



CILINDRIČNE LJUSKE

ARHITEKTONSKE KONSTRUKCIJE 5 / UNSA / AFS / SKOLSKA 2016/17
AVDIĆ NAKIĆ / BRULIĆ EMIR / ČOLIĆ DAJANA / MULALIĆ EMINA

SADRŽAJ

– PREDGOVOR	01
– OPĆENITO O LJUSKAMA	02 – 03
– KONSTRUKTIVNI SISTEMI	04
– STATIČKA SVOJSTVA	05 – 06
– OTVORI U LJUSKAMA I ESTETSKO OBLIKOVNI KARAKTER	07
– TIPOVI I VRSTE LJUSKI	08
– HISTORIJSKI RAZVOJ LJUSKE	09 – 14
– REFERENTNI PRIMJERI CILINDRIČNIH LJUSKI	14 – 24
– MATERIJALI KROZ VRIJEME	25 – 30
– NOVI MATERIJALI	31 – 32



P R E D G O V O R

Cilindrična ljuska kakvu danas poznajemo je dobila svoju strukturu i oblik zahvaljujući razvoju arhitekture proteklih 3 000 godina.

Najveći iskorak u historiji arhitekture jeste multiplikacija luka u jednom aksijalnom smjeru kreirajući plašt u obliku bačve (cilindra).

To u antičkoj arhitekturi, a poslije u ranohrišćanskoj nazivamo bačvasti svod, jer je za taj vremenski period cilindrična ljuska bila nepoznanica.

Ova arhitektonska dostignuća, kao i tada već poznato kreiranje kupola, vode arhitekte i znanstvenike u smjeru kreiranja ljuske kako bi premostili veće raspone. Ljuske koje danas znamo, nastale su na osnovu prethodnog znanja kreiranja bačvastih svodova od kamena, opeke i drveta

Ekspanzija čelika, stakla i armiranog betona krajem 19. i početkom 20. vijeka otvara niz novih mogućnosti za arhitekte i nova arhitektonska dostignuća.

Tako su nastale prve, danas popularno zvane cilindrične ljuske..

Prvi svjetski rat i drugi svjetski rat doveli su do ekspanzije metalnih hangara u obliku cilindrične ljuske jer su kao takvi bili jednostavni za proizvodnju i transporta potrebni materijal je bio dostupan.

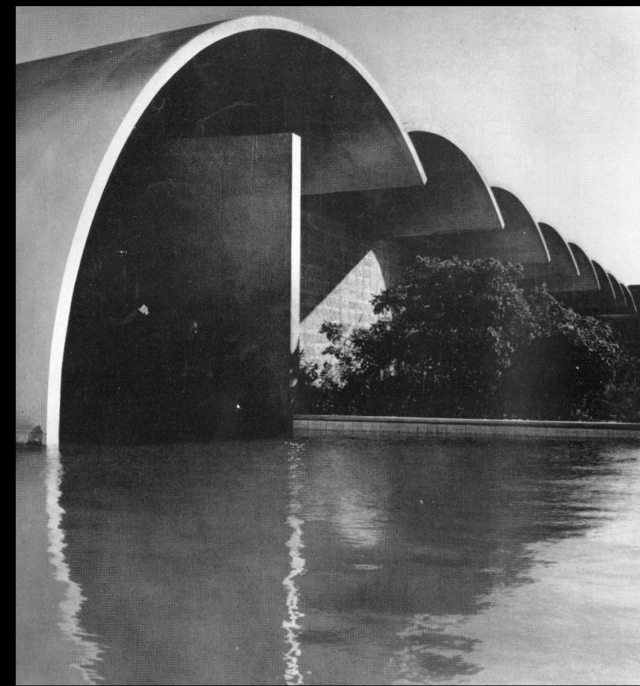
LJUSKE – OPĆENITO

Ljuska je zakrivljena plošna konstrukcija koja preuzima vanjska djelovanja primarno membranskim djelovanjem. To su:

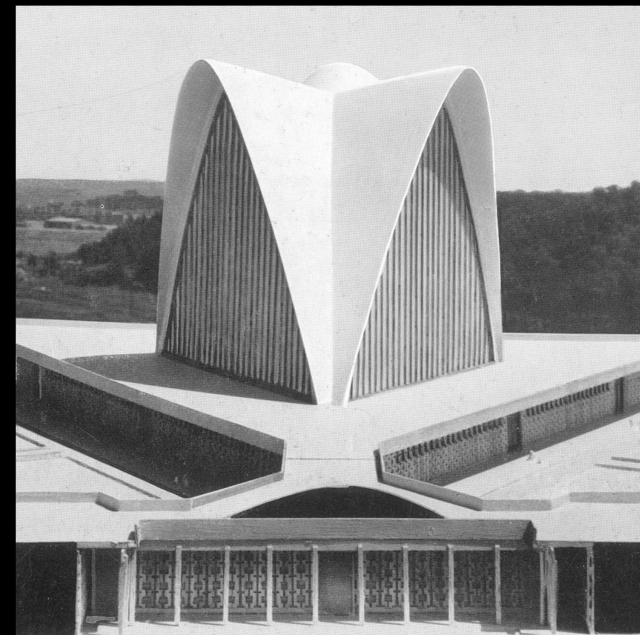
- ☒ tankostjene konstrukcije, debljine maksimalno $1/50$ do $1/100$ raspona.
- ☒ Ljuskom nazivamo vrlo tanak krivi prostorni nosač (membranu), koja ravnomjernim zakrivljavanjem u jednom ili oba pravca dostiže veliku prostornu krutost.
- ☒ Omogućuje premošćavanje velikih raspon, te pokrivanje velikih površina bez međuoslonaca.
- ☒ Relativno su lake konstrukcije koje su vrlo povoljne i ekonomične za primjenu krovnih konstrukcija.

Debljina ljuske h je mala u odnosu na druge dimenzije i u odnosu na glavni radijus zakrivljenosti ($\max h/R < 1/20$). Srednja površina ljuske je površina koja dijeli ljusku na dvije ljuske jednake debljine u svakoj tački ljuske. Time određujemo oblik i debljinu h u svakoj tački ljuske. Analiza ljuske se sastoji od sljedećih koraka:

- ☒ uspostavi ravnoteže diferencijalnog elementa ljuske
- ☒ ispunjenje uvjeta kompatibilnosti deformacija tako da svaki element ostane u kontinuitetu sa svim susjednim elementima nakon deformacije ljuske
- ☒ zakrivljenost ljuske je definirana odnosom ravnine koja tangira ljusku prema plohi ljuske



U.S. EMBASSY, / RICHARD NEUTRA, KARACHI, PAKISTAN.



NEW NORCIA CATHEDRAL, PIER LUIGI NERVI

OPĆENITO –ZAKRIVLJENOST

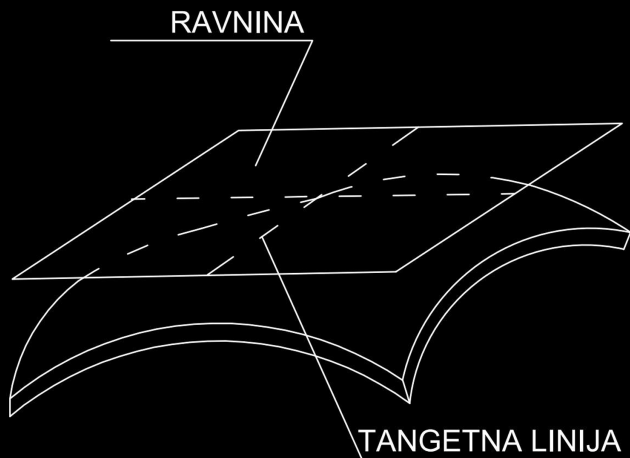
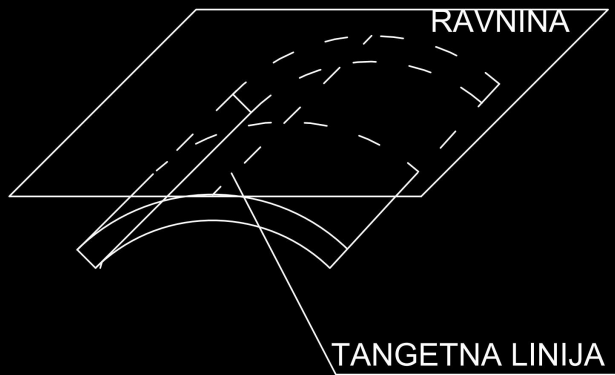
- ☒ Jednostruka zakrivljenost
- ☒ Dvostruka zakrivljenost

JEDNOSTRUKA ZAKRIVLJENOST:

- ☒ ako ravnina dodiruje plohu po ravnoj liniji
- ☒ ako prerežemo plohu ravinom okomitom na liniju dodira dobit ćemo zakrivljeni poprečni presjek
- ☒ razvijene plohe – mogu se razviti od ravnih ploha

DVOSTRUKA ZAKRIVLJENOST:

- ☒ postoje barem dvije međusobno okomite ravnine,
- ☒ koje prolaze dodirnom točkom,
- ☒ koje su okomite na tangentnu ravninu,
- ☒ presjek s plohom im je krivulja
- ☒ plohe dvostruke zakrivljenosti ne mogu se razviti

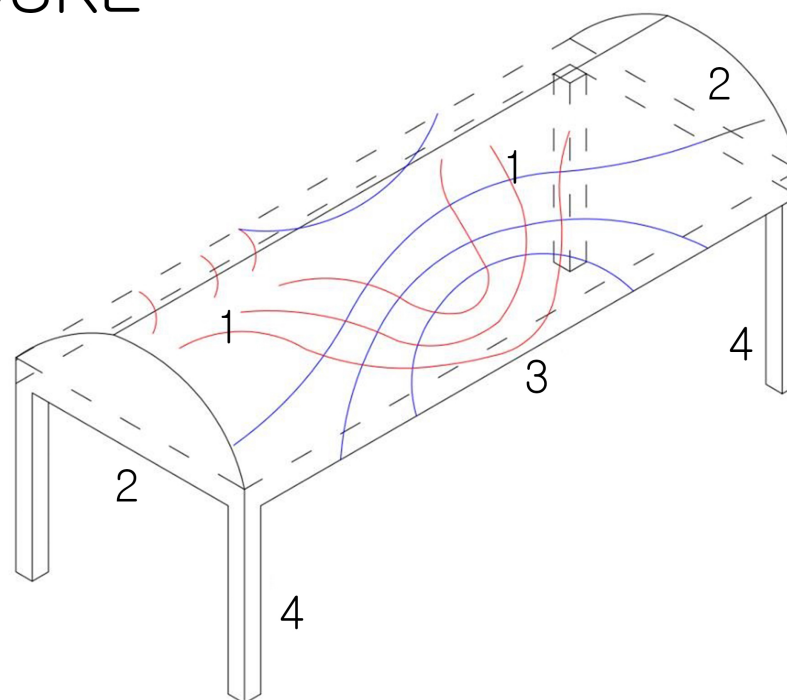


KONSTRUKTIVNI SISTEMI LJUSKE

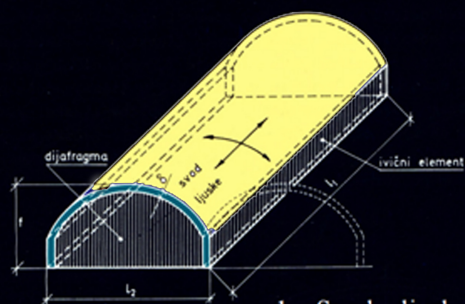
U ovoj vrsti konstrukcija javljaju se samo direktni, vlačni i tlačni (membranski) naponi, bez momenta savijanja (koji se mogu zanemariti) ali samo ako je ljuska ravnomjerno opterećena i oslonjena, odnosno membranski uravnotežena. Ravnomjerna opterećenja se kroz ljusku prenose neposredno na periferne oslonce.

