8.2. Mostovi

GREDNI MOSTOVI

Čelični gredni mostovi

- Pet čeličnih grednih mostova s najvećim rasponima

Redni broj	Naziv mosta	Raspon (m)	Država i godina	Slika mosta
1.	Costa e Silva	300	Brazil 1974.	
2.	Neckartal Brücke -1	263	Njemačka 1978.	
3.	Sava -1	261	Beograd 1956.	
4.	Ponte de Vitoria -3	260	Brazil 1989.	
5.	Zoostrücke	259	Njemačka 1966.	

8.2. Mostovi

GREDNI MOSTOVI

Čelični rešetkasti gredni mostovi

- Pet čeličnih rešetkastih grednih mostova s najvećim rasponima

Redni broj	Naziv mosta	Raspon (m)	Država i godina	Slika mosta
1.	Pont de Quebec	549	Canada 1917.	
2.	Firth of Forth	521	Škotska 1890.	
3.	Minato	510	Japan 1974.	
4.	Commodore Barry	501	SAD 1974.	
5.	Great New Orleans	480	SAD 1958.	

8.2. Mostovi

LUČNI MOSTOVI

- Glavni nosivi element je luk u kojemu se prijenos opterećenja vrši tlakom.

Armirano betonski lučni mostovi

- Pet armirano betonskih lučnih mostova s najvećim rasponima

Redni broj	Naziv mosta	Raspon (m)	Država i godina	Slika mosta
1.	Wauxian <i>Napomena: Zbog upotrebe betona armiranog greda u kolovoznim i betonskim mostovima</i>	420	Kina 1997.	
2.	Krk 1	390	Hrvatska 1980.	
3.	Jiang-jie-he	330	Kina 1995.	
4.	Yongjiang <i>Napomena: Zbog upotrebe betona armiranog greda u kolovoznim i betonskim mostovima</i>	312	Kina 1996.	
5.	Gladesville	305	Australija 1964.	

8.2. Mostovi

LUČNI MOSTOVI

Čelični lučni mostovi

- Pet čeličnih lučnih mostova s najvećim rasponima

Redni broj	Naziv mosta	Raspon (m)	Država i godina	Slika mosta
1.	Chao-tian-men	552	Kina 2009.	
2.	Lupu	550	Kina 2003.	
3.	New River Gorge	518	SAD 1977.	
4.	Bayonne	504	SAD 1931.	
5.	Sydney Harbour	503	Australija 1932.	

8.2. Mostovi

VISEĆI MOSTOVI

- Glavni nosivi element je provješeno uže u kojemu se prijenos opterećenja vrši vlakom.

- Pet visećih mostova s najvećim rasponima

Redni broj	Naziv mosta	Raspon (m)	Država i godina	Slika mosta
1.	Akashi Kaikyo	1991	Japan 1998.	
2.	Xihoumen	1650	Kina 2009.	
3.	Veliki Belt	1624	Danska 1998.	
4.	Ruyang South	1490	Kina 2005.	
5.	Humber	1410	Engleska 1981.	

8.2. Mostovi

OVJEŠENI MOSTOVI

- Glavni nosivi element su ravne zatege u kojima se prijenos opterećenja vrši vlakom.

- Pet ovješanih mostova s najvećim rasponima

Redni broj	Naziv mosta	Raspon (m)	Država i godina	Slika mosta
1.	Sutong	1088	Kina 2008.	
2.	Stonecutters	1018	Kina 2009.	
3.	Edong	926	Kina 2010.	
4.	Tatara	890	Japan 1999.	
5.	Pont de Normandie	856	Francuska 1995.	

8.3. Visoke konstrukcije

U visoke konstrukcije ubrajamao:

- tornjeve
- dimnjake
- jarbole
- nebodere
- Natjecanje u izgradnji velikih i visokih građevina staro je kao i civilizacija.
- Svakim novim razdobljem ljudske povijesti došlo je do novih spoznaja, otkrića i unaprjeđenja kako nosivih sustava tako i gradiva što je omogućilo stalno probijanje granica.

