A XIV-a Conferinţă internaţională – multidisciplinară,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii româneşti",
SEBEŞ, 2014

CONSTRUCŢII DE PODURI
Partea a II-a

Álmos ALBERT, Mircea BEJAN

BRIDGE BUILDING, part II

The bridge is a construction of category artworks, intended to overcome an obstacle (the River, a Valley inland communications) moving above them, being built over the immense valleys, across streams or linking the Mainland and the island. Bridges, is an obsession of the writer Ivo Andrić; his work, "it's a bridge on the Drina" recounts the history of the Şokolovici bridge traditional Mehmed Pasha, from Visegrad, Bosnia.

A bridge with a length of 1,380 m (30 m longer than the famous Golden Gate in San Francisco), was inaugurated on august 19, 2013 in Norway. Work on the bridge began in august 2009 and were completed in April 2013.

Galata bridge is a historic symbol of Istanbul today. He is one of the great hearts, a vital link between the capital of old, old Constantinople and the "new tow\" in Turkish, meaning city of merchants, banks and foreign diplomats. The two distinct parts, the european Bank of the former Byzantine and Ottoman capitals are the waters of mirificului Bay. The paper presents constructive who built from 1453 to the present.

In 1502, Leonardo da Vinci's drawing of a bridge has done "in one piece", 240 m, as part of a civil engineering project for Sultan Bayezid II Bridge ought to be placed at the "mouth" of the Bosphorus, over a canal known as the Golden Horn (Golden Horn). But no continued project B because he considered such a construction impossible. The modern history of this unique bridge began in 1996, when Norwegian artist Vebjorn Sand has seen the drawing shown in the exhibition and acknowledged the "grația and the eloquence of Mathematics" and proposed structure of the Norwegian public roads Administration to carry out the construction. Leonardo's bridge, built in Oslo in 2001, is a pedestrian

bridge and is the first civil engineering made after drawings by Leonardo da Vinci.

In the past two decades, with the help of an intensive research activities, they built bridges on roads, pedestrian or bicycle paths. Wood is a very good building material, has good aesthetic appearance. The largest wood bridge is the bridge in Vihantasalmi in Finland. The bridge has the largest span is built from lakes Lahnavesi and Juolavesi and replaced by a construction bridge. Was given in 1999.

Keywords: bridges, bridge on the Drina, Ivo Andric, Galata bridge, bridge of Leonardo, the bridge Vihantasalmi, Finland, used materials: wood, concrete and steel

Cuvinte cheie: poduri, E un pod pe Drina, Ivo Andrić, Podul Galata, Podul Leonardo, podul Vihantasalmi din Finlanda, materiale folosite: lemn, beton şi oţel

4. Podul lui Leonardo

Un artist norvegian a început un proiect inedit: să realizeze construcții inspirate de schițele lui Leonardo da Vinci[1]. Primul pod a fost construit deja, la Oslo. Proiectul acestei ambițioase campanii de construcții a fost conceput în anul 1502 de către Leonardo da Vinci, dar nu a fost materializat niciodată. Schițele au fost uitate timp de 500 de ani într-un jurnal al savantului. În 1502, Leonardo da Vinci a realizat desenul unui pod „dintr-o bucată", de 240 m, ca parte a unui proiect de inginerie civilă pentru sultanul Baiazid al II-lea, o adevărată minune a geniului ingineresc. Podul ar fi trebuit să fie plasat la „gura" Bosforului, peste un canal cunoscut ca Golden Horn (Cornul de Aur). Însă Baiazid nu a continuat

Fig. 5 Autoportret - Leonardo da Vinci

[1] Cercetător, matematician, inginer, inventator, anatomist, pictor, sculptor, arhitect, botanist, muzician și scriitor. Sau, pur și simplu, Leonardo da Vinci. Să încerci să cuprinzi un astfel de talent în doar câteva pagini este absolut imposibil, așa că ne vom concentra, pe scurt, pe unul dintre proiectele lui Leonardo – inginerul și arhitectul, un pod pe care l-a proiectat pentru Baiazid al II-lea, dar nu l-a mai realizat, și care a fost construit, la scara redusă, în cadrul unui proiect norvegian, acum câțiva ani.

proiectul, pentru că a considerat – probabil - o astfel de construcție imposibilă. Da Vinci a proiectat un pod de durată fără precedent de 240 m (720 picioare), folosind ca metodă de construcţie arcul presat, dar care nu avea o utilizare comună pentru un alt pod de acum sute de ani. Deoarece concepția podului era prea avansată pentru constructorii din acel moment, el nu a putut fi construit. Nu se cunosc motivele pentru care nu a fost realizat podul, dar este foarte posibil să fie legate de unele tulburări interne, care au culminat cu răscoala ienicerilor din aprilie 1512, când sultanul Baiazid al II-lea a fost detronat chiar de fiul lui, Selim, și asasinat. Câțiva ani mai târziu, în 1519, se stingea și Leonardo da Vinci, însă proiectul său, nerealizat atunci, s-a păstrat. Dar, după ce, în 2001, a fost construit un pod mai mic, la scară, peste o autostradă norvegiană, Guvernul turc a decis, la peste 500 de ani de la prima inițiativă, să construiască podul lui Leonardo la Cornul de Aur. Istoria modernă a acestui pod unic a început în 1996, când artistul norvegian Vebjorn Sand a văzut desenul menționat în cadrul unei expoziții și a recunoscut „grația și elocvența matematică“ a structurii și a propus administrației de drumuri publice norvegiene să realizeze construcția. Artistul norvegian vrea să construiască un pod similar și la Istanbul, unde da Vinci intenționase să-și plaseze proiectul. Vebjorn merge chiar mai departe și spune că a început demersurile și pentru o construcție de acest fel în Antarctica. În urma inițiativei lui Sand, a fost creată o corporație non-profit, în Statele Unite, care are ca misiune declarată construirea unei rețele globale de poduri, lucrări publice care să aibă la bază designul lui Leonardo, din 1502.

Viziunea originală a lui Vebjorn Sand a fost construcția a câte unui pod pe fiecare continent, pentru a simboliza puterea artei de a schimba ideile umanității, civilizația globală și ”podurile“ internaționale despre care politicienii și diplomații vorbesc atât de mult. În prezent, Leonardo Bridge Project cuprinde echipe din Texas, Forida (SUA), Franța, Turcia, China și Spania, care susțin proiecte atât structurale, cât și metaforice, la nivel mondial.

Date tehnice - Podul lui Leonardo

Localizare: peste autostrada E-18 lângă Oslo, Norvegia; Tipul podului: pietonal și velo; Lungime: 109,2 m; Deschidere: 40 m. Înălțime verticală deasupra șoselei: 5,70 m; Lățime: 2,80 m; An inaugurare: 2001.

Sistem structural: un arc vertical și două înclinate, cu capete fixe. Leonardo da Vinci a proiectat un pod la care a utilizat trei principii bine cunoscute ale geometriei în arhitectură: bolta în semicerc, curba parabolică şi cheia de boltă. În acest fel a creat planurile unui pod fără precedent, cu un tablier unic.

Materiale: 90 m^3 lemn prelucrat, jumătate din cantitate pentru arcul principal; 120 m^3 lemn prelucrat laminat pentru punte.

O versiune redusă a podului proiectat de Leonardo da Vinci s-a realizat, în 2001, la Oslo, în Norvegia. Arhitectul contemporan, Vebjørn Sand a fost primul inginer civil care s-a bazat pe un proiect al marelui renascentist. Un adevărat titan al Renașterii italiene, Leonardo da Vinci (1452-1519), rămâne unul dintre cei mai faimoși artiști, arhitecți, ingineri, oameni de ştiinţă, naturalişti şi inventatori din generația sa sau orice altă generaţie. În orașul Os din Norvegia există un pod pietonal, în lungime de 108 m, construit după un proiect conceput de Leonardo da Vinci. Multe dintre conceptele sale au fost gândite și prezentate cu sute de ani înainte de timpul lor, iar acest pod este un exemplu perfect, fiind cunoscut sub numele de "Podul Golden Horn" sau "Regina podurilor".

Fig. 6 În orașul Os din Norvegia există un pod pietonal, în lungime de 108 m, construit după un proiect conceput de Leonardo da Vinci

Între 1996 și 2001, echipa de proiect a Podului Leonardo efectua sistematic teste de sarcină şi design structural în strânsă colaborare cu arhitecţi şi ingineri. Au fost dezvoltate şi testate diferite versiuni de laminate din lemn. În cele din urmă, Podul din Os a fost creat ca o structură din oţel-beton, dar format din lemn stratificat

Tehnologia construirii structurilor masive din molid norvegian stratificat deja a fost dezvoltată datorită bogatelor păduri norvegiene. Pentru Jocurile Olimpice de iarnă din 1994 de la Lillehammer, lemnul stratificat fusese folosit în construirea o arenelor sportive. În crearea Podului lui Leonardo s-au folosit componente prefabricate, asamblate și montate utilizând macarale. Un set de trei suporturi parabolice au fost create pentru pod, o componentă centrală sprijinindu-se pe carosabil, precum şi două altele stabilizând parabola centrală.

5. Podul din Vihantasalmi - Finlanda

În ultimii două decenii s-au construit poduri din lemn pe drumuri de pădure, drumuri pietonale sau de biciclete. Lemnul este un material de construcţii foarte bun, având o aparenţă estetică bună. Construcția podurilor de lemn este sprijinită de o activitate de cercetare intensivă.

Fig. 7 Podul nou de lemn din Vihantasalmi şi construcţia veche de oţel

Construirea podurilor din lemn este sprijinită de o cercetare continuă, intensivă. În perioada anilor 1986 şi 1995 s-au făcut calcule comparative în ceea ce priveau costurile de realizare a podurilor şi s-a demonstrat că în mai multe cazuri construcţiile din lemn au fost mai economice. Din 204 poduri studiate 37 au fost poduri din lemn. Deschiderile podurilor au variat între 7 şi 50 m. Dacă s-au comparat cheltuielile de realizare pe m², până la deschideri de 14 m construcţiile clasice din oţel s-au arătat mai economice, iar între 14 şi 28 de metri cele construite din lemn, cu un preţ între 700 şi 900 €/m^2. Peste deschideri de 28 m podurile cu structura metalică tensionate s-au demonstrat mai economice.

De ce se cercetează folosirea lemnului în construirea de poduri? Dacă pe vremuri lemnul era singurul material pentru realizarea acestor construcţii, în ultimele secole materialul lemnos fost înlocuit în totalitate de oţel.

Astăzi, la revenirea în unele situaţii la folosirea lemnului în diferite structuri de rezistenţă se are în vedere în primul rând aspectul plăcut și încadrarea perfectă în mediul natural. Lemnul se găseşte în cantităţi mari, se prelucrează uşor, costurile de fabricaţie sunt mai reduse, greutatea specifică este mai redusă în comparaţie cu oţelul, manipularea mai uşoară a semifabricatelor.

Cel mai mare pod din lemn stratificat este podul din Vihantasalmi din Finlanda. Podul are cea mai mare deschidere, este construit între lacurile Lahnavesi şi Juolavesi şi înlocuieşte podul ce avea o construcţie metalică. A fost dat în folosinţă în anul 1999. Dacă ne gândim la lemn, ca material de construcţii, în mod obligatoriu ne gândim şi la Finlanda. Ei sunt meşterii construcţiilor din lemn, poduri, case, turnuri sau construcţii de rezistenţă din lemn stratificat lipit. În Finlanda pădurile acoperă 86 % din suprafața țării, fiind țara cea mai împădurită din Europa, una dintre cele mai mari producătoare de placaj, hârtie și carton din lume. Pădurile sunt în special de pin, molid, mesteacăn și alte specii. Finlanda este cel mai mare producător de lemn din Europa și printre cei mai mari din lume. Pădurile joacă un rol important în economia națională, Finlanda fiind

Fig. 8 Structura de rezistenţă a podului de

Fig. 9 Încadrarea podului în mediul înconjurător

unul dintre principalii producători de masă lemnoasă din lume, furnizând materie primă la prețuri competitive pentru industriile de prelucrare a lemnului.

Principalul obiectiv era ca podul să se încadreze cât mai bine în mediul înconjurător ce era dominat de păduri (figura 9). Proiectele s-au finalizat după ce s-a ales forma de rezistenţa (de susţinere) cea mai convenabilă. Principalele elemente ale structurii au fost fabricate printr-o tehnologie modernă din lemn stratificat lipit. Deschiderea cea mai mare a podului este de 42 m. Podul are în total cinci deschideri cu o lungime totală de 182 m, şi are un sistem de susţinere clasic finlandez. Pe cele două capete ale deschiderii sarcinile sunt preluate de un sistem de suspendare din lemn.

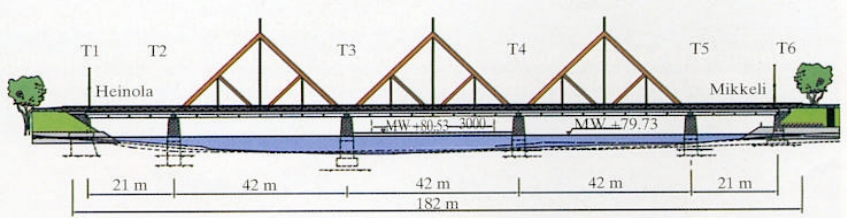

Fig. 10 Schema deschiderilor podului

Sistemul de suspendare are o formă clasică, dar din cauza dimensiunilor mari prezenta o proiectare deosebită. Lungimea totală a podului este de 168 m. Lăţimea carosabilului este de 11 m, realizat dintr-o structură de beton, la care se cuplează pe o parte prin consolă un trotuar şi pista pentru biciclete de 3 m cu carosabil tot din lemn. Partea superioară a sistemului de susţinere se situează la 31 m deasupra nivelului apei. Din cauza deschiderii foarte mari, construcţia stratificată din lemn este supusă unor solicitări mari. Pentru evitarea deformărilor s-au executat legături încrucișate tot din lemn combinat cu oţel inoxidabil. Îmbinările au fost realizate cu ajutorul unor elemente din oţel. Comportarea uniformă la forfecare a lemnului şi a betonului s-a realizat prin zimţarea lemnului. Procedura a fost experimentată în laboratoare. Au fost folosite şi cercetările privind caracteristicile anizotropice ale lemnului. La calculele de rezistenţă, rigiditate şi stabilitatea elementelor componente s-a folosit metoda elementului finit. Secţiunile grinzilor de lemn stratificat sunt impresionante: 1000×1100 mm, 630×670 mm sau 1350×265 mm. Cel mai mare element prefabricat este de 42 m lungime.

Împotriva coroziunii lemnul a fost tratat sub presiune până la saturaţie. S-au aplicat tratamente împotriva umezelii şi radiaţiei solare.

Fig. 11 Elemente metalice de îmbinare a pieselor din lemn

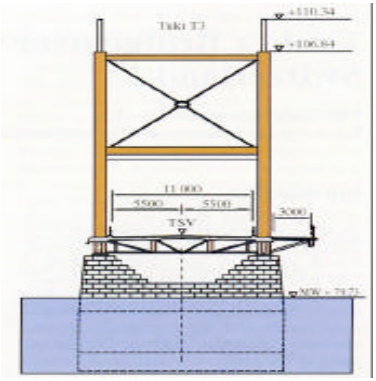

Fig. 12 Secţiunea podului

Podul de la Vihantasalmi este un exemplu caracteristic că se pot construi poduri pentru circulaţie publică prin proiectare computerizată şi folosind tehnologii moderne. Și doar trei materiale folosite: lemn, beton şi oţel.

BIBLIOGRAFIE

[1] Jutila, A., Salokangas, L., *Research on and Development of Wooden Bridges in Finland*. Structural Engineering International, Vol. 10. No. 3, 2000 pag.182-185.

[2] Rantakokko, T., Salokangas, L., *Design of the Vihantasalmi Bridge, Finland*. Structural Engineering International, Vol. 10. No. 3. 2000 pag.150-152.

[3] Aasheim, E., *Timber Bridges* – a Presentation of 22 Nordic Timber Bridges. Nordic Timber Council, Stockholm, 1999.

[4] * * * Vihantasalmen silta. http://www.tieh.fi

[5] Rautakorpi, H., *Wooden Arch Bridges in Finland*. Proceedings of the International IABSE Conference on Innovative Wooden Structures and Bridges, Lahti, Finland, 2001, pag.193-196.

[6] Bódi, I., Erdodi, L., *Comparison of the Strength Characteristics of Wood According to Combined Stress Theories and EC5*. Proceedings of the International IABSE Conference on Innovative Wooden Structures and Bridges, Lahti, Finland, 2001, pag.125-130.

[7] Szalai, J., *Anisotropic Elastic and Strength Theories of Wood and Wood-Based Composites*. Hillebrand Nyomda Ltd, Sopron.

Drd. Ing. Álmos ALBERT
Prof.univ.em.Dr.Ing. Mircea BEJAN
Mircea.Bejan@rezi.utcluj.ro
Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, membri AGIR