

izvleček

Predstavljena je zasnova, analiza ter izdelava/montaža dveh v osnovi podobnih pa vendar po velikosti, uporabi in materialu zelo različnih lupinastih konstrukcij: a) stekleno-jeklene lupine, ki služi kot streha nad hotelskim bazenom (Soči, Rusija, 2000) in b) armirano betonske lupine, ki služi kot osnovna oblika konkavno-konveksnega vodnjaka (Solkan, Slovenija, 2002). Končni izgled ter faze analize in izdelave obeh lupin ter nekateri detajli in načrti so prikazani z ilustrativnimi skicami in diapozitivi.

abstract

The article presents the concept, analyses and execution/assembly of two essentially similar shell constructions that nevertheless significantly differ in size, use and materials: a) glass-steel shell, which serves as a roof over a hotel pool (Soči, Russia, 2000) and b) reinforced concrete shell, which serves as the basic form of a concave fountain (Solkan, Slovenia, 2002). Illustrative sketches and slides show the final image, analyses and execution of both shells, as well as some details.

ključne besede:

lupinaste konstrukcije, konstrukcija iz stekla in aluminija, fontana

key words:

shell construction, steel and aluminium construction, fountain

Lupina strehe nad bazenom

Lupina je bila postavljena leta 2000 v mestu Soči ob Črnem morju (Rusija). Investitor in izvajalec je bil Ruski "PEMOAT B.", podizvajalec za aluminijaste konstrukcije pa podjetje ALU-TERM gradnje iz Izole. Statika in projekt za izvedbo sta bila izvedena na Katedri za konstrukcije na Fakulteti za arhitekturo v Ljubljani (Doc. V. Kilar). Lupina ima tloris elipse z veliko osjo 23.73 m in malo osjo 18.64 m. Višina kupole v temenu je 3 m. Kupolo sestavlja 15 jeklenih prečnih krožnih lokov (jekleni I nosilci IPE 160) z lomljeno osjo, in en vzdolžni lok v temenu (v smeri daljše osi elipse). Kupolo nosi betonski venec širine 0.5 m in višine 1.1 m, ki stoji na osmih stebrih in je povezan s ploščami nad ostalim delom objekta. Na zgornje pasnice jeklenih IPE nosilcev so pritrjeni aluminijasti vzdolžni nosilci, ki potekajo po vsej dolžini prečnih jeklenih lokov in so s posebnimi kotniki nagnjeni tako kot to zahteva polaganje stekel po obliki kupole. Aluminijasti vzdolžniki so povezani z aluminijastimi prečniki (diagonalami), ki preprečujejo uklon prečnih lokov izven ravnine. Aluminijasti prečniki in vzdolžniki nad lokovi imajo posebne utore z gumijasto oblogo, ki nosijo modro tonirana trikotna stekla.

Zaradi lažjega transporta in možnosti izvedbe kvalitetne zaščite proti koroziji (vroče cinkanje) je bila zahteva izvajalca, da je kupola izdelana iz manjših delov, ki se jih sestavi na mestu samem. Že v fazi osnovnih projektov je bilo odločeno, da bodo jekleni loki krožnih oblik in da se ustrezno prilagodi dolžine in kote prečnih in vzdolžnih nosilcev. Krožni lokovi so sestavljeni iz odsekoma ravnih delov in med seboj varjeni. Poleg določitve potrebnih dimenzij nosilnih elementov kupole in statičnega dokaza varnosti, je bilo potrebno narediti izvedbene načrte tako za jekleni del, kot tudi za aluminijaste vzdolžnike in prečnike in za posamezna stekla. Lokovi, vzdolžniki in prečniki niso enaki

med seboj, niti po dolžini, niti po odreznih kotih na obeh konceh (v dveh ravninah). Dimenzija trikotnih stekel je sicer določena s konstantnim razmakom med lokovi, dolžine stranic in koti trikotnih stekel pa se prav tako prilagajajo obliki kupole. Dodaten problem so predstavljala zaključna stekla ob stiku z betonskim vencem.