8.3. Visoke konstrukcije

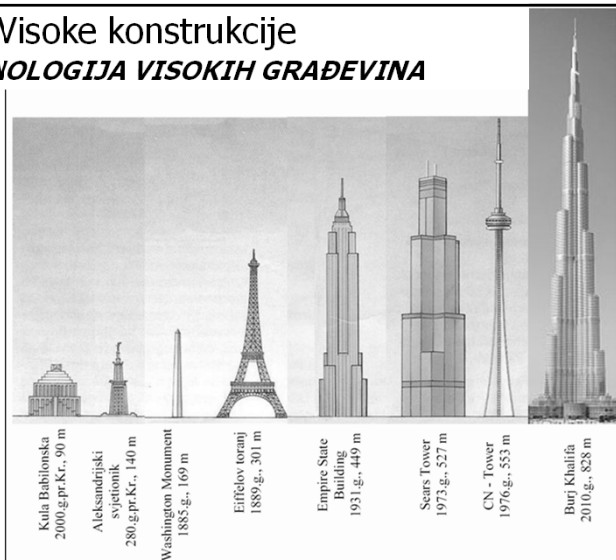
Stare visoke konstrukcije:

- sedam svjetskih čuda starog svijeta – danas sačuvana još samo piramida u Gizi



8.3. Visoke konstrukcije

KRONOLOGIJA VISOKIH GRAĐEVINA



- Pomaci u izgradnji visokih konstrukcija kroz vrijeme

8.3. Visoke konstrukcije

KRONOLOGIJA VISOKIH GRAĐEVINA



- Za Kulu Babilonsku nema pouzdanih povijesnih dokaza, ali su 1913.g. na području Babilon pronađeni ostatci zigurata širine 90 metara te ukupne visine također 90 metara sa 7 terasastih katova.
- Smatra se da je kula građena u 2. tisućljeću prije Krista.

8.3. Visoke konstrukcije

KRONOLOGIJA VISOKIH GRAĐEVINA

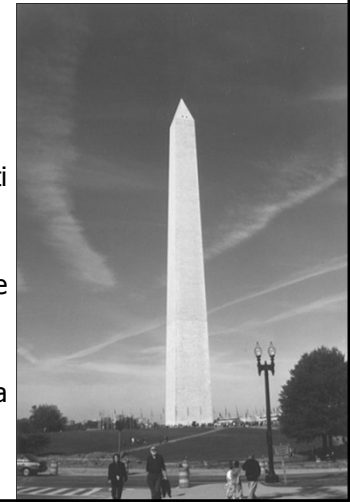


- Aleksandrijski svjetionik je građen 280.g.pr.K., a graditelj je bio Sostratos iz Knidos.
- To je bio 140 m visoki kameni toranj, a kamenje je bilo povezivano sa zalivenim olovom.
- Srušio se u 13.st. uslijed potresa.

8.3. Visoke konstrukcije

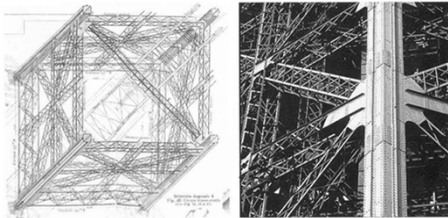
KRONOLOGIJA VISOKIH GRAĐEVINA

- Washington Monument je stupasti kameni toranj u obliku obeliska.
- Dovršen je 1885.g. a graditelj je Robert Mills.
- To je i danas najviša kamena konstrukcija na svijetu (169m).



8.3. Visoke konstrukcije

KRONOLOGIJA VISOKIH GRAĐEVINA



- Eiffelov toranj je čelična konstrukcija visoka 301 m sagrađena za potrebe svjetske izložbe u Parizu 1889.g.
- Graditelj - Gustav Eiffel
- Prvobitno toranj je dobio dozvolu da može stajati 20 godina, nakon toga je bilo u planu rušenje tornja
- Bio je najviša građevina svijeta do 1930. g.



8.3. Visoke konstrukcije

KRONOLOGIJA VISOKIH GRAĐEVINA



- Empire State Building je 449 m visok neboder u New Yorku kojemu je glavna nosiva struktura sastavljena od čeličnih okvira.
- To je prva građevina na svijetu koja je imala više od 100 katova.
- Neboder je sagrađen za 14 mjeseci.
- Zgrada je dovršena 1931. i bila je najviša građevina svijeta narednih 40 godina.