Konstrukcionu cjelinu čine:

1. Tanka ljuska
2. Dijafragme (poprečna krutost)
3. Ivične grede (podužna krutost)
4. Oslonci (uglavnom stubovi).



SASTAVNI ELEMENTI CILINDRIČNE LJUSKE su:



1. Svod – ljuska $\delta=6\text{cm}$ do 10cm
2. Ivični elementi
3. Dijafragme

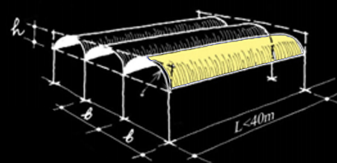
□ Mogu biti kontinualne ljuske sa međudijafragmama $h = L/15$ do $L/8$

$b = 7.5$ do 15m

$L < 40\text{m}$

$d = L/300$ do $L/400$, tj. $4 - 10\text{cm}$

- Mogu biti jednotalasne i višetalasne ljuske





STATIČKA SVOJSTVA CILINDRIČNE LJUSKE

STATIČKA SVOJSTVA CILINDRIČNIH LJUSKI

- ☒ Dobra otpornost na pritisak, zatezanje i savijanje
- ☒ Ponašaju se slično kao i grede sa polukružnim poprečnim presjekom
- ☒ Izvijanje može biti spriječeno postavljanjem dodatnih rebara ili horizontalnih panela.

Ove ljuske rade kao grede tankog krivolinijskog preseka sa velikim otpornim momentom :

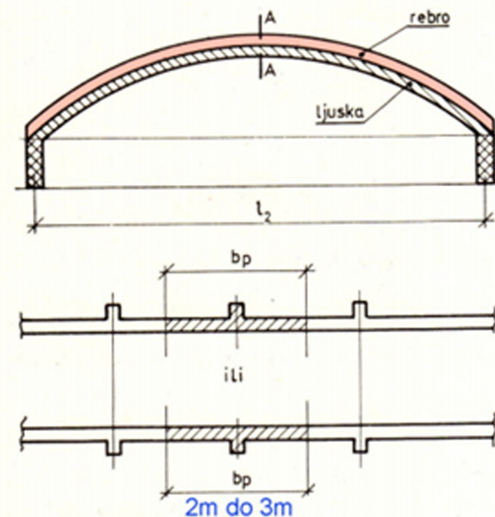
- ☒ Oslonački pritisci prenose se na dijafragme

Cilindrične ljuske mogu biti:

- ☒ glatke
- ☒ rebraste sa rebrima ispod ili iznad svoda (ljuske)
- ☒ Rebra su na rastojanju $\lambda=2\text{m}$ do 3m i po pravilu su iznad svodne ploče
- ☒ Visina rebra je $h_r > 12/25$
- ☒ Ljuske sa rebrima tretiramo sa ekvivalentnom debljinom δ_{ekv}
- ☒ Ljuska ima konstantnu debljinu osim uz oslonce gde se povećava za min. 2cm do $3\delta_2$



CENTAR ZA PRIMJENJENU UMJETNOST / MOSHE SAFDIE / KANSAS CITY / 2011



$$\delta_{ekv} = \sqrt[3]{\frac{12 \cdot J}{\lambda}}$$

J = moment inercije rebra T preseka (na sl.49-šrafirano)

λ = osno odstojanje rebara

VIČNI ELEMENTI CILINDRIČNE LJUSKE SLUŽE ZA:

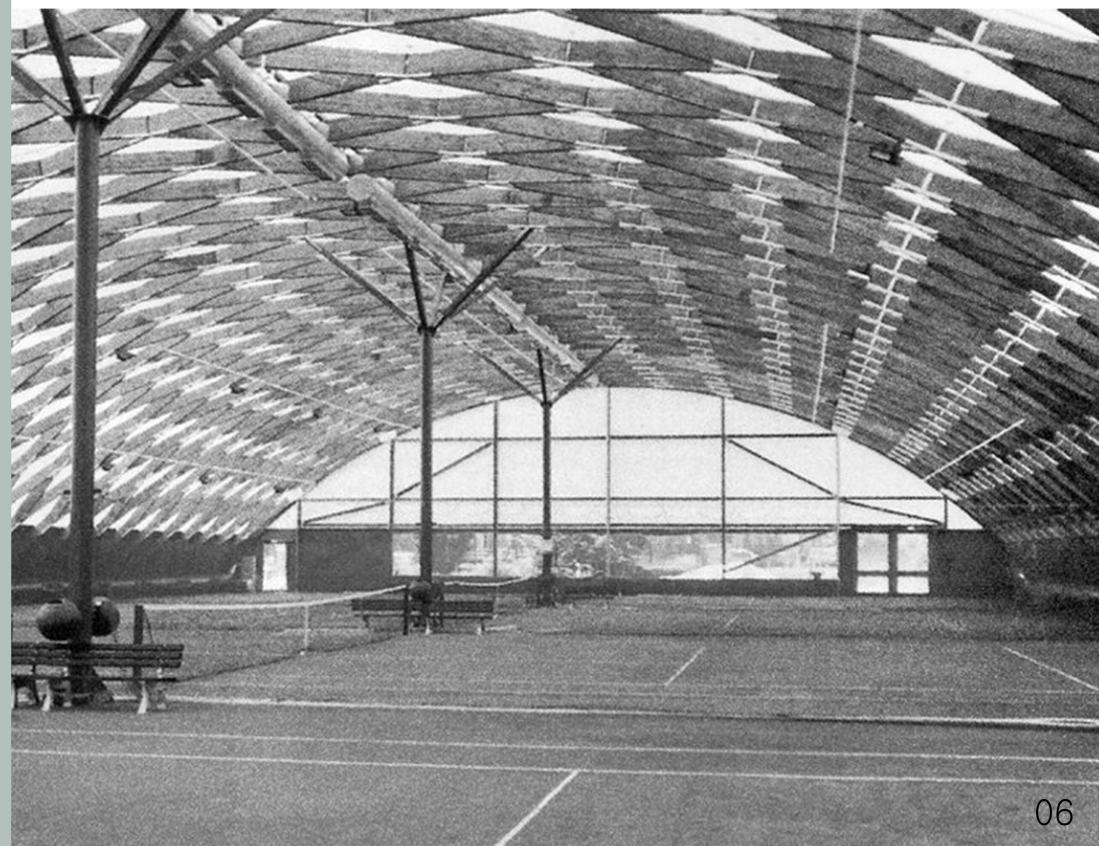
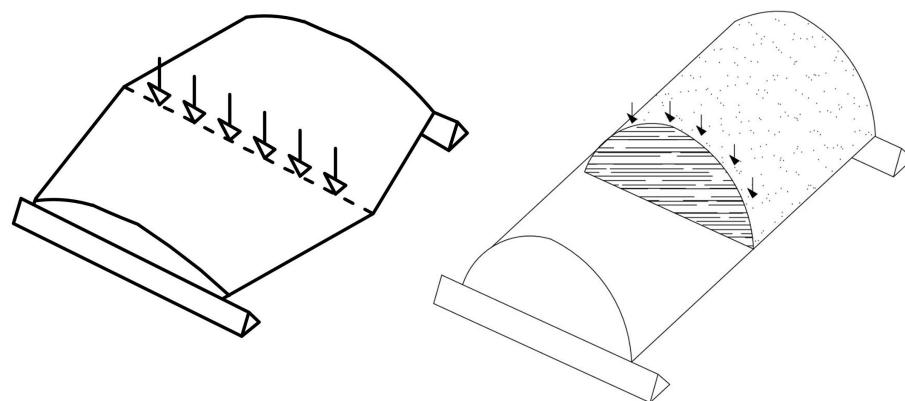
- ☒ Smeštaj zategnute armature,
- ☒ Smanjenje horizontalnih pomeranja

HORIZONTALNA POMERANJA ZAVISE OD:

- ☒ Raspona (rastojanja dijafragmi)
- ☒ Da li je ljuska glatka ili rebrasta
- ☒ Načina oslanjanja krajeva ljuske
(na zid ili stub)

PROBLEM STABILNOSTI JEDNOSTRUKO
ZAKRIVLJENIH LJUSKI:

- ☒ OTKAZIVANJE STABILNOSTI
- ☒ POBOLJSANJE PREDVIĐANJEM DIJAFRAGME

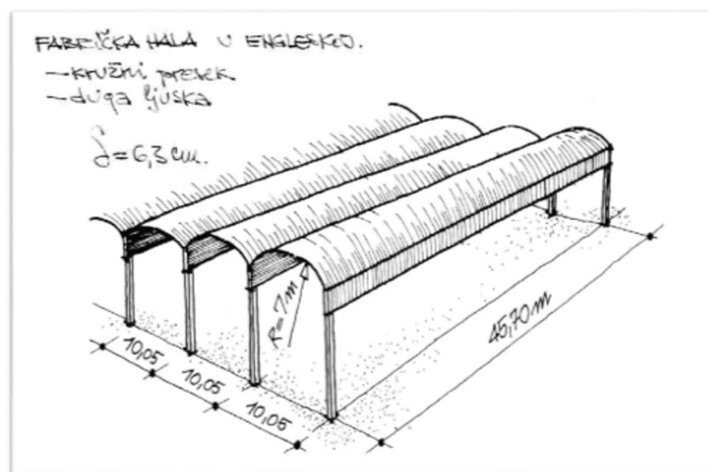
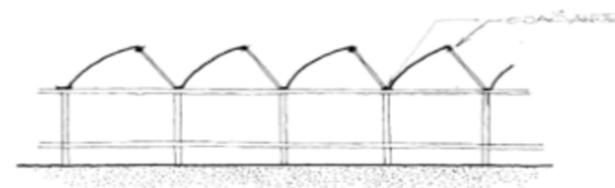
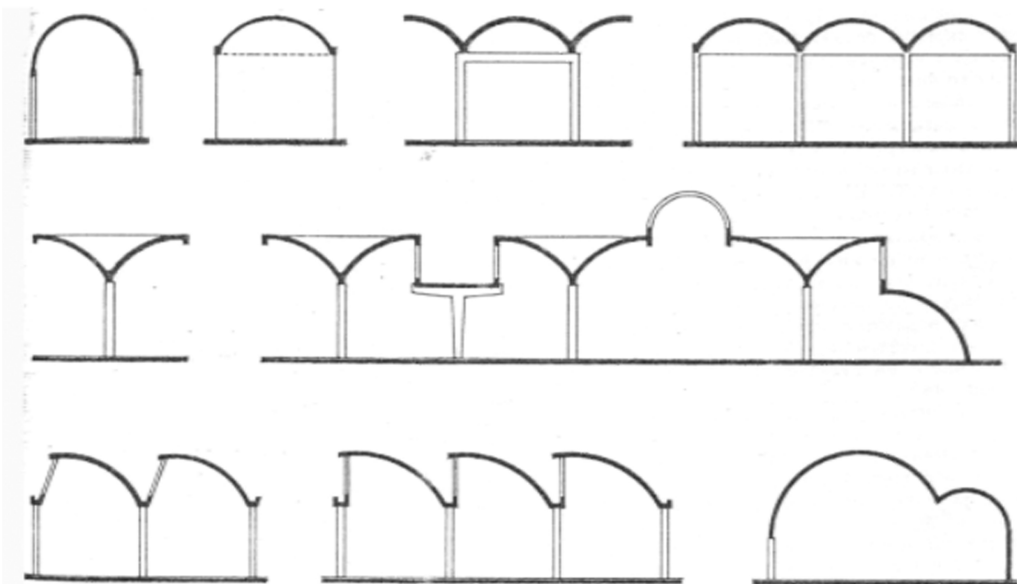
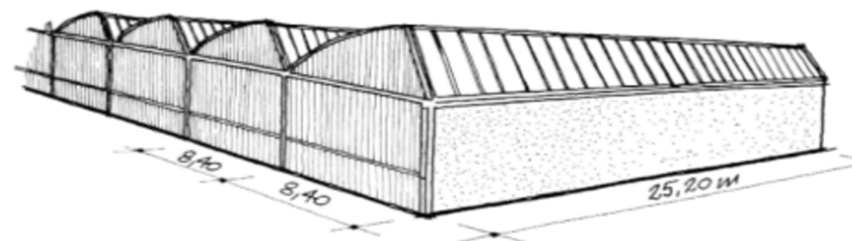




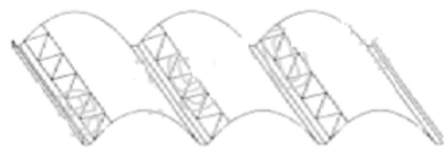
OTVORI NA LJUSKAMA

ESTETSKO OBLIKOVNI KARAKTER CILINDRICNIH LJUSKI:

- ☒ Razne mogućnosti konfiguracija:
- ☒ Presjeci od pola ili četvrtine kruga ili druge zakrivljene forme (npr. leptira)
- ☒ Također moraju imati zatvorene krajeve ili mogu biti otvorene na jednom ili oba kraja.



PARALERNO FORMIRANJE KROVNE FORME CILINDRICNE LJUSKE



Popularna rješenja za prirodno osvjetljenje industrijskih zgrada. Otvori mogu biti nagnuti u formu ljuske ili ravni na vrhu ili u vertikalnoj ravni ljuski u obliku četvrtine kruga.

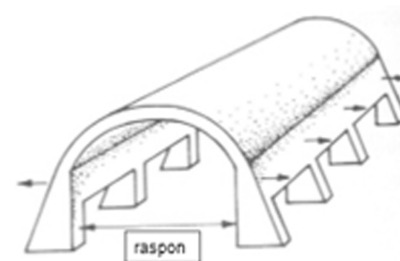
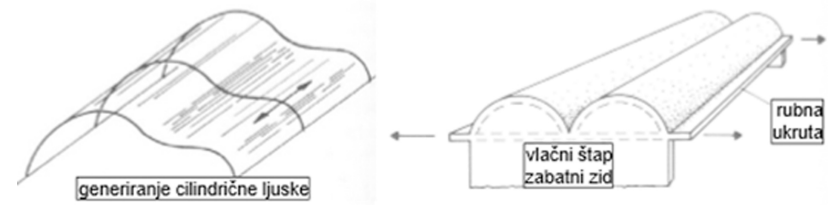
TIPOVI I VRSTE LJUSKI

CILINDRIČNE LJUSKE

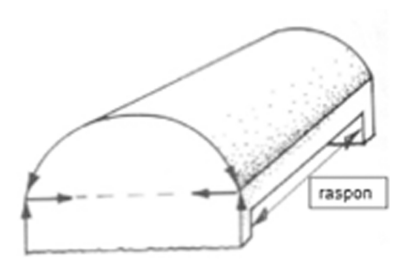
LJUSKE su tankostijene konstrukcije. Ljuskom nazivamo vrlo tanak krivi prostorni nosač (membranu), koja ravnomjernim zakrivljavanjem u jednom ili oba pravca dostiže veliku prostornu krutost. Omogućuje premošćavanje velikih raspona, te pokrivanje velikih površina bez međuoslonaca. Relativno su lake konstrukcije koje su vrlo povoljne i ekonomične za primjenu krovnih konstrukcija. Cilindrične površine nastaju kada horizontalni pravac klizi po vertikalnoj krivulji na koju je okomit.

- ☒ Krivulja po kojoj klizi je najčešće kružnica, ali može biti i elipsa ili bilo koja druga krivulja okrenuta konavno prema dole.
- ☒ Isto tako se cilindrična ljuska može izvesti iz niza cilindara okrenutih naizmjenično gore i dole, rubno spojenih i tako dobijamo valovite ljuske
- ☒ generiramo ih pomicanjem krivulje paralelne samoj sebi uzduž pravca ili obrnuto
- ☒ pomicanjem pravca uzduž krivulje, što pokazuje da se radi o plohi jednostruke zakrivljenosti.

Zahtijevaju oslanjanje na krute zabatne zidove, da bi zadržale oblik i da se osigura membransko djelovanje slobodne rubove treba ojačati da se izbjegne lokalno izbočavanje i savijanje. Cilindrična ljuska može izgledati slično svodu, ali je njeno ponašanje potpuno drugačije.



SVOD



CILINDRIČNA LJUSKA

SVOD

- ☒ ravninska struktura funikularnog oblika
- ☒ nosi po širini s oslanjanjem po uzdužnim rubovima
- ☒ zabati nisu potrebni

CILINDRIČNA LJUSKA

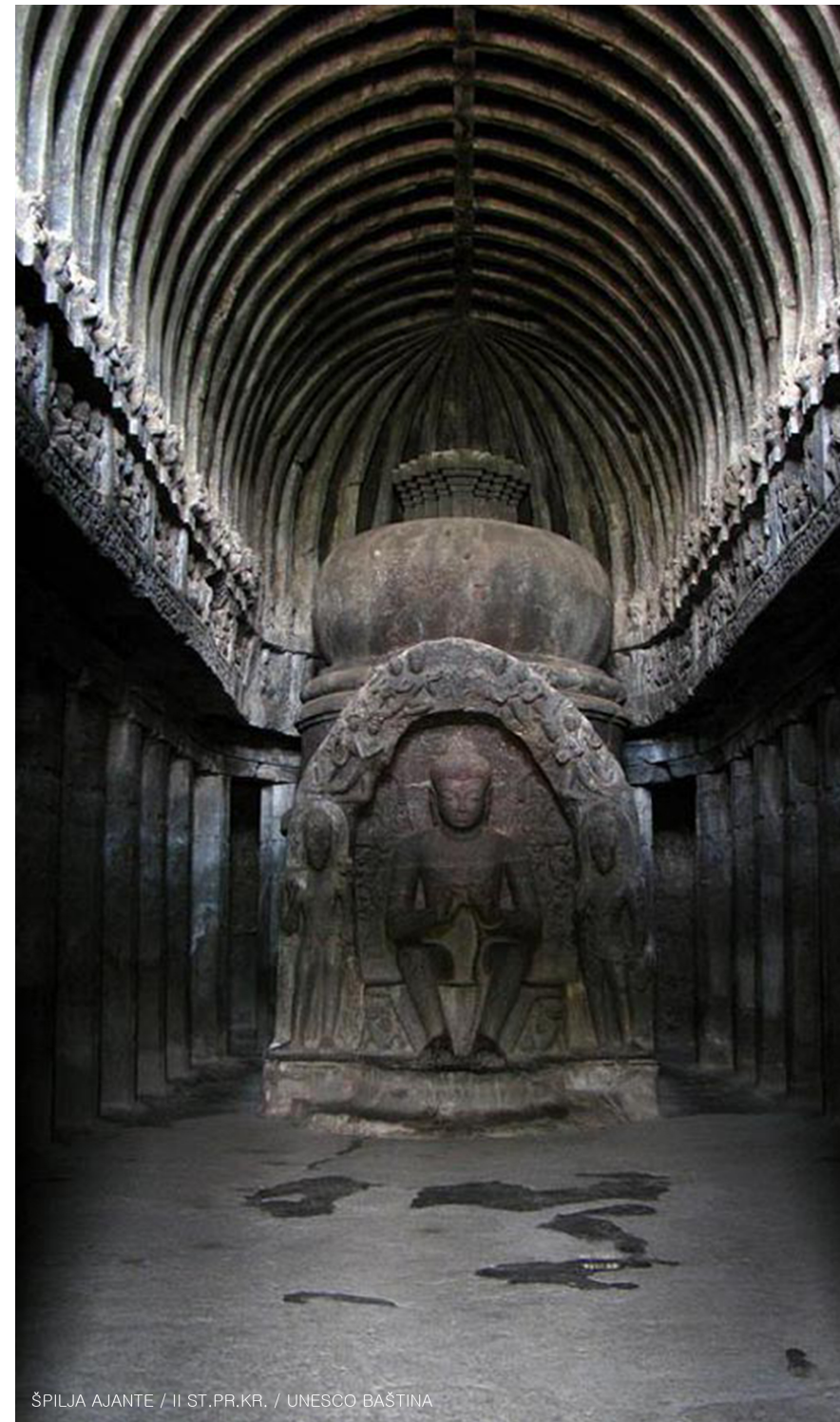
- ☒ ploha jednostruke zakrivljenosti
- ☒ nosi u smjeru duljine
- ☒ oslanjanje na krute zabatne zidove

HISTORIJSKI RAZVOJ LJUSKE

Rani oblik cilindrične ljuske je bio bačvasti svod, koji se javlja još u doba ranih civilizacija, Egipta i Mezopotamije, međutim oblik konstrukcije nije bio učestalo. Špilje Ajante čini 29 špiljskih hramova isklesanih u stijenama Ajante u dvije faze, u 2. stoljeću pr. Kr. (za dinastije Satavahana) i u 5. stoljeću (za dinastije Vakataka). Oni su isklesani u stijenama klanca "U" oblika rijeke Waguma i u njima se nalaze neke od najljepših budističkih zidnih slika u Indiji. Zato su 1992. godine upisani na UNESCO-v popis mjesta svjetske baštine u Aziji i Oceaniji.

Tehnika je vjerojatno evoluirala iz potrebe da se izgrade objekti sa zidanim elementima, kao što su opeka ili kameni blokovi u područjima u kojima je drvo bilo rijetko. Najraniji poznati primjer svoda bio je tunel pronađen ispod Sumerijskog zigurata u Nipuru koji datira još od 4000 godine prije Krista, koji je sagrađen od pečene cigle pomješane sa glinom. Bačvasti svodovi su u ovom periodu korišteni za podzemne konstrukcije, kanalizaciju, odvodnju podzemne vode i sl.

Rimljani su ovo znanje o bačvastim svodovima naslijedili od Etruščana. Oni su bili prvi koji su se koristili ovom metodom, i prvi koji su koristili bačvaste svodove na objektima velikih raspona. A vjerojatno su bili prvi koji su koristili skele u izgradnji svodova u rasponu od širine veće od bilo čega prije viđenog.



ŠPILJA AJANTE / II ST.PR.KR. / UNESCO BAŠTINA

Međutim, rimski graditelji postepeno su počeli preferirati korištenje krstastih svodova, iako složeniji za podizanje, ova vrsta svoda ne zahtijeva teške, debele zidove za potporu, i na taj način je omogućila više prostrane zgrade s većim otvorima i mnogo više svjetlosti, kao što su terme.

Grobnice u Egiptu su građene u ovom obliku, jedna od ovakvih grobnica pripada Ramsesu II



Nakon pada Rimskog carstva, nekoliko zgrada koje su koristile ovaj sistem pravljene su nekoliko stoljeća. U romanici se ponovo služe kamenim bačvastim svodovima i to se vidi na prvim velikim katedralama, njihova unutrašnjost bila je poprilično tamna, zbog debelih, teških zidova potrebnih za potporu. Jedna od najvećih i najpoznatijih crkava zatvorenim odozgo ogromnim bačvastim svodom bila je crkva Opatija Cluny, sagrađena između 11. i 12. stoljeća.

U 13. i 14. stoljeću dolaskom gotičkog i romaničkog stila, bačvasti svodovi su gotovo izumrli u konstrukciji velikih gotičkih katedrala; krstasti svodovi ojačani kamenim rebrima koristili su se uglavnom u početku, a kasnije i na razne načine razvili.

Slika stropa Sikstinske kapele (bačvasti svod)



Medjutim dolazkom renesanse i baroka ozivio je interes za umjetnoscu i arhitekturom antike; ponovo dolazi do upotrebe bacvastog svoda koji je iskoristen za neke od najvećih crkvi kao što su Basilica di Sant'Andrea di Mantova (Leone Battista Alberti), San Giorgio Maggiore (Andrea Palladio), i možda najveličanstvenija od svih, St. Peter's Basilica u Rimu, gdje se bacvasti svod prostire na 27m.

Tokom klasicizma koristio se bacvasti svod kao i u doba renesanse i baroka Zasluge za teoretsko i praktično obrazloženje ljuskaste konstrukcije pripada inženjerima Walteru Bauersfeldu i Franzu Dischingeru. Doduse u literature krajem XIX i početkom XX vijeka mogu se već naći prvi pokušaji proračunavanja ovakvih konstrukcija, ali do praktične primjene teorije nije doslo. Bauersfeld i Dischinger su početkom dvadesetih godina prvi obuhvatili ovaj problem kako s teorijske, tako i s praktične strane, i time položili temelj jednom od najzanimljivijih razvoja na polju inženjerskih konstrukcija

Od tog doba razvoj ljuskastih konstrukcija je stalno napredovao.

☒ Dvadesetih godina nastale su prve školjkaste i kupolaste ljuske, izgrađene po postupku Zeiss–Dywidag, koji su razvili Bauersfeld i Dischinger

☒ 1934. G. Baroni u Milanu sagradio je prvu hiperbolično–paraboloidnu ljusku, a 1938. Prvu ljusku u obliku izvrnutog kisobrana

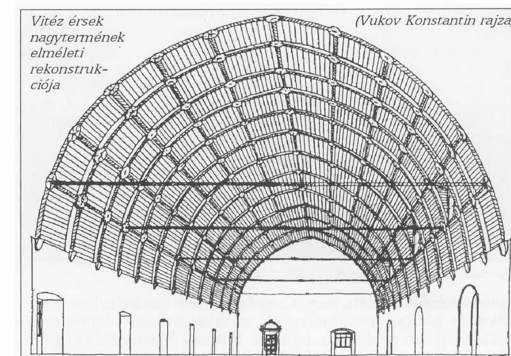
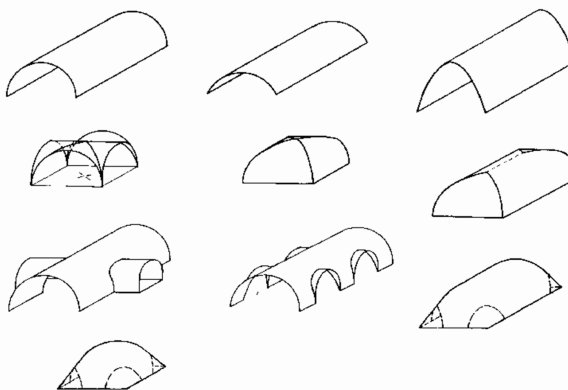
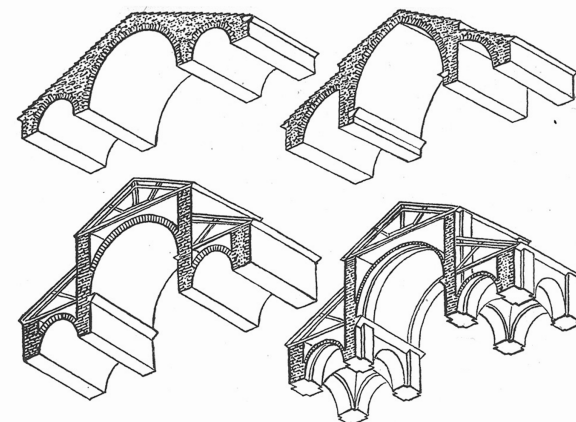
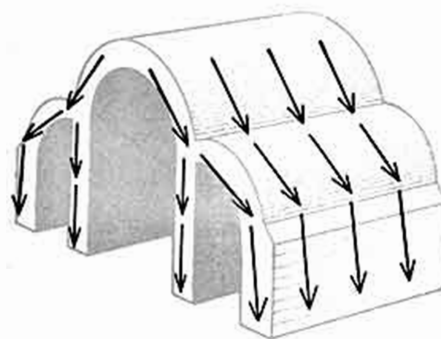
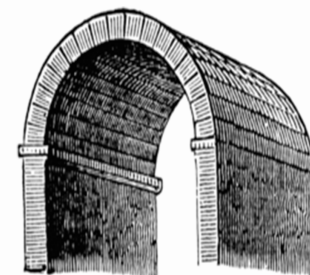
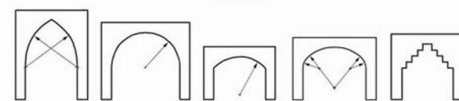
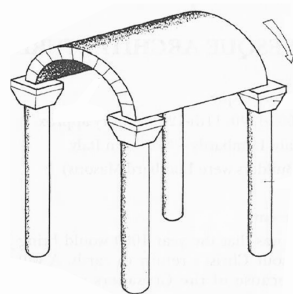
☒ Između 1931 i 1933 godine nastalo je više hala u vidu pravilnih površina pri čemu je debljina ljuske za raspona između 30 i 50 metara iznosila samo 5–6 cm

☒ Eduardo Torroja– nacrti za presvođene trznice u Algecirasu (1934), konjskog trkalista kraj Madrida i hale za loptacke utakmice u madridu (1935)

☒ Ni Le Corbuisier ni Bauer ni Gropius nisu se bavili ljuskastim konstrukcijama tokom dvadesetih i tridesetih godina. Tek danas kad se arhitektura mijenja, arhitekta u ljuskastim konstrukcijama nalazi pogodno sredstvo da ostvari svoje zamisli

☒ Prvi oblik cilindricne ljuske je napravljen 1957 godine i bio je 50 stopa dugacak, i 20 stopa širok.

BAČVASTI SVOD



HISTORIJSKI RAZVOJ CILINDRIČNE LJUSKE



MUZEJ ORSAJ / PARIZ



VATIKANSKI MUZEJ

KOTARO IDE/ARTECHNIC ARCHITECHTS
SHELL HOUSE, 2008

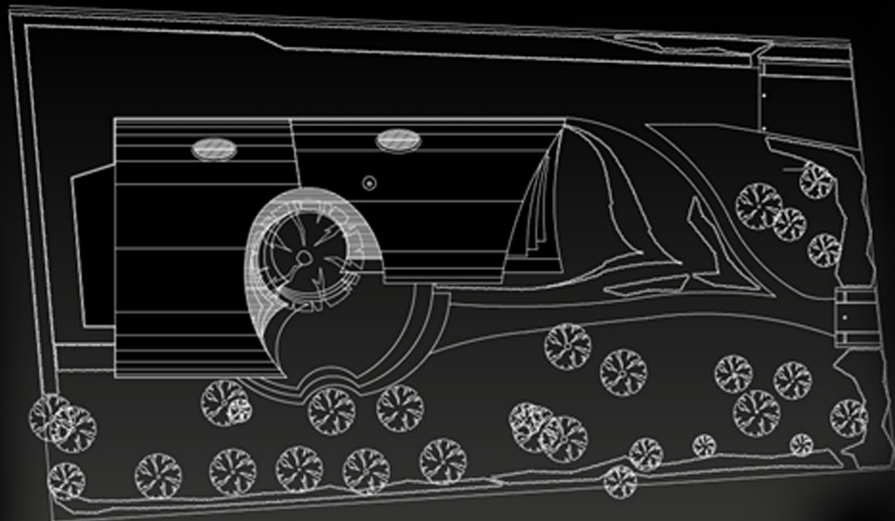
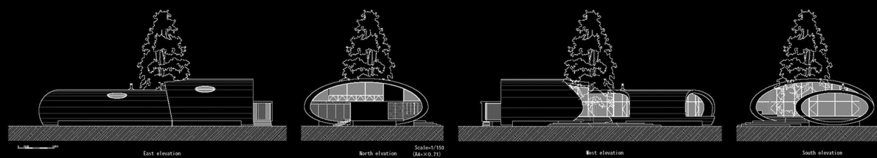
LOKACIJA: KARUIZAWA, KITIDSKU, NAGAND
GODINA IZGRADNJE: 2008
NAMJENA OBJEKTA: PRIVATNA VILA

GABARITNE INFORMACIJE:

DVOSPRATNICA MAKSIMALNE VISINE 6,5m POVRŠINA SPRATA

JE 61.85m² , UKUPNA POVRŠINA PARCELE JE 1711.03m²

OPIS KONSTRUKCIJE: KROV I VANJSKI ZIDOVI OBRADENI SU
NATUR BETONOM S UTISNUTOM OBLOGOM, OTVORI SU IZRAĐENI
DO ALUMINIJSKIH I METALNIH PROFILA. OBRADA PODOVA JE OD
ULIN DRVETA DEBILJINE 20mm SA ZAŠTITNOM PENETRATIVNOM
FARBOM. ZIDOWI ENTERIJERA DJELIMIČNO SU OBRADENI
ŠPERPLOČOM TIKOVINE SA ZAVRŠNOM OBRADOM ULJEM, POD
ULAŽA OBRADEN JE BETONOM I PREFARBAN BOJOM.



BODEGAS PROTOS

LOKACIJA: FRANCUSKA

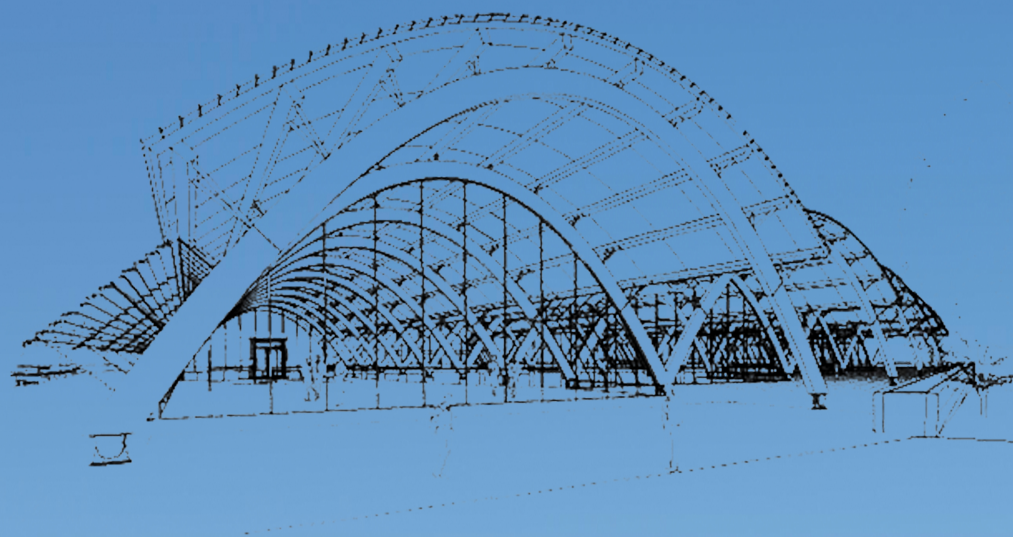
ARHITEKTA: RICHARD ROGERS+PARTNERS

GODINA IZGRADNJE: 2014

NAMJENA: INDUSTRIJSKI OBJEKAT

OPIS KOSTRUKCIJE:

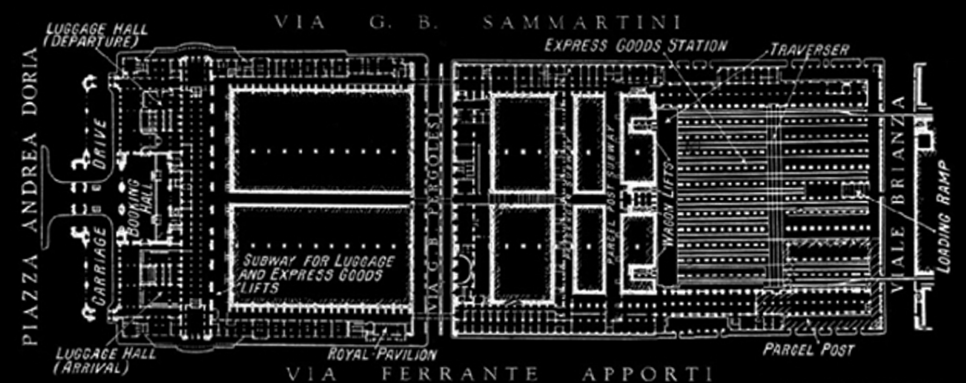
SVAKI OD OVA DVA ELEMENTA KOJI ČINE ZGRADU, BAZA I LAGANA STRUKTURA, IMA SVOJE POSEBNE ZNAČAJKE, OVISNO O SVOJOJ SVRSI. BAZA JE USIDRENA U ZEMLJU TEŽUĆI DA STVORI OKVIR ZA LAGANU KONSTRUKCIJU KOJA LIJEŽE NA GORNJOJ HORIZONTALNOJ RAVNI. KROVNE ZAŠTITE SPRIJEČAVAJU DIREKTNO ZAGRIJAVANJE STAKLENE FASADE. POSTAVLJENE SU U STRUKTURNIM MODULIMA OD 9 METARA NA JUŽNOJ STRANI, 18 METARA NA ISTOKU I POSTAVLJENA JE ZAŠTITNA REŠETKA NA ZAPADU. VANJSKI SLOJ CILINDRIČNOG KROVA JE ZASTICEN TERAKOTA PLOČAMA VELIKOG FORMATA I ŠUPLJEG PRESJEKA.





ŽELJEZNIČKA STANICA U MILANU
 ARHITEKTA: ULISSE STACCHINI
 GODINA IZGRADNJE: 1925.
 OTVORENA: 1. JULA 1931

GABARITNE INFORMACIJE:
 FASADA JE ŠIROKA 200 METARA, A
 NJEN SVOD JE 72 METRA VISOK. IMA 24
 PLATFORME. STANICA NEMA DEFINIRAN
 ARHITEKTONSKI STIL, VEĆ PREDSTAVLJA MJEŠANJE RAZLIČITIH STILOVA,
 NAROČITO ART NOVEAU I ART DECO.



ARGANZUELA FOOTBRIDGE

INZINJER: JULIO MARTINEZ CALZON

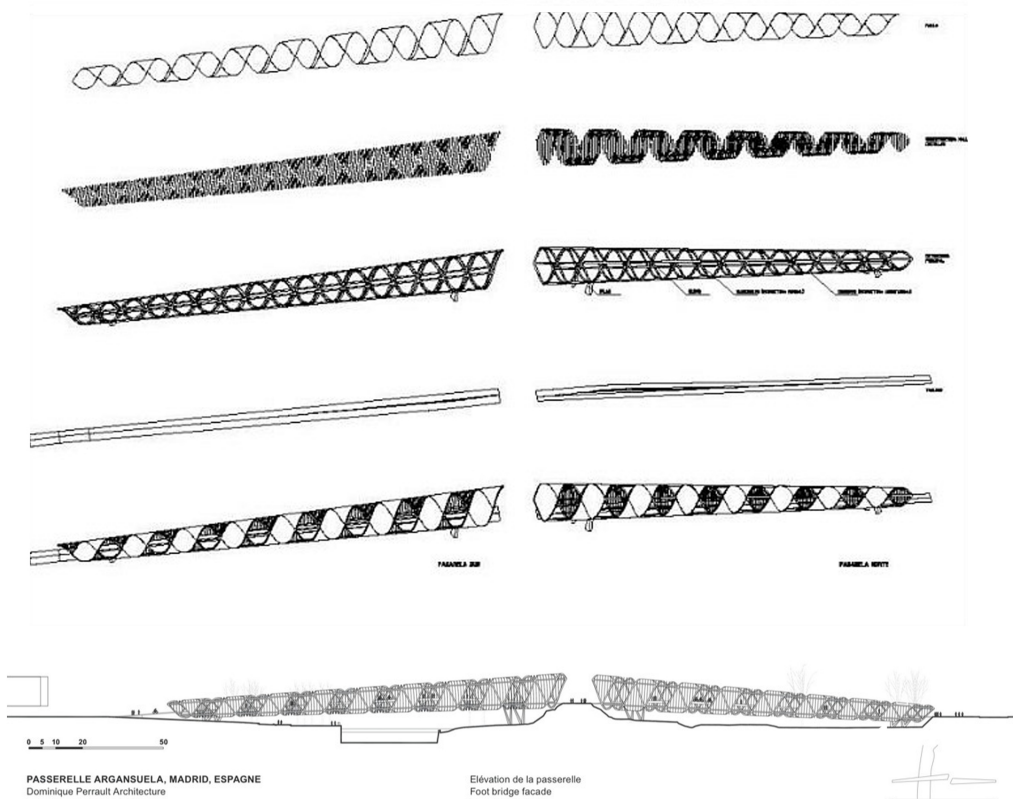
GODINA IZGRADNJE: 2010/ 2011

LOKACIJA: MADRID

NAMJENA: MOST

SIRINA: 5-12 METARA

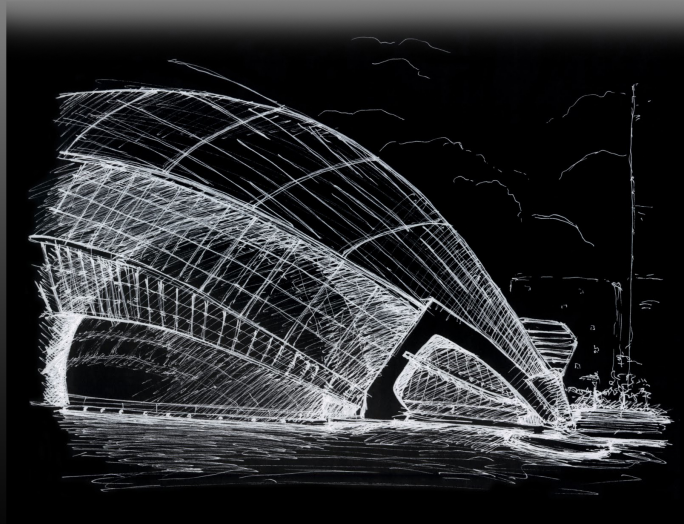
DUZINA: 278 METARA



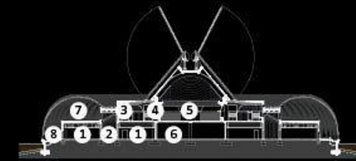
DPA



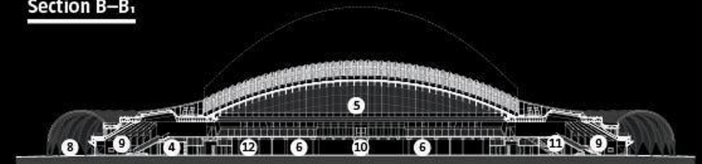
CITY OF ARTS AND SCIENCES
ARHITEKTA: SANTIAGO CALATRAVA I FELIX CANDELA
GODINA IZGRADNJE: 1998
LOKACIJA: VALENCIA-SPANIJA
NAMJENA: KULTURA I NAUKA



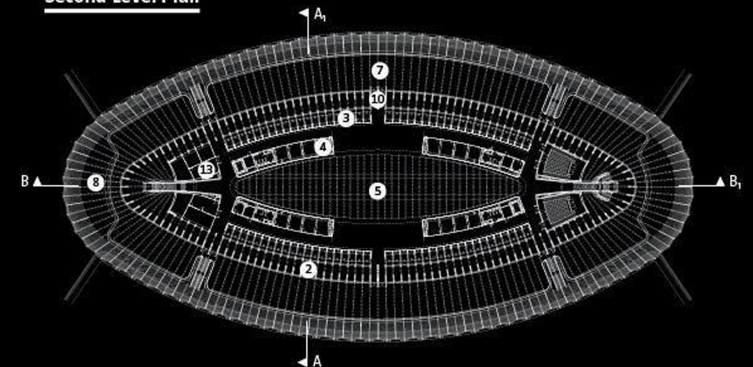
Section A-A₁



Section B-B₁



Second-Level Plan



- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| 1. Classroom/laboratory | 8. Arcade |
| 2. Longitudinal corridor | 9. Entry lobby |
| 3. Faculty office | 10. Corridor |
| 4. Meeting room | 11. Great hall |
| 5. Commons | 12. Storage |
| 6. Mechanical room | 13. Administration suite |
| 7. Terrace | |

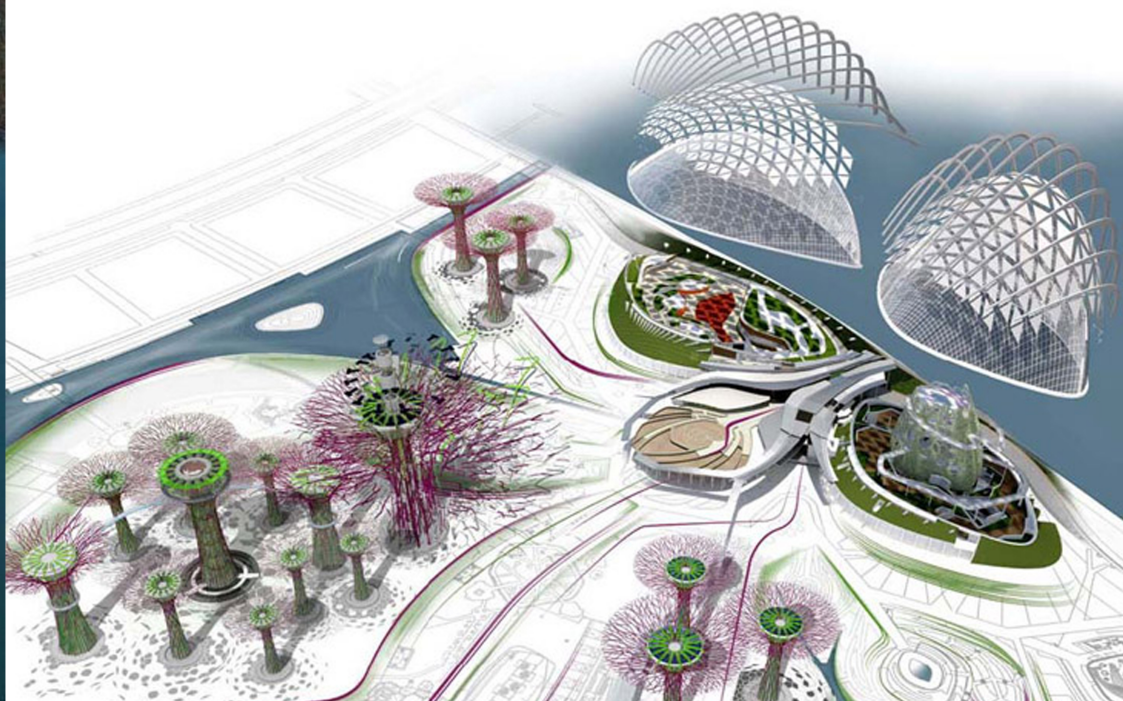




GARDENS BY THE BAY
 LOKACIJA: SINGAPUR
 GODINA IZGRADNJE: 2012
 NAMJENA: NACIONALNI PARK
 ARHITEKTA: Grant Associates, Wilkinson Eyre Architects, Atelier Ten, Atelier One
 OBUHVAT: 101 HA

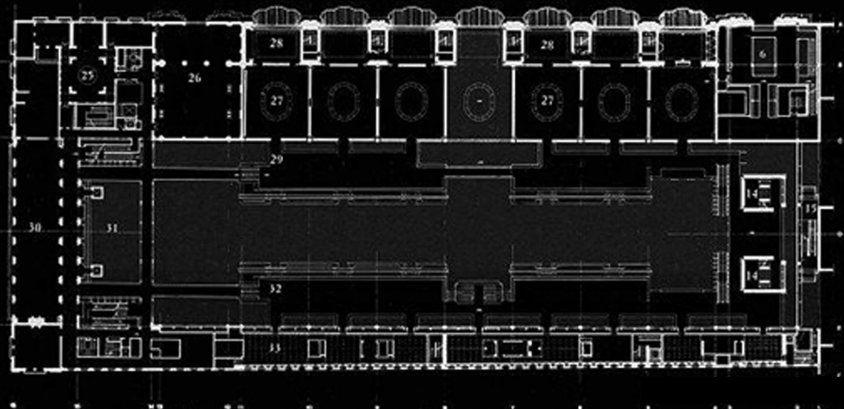
GARDENS BY THE BAY

“Bašte uz obalu” predstavljaju nacionalni park Singapura kojem je za cilj da se podigne kvaliteta život uz povećanje zelenih površina u gradu. Ovaj projekat predstavlja nacionalnu ikonu grada. Na konkurs 2006. godine se prijavilo 170 firmi iz 24 zemlje svijeta.

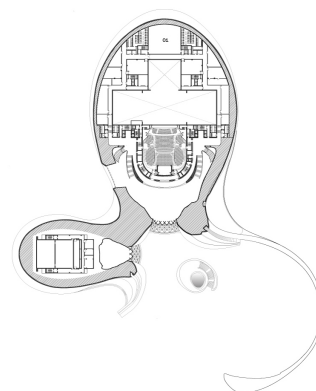
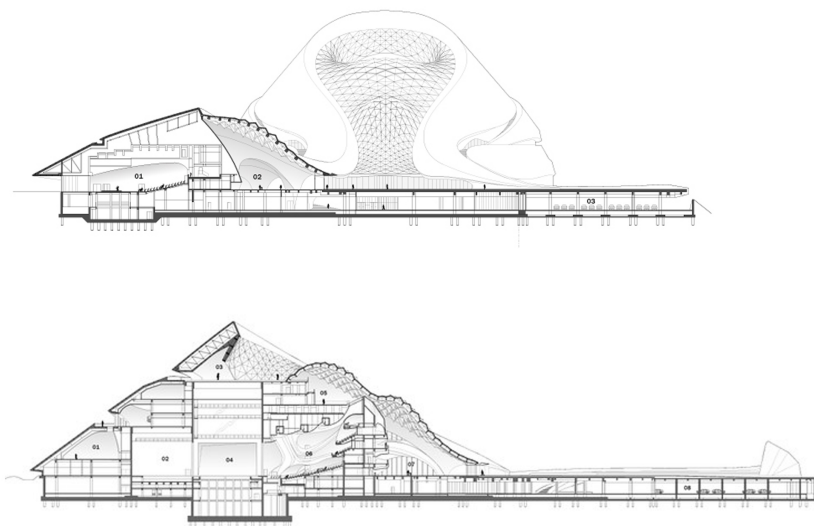




ORSAY MUZEJ U PARIZU
 LOKACIJA: PARIZ, FRANCUSKA NA LIJEVOJ STRANI OBALE RIJEKE SENE
 NAMJENA: MUZEJ, PRVOBITNO ZGRADA ŽELJEZNIČKE STANICE GARE' DORSAY
 ZGRADU DIZAJNIRALA 3 ARHITEKTA: Lucien Magne, Émile Bénard i Victor Laloux



HARBIN OPERA HOUSE
ARHITEKTA: MAD ARCHITECTS
LOKACIJA: KINA
GODINA IZGRADNJE: 2015
NAMJENA: OPERA HOUSE
POVRSINA: 78 000 m²





OSCAR NIEMEYER / CRKVA FRANJE ASIŠKOG U PAMPULHI

LOKACIJA: PAMPULHA, BRASIL

GODINA IZGRADNJE: 1943.

NAMJENA OBJEKTA: VJERSKI OBJEKAT

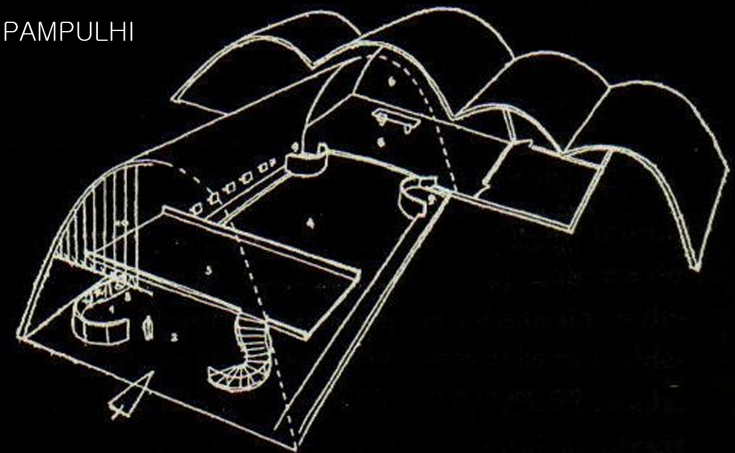
GABARITNE INFORMACIJE:

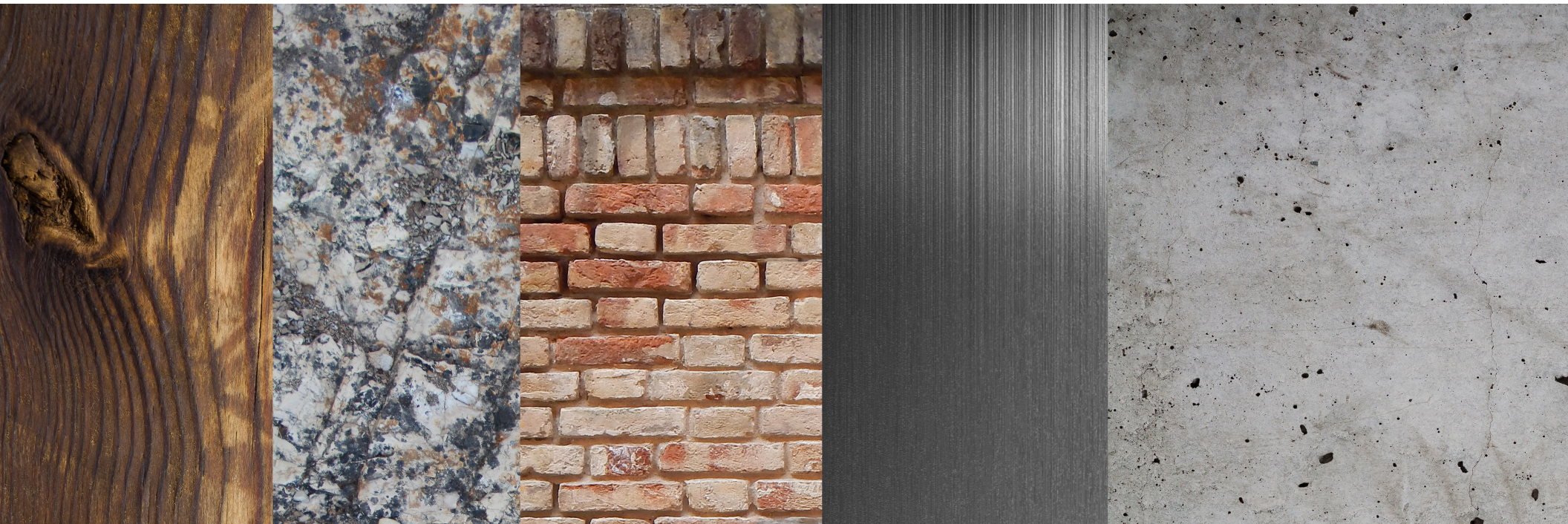
POVRŠINA OBJEKTA JE 180m²,

VISINA JE 5m, A DUŽINA JE 36m

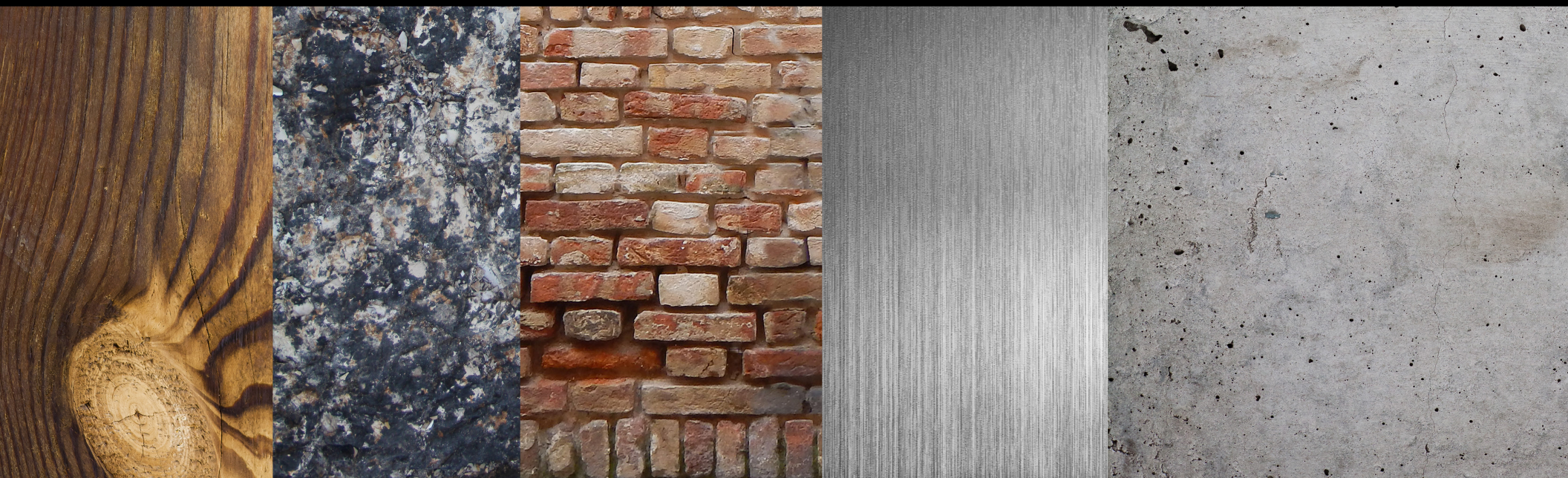
OPIS KONSTRUKCIJE:

OSNOVA I OBLIKA PREKRIVENA JE
PREKLOPLJENIM VALOVITIM BETONSKIM LJUSKAMA,
VERTIKALNI BOČNI ZIDOVI OSLIKANI SU MOZAIKAMA.





MATERIJALI

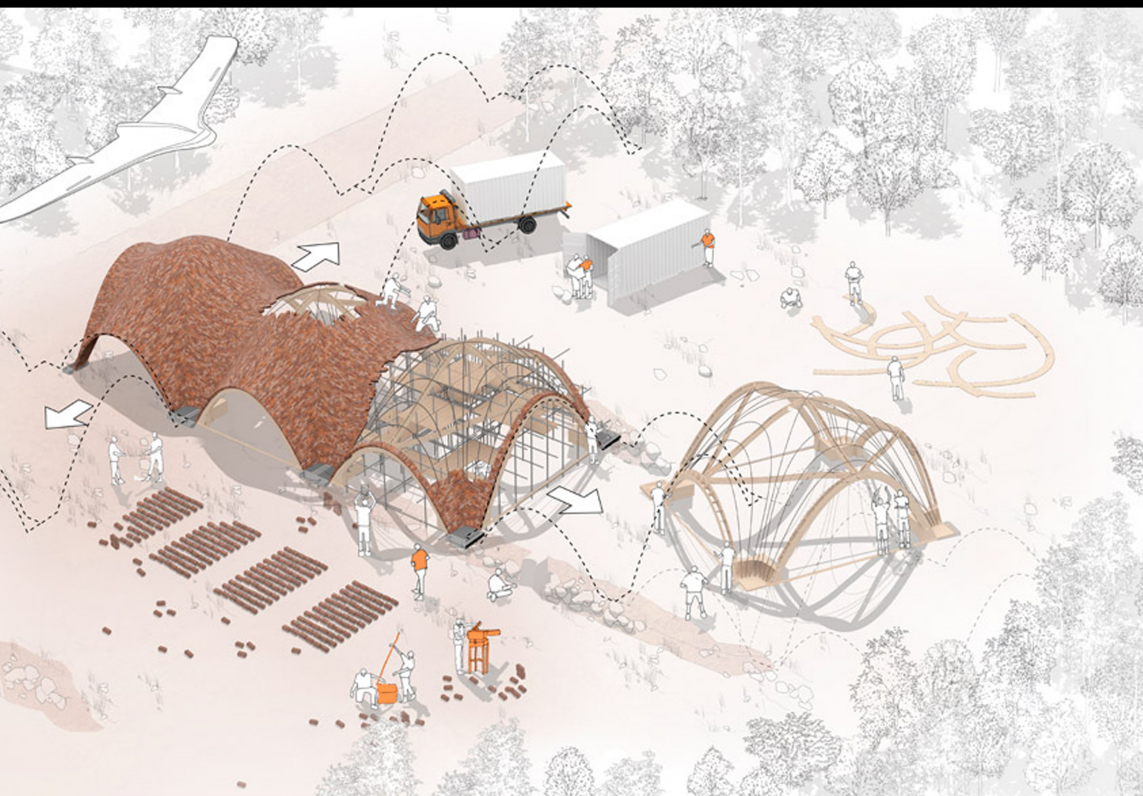


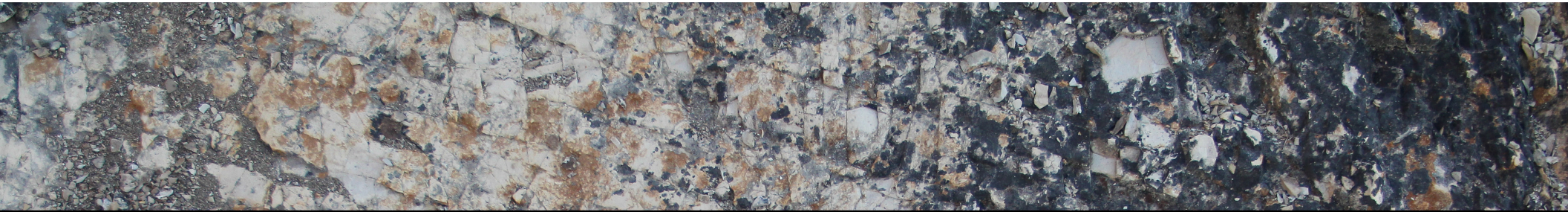
DRVO

DRVO KAO GRAĐEVINSKI MATERIJAL U ARHITEKTURI IMA ŠIROKU PRIMJENU, OD KONSTRUKTIVNO – STRUKTURALNOG DJELA ARHITEKTONSKIH OBJEKATA (STUBOVI, GREDE, TAVANICE, KROVOVI), DO OBLOGA I DIZAJNERSKIH PRISTUPA RJEŠAVANJA ARHITEKTONSKOG PROSTORA (PODNE, ZIDNE, PLAFONSKJE OBLOGE).

ZAJEDNO SA KAMENOM, DRVO PREDSTAVLJA JEDAN OD NAJPOZNATIJIH I NAJVIŠE KORIŠTENIH MATERIJALA U GRAĐEVINARSTVU.

OVISNO O RASPONU I FUNKCIJI OBJEKTA, DRVO SE OBRAĐUJE SA RAZLIČITIM EMULZIJAMA ILI SE LAMELIRA.





KAMEN

KAMEN KAO GRAĐEVINSKI MATERIJAL JE TEŽAK I KRUT, U STANJU JE PODNJETI VELIKI PRITISAK ALI NIJE POGODAN ZA PREMOŠTAVANJE VELIKIH RASPONA.

U KONSTRUKCIJI BAČVASTOG SVODA, SILE SE PRENOSE SA VRHA LUČNE KONSTRUKCIJE PREMA OSLONCIMA. OVAKVO KRETANJE SILA ZAHTJEVA DEBELE ZIDOVE, ZATEGE I KONTRAFORE. ZA KREIRANJE KAMENIH BAČVASTIH I KRSTASTIH SVODOVA KORIŠTENO JE DRVO KAO KALUP I PRIVREMENI OSLOMAC.

KAMEN JE KROZ HISTORIJU PRATIO RAZVOJ ARHITEKTONSKIH KONSTRUKCIJA, KAKO TEKTONSKIH TAKO I STEREOTONSKIH.





OPEKARSKI PROIZVODI



OPEKA PREDSTAVLJA NAJSTARIJI TEHNOLOŠKI RAZVIJEN MATERIJAL. RAZVOJ OPEKE I OPEKARSKIH PROIZVODA POČINJE OD ANTIČKOG RIMA, I TRAJE SVE DO DANAS. RIMSKI “ ČERPIĆ “ NASTAJE PROCESOM PEČENJA GLINE NA VISOKIM TEMPERATURAMA. OVAJ PROCES GLINU PRETVARA IZ PLASTIČNOG U ČVRSTI MATERIJAL.

ČERPIĆ (OPEKA) POSTAJE PRISTUPAČNIJI MATERIJAL ZA PROIZVODNJU, TRANSPORT I MANIPULISANJE TOKOM PROCESA GRADNJE. OVO GA STAVLJA U PREDNOST U ODNOSU NA KAMEN.

OPEKA JE VODEĆI GRAĐEVINSKI MATERIJAL SVE DO OTKRIĆA ČELIKA I BETONA KRAJEM DEVETNAESTOG STOLJEĆA.





ČELIK I METALI

U ODNOSU NA PRETHODNO NAVEDENE MATERIJALE ČELIK JE NOVIJI MATERIJAL. PRIMJENA ČELIKA U GRAĐEVINARSTVU POČINJE U DRUGOJ POLOVINI DEVETNAESTOG STOLJEĆA.

STATIČKE KARAKTERISTIKE OVOG MATERIJALA OMOGUĆAVAJU PREMOŠTAVANJE VELIKIH RASPONA PA UPOTREBA ČELIKA POSTAJE NAJZNAČAJNIJI ISKORAK U POZNATOJ HISTORIJI GRAĐEVINSKIH MATERIJALA I ARHITEKTURE OPĆENITO.

KROZ DVA SVJETSKA RATA, RAZLIČITE LEGURE METALA OMOGUĆAVAJU JAKO BRZU IZGRADNJU I ORGANIZACIJU VOJNIH KAMPOVA, TAKO NAJPOPULARNIJI OBLIK VOJNIH HANGARA PREDSTAVLJA METALNA CILINDRIČNA LJUSKA.



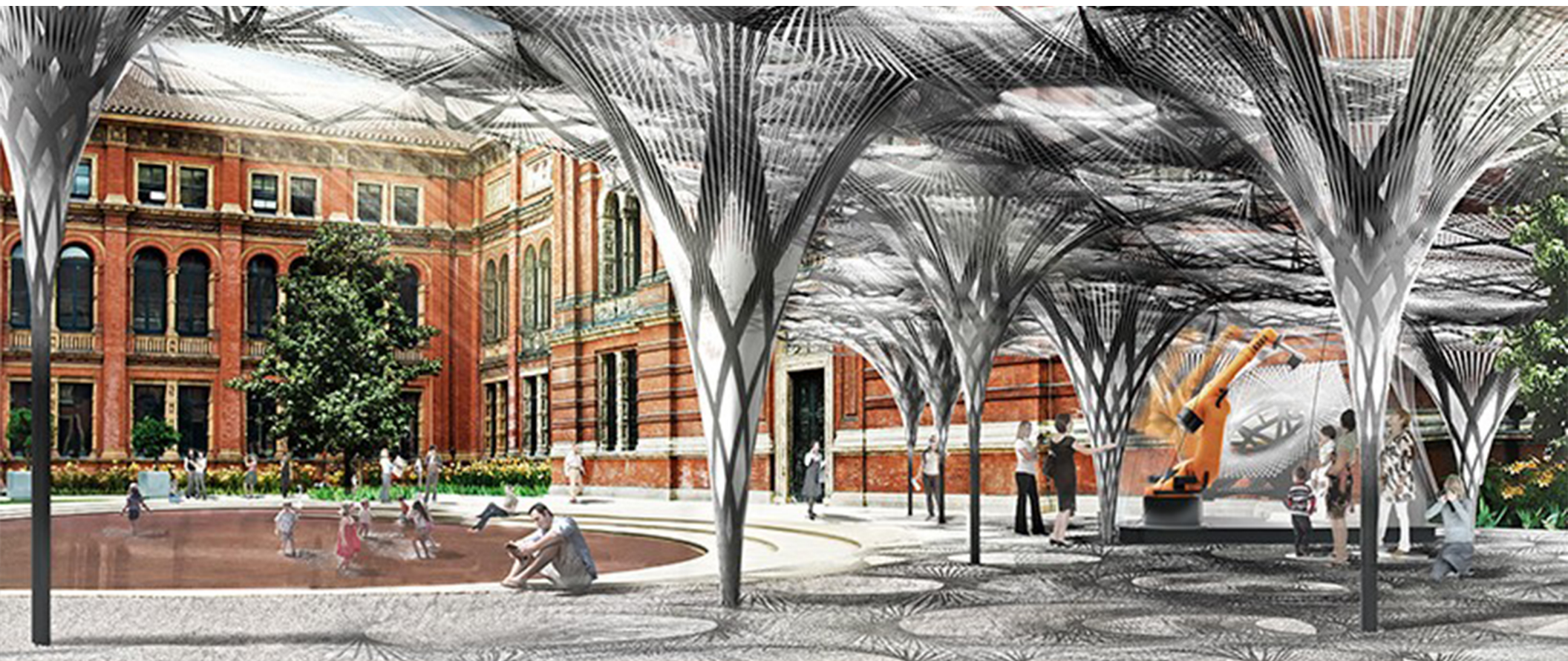
BETON

BETON KAO MATERIJAL POPULIZIRAN JE UZ RAZVOJ MODERNE ARHITEKTURE, POČETKOM DVADESETOG STOLJEĆA. PRETEČU BETONA NALAZIMO U DOBA RIMSKOG CARSTVA U VIDU MALTERA SASTAVLJENOG OD AGREGATA I VEZIVA, NAJČEŠĆE KREČA.

CILINDRIČNE LJUSKE PREDSTAVLJAJU BETONSKU OPNU DEBLJINE OD 8 DO 15 cm. KORIŠTENE SU ZA NATKRIVANJE OBJEKATA ZATVORENOG ILI OTVORENOG KARAKTERA, RAZLIČITIH FUNKCIJA.

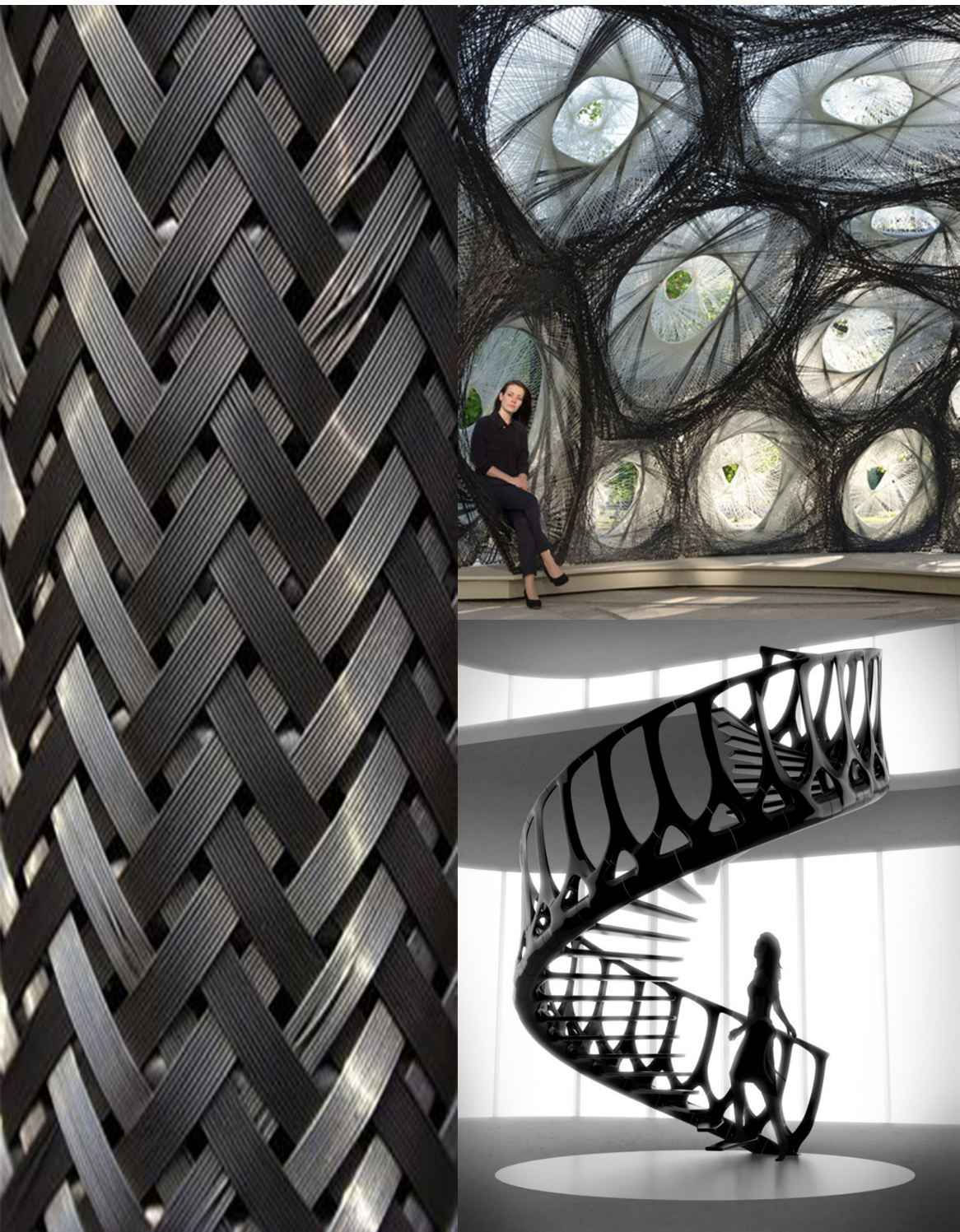
BETON JE NAJPOZNATIJI I NAJČEŠĆE KORIŠTEN MATERIJAL ZA KREIRANJE MONUMENTALNIH, ALI I PROSJEČNIH ARHITEKTONSKIH OBJEKATA.

UZ ČELIK I RAZLIČITE EMULZIJE MOGU SE POSTIĆI IMPRESIVNI OBLICI I RASPON.



KARBONSKA VLAKNA / MATERIJAL BUDUĆNOSTI





KARBONSKA VLAKNA

Karbonska vlakna načinjena su od sintetičkih vlakana procesuiranih kroz identičan hemijski proces između 8 i 12 puta. Ovaj proces bijela sintetička vlakna pretvara u tamno siva ili crna.

Nakon kreiranja vlakana, slijedi pletenje vlakna u prethodno dizajniran strukturalni šablon, koji na kraju procesa formira specifičnu teksturu kvadratića ili baklave.

Karbonsko platno postaje konstruktivan materijal tek nakon procesa mješanja sa zadatim emulzijama. Ovaj korak očvršćivanja karbonskog platna traje nekoliko sati, a rezultat je, u poređenju sa čelikom, otpornost na napone veća do pet puta i do 50% lakši materijal od čelika.

Karbonska vlakna su na tržištu nepune dvije decenije, a svetski analitičari predviđaju ekspanziju kroz industrijsku proizvodnju.

Karbonska vlakna u građevinskoj primjeni mogla bi da donesu velike promjene. Ovo postavlja izazovan zadatak za buduće arhitekte.