





Gradbeni vestnik • GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE in MATIČNE SEKCIJE GRADBENIH INŽENIRJEV INŽENIRSKO ZBORNICE SLOVENIJE

UDK-UDC 05 : 625; ISSN 0017-2774
Ljubljana, september 2010, letnik 59, str. 209-224

Izdajatelj:

Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS), Leskoškova 9e, 1000 Ljubljana, telefon 01 52 40 200; faks 01 52 40 199 v sodelovanju z **Matično sekcijo gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije (MSG IZS)**, ob podpori **Javne agencije za knjigo RS, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani** in **Zavoda za gradbeništvo Slovenije**

Izdajateljski svet:

ZDGITS: **mag. Andrej Kerin**
prof. dr. Matjaž Mikoš
Jakob Presečnik
MSG IZS: **Gorazd Humar**
mag. Črtomir Remec
doc. dr. Branko Zadnik
FGG Ljubljana: **doc. dr. Marijan Žura**
FG Maribor: **Milan Kuhta**
ZAG: **prof. dr. Miha Tomažević**

Glavni in odgovorni urednik:

prof. dr. Janez Duhovnik

Sodelavec pri MSG IZS:

Jan Kristjan Juteršek

Lektor:

Jan Grabnar

Lektorica angleških povzetkov:

Darja Okorn

Tajnica:

Eva Okorn

Oblikovalska zasnova:

Mateja Goršič

Tehnično urejanje, prelom in tisk:

Kočevski tisk

Naklada:

3000 izvodov

Podatki o objavah v reviji so navedeni v bibliografskih bazah COBISS in ICONDA (The Int. Construction Database) ter na

<http://www.zveza-dgits.si>

Letno izide 12 števil. Letna naročnina za individualne naročnike znaša 22,95 EUR; za študente in upokojene 9,18 EUR; za družbe, ustanove in samostojne podjetnike 169,79 EUR za en izvod revije; za naročnike iz tujine 80,00 EUR. V ceni je všteti DDV.

Poslovni račun ZDGITS pri NLB Ljubljana:
SI56 0201 7001 5398 955

Navodila avtorjem za pripravo člankov in drugih prispevkov

1. Uredništvo sprejema v objavo znanstvene in strokovne članke s področja gradbeništva in druge prispevke, pomembne in zanimive za gradbeno stroko.
2. Znanstvene in strokovne članke pred objavo pregleda najmanj en anonimen recenzent, ki ga določi glavni in odgovorni urednik.
3. Članki (razen angleških povzetkov) in prispevki morajo biti napisani v slovenščini.
4. Besedilo mora biti zapisano z znaki velikosti 12 točk in z dvojnimi presledki med vrsticami.
5. Prispevki morajo vsebovati naslov, imena in priimke avtorjev z nazivi in naslovi ter besedilo.
6. Članki morajo obvezno vsebovati: naslov članka v slovenščini (velike črke); naslov članka v angleščini (velike črke); znanstveni naziv, imena in priimke avtorjev, navadni in elektronski naslov; oznako, ali je članek strokoven ali znanstven; naslov POVZETEK in povzetek v slovenščini; naslov SUMMARY in povzetek v angleščini; naslov UVOD in besedilo uvoda; naslov naslednjega poglavja (velike črke) in besedilo poglavja; naslov razdelka in besedilo razdelka (neobvezno); ... naslov SKLEP in besedilo sklepa; naslov ZAHVALA in besedilo zahvale (neobvezno); naslov LITERATURA in seznam literature; naslov DODATEK in besedilo dodatka (neobvezno). Če je dodatkov več, so ti označeni še z A, B, C itn.
7. Poglavlja in razdelki so lahko oštevilčeni. Poglavlja se oštevilčijo brez končnih pik. Denimo: 1 UVOD; 2 GRADNJA AVTOCESTNEGA ODSEKA; 2.1 Avtocestni odsek ... 3 ...; 3.1 ... itd.
8. Slike (risbe in fotografije s primerno ločljivostjo) in preglednice morajo biti razporejene in omenjene po vrstnem redu v besedilu prispevka, oštevilčene in opremljene s podnapisi, ki pojasnjujejo njihovo vsebino.
9. Enačbe morajo biti na desnem robu označene z zaporedno številko v okroglem oklepaju.
10. Kot decimalno ločilo je treba uporabljati vejico.
11. Uporabljena in citirana dela morajo biti navedena med besedilom prispevka z oznako v obliki oglatih oklepajev: (priimek prvega avtorja, leto objave). V istem letu objavljena dela istega avtorja morajo biti označena še z oznakami a, b, c itn.
12. V poglavju LITERATURA so uporabljena in citirana dela razvrščena po abecednem redu priimkov prvih avtorjev in opisana z naslednjimi podatki: priimek, začetnica imena prvega avtorja, priimki in začetnice imen drugih avtorjev, naslov dela, način objave, leto objave.
13. Način objave je opisan s podatki: knjige: založba; revije: ime revije, založba, letnik, številka, strani od do; zborniki: naziv sestanka, organizator, kraj in datum sestanka, strani od do; raziskovalna poročila: vrsta poročila, naročnik, oznaka pogodbe; za druge vrste virov: kratek opis, npr. v zasebnem pogovoru.
14. Prispevke je treba poslati v elektronski obliki v formatu MS WORD glavnemu in odgovornemu uredniku na e-naslov: janez.duhovnik@fgg.uni-lj.si. V sporočilu mora avtor napisati, kakšna je po njegovem mnenju vsebina članka (pretežno znanstvena, pretežno strokovna) oziroma za katero rubriko je po njegovem mnenju prispevek primeren.

Uredništvo

Vsebina • Contents

Članki • Papers

stran 210

doc. dr. Lara Slivnik, univ. dipl. inž. arh.

KONSTRUKCIJSKE NOVOSTI NA SVETOVNIH RAZSTAVAH

INNOVATIVE STRUCTURES AT THE WORLD EXHIBITIONS



stran 220

Nataša Šinkovec, univ. dipl. inž. grad.

Aleksander Ljubič, univ. dipl. inž. grad.

mag. Franci Kavčič, univ. dipl. inž. grad.

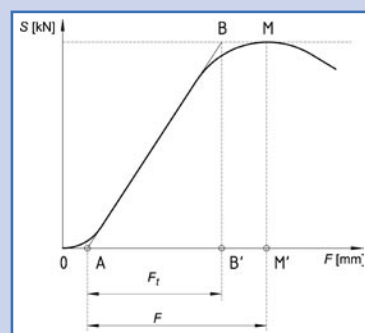
prof. dr. Goran Turk, univ. dipl. inž. grad.

KAKO POISKATI RAZLOGE ZA SPREMENJENE STATISTIČNE

LASTNOSTI MERITEV ASFALTNIH MEŠANIC

HOW TO FIND OUT THE REASONS FOR CHANGES IN STATISTICAL

PROPERTIES OF PAVEMENT MIXTURES MEASUREMENTS



Matija Cej

STROKOVNA EKSURZIJA ŠTUDENTOV UL FGG V BEOGRAD



Koledar prireditev

J. K. Juteršek, univ. dipl. inž. grad.

Slika na naslovnici: Železniška in cestni most v Zidanem Mostu, foto Janez Duhovnik

KONSTRUKCIJSKE NOVOSTI NA SVETOVNIH RAZSTAVAH

INNOVATIVE STRUCTURES AT THE WORLD EXHIBITIONS

doc. dr. Lara Slivnik, univ. dipl. inž. arh.