8.3. Visoke konstrukcije

KRONOLOGIJA VISOKIH GRAĐEVINA



- Sears Tower je neboder sa 108 katova u Chicagu.
- 1973. kada je dovršen postaje najviša građevina svijeta.
- Brzina gradnje je bila jedan kat u 10 dana.
- Kasnije je nadodana antena radi lakšeg hvatanja signala te sada visina s antenama iznosi 527 m.



8.3. Visoke konstrukcije

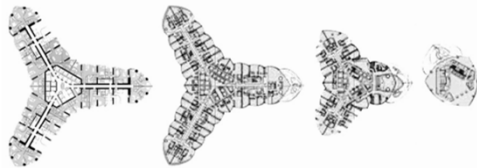
KRONOLOGIJA VISOKIH GRAĐEVINA

- CN - Tower je komunikacijski i opservatorijski toranj u Torontu visok 553 m.
- Glavni dio tornja je šuplji betonski šesterokutni stup.
- Na njemu je montirana 102 m viska čelična antena. Antena je montirana na stup pomoću helikoptera.
- Toranj je završen 1975.g. nakon 26 mjeseci gradnje.



8.3. Visoke konstrukcije

KRONOLOGIJA VISOKIH GRAĐEVINA



- Trenutno najviša građevina na svijetu je Burj Khalifa u Dubai-u visoka 828m ima 160 katova.
- Tlocrtni oblik građevine je slovo Y što joj znatno pomaže da se odupre silama vjetra.
- Jezgra ove konstrukcije je od betona visoke čvrstoće i tijekom gradnje je ostvaren rekord najvišeg vertikalnog pumpanja betona na svijetu.
- Burj Khalifa je sagrađena za 6 godina.



8.3. Visoke konstrukcije - TORNJEVI

Tornjevi su inženjerske konstrukcije naglašene vertikalne izgrađene na relativno skućenoj osnovi.

- samostalne građevine ili dio nekog većeg inženjerskog sklopa
- obzirom na tip konstrukcije: stupasti, pridržani užadima, rešetkasti, vertikalni uspinjući
- obzirom na materijal: betonski, čelični (jarboli)
- obzirom na funkciju: vodotornjevi, rashladni tornjevi, svjetionici, opservatorijski, televizijski, bušilački, vojni, kontrolni, silosi.

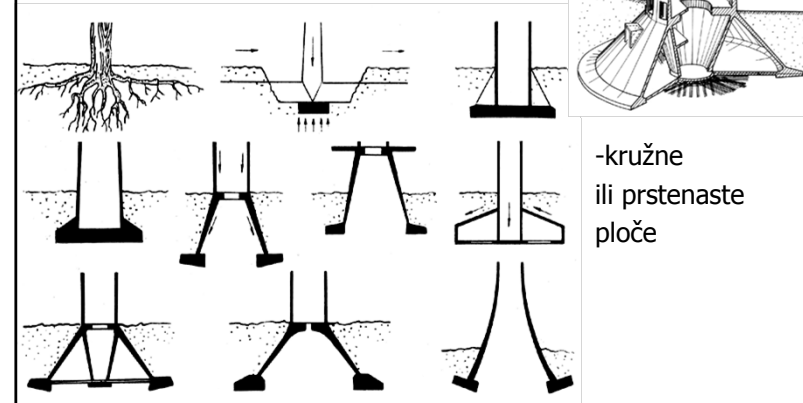
8.3. Visoke konstrukcije - TORNJEVI

- Pet najviših samostojećih tornjeva na svijetu



8.3. Visoke konstrukcije - TORNJEVI

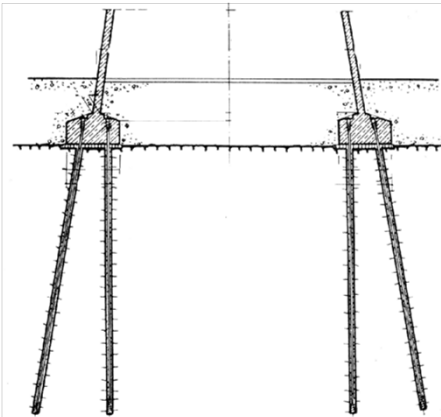
- Zbog svoje izrazite visine tornjeve je potrebno čvrsto temeljiti. Načini temeljenja tornjeva mogu biti:



8.3. Visoke konstrukcije - TORNJEVI

- Zbog svoje izrazite visine tornjeve je potrebno čvrsto temeljiti. Načini temeljenja tornjeva mogu biti:
- Temeljenje sa geotehničkim sidrima

- u stjenovitom ili kamenom tlu.
- preuzimanje momenta prevrtanja sidrima.



8.3. Visoke konstrukcije - TORNJEVI

- Vodotornjevi služe za podizanje slobodnog lica vode kako bi se ostvario veći vodeni potencijal za slobodno tečenje vode u vodovodnoj mreži.

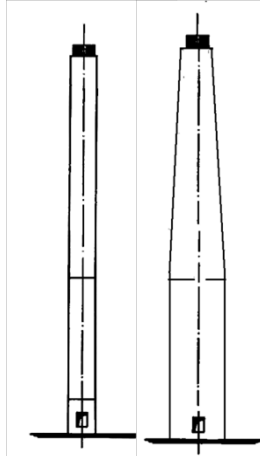
- velike varijacije oblika noseće konstrukcije i rezervoara
- betonski i čelični.



8.3. Visoke konstrukcije - DIMNJACI

Građevina obično kružnog poprečnog presjeka koja služi za odvođenje plinovitih ostataka izgaranja u više slojeve.

- ❑ obzirom na materijal: armiranobetonski i čelični.
- ❑ zašiljene ili cilindrične konstrukcije
- ❑ obzirom na izvedbu: klizna i penjuća tehnologija
- ❑ mogu biti s jednom ili s više cijevi u poprečnom presjeku
- ❑ značajni su ekološki zahtjevi na dimnjake.



8.3. Visoke konstrukcije - DIMNJACI

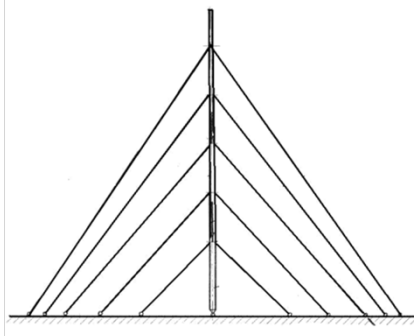
- ❑ Dva najviša dimnjaka na svijetu



8.3. Visoke konstrukcije - JARBOLI

Jarboli su rešetkaste ili cilindrične konstrukcije pridržane čeličnim kablovima koje služe kao odašiljači.

- ❑ utjecaji vjetra na konstrukciju su veliki pa su nužna pridržanja
- ❑ pridržanja su čelični kablovi sidreni u temeljnom tlu
- ❑ na svom vrhu mogu imati antenu, a druga opcija je da je čitavo tijelo jarbola odašiljač



- ❑ Jarboli osim što mogu biti postavljeni sami za sebe, vrlo često se postavljaju na samostojeće građevine, poput tornjeva i nebodera.

8.3. Visoke konstrukcije - JARBOLI

- ❑ Dva najviša jarbola na svijetu



8.3. Visoke konstrukcije - NEBODERI

Neboder je vrlo visoka i višekatna građevina.

❑ Za građevinske inženjere visoka građevina je ona građevina, kod koje su dominantna djelovanja bočne sile od vjetra i potresa.

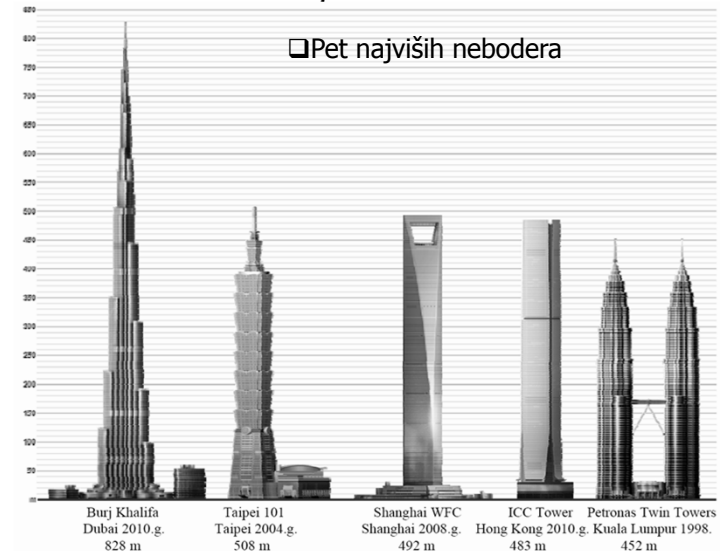
Problemi koji se javljaju kod oblikovanja visokih konstrukcija proizlaze iz sljedećih opterećenja:

- ❑ vlastita težina (povećava se s povećanjem visine)
- ❑ opterećenje vjetrom (jačina, smjer i oscilacije vjetra)
- ❑ potresna opterećenja
- ❑ temperaturne promjene
- ❑ geometrijske imperfekcije građevine
- ❑ slijeganje temeljnog tla



8.3. Visoke konstrukcije - NEBODERI

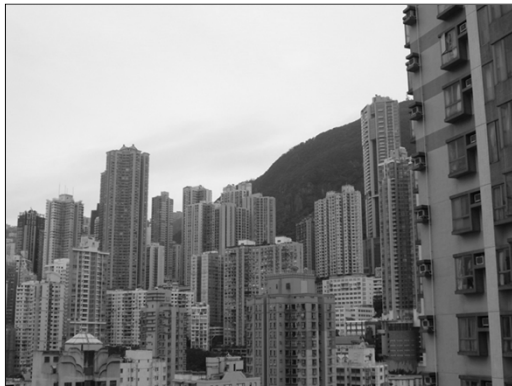
❑ Pet najviših nebodera



8.3. Visoke konstrukcije - NEBODERI

❑ Često se kod nadmetanja u visini u obzir uzimaju različite visinske točke pri mjerenju tako da visina bude što veća – (npr. neki oblik jarbola sa odašiljačima na vrhu)

❑ Pri projektiranju stambenih visokih građevina važno je organizirati prostor da bude po mjeri čovjeka, da se čovjek u njemu osjeća ugodno, sigurno i da ima sve potrebne uvjete za odmor ili neki rad.



8.3. Visoke konstrukcije - NEBODERI

Dubai Marina 2003

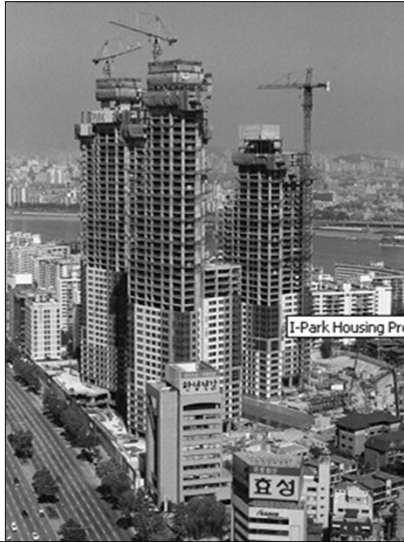
Stambeni kompleks

Dubai, Ujedinjeni Arapski Emirati



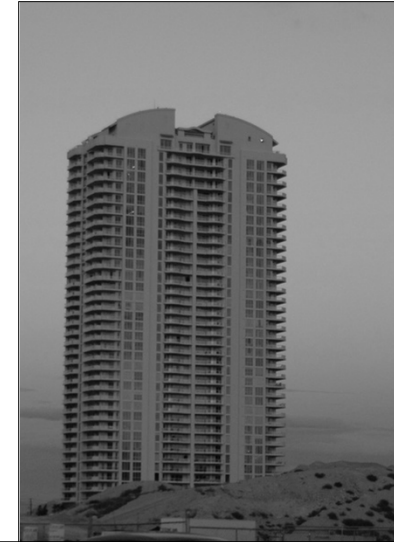
8.3. Visoke konstrukcije - NEBODERI

I-Park
2003
Stambeni kompleks
Seoul, Korea (South)



8.3. Visoke konstrukcije - NEBODERI

Turnberry Place
2006
Stambeni kompleks
Las Vegas, Nevada, USA



8.3. Visoke konstrukcije - NEBODERI



Sjedinjene države
1947 - 1987
Poslovni kompleks
Manhattan, New York, USA

8.4. Stadioni

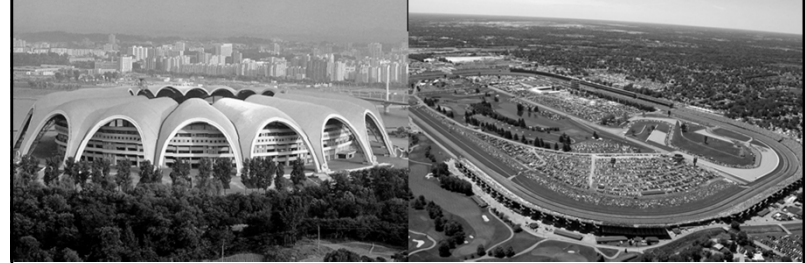
Stadion je sportska u pravilu otvorena građevina s velikim borilištem i velikim, najčešće amfiteatralnim gledalištem. Služi za održavanje različitih sportskih natjecanja, igara, priredaba i skupova.

U prošlosti se na stadionima predviđao jedan dio stajaćih i jedan dio sjedećih mjesta za gledatelje. Zbog komfora i sigurnosti se takav način danas odbacuje i grade se stadioni samo sa sjedećim mjestima.

8.4. Stadioni



8.4. Stadioni



Najveći kapacitet sjedećih mjesta na svijetu među stadionima za sportska natjecanja ima Rungrado May Day stadion u Pyongyang-u, Sjeverna Koreja, kapacitet mu je 150.000 gledatelja.

Među arenama za automobilističke trke najveći kapacitet na svijetu ima trkaća staza u Indianapolisu, SAD, 257.325 gledatelja, proširiva na 400.000 sjedećih mjesta.

8.4. Stadioni

S obzirom na natkrivenost stadioni mogu biti:

- ☐ potpuno otkriveni
- ☐ djelomično natkriveni
- ☐ potpuno natkriveni
- ☐ sa pomičnim krovom

Posebno su zanimljivi natkriveni (potpuno ili djelomično) stadioni koji za sisteme natkrivanja koriste različita konstrukcijska rješenja i gradiva. To mogu biti slijedeći sustavi:

- ☐ gredni ili rešetkasti
- ☐ betonske ljuške
- ☐ lučni i okvirni sustavi
- ☐ pneumatski sustavi
- ☐ zavješeni sustavi

8.4. Stadioni

Camp Nou, nogometni stadion u Barceloni

- ☐ kapacitet of 98,600 - najveći u Europi
- ☐ djelomično natkriven



8.4. Stadioni



Sapporo Kupola,
Hokkaido, Japan
Radijus kupole: 245 m
Kapacitet: 42,300
Nogometno igralište je potpuno pokriveno kupolom. Kupola ima dva podrumška nivoa, četiri nivoa iznad zemlje i dva penthouse nivoa. Igralište je u drugom podrumskom nivou.

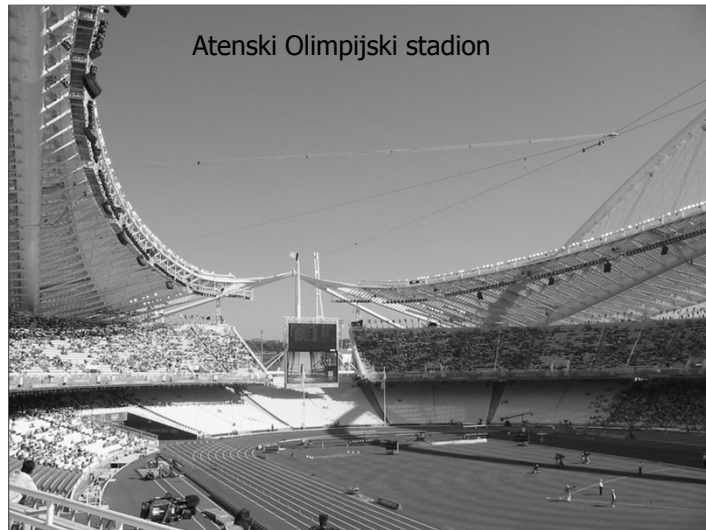


8.4. Stadioni



Amsterdam Arena
nogometni stadion
pomični krov, kapacitet 51,859.

8.4. Stadioni



Atenski Olimpijski stadion

8.4. Stadioni

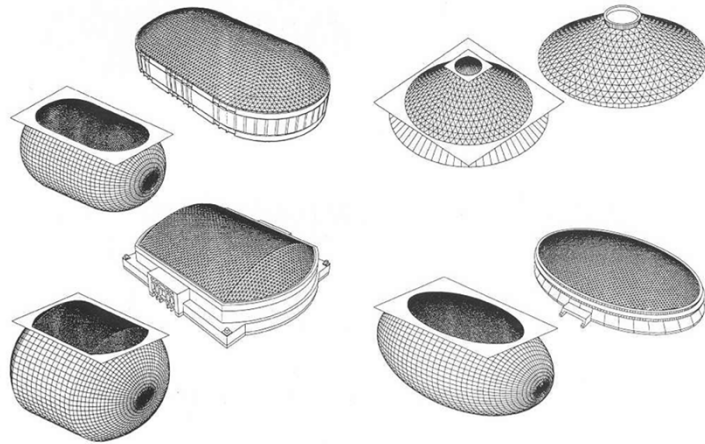
Stadioni nisu samo borilište i gledalište već uključuju i čitav prateći kompleks.



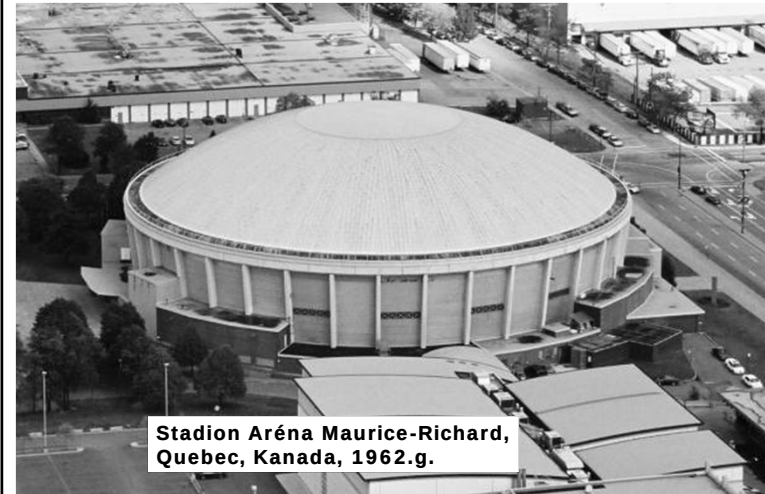
Kompleks za ljetne olimpijske igre 1972, Munich, Bavaria, Germany

8.4. Stadioni

Podloge za određivanje krovišta konstrukcija velikih raspona



8.4. Stadioni



Stadion Aréna Maurice-Richard,
Quebec, Kanada, 1962.g.

8.5. Hale

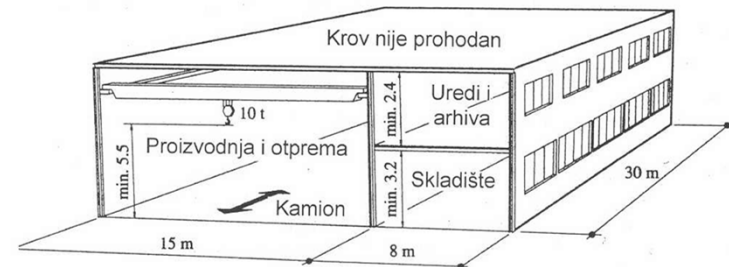
Hale su građevine s velikim zatvorenim ili poluotvorenim prostorima zaštićenim od atmosferskih utjecaja.

Hale služe za:

- ☐ industrijsku proizvodnju
- ☐ uskladištenje materijala, opreme i prometnih sredstava
- ☐ tržnice, prodajne centre
- ☐ održavanje izložba, sportskih i ostalih javnih priredbi

8.5. Hale

Plan korištenja industrijske hale:



8.5. Hale

John F. Kennedy Space Center
Cape Canaveral, Florida, USA
Hala za sastavljanje shuttlea



8.5. Hale



8.5. Hale

Konstrukcije hala mogu biti monolitne, montažne i polumontažne, a prema gradivu ih dijelimo na:

- ☐ armiranobetonske
- ☐ čelične
- ☐ drvene
- ☐ kombinirane



8.6. Naftne platforme

☐ Naftne platforme su jedne od najvećih pokretnih građevina na svijetu.

☐ Služe za bušenje morskog dna na pučini, za smještaj radnika, za crpljenje nafte ili prirodnog plina, njihovu preradu i daljnju distribuciju bilo tankerima ili cjevovodima.

☐ U nastavku ćemo nabrojati neke osnovne tipove naftnih platformi.

8.6. Naftne platforme

- ❑ Nepokretne platforme - su platforme na betonskim ili čeličnim nogarima koji su direktno usidreni u morsko dno.
- ❑ Zbog svoje nepokretljivosti postavljaju se na mjesta gdje je predviđena njihova dugotrajna upotreba i za dubine mora do 520 m.

Hibernia nepokretna naftna platforma
Vadi naftu sa dubine do 8 km.



8.6. Naftne platforme

- ❑ Polu-potopljene plutajuće platforme - mogu se pokretati i fiksirati punjenjem i pražnjenjem balastnih rezervoara za vodu.
- ❑ Sidre se za vrijeme eksploatacije, a mogu se i držati na mjestu interaktivnim pokretačkim mehanizmima. Upotrebljavaju se za dubine mora do 3000 metara.

Polu-potopljena plutajuća naftna platforma P-51



8.6. Naftne platforme

- ❑ Platforme koje podupire popustljiv toranj koji je temeljen na pilotima - projektirane su tako da podnesu značajne poprečne pomake i sile te se upotrebljavaju za dubine mora od 450 do 900 metara.



Petronius naftna platforma u meksičkom zaljevu

Visina 610 m (sa podvodnim dijelom)

Tlocrt 64 x 43 m

Težina 43,000 tona

Dnevno vadi 8,000 m³ (50,000 barela)
nafte i 2,000,000 m³ plina

8.6. Naftne platforme

- ❑ Platforme sa hidrauličkim podizačima i sidrenjem na nogarima - ove pokretne platforme se upotrebljavaju za dubinu mora do 170 m. Kada se platforma dopremi na ciljenu lokaciju hidraulički sustav produlji nogare koje se tada oslone na morsko dno.

- ❑ Platforme koje se dovoze brodovima i pozicioniraju pomoću GPS sistema - za vrijeme eksploatacije ih na mjestu drže brodovi sa svojim upravljačkim mehanizmima pod uvjetom da su uvjeti na moru dovoljno stabilni za operacije bušenja.

- ❑ Platforme na vlačnim nogarima - su plutajuće strukture koje su usidrene u morsko dno sa vertikalnom čeličnom užadi koje svojim vlačnim djelovanjem eliminiraju vertikalno pomicanje platforme. Upotrebljavaju se za dubine do 2000 metara.

8.7. Elektrane i industrijska postrojenja

❑ To su kompleksi koji sadrže građevine različitih tipova, mnoge od kojih su već opisane u prethodnim točkama ovog poglavlja – tornjevi, dimnjaci, hale, silosi...

❑ Mnoge od tih građevina moraju imati specijalne prostore posebno osmišljene, dimenzionirane i izvedene za prihvatanje specijalne opreme, strojeva, pokretnih traka, dizalica, sirovina, proizvoda, otpada, ali i prostore koji zadovoljavaju sve sigurnosne uvjete za neku vrstu opasnog rada koji se u njima obavlja.

❑ Projektiranje postrojenja u kojima bi neka nesreća dovela do katastrofalnih posljedica (nuklearna elektrana, postrojenja za obradu nafte, plina i ostalih opasnih energenta) podliježe posebnim strogim propisima.

8.7. Elektrane i industrijska postrojenja



Postrojenje za vađenje nafte u Iraku

8.7. Elektrane i industrijska postrojenja



Elektrana na ugljen u Kini

8.7. Elektrane i industrijska postrojenja



❑ Nuklearna elektrana i rafinerija nafte

8.7. Elektrane i industrijska postrojenja



❑ Termo-elektrana i tvornica vagona

Hvala na pažnji