Ker je kupola dvojno simetrična, je bilo potrebno pripraviti rešitve le za eno četrtino kupole. Kratki roki in oddaljenost mesta postavitve kupole od domačih delavnic niso dovoljevali kakršnihkoli zastojev in popravkov, ki bi nastali zaradi napak v računalniškem modelu kupole in napak v kotih in dimenzijah. Iz tega razloga se je izvajalec odločil za poskusno montažo kupole. Ob poskusni postavitvi kupole so se preverile računalniško določene dimenzije jeklenih profilov, vzdolžnikov, prečnikov in trikotnih stekel.

Betonska lupina vodnjaka

Solkanski vodnjak, ki je konkavno-konveksne matematično generirane oblike, je približno 9.5 m dolg, 4 m širok in 2 m visok. Vodnjak je bil dokončan septembra 2001. Investitor je bila Mestna občina Nova Gorica, naročnik postavitve vodnjaka in ureditve trga J. Srebniča pa Krajevna skupnost Solkan. Arhitektura vodnjaka in ureditev trga je delo Sadar in Vuga arhitekti, d.o.o. iz Ljubljane. Študije in modeliranje vodnega toka je opravil Hidro oddelek Fakultete za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani (Doc. P. Banovec), predlog načina postavitve in projekt za izvedbo pa Katedra za konstrukcije na Fakulteti za arhitekturo v Ljubljani (Doc. V. Kilar). Izvajalca del sta bila Cestno podjetje Nova Gorica in Marmor Hotavlje.

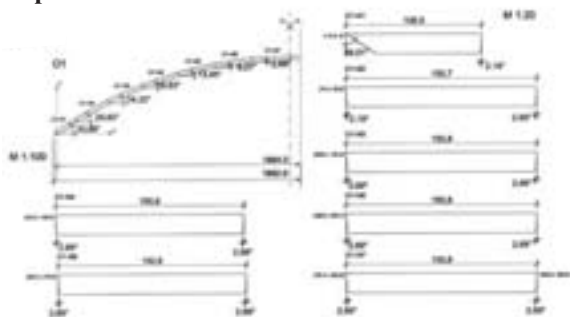
Lupino v osnovi sestavljata dva nasprotno obrnjena eliptična paraboloida, ki sta povezana s sedlom, preko katerega ena

površina prehaja v drugo. Osnovna ideja je bila, da bo vodni curek stekel po konkavnem delu navzdol in se nato dvignil na vrh konveksnega dela za okvirno en meter, nato pa se razlil v obliki zavese čez prosti konzolni rob. Najprej je bilo izvedeno hidravlično oblikovanje lupine (FGG). Z enostavnim enodimenzionalnim matematičnim modelom so bili določeni osnovni parametri vodnega toka, kot je okvirni potrebni pretok in oblika natočne šobe. Po korekcijah določene osnovne oblike lupine, je bil izveden fizični model omočenega dela fontane v merilu 1:1. Na fizičnem modelu je bil določena oblika spodnjega in zgornjega usmerjevalnega kanala in potreben pretok ter pritisk, ki ga je potrebno zagotoviti na iztočni šobi. Po postopnem spreminjanju geometrije fontane (zniževanje temena, oblikovanje spodnjega in zgornjega usmerjevalnega kanala) ter parametrov natoka vode na fontano (usmeritev natočne šobe, pretok, tlaki na iztočni šobi), je bila dosežena sprejemljiva oblika vodnega toka po lupini.

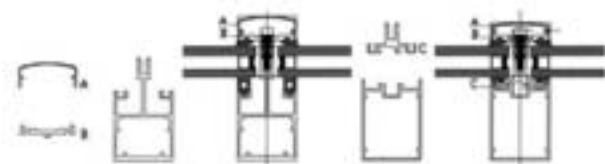
Lupina je podprta v spodnjem delu konkavnega dela in na stranskem robu konveksnega dela. V statično konstrukcijskem smislu fontana predstavlja debelo lupino, ki poleg nateznih in tlačnih osnih sil prevzema tudi znatne upogibne (v konzolnem delu) in torzijske (v sedlu) upogibne momente. Temelji lupine so povezani s tlemi bazena, ki se nahaja pod lupino. Bazen je izdelan iz vodo-nepropustnega betona in dodatno prevlečen z nepropustno epoksi prevleko. Lupina je z obeh strani obložena z marmorjem. Zaradi njene ukrivljenosti v obeh smereh, kot tudi zaradi zahtev po čim bolj gladki površini, je bila najprimernejša rešitev, da se lupina obloži s čim večjimi kosi obloge, tako da bo čim manj stikov, ki ovirajo tok vode. Pripravljeni računalniško generirani model lupine je omogočal povezavo z računalniško krmiljenimi stroji za rezanje marmorja s katerimi razpolagajo v podjetju Marmor Hotavlje. S pomočjo teh strojev je bila izdelana prostorsko ukrivljena obloga iz marmornih plošč tlorisne velikosti približno 60 cm x 60 cm.

Za večje lupine je potreben opaž, ki znatno povečuje ceno betonskih lupin. Ker je vodnjak z obeh strani obložen z marmornatimi ploščami, smo se odločili, da zgornji del spodnje obloge uporabimo kot opaž za betonsko lupino. Zaradi določanja potrebne debeline (višine) lupine smo poleg spodnjega opaža in spodnjih profilov uporabili tudi zgornje profile.

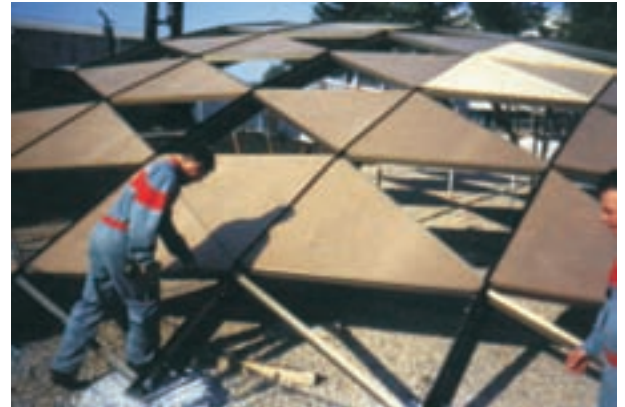
Lupina strehe nad bazenom



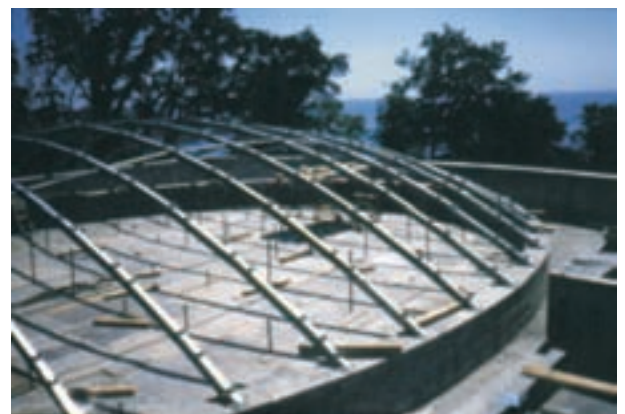
Slika 1: Izvedbeni načrt za jekleni lok št. 1.
Construction plan for steel arch No. 1.



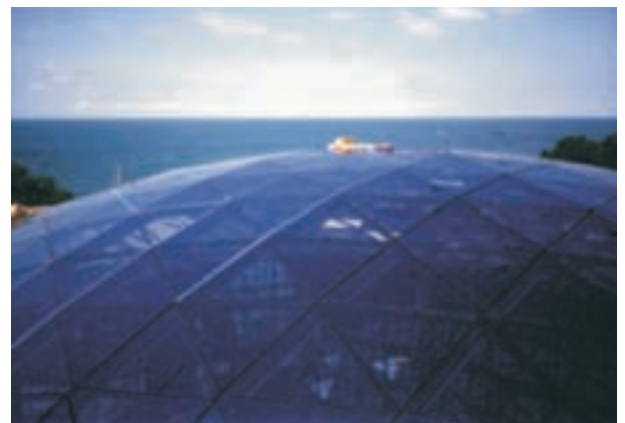
Slika 2: Aluminijasti prečniki in vzdolžniki ter način pritrditve stekel. (vir: ALNOR Nuova Alluminio Nord A.p.A.)
Aluminium beams and the method of attaching glass. (Source: ALNOR Nuova Alluminio Nord A.p.A.)



Slika 3: Preizkusna montaža lupine. (foto: Vojko Kilar)
Test assembly of the shell.

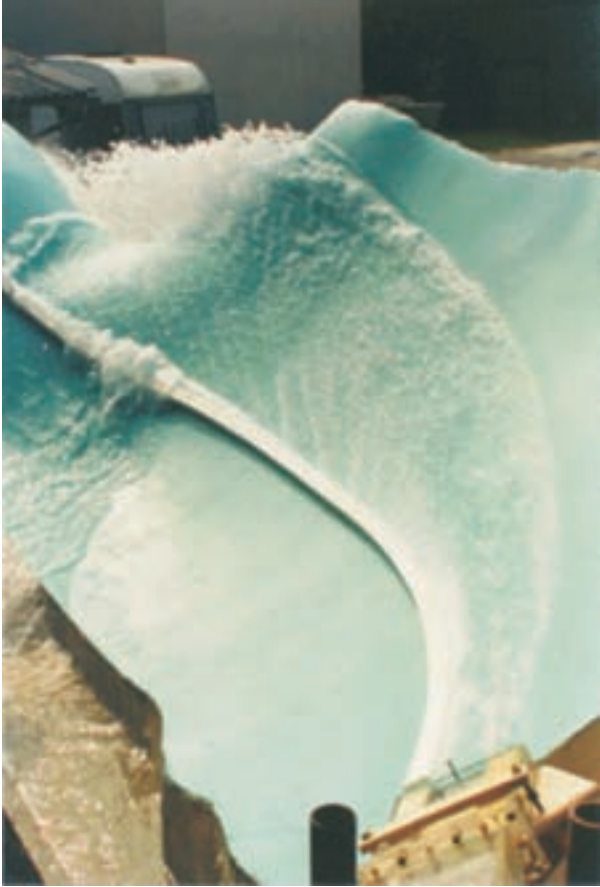


Slika 4: Dejanska montaža lupine. (foto: Aluterm)
The actual assembly of the shell.

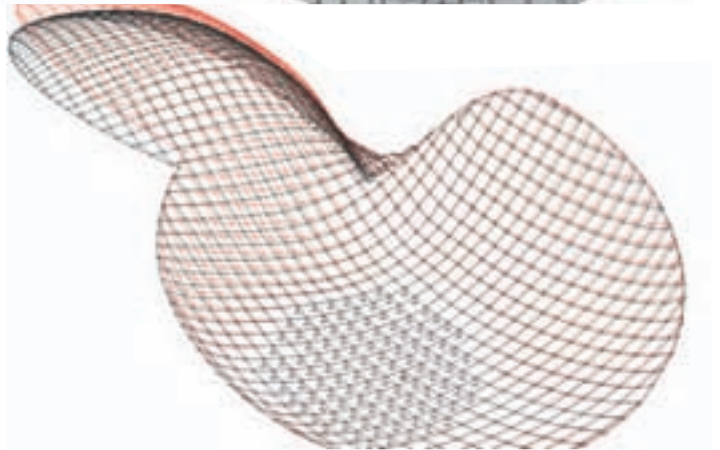
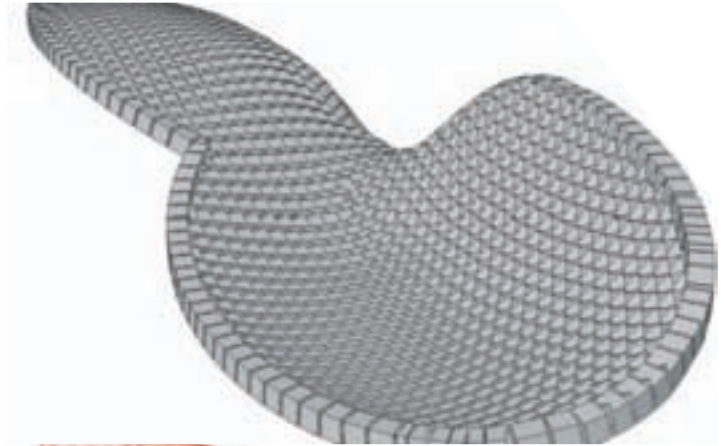


Sliki 5,6: Končana kupola. (foto: Aluterm)
The completed dome.

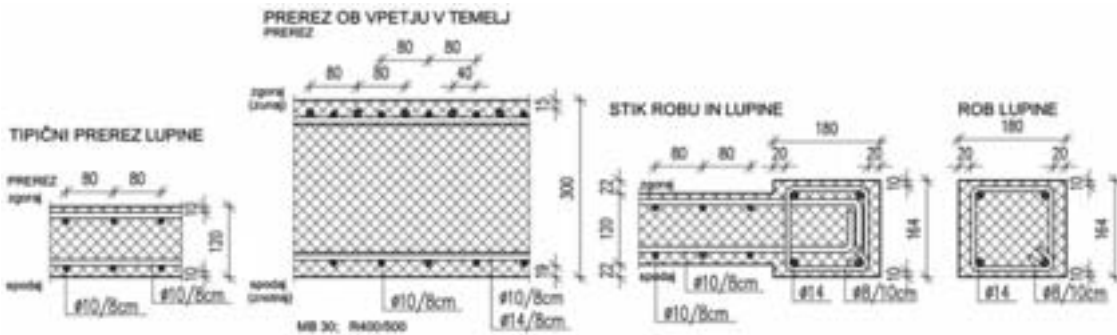
Betonska lupina vodnjaka



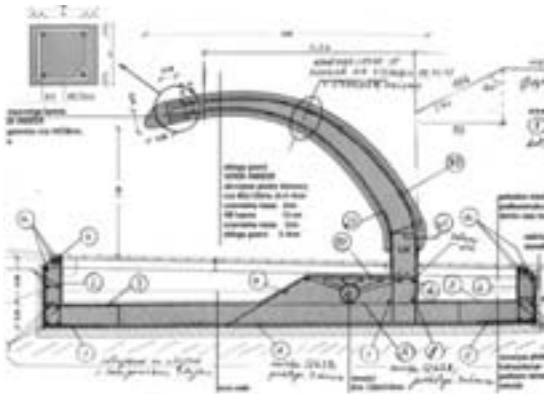
Slika 7: Tok vode na fizičnem modelu. (foto: Primož Banovec)
Flow of water on the physical model.



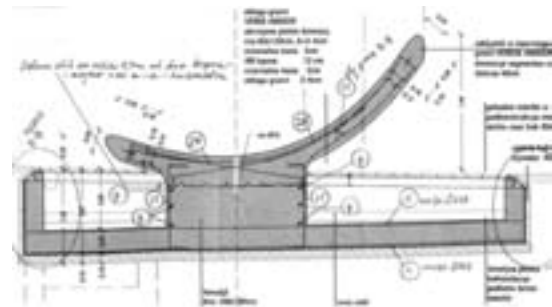
Slika 8: Matematično modeliranje lupine in vertikalni povos pri lastni in koristni obtežbi.
Mathematical modelling of the shell and vertical displacement under self weight and live loads.



Slika 9: Armatura lupine.
Reinforcement of the shell.



Slika 10: Skica armature - prerez konvexnega dela.
Sketch of reinforcement - section of the convex part.



Slika 11: Skica armature - prerez konkavnega dela.
Sketch of reinforcement - section of the concave part.



Slika 12: Izdelava hidravličnega modela omočenega dela lupine v merilu 1:1.
(foto: Primož Banovec)
Building the hydraulic model of the wetted part of the shell in scale 1:1.



Slika 15: Zgornji profili in betoniranje lupine. (foto: Marmor Hotavlje)
The upper profiles and concreting of the shell.



Slika 13: Spodnji profili za izdelavo lupine. (foto: Marmor Hotavlje)
Bottom profiles for building the shell.



Sliki 16: Končana lupina in tok vode. (foto: Tomaž Slak)
The completed shell and flow of water.



Slika 14: Lupina med izdelavo. (foto: Marmor Hotavlje)
Building of the shell.



Sliki 17: Končana lupina in tok vode. (foto: Tomaž Slak)
The completed shell and flow of water.