UL – Fakulteta za arhitekturo
Zoisova 12, 1000 Ljubljana

Znanstveni članek

UDK: 624.01/.07.001.76:72

Povzetek | V članku so predstavljene inovativne konstrukcije zgradb, ki so bile zgrajene za svetovne razstave od začetkov svetovnih razstav leta 1851 do danes. Na posameznih primerih so opisane konstrukcijske novosti, ki so jih zgradili: sistem demontažne konstrukcije, konstrukcije velikih razponov, kupole, najvišji stolpi, predstavljeni so novi sistemi tlačno in natežno obremenjenih konstrukcij ter palične prostorske konstrukcije. Prikazan je torej pregled konstrukcijsko-inovativnih objektov na svetovnih razstavah, ki so jih zasnovali gradbeni konstruktorji skupaj z arhitekti. Po preizkušanju na začasnih objektih so konstrukcijske novosti uporabili tudi v sočasni arhitekturni praksi.

Summary | The paper deals with an overview of innovative structures used in buildings that were built for world exhibitions from the beginning of 1851 up till now. These structures include industrialised buildings, large spans, domes and towers, as well as tension, compression, and space frame structures. A description of each structure is based on an example of a particular world exhibitions building or pavilion, designed by an architect or a structural engineer. The central research issue is about the influence of structural solutions on the development of contemporary architecture, the cooperation between architecture and structural engineering. After the testing on temporary buildings the innovative structures were ready to be used in contemporary architecture.

1 • UVOD

Svetovne razstave so prireditve, ki jih novinarji označujejo za največji gospodarski dogodek desetletja, nekakšne olimpijske igre gospodarstva. Prvo Veliko razstavo industrijskih izdelkov vseh narodov (ang. Great Exhibition of the Works of Industry of all Nations) so priredili v Londonu leta 1851 (Findling, 1990). Danes Mednarodni urad za razstave (fra. Bureau International des Expositions, v nadaljevanju: BIE) skrbi za organizacijo svetovnih razstav. Ustanovili so ga leta 1928 v Parizu in določili nekatere osnovne zahteve, ki jih morajo spoštovati prireditelji svetovnih razstav (internet 1). Zadnjo mednarodno

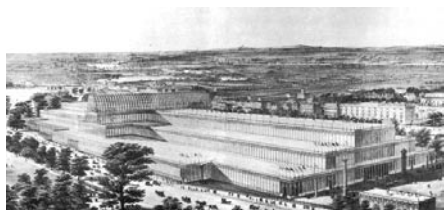
prijavljeno svetovno razstavo (ang. international registered exhibition) so odprli 1. maja 2010 v kitajskem mestu Šanghaj. Po določilih BIE lahko takšno razstavo, ki spada med svetovne razstave najvišje kategorije, organizirajo le na vsakih deset let, traja lahko do šest mesecev in na njej pa države udeleženke smejo graditi tudi lastne paviljone. Šanghaj, največje пристanišče na svetu, naj bi s svetovno razstavo na temo »Boljše mesto, boljše življenje« le v polovici leta privabilo 75 do 100 milijonov obiskovalcev. Objekte, ki jih postavijo na svetovnih razstavah, lahko po arhitekturnih in kon-

strukcijskih značilnostih razdelimo po štirih glavnih značilnostih (Slivnik, 2007). Za prvo obdobje, od začetkov leta 1851 do leta 1900, so značilni enoprstorski objekti, ki so podirali rekorde v razponih in višini. V drugem obdobju, od leta 1900 do leta 1958, so na svetovnih razstavah postavljali manjše nacionalne paviljone, v katerih so eksperimentirali z arhitekturno obliko in novimi gradivi. Tretje obdobje, od leta 1958 do leta 1992, zaznamuje eksperimentiranje s konstrukcijskimi sistemi in s predstavitvijo uporabe vrhunske tehnologije v gradbeništvu. V četrtem obdobju, od leta 1992 do danes, je izrazitejši poudarek na oblikovanju arhitekture, na uporabi ekoloških gradiv in predvsem na oglaševanju arhitekture.

2 • VELIKE KONSTRUKCIJE (1851–1900)

2.1 Demontažne konstrukcije

Prvo svetovno razstavo so priredili v Londonu leta 1851, kjer so samo iz vnaprej izdelanih, torej prefabriciranih elementov iz kovanega in litega železa, stekla ter lesa sestavili Kristalno palačo (ang. Crystal Palace) (slika 1).



Slika 1 • London, 1851: Joseph Paxton:
Pogled na Kristalno palačo
(Mattie, 1998)

Vrtnar Joseph Paxton je skupaj z inženirjem Charlesom Foxom načrtoval prvo demontažno konstrukcijo, zgradbo v osnovnem modulu mreže 7,3 metra, ki jo je pogojevala takrat največja možna velikost industrijsko izdelane steklene plošče (1,2 metra). Prečni del z glavnim vhodom je bil poudarjen s polkrožno leseno konstrukcijo, ki je imela za tiste čase neverjeten razpon: 24 metrov. Kristalna palača je bila 560 metrov dolga in 125 metrov široka stavba, ki so jo sestavili v neverjetno kratkem času: od prvih skic za Kristalno palačo do odprtja svetovne razstave v njej je minilo le devet mesecev. Neverjetna hitrost gradnje je bila mogoča zaradi preprostih, povsem prefabriciranih elementov. Prav vsi stebri so bili med seboj enaki, čeprav so bili izdelani v različnih tovarnah, prav tako pa tudi nosilci, steklene plošče in drugi elementi. Kristalna palača pomeni nov pristop h gradnji in k arhitekturi, zato jo prištevamo med začetke moderne arhitekture.

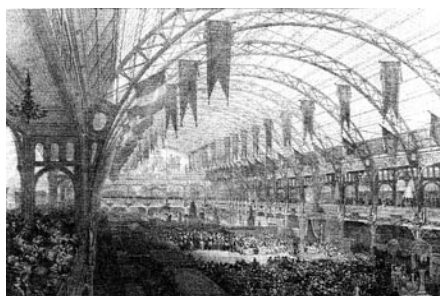
2.2 Rekordne dolžine, širine, razponi in višine konstrukcij

V devetnajstem stoletju so načrtovalci stavb za svetovne razstave postavljali presežke tudi v čim večjem razponu, največji kupoli ali najvišjem stolpu. Razpon modularne železne konstrukcije londonske Kristalne palače je bil 7,3 metra, največji razpon njenega lesenega polkrožnega prečnega dela pa 22 metrov. Le dve leti kasneje so v Dublinu (slika 2) povečali razpon na 30,5 metra, konstrukcija je ostala lesena, a so imeli z njo med gradnjo velike težave (Allwood, 1977).



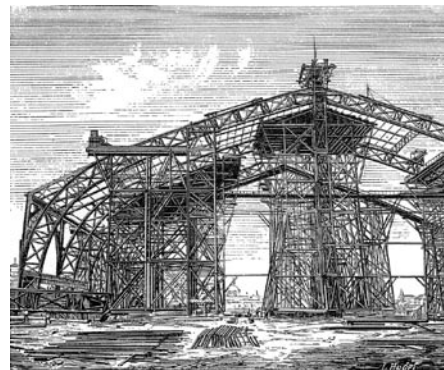
Slika 2 • Dublin 1853: John Benson:
Notranjost dublinske zgradbe za
razstavo (internet 2)

Konstrukcija Palače industrije (fra. Palais de l'Industrie) (slika 3), zgrajene v Parizu leta 1855, je dosegla takrat rekordnih 48 metrov v razponu, kar je bilo mogoče zaradi novega gradiva: litega železa.



Slika 3 • Pariz, 1855: J. M. V. Viel:
Notranjost Palais de l'Industrie
(Giedion, 1967)

Rekorde v razponu so nato nizali drugega za drugim, večinoma pri stavbah za svetovne razstave ali pri železniških postajah, dokler niso leta 1889 zgradili Palače strojev (fra. Palais des Machines), zgradbo z ogromnim razponom: 115 metrov brez vmesne podpore (slika 4).



Slika 4 • Pariz, 1889: C. L. F. Dutert:
Palais des Machines med gradnjo
(de Bures, 1988)

Za svetovno razstavo v Čikagu leta 1893 so postavili stavbo proizvajalcev in umetnosti (Manufacturers and Liberal Arts Building) (slika 5) z razponom 111 metrov, kar je bilo le 4 metre manj od pariške konkurence.



Slika 5 • Chicago, 1893: George B. Post:
Pogled na Manufacturers and Liberal
Arts Building (internet 3)

S Kristalno palačo se je torej začela doba modernih konstrukcij, ki imajo velike dimenzije, naj gre za dolžino in širino stavbe ali njen razpon, za premere kupol ali višine stolpov. Po dolžini je Kristalna palača prva prekašala šele Dvorana strojev (nem. Maschinenhalle) (slika 6), zgrajena na Dunaju za svetovno razstavo leta 1873, ki je bila dolga 800 metrov, a široka le 50 metrov.



Slika 6 • Dunaj, 1873: Pogled na stavbe za
razstavo z Dunajem v ozadju
(Mattie, 1998)

V Filadelfiji so leta 1876 zgradili ogromno glavno stavbo (ang. Main Building) (slika 7), dolgo 577 metrov in široko 170 metrov,



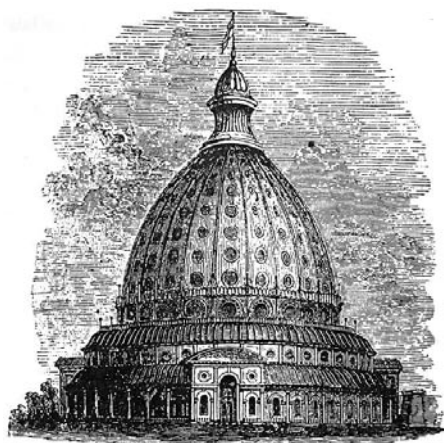
Slika 7 • Filadelfija, 1876: Henry Pettit in Joseph M. Wilson: Pogled na Main Building (internet 4)

v Parizu pa le dve leti kasneje Palačo industrije (fra. Palais de l'Industrie) (slika 8), dolgo 705 metrov in široko 346 metrov.



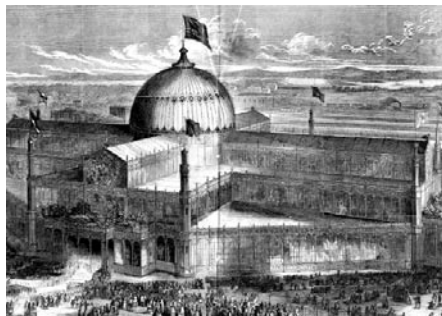
Slika 8 • Pariz, 1878: Pogled na razstaviščne površine s Trocadérojem in Palais de l'Industrie (Mattie, 1998)

Tudi na področju gradnje kupol se je bil boj. Do sredine devetnajstega stoletja je bila največja Michelangelova kupola v katedrali sv. Petra v Rimu, ki je imela premer 42 metrov. V New Yorku je A. J. Downing za svetovno razstavo leta 1853 (slika 9) predlagal posnetek Brunelleschijeve kupole katedrale v Firencah,



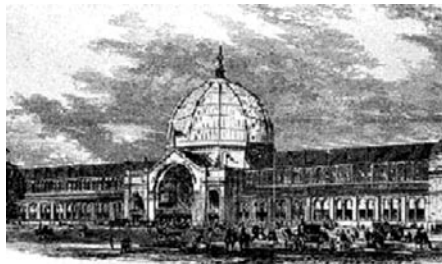
Slika 9 • New York, 1852: Andrew Jackson Downing: Predlog zgradbe za razstavo (Cornell, 1952)

zgradili pa so kristalno palačo s kupolo (slika 10), ki je imela premer 30 metrov.



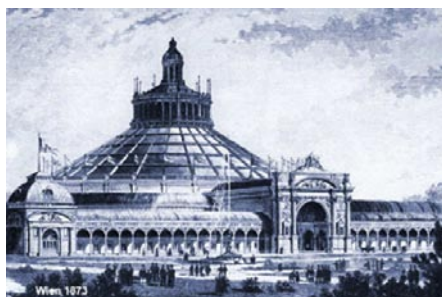
Slika 10 • New York, 1853: Carstensen in Gildemeister: Pogled na zgradbo za razstavo (internet 5)

Zgradba, ki so jo postavili za svetovno razstavo v Londonu leta 1862 (slika 11) je imela dve kupoli, premer vsake izmed njiju je bil 49 metrov, imela je nosilno konstrukcijo iz železa, za polnilo pa steklo.



Slika 11 • London, 1862: Francis Fowke: Risba stavbe za razstavo (internet 6)

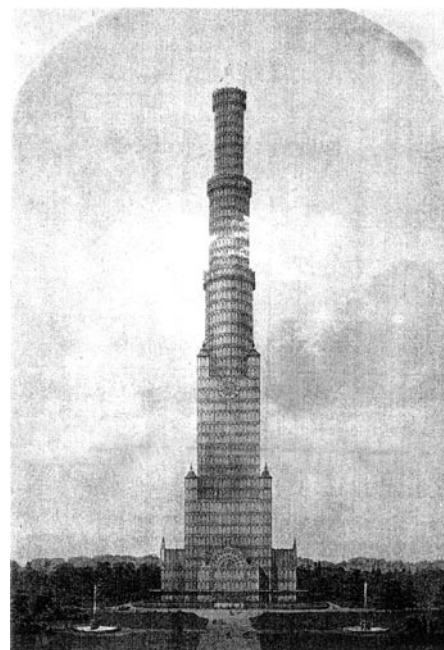
Na Dunaju so leta 1873 s precejšnjimi konstrukcijskimi težavami postavili Rotundo (slika 12), ki je imela železno konstrukcijo kupole s premerom 102 metra.



Slika 12 • Dunaj, 1873: John Scott Russell: Pogled na Rotundo (internet 7)

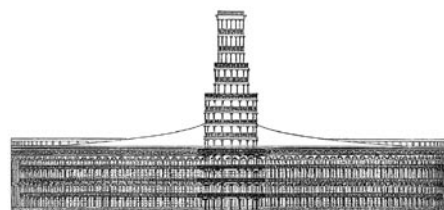
Želja inženirjev je bila, da navdušijo pridelitelje svetovnih razstav, naj zgradijo tudi čim višji razgledni stolp. Prve zamisli segajo

v leto 1852, ko je Decimus Burton predlagal, da bi lahko prefabricirane elemente londonske Kristalne palače ponovno uporabili za 47-nadstropni stolp (slika 13) (Peters, 1996), ki naj bi bil v celoti visok preko 320 metrov.



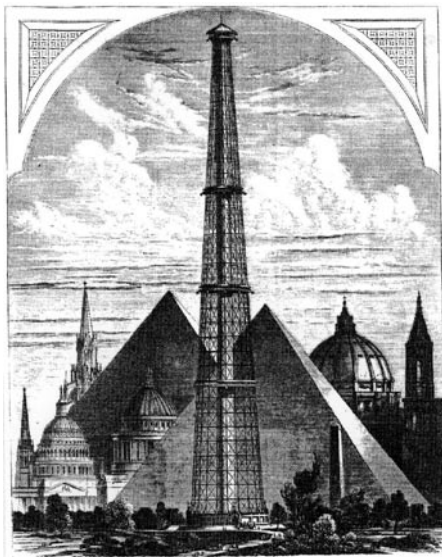
Slika 13 • London, 1852: Decimus Burton: Predlog 1000 čevljev visokega stolpa (Cornell, 1952)

Natečaj za zgradbo v New Yorku leta 1853 je prinesel nekaj rešitev, med njimi tudi 91 metrov visok predlog stolpa nad osrednjo zgradbo (slika 14), avtor je bil inženir James Bogardus.

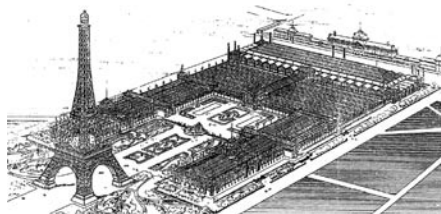


Slika 14 • New York, 1852: James Bogardus: Predlog zgradbe za razstavo s stolpom (Giedion, 1967)

Tudi za svetovno razstavo v Filadelfiji leta 1876 sta načrtovalca, inženirja Clark in Reeves, predlagala 305 metrov visok stolp (slika 15).



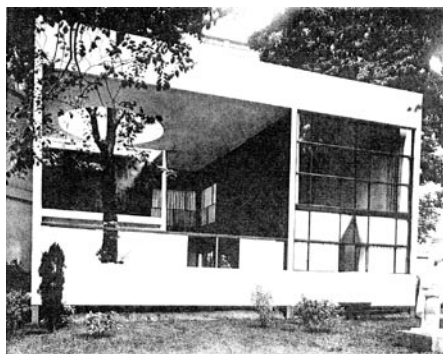
Slika 15 • **Filadelfija 1876: Clarke in Reeves:**
Predlog 1000 čevljev visokega
stolpa (Peters, 1996)



Slika 16 • **Pariz, 1889: Pogled na del**
razstavnih stavb na Marsovem polju
(de Bures, 1988)

3 • ARHITEKTURA IN NOVA GRADIVA (1900–1958)

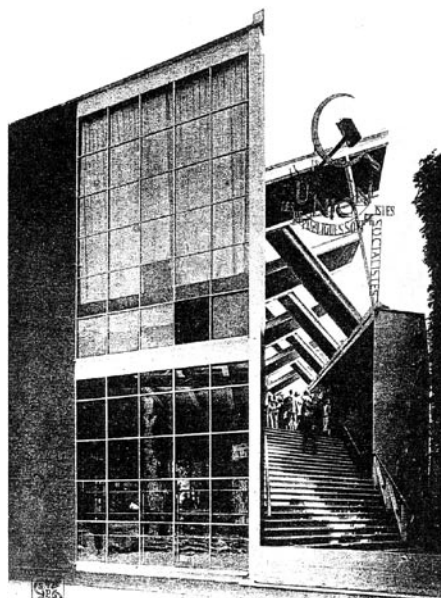
Po letu 1900 so se na svetovnih razstavah za uporabnejše izkazali manjši nacionalni paviljoni, ki so zamenjali velike enoprostorske objekte. Število nacionalnih paviljonov na posamezni svetovni razstavi je bilo poljubno, prav tako so bili paviljoni različnih velikosti. Obdobje se začne s svetovno razstavo v Parizu leta 1900, z začetkom zanimanja in splošnega priznavanja sloga art nouveau v Franciji, ter v St. Louisu leta 1904, z najbolj razširjenim paviljonskim sistemom, saj so po nekaterih podatkih postavili kar 1576 objektov. Po prvi svetovni vojni so prvo večjo razstavo priredili v Parizu leta 1925. Na njej je za splošno zgražanje poskrbel Le Corbusier, ki je postavil prefabriciran paviljon



Slika 17 • **Pariz, 1925: Le Corbusier:**
Pogled na paviljon l'Esprit Nouveau
(Boesiger, Stonorov, 1929)

(fra. Pavillon de l'Esprit Nouveau) (slika 17) iz betonskega skeleta in z njim predstavil nov pristop k arhitekturi, pet točk nove arhitekture (Košir, 2008).

Konstantin Melnikov je načrtoval konstruktivistični sovjetski paviljon (slika 18) iz prefabriciranih lesenih nosilnih elementov in s stekleno fasado.

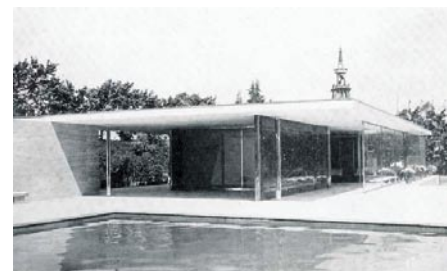


Slika 18 • **Pariz, 1925: Konstantin S. Melnikov:**
Pogled na sovjetski paviljon
(Curtis, 1996)

ter obveljal do leta 1930 za daleč najvišjo stavbo na svetu.

V devetnajstem stoletju je bil torej močan poudarek na inženirskih konstrukcijah, predvsem na čim večjih razponih brez vmesnih podpor. Šele takrat, ko so praktično ugotovili lastnosti novih materialov na začetnih konstrukcijah, so si jih upali uporabiti tudi v običajni gradbeni praksi za zahtevnejše, stalno postavljene konstrukcije. Stavbe za svetovne razstave so bile realizacija nove ideje, ki ni imela vzora v arhitekturni zgodovini, zato so bile preizkus za predstavitev praktične uporabe novih metod gradnje, gradiv in oblik.

Sledila je Barcelona leta 1929, kjer so po načrtih Ludwiga Mies van der Roheja sestavili nemški paviljon (slika 19), ki še danes velja za simbol prelivajočega se prostora, novost pa so bili tudi stebri iz nerjavnega jekla ter nenosilne stenske plošče iz marmorja, travertina, stekla in oniksa.



Slika 19 • **Barcelona, 1929: Ludwig Mies van der Rohe: Nemški paviljon**
(internet 8)

Po štiridesetih letih so Združene države Amerike želele popraviti slab vtis z novo razstavo v Čikagu leta 1933, na kateri so prevladovali oblike art decoja. Sledila je svetovna razstava v Parizu leta 1937 s sovjetskim in nemškim paviljonom (slika 20), ki sta bila polna demagoške ikonografije.

Napredni moderni paviljoni so bili: španski paviljon (slika 21) s konstrukcijo iz jekla (in s Picassovo Guernico) Joséja Luisa Sarta in Luisa Lacase, finski paviljon (slika 22) s sestavljenimi lesenimi fasadami ter svobodno oblikovanimi florisom Alvarja in Aina Aaltoja ter



Slika 20 • Pariz, 1937: A. Speer: Nemški paviljon, in B. M. Jofan: Sovjetski paviljon (Curtis, 1996)

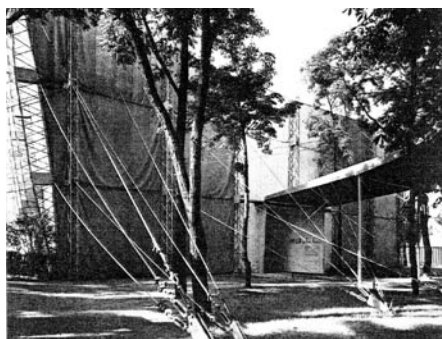
šotorasti Paviljon novi časi (fra. Pavillon des Temps Nouveaux – projekt D) (slika 23) Le Corbusierja.



Slika 21 • Pariz, 1937: José Luis Sert in Luis Lacasa: Pogled na španski paviljon (Mattie, 1998)



Slika 22 • Pariz, 1937: Alvar Hugo Henrik Aalto in Aino Aalto: Pogled na finski paviljon (Reed, 1998)



Slika 23 • Pariz, 1937: Le Corbusier: Paviljon des Temps Nouveaux (Bill, 1939)

Sledila je svetovna razstava v New Yorku leta 1939, ki je najbolj znana po notranjem oblikovanju finskega paviljona (slika 24), avtorja sta Alvar in Aino Aalto.



Slika 24 • New York, 1939: Alvar Hugo Henrik Aalto, Aino Aalto: Notranjost finskega paviljona (internet 9)

Več primerov viseče oziroma obešene fasade (ang. curtain wall) kot nenosilne fasadne obloge so prikazali v Bruslju leta 1958, kjer je Egon Eiermann načrtoval nemški paviljon (slika 25), Vjenceslav Richter pa zelo odmevni jugoslovanski paviljon (slika 26), ki je s steklenimi površinami želel ponazarjati odprtost države za nove ideje.



Slika 25 • Bruselj, 1958: Egon Eiermann in Sep Ruf: Pogled na Paviljon Zvezne republike Nemčije (internet 10)



Slika 26 • Bruselj, 1958: Vjenceslav Richter: Pogled na jugoslovanski paviljon (Pavlović, 2000)

V prvi polovici dvajsetega stoletja so na svetovnih razstavah začeli uporabljati nacionalne paviljone, ki so jih zgradile posamezne države doma in paviljon nato po delih prepeljale na razstavo, kjer so ga ponovno sestavili. Tako se je dokončno uveljavila demontažna konstrukcija, saj so paviljone lahko uporabljali na drugi lokaciji tudi po končani svetovni razstavi.

konstrukcije, dovolj tanke, da ne razvijejo občutnih upogibnih napetosti, toda hkrati dovolj trdne, da lahko prenašajo obremenitve s tlakom, nategom in strigom.

Na prvi svetovni razstavi po drugi svetovni vojni v Bruslju leta 1958 so zgradili paviljon s konstrukcijo, ki je zaradi svoje nenavadne

4 • EKSPERIMENTIRANJE S KONSTRUKCIJAMI (1958–1992)

4.1 Tlačno obremenjene konstrukcije

V drugi polovici dvajsetega stoletja so začeli na svetovnih razstavah graditi nove tipe konstrukcij,

ki so postale zanimive zaradi svoje drznosti. To so bile predvsem tlačno obremenjene tanke lupine, ki so oblikovno odporne

oblike osupnil svet. To je bil Le Corbusierjev paviljon Philips (slika 27), prva stavba, kjer je samostojna lupina v obliki hiperboličnega paraboloida in konoid uporabljena kot primarna konstrukcija celotne zgradbe.



Slika 27 • Bruselj, 1958: Le Corbusier: Pogled na paviljon Philips (internet 11)

Konstruktivsko so zanimive tudi gobaste ali dežnikaste konstrukcije, katerih osnovna konstrukcija shema je sestavljena iz strehe in enega samega podpornega vertikalnega stebra. Enega prvih konstrukcijskih sistemov, ki je združeval več jeklenih gobastih elementov, so postavili kot španski paviljon (slika 28) na svetovni razstavi v Bruslju leta 1958.



Slika 28 • Bruselj, 1958: Antonio Corrales in Ramon Vazquez Molezun: Notranjost španskega paviljona (Puente, 2000)

Na svetovni razstavi v Montrealu so po načrtih arhitekta Mosheja Safdieja kot arhetipski primer postavili sistem povsem prefabriciranih prostorskih celic s stanovanjskimi enotami ter jih združili v stanovanjsko naselje *Habitat* (slika 29), ki je postalo vzorčno naselje montažne stanovanjske gradnje.



Slika 29 • Montreal, 1967: Moshe Safdie: Habitat (internet 12)

4.2 Natezno obremenjene konstrukcije

Najpreprostejša natezna streha sestoji iz skupine vrvi, ki visijo z vrhov opornih stebrov, zmožnih prenašati upogib, ali ki so speljane prek tlačnih razpor in zasidrane v tleh. Po načrtih Le Corbusierja so ob svetovni razstavi v Parizu leta 1937 postavili šotor – Paviljon novi časi. Tudi velikanski razpon strešne konstrukcije paviljona Združenih držav Amerike (slika 30) v Bruslju leta 1958, ki se je zgledovala po sistemu kolesa in je imela v premeru preko 100 metrov, je bil mogoč le zato, ker so uporabili jeklene natezne vrvi.



Slika 30 • Bruselj, 1958: Edward Durrell Stone: Pogled na paviljon Združenih držav Amerike (internet 13)



Slika 31 • Montreal, 1967: Frei Otto in Rolf Gutbrod: Pogled na paviljon Zahodne Nemčije (internet 14)

Za svetovno razstavo v Montrealu leta 1967 je Otto Frei skupaj z arhitektom Rolfom Gutbrodom načrtoval paviljon Zahodne Nemčije (slika 31), ki je imel šotorasto konstrukcijo, sestavljeno iz prednapetih jeklenih vrvi. Pnevmatične konstrukcije so membrane, ki popolnoma obdajajo prostor ali skupino ločenih prostorov in so prednapete samo z notranjim tlakom. Na svetovni razstavi v Osaki leta 1970 so zgradili dve pnevmatični konstrukciji. Prvi je bil preko 50 metrov dolg paviljon Fuji (slika 32), največja pnevmatična konstrukcija, narejen iz napihnenih ukrivljenih cevi iz plastične opne, ki so bile napihnjene z zrakom in med seboj povezane s horizontalnimi trakovi.



Slika 32 • Osaka, 1970: Jutaka Murata, Mamoru Kavaguchi: Pogled na paviljon Fuji (internet 15)

Druga pnevmatična konstrukcija je bila 140 krat 80 metrov velika balonska konstrukcija strehe ameriškega paviljona (slika 33), ki so jo podpirali z zrakom.



Slika 33 • Osaka, 1970: Davis, Brody in Chermayeff, Geismar, de Harak: Paviljon Združenih Držav Amerike (internet 16)

4.3 Palične konstrukcije

Konstrukcije iz paličja so sestavljene iz linijskih elementov, ki so v vozliščih povezani v celoto. Palične konstrukcije so lahke in racionalne, čim večje razpone želimo doseči

s kar najmanjšo težo gradiva. Eden izmed pionirjev ukrivljenih prostorskih paličij je Richard Buckminster Fuller, ki je za svetovno razstavo v Montrealu leta 1967 zasnoval paviljon Združenih držav Amerike (slika 34) v obliki do tedaj najvišje zgrajene geodezične kupole.



Slika 34 • Montreal, 1967: Richard Buckminster Fuller: Pogled na paviljon Združenih držav Amerike (internet 17)

To je konstrukcija, v kateri je kroglasta površina razdeljena na enakokranične trikotnike, ki tvorijo večje šestkotnike in petkotnike. Zgrajeni paviljon ima jekleno palično konstrukcijo in obliko treh četrtin krogle s premerom 77 metrov ter višino 61 metrov, njegova posebnost pa je tudi, da so skozi paviljon speljali nadzemno železnico. Za naslednjo svetovno razstavo, ki je bila v Osaki leta 1970, so po načrtih Kenza Tangeja in Jošikatsuja Tsuboija (ang. Yoshikatsu Tsuboi) zgradili ogromno ravninsko prostorsko jekleno paličje (slika 35), dolgo 292 metrov in široko 108 metrov, hkrati pa je bilo podprto na le šestih stebrih, prav tako sestavljenih iz prostorskega paličja.



Slika 35 • Osaka, 1970: Kenzo Tange: Festival plaza (internet 18)

Na svetovnih razstavah je tretjo četrtino dvajsetega stoletja zaznamovalo preizkušanje novih konstrukcij. Če se je konstrukcija izkazala za uspešno, so jo uporabili tudi kot dele stalnih arhitektur; eden najznačilnejših primerov je olimpijski stadion v Münchnu. Pnevmatične konstrukcije danes uporabljamo kot začasne objekte, največkrat za zimsko prekrivanje športnih objektov: bazenov, teniških igrišč.

5 • KONSTRUKCIJE IN OBLIKOVANJE ARHITEKTURE (1992–2010)

5.1 Konstrukcije in visoka tehnologija

Iz postmodernega sloga, ki ni prinesel novosti v konstrukcijah, se v devetdesetih letih dvajsetega stoletja smernice v arhitekturi že prevesijo v arhitekturo visoke tehnologije (ang. High-tech), v organsko in delno tudi že v regionalno moderno arhitekturo. Svetovna razstava v Seville je bila ena izmed tistih razstav, na kateri je bila arhitektura paviljonov zelo raznolika. Tehnološko je bil izredno napreden kuvajtski paviljon (slika 36) arhitekta Santiaga Calatrave, ki je imel strešno konstrukcijo iz lesenih ločnih elementov, ki se je glede na temperaturo ozračja povsem zaprla oziroma se je postopoma odpirala.



Slika 36 • Sevilla, 1992: Santiago Calatrava: Pogled na kuvajtski paviljon (Matie, 1998)

Najodmevnejša konstrukcija s svetovne razstave v Lizboni leta 1998 je 30 centimetrov debela betonska opna portugalskega paviljona (slika 37), ki jo je načrtoval Alvaro Siza, in je z nerjavnimi vrvmi obešena na sosednji stavbi ter tvori 67 × 50 metrov velik trg.



Slika 37 • Lizbona, 1998: Alvaro Siza: Pogled na portugalski paviljon (internet 19)

Najbolj poznan primer gobaste konstrukcije na svetovnih razstavah je streha EXPO (slika 38), simbol svetovne razstave v Hannoveru leta 2000.

Deset med seboj konstrukcijsko popolnoma ločenih streh EXPO navdušuje poznavalce zaradi izjemnih dimenzij, saj vsako izmed njih sestavljajo štiri lesene konzole iz lep-



Slika 38 • Hannover, 2000: Herzog in Partner: streha EXPO (internet 20)

ljenega lameliranega lesa v obliki dežnika iz hiperboličnih paraboloidov, celotna konstrukcija vsake strehe pa pokriva 40 × 40 metrov veliko površino.

Mlada nizozemska skupina arhitektov MVRDV je na razstavi v Hannoveru leta 2000 predstavila nizozemski paviljon (slika 39), ki je bil s 47 metri najvišji paviljon na svetovni razstavi. Osnovna arhitekturna ideja je bila, da so nizozemske krajine naložili eno vrh druge in ustvarili paviljon v petih nadstropjih, pot je vodila obiskovalce od vrha paviljona proti pritličju skozi različna okolja. Na streho so postavili mline na veter, ki so oskrbovali celotno zgradbo z elektriko, in naredili umetno jezero, ki zadržuje deževnico ter hkrati simbo-



Slika 39 • Hannover, 2000: MVRDV: Pogled na nizozemski paviljon (internet 21)

lizira nizozemsko pokrajino. Paviljon je bil konstrukcijsko načrtovan tako, da so po končani svetovni razstavi zgornja nadstropja podrli, spodnjim pa dodelili drugo namembnost.

5.2 Ekološke konstrukcije

Nizozemski in japonski paviljon, ki so ju postavili v Hannoveru leta 2000, sta postala simbol nove, visokotehnološke, a hkrati tudi ekološke usmerjene gradnje. Japonski paviljon (slika 40) je bil narejen samo iz lesa in recikliranega papirja oziroma izdelkov iz kartona.



Slika 40 • Hannover, 2000: Shigeru Ban: Pogled v notranjost japonskega paviljona (Nerdinger, 2005)

Nasprotje tej zahtevni tehnologiji je bil minimalistični švicarski paviljon (slika 41), delo arhitekta Petra Zumthorja, prav tako ekološko usmerjen, a preprost in z močno oblikovalsko idejo: sestavljen je bil le iz na tramiče narezanega, sveže žaganega lesa, ki je bil povezan z jekleno vrvjo.



Slika 41 • Hannover, 2000: Peter Zumthor: Pogled na švicarski paviljon (Anon, 2000)

Tudi na letošnji svetovni razstavi, ki jo gosti kitajsko mesto Šanghaj, so postavili preko 200 paviljonov, po končani razstavi pa naj bi jih podrli. Konstrukcija paviljonov je zato največkrat iz jeklenega paličja, ki je zelo primerno za hitro sestavljanje in razstavljanje zgradbe ter z možnostjo ponovne postavitve objekta na drugi lokaciji. Tako je paviljon Združenih arabskih emirатов, ki so ga načrtovali Foster in Partnerji, eden najdražjih paviljonov, predvsem zaradi zahtevne tehnologije in možnosti prestavitve na drugo lokacijo. Palična konstrukcija paviljona je iz nerjavnega jekla, fasada iz nerjavnih jeklenih plošč, posebnost paviljona pa je, da izkorišča vetrno energijo. Po končani svetovni razstavi naj bi paviljon razstavili in ponovno postavili v Abu Dabiju (slika 42).



Slika 42 • Šanghaj 2010: Foster in Partnerji: Pogled na paviljon Združenih arabskih emirатов (internet 22)

6 • SKLEP

Soodvisnosti konstrukcije in arhitekturnega izraza stavb na svetovnih razstavah ni mogoče zanikati, vendar je njuno medsebojno razmerje malokdaj enakovredno. Tako so na primer do leta 1900 oblikovali predvsem izrazite konstrukcije, potem pa je, predvsem zaradi manjših razponov, prevladal arhitekturni in oblikovalski vidik. Vendar najodmevnejši paviljoni niso nikdar zanimivi samo z arhitekturnega vidika, temveč pomenijo hkrati tudi konstrukcijski in oblikovalski presežek. Ob snovanju stavb se vedno postavlja vprašanje, kako takšen začasni paviljon postaviti na svetovni razstavi: ali ga zasnovati kot preizkusni oziroma eksperimentalni objekt ali kot trajno uporaben paviljon. Nosilna konstrukcija paviljonov naj bo sestavljena čim enostavneje. Zaželeno je prefabrikacija gradbe-

nih elementov paviljona, saj paviljon po končani svetovni razstavi običajno podrejo, in če je paviljon uspešen, ga prestavijo na drugo lokacijo. Zgradbe, ki so jih postavili na svetovnih razstavah, so pomemben člen v razvoju in uveljavljanju nove arhitekture in novih konstrukcij po letu 1850. Vendar je bila pot uveljavljanja novosti težka. V drugi polovici devetnajstega stoletja je bil izkušeni vrtnar Joseph Paxton prvi, ki si je zamislil ogromno stavbo, sestavljeno samo iz vnaprej izdelanih elementov. To je bila prva zares velika stavba, zgrajena le iz prefabriciranih delov. Paxtonove zamislil o lepoti vidne konstrukcije, ki ne potrebuje ornamenta, so širili in nadgrajevali inženirji. Novo gradivo – železo oziroma jeklo – je omogočilo povsem nov pogled na gradnjo. Konstrukcije iz

vidnega železa so začeli inženirji uporabljati za premoščanje večjih razponov na mostovih in pri železniških postajah, ki jih s kamnito, leseno ali opečno konstrukcijo niso mogli premostiti. Arhitekti so železno konstrukcijo raje skrili za fasadno oblogo, da je postala nevidna. Le redki med njimi so se zavedali pomembnosti razvoja, še redkejši pa so bili laiki, ki so želji po napredku pritrdili.

Ob prelomu stoletja je secesija pripomogla k uveljavitvi vidnega železa kot sestavnega dela arhitekture tudi pri laični javnosti. V dvajsetem stoletju so arhitekti prispevali k smotrnejši funkciji stavb in boljši izrabi prostora v njih, konstrukcija manjših paviljonov je postala manj pomembna. Armirani beton, ki so ga v gradbeništvu začeli množično uporabljati kot nosilno konstrukcijo, se pri začasnih paviljoni na svetovnih razstavah, predvsem zaradi njegove trajnosti, ni izkazal za primerne. Za nosilno konstrukcijo paviljonov so v prvi polo-

vici dvajsetega stoletja večinoma uporabljali lesene konstrukcijske elemente. Nemški paviljon na svetovni razstavi v Barceloni leta 1929 je izstopal tudi po vidnih jeklenih stebrih, ki so skupaj z moderno arhitekturo pomenili novost. V drugi polovici dvajsetega stoletja so se nekateri arhitekti povezali s konstruktorji in na svetovnih razstavah predstavili nekaj paviljonov z izjemnimi inovativnimi konstrukcijami. Tanke lupine in šotoraste strehe, geodezične kupole in pnevmatske konstrukcije so bile novosti, ki so jih nato začeli vgrajevati tudi v stavbe, ki so jih

gradili za trajnejšo uporabo. Konstrukcije, ki so jih postavili na svetovnih razstavah za določen čas, so vplivale na razvoj ostale arhitekture, še posebej v času strukturalizma v šestdesetih letih in v času »high-techna« v devetdesetih letih dvajsetega stoletja. Nove oblike konstrukcij in nova gradiva zahtevajo drugače oblikovano arhitekturo. Najtežje je vedno laičnemu občinstvu, ki se v novem oblikovanju, arhitekturi in konstrukcijah ne znajde, zato proces dojemanja novega traja še danes. Paviljoni na svetovnih razstavah predstavljajo hkrati

napredek, nacionalno arhitekturo ter patriotizem. S paviljonom predstavimo arhitekturo posamezne države in posameznega arhitekta, vendar hkrati tudi državo in državljane; z njim prikažemo stopnjo razvitosti tehnologije v posamezni državi in domiselnost njenih državljanov, tako arhitektov, konstruktorjev, oblikovalcev, podjetnikov in državnih uradnikov, ter njihovo odprtost za nove ideje. Pomembno je vzajemno in tvorno sodelovanje med arhitekti, konstruktorji, gradbeno industrijo in državno upravo.

7 • LITERATURA

- Allwood, J., *The Great Exhibitions*, Studio Vista, London, 1977.
- Anon, *Architektur Architecture EXPO 2000 Hannover*, Hajte Cantz Verlag, Ostfildern, 2000.
- Bill, M., *Le Corbusier et Pierre Jeanneret Œuvre complete 1934–38*, Les Editions d'Architectur (Artemis), Zurich, 1939.
- Boesiger, W., *Stonorov, O., Le Corbusier et Pierre Jeanneret Œuvre complete 1910–1929*, Artemis, Zurich, 1929.
- De Bures, C., *La tour de 300 metres*, Editions André Delcourt, Lausanne, 1988.
- Cornell, E., *De stora Utställningarna Arkitekturhistoria*, Bokförlaget natur och kultur, Stockholm, 1952.
- Curtis, W. J. R., *Modern Architecture Since 1900*, Phaidon, London, 1996.
- Findling, J. E., Pelle, K. D., *Historical Dictionary of World's Fairs and Expositions, 1851–1988*, Greenwood Press, Westport, 1990.
- Internet 1: <http://www.bie-paris.org/site/en/expos/intro-to-expos.html> (sneto 13. 5. 2010)
- Internet 2: <http://www.lib.umd.edu/ARCH/exhibition/images/1853dub/interior.jpg> (sneto januar 2003)
- Internet 3: http://www.chicagohs.org/history/expo/map/map_manu.jpg (sneto 26. 7. 2010)
- Internet 4: <http://www.lib.umd.edu/ARCH/exhibition/images/1876phi/main.jpg> (sneto oktober 2006)
- Internet 5: <http://www.lib.umd.edu/ARCH/exhibition/images/1853nyc/birdseye.jpg> (sneto januar 2003)
- Internet 6: http://perso.orange.fr/madclicker/oum_images/expo.jpg (sneto november 2003)
- Internet 7: <http://www.biblio.tu-bs.de/ausstellungen/weltaus/welt2.gif> (sneto oktober 2006)
- Internet 8: <http://expomuseum.com/architecture/1929arch01.jpg> (sneto oktober 2006)
- Internet 9: <http://www.morehousegallery.com/images/inventory/600/stoller%20e%2000014.jpg> (sneto oktober 2006)
- Internet 10: <http://www.die-neue-sammlung.de/z/nuernberg/aus/eiermann/dpb.jpg> (sneto oktober 2006)
- Internet 11: <http://www.lib.umd.edu/ARCH/exhibition/images/1958bru/philips3.jpg> (sneto oktober 2006)
- Internet 12: <http://www.brynmawr.edu/Acads/Cities/wld/07520/07520a.jpg> (sneto oktober 2006)
- Internet 13: http://users.skynet.be/rentfarm/expo58/foreignsection/index_bestanden/image016.jpg (sneto oktober 2006)
- Internet 14: <http://www.architecture.com/imageLibrary/jpeg330/7820.jpg> (sneto oktober 2006)
- Internet 15: <http://www.taiyokogyo.co.jp/compe/jury/jury11/kawaguchi/image/fuji.gif> (sneto september 2005)
- Internet 16: <http://www.columbia.edu/cu/gsap/BT/DOMES/OSAKA/osa79.gif> (sneto september 2005)
- Internet 17: http://wiki.arch.ethz.ch/asterix/pub/Main/BtFabianKiepenheuer/ref_4.jpg (sneto avgust 2006)
- Internet 18: <http://www.ftawe.com/works/image/expo/expo01.jpg> (sneto september 2005)
- Internet 19: <http://www.terra.es/personal/aranburo/119.jpg> (sneto oktober 2006)
- Internet 20: <http://www.holzland-expo.de/pics/messe/dach.jpg> (sneto september 2006)
- Internet 21: http://www.dutchdesignevents.com/images/strangelyfamiliar/mvrdv_dutch%20pavilion_lg.jpg (sneto oktober 2006)
- Internet 22: <http://en.showchina.org/Features/13/10/200912/W020091217340581986350.jpg> (sneto 30. 7. 2010)
- Giedion, S., *Space, Time and Architecture*, Harvard University Press, Cambridge, 1967.
- Košir, F., *K Arhitekturi, Razvoj arhitekturne teorije, Drugi del*, FA UL, Ljubljana, 2008.
- Mattie, E., *World's Fairs*, Princeton Architectural Press, New York, 1998.
- Nerdinger, W., *Frei Otto Complite Works, Lightweight Construction Natural Design*, Birkhäuser, Berlin, 2005.
- Pavlović, B., *Bruxelles 1958, Jugoslavenski paviljon, Čovjek i prostor*, 552/553. 2000.
- Peters, T. F., *Building the Nineteenth Century*, MIT Press, Cambridge, Mass, 1996.
- Puente, M., *100 años pabellones de exposición*, Gustavo Gili, Barcelona, 2000.
- Reed, P., *Alvar Aalto, Between Humanism and Materialism*, The Museum of Modern Art, New York, 1998.
- Salvadori, M., Heller, R., *Konstrukcije v arhitekturi (Naslov izvirnika: Structure in Architecture. Prevod: B. Dobovišek)*, Državna založba Slovenije, Ljubljana, 1979.
- Slivnik, L., *Zgradbe svetovnih razstav: konstrukcija, arhitektura, urbanizem, oblikovanje, doktorska disertacija*, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, Ljubljana, 2007.

KAKO POISKATI RAZLOGE ZA SPREMENJENE STATISTIČNE LASTNOSTI MERITEV ASFALJNIH MEŠANIC

HOW TO FIND OUT THE REASONS FOR CHANGES IN STATISTICAL PROPERTIES OF PAVEMENT MIXTURES MEASUREMENTS

Nataša Šinkovec, univ. dipl. inž. grad.
Aleksander Ljubič, univ. dipl. inž. grad.
mag. Franci Kavčič, univ. dipl. inž. grad.

IGMAT, d.d., Ljubljana

prof. dr. Goran Turk, univ. dipl. inž. grad.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Znanstveni članek

UDK: 311.1:624.011.9

Povzetek | Vzpostavili smo bazo podatkov za različne asfaltne zmesi, ki so bile preizkušene na Inštitutu za gradbene materiale IGMAT, d. d., v obdobju med letoma 1998 in 2009. V bazo je vključenih 17.296 meritev asfaltnih zmesi. Zaradi velike količine podatkov so v prispevku prikazani le rezultati za asfaltno zmes AC 22, čeprav je bila enaka analiza, kot je prikazana za to zmes, opravljena tudi za zmesi AC 11, AC 16 in AC 32.

Glavni cilj prispevka je opisati metodo, s katero lahko ugotovimo spremembe v statističnih lastnostih meritev, ki jih ne moremo pripisati naključju, temveč nekim zunanjim dejavnikom, na primer spremembi standarda, zamenjavi naprave, zamenjavi osebja. Za ta namen smo izračunali in analizirali razlike med korelacijskimi koeficienti dveh skupin meritev posamezne asfaltne zmesi. Najprej smo vse meritve razdelili na dve skupini glede na časovno obdobje, v katerem so bile izvedene meritve, in primerjali korelacije med tema dvema skupinama. Nato smo ponovili račun še za naključno razvrščene meritve, ki smo jih razdelili v dve enako veliki skupini. Pri tem nas je zanimalo, ali je razlika v korelacijskih koeficientih med dvema skupinama meritev pomembna. Za ta namen smo generirali slučajno porazdeljene meritve z enakimi statističnimi lastnostmi, s katerimi smo ugotovili okvirne meje, znotraj katerih so razlike korelacij še dopustne.

Summary | The database for various pavement mixtures, which were tested in building materials institute IGMAT d.d. for the period between 1998 to 2009, was made. The database consists of 17296 pavement mixture measurements. The analyses were done for the mixtures AC 11, AC 16, AC 22, and AC 32, however, only the results of the mixture AC 22 are presented in the paper. The main aim of the paper is to establish the method for the estimation of the change of statistical properties of measurements that are not random but occur due to some other external factors, like the change of standards, machines or laboratory staff. The difference between the correlation coefficients between two groups of measurements of pavement mixtures have been calculated and analysed for this purpose. First, we have divided all measurements into two groups as for time period in which measurements were acquired and then we have compared correlation coefficients between these two groups. The computation was then repeated for random sorted measurements, which were divided into two equally large groups. We were interested if the difference between the correlation coefficients between two groups of measurements is significant. So we have generated random measurements with equal statistical characteristics. In this way, we have established the limits for difference between the correlation coefficients.

1 • UVOD

Asfalt je zmes kamnitih zrn, bitumna in zračnih votlin. Osnovni namen je doseči čim večjo odpornost proti trajnemu deformiranju, proti vremenskim pogojem in staranju. S predhodno izbiro ustreznih materialov in določitvijo njihovega deleža v asfaltni zmesi je treba zagotoviti ustrezne lastnosti zmesi, ki imajo vpliv na samo obnašanje asfalta. Poleg proizvodnje same zmesi je pomembno tudi vgrajevanje zmesi. Kontrola kakovosti oz. vrednotenje ustreznosti posamezne asfaltna zmesi in plasti se izvaja na osnovi evropskih standardov SIST EN.

Obnašanje vgrajene asfaltna zmesi je med drugim odvisno tudi od kakovosti kamnitih zrn, saj je ta v življenjski dobi asfaltnega cestišča izpostavljen različnim mehanskim in vremenskim vplivom. Osnovni namen kamnitih zrn je prenos obremenitve iz obrabne na nosilno oz. vezno plast voziščne konstrukcije. Bitumen v asfaltni zmesi nastopa kot vezni material in ima velik vpliv na obnašanje asfaltna zmesi. Tudi od njega je odvisnih mnogo lastnosti asfaltna zmesi: odpornost proti trajnemu deformiranju, zgoščenost plasti, prostorska in največja gostota zmesi itd. Karakteristike bitumna, ki jih moramo obvezno preveriti,

so: zmehčišče (PK), penetracija in gostota. Bitumen je sestavljen iz velikega števila podobnih organskih spojin. Običajno se jih deli na osnovi različnih lastnosti, od katerih sta najpomembnejši temperatura zmehčišča in penetracija. Poleg običajnih bitumnov se v cestogradnji veliko uporabljajo s polimeri modificirani bitumni, katerim so dodani elastomeri in plastomeri, ki izboljšajo lastnosti bitumna. Z njimi se lahko poveča zmehčišče, zniža pretrgališče po Fraassu, poveča se odpornost proti plastičnim deformacijam itd. (Žmavc, 2006).

V prispevku opisujemo statistične metode, s katerimi ugotavljamo, ali je prišlo do sprememb v meritvah in ali so v podatkih prisotni osamelci (angl. outlierji). Osredotočili smo se predvsem na ugotavljanje sprememb, ki se zgodijo v odnosu med stabilnostjo oz. tečenjem in preostalimi lastnostmi asfaltna zmesi. Statistike, kot so srednja vrednost in varianca, opisujejo osnovne lastnosti obravnavane populacije. Sprememba le-teh običajno kaže na spremembo v populaciji. Kovariance oziroma korelacijski koeficienti pa opisujejo linearno povezavo med posameznimi para-

metri populacije. Spremembe korelacijskih koeficientov ne kažejo na spremembo v osnovnih lastnostih populacije, temveč na spremembe v povezavah med parametri. Razlogi za te spremembe so najpogostejše spremenjeni načini meritev. Če torej ugotovimo, da so se korelacijski koeficienti v dveh časovnih obdobjih spremenili bolj, kot bi to lahko pričakovali zaradi naključnih odstopanj, moramo sklepati, da je v procesu meritev prišlo do sprememb. Statistična metoda je dovolj preprosta, da bi lahko bila pogosto uporabljena, saj uporablja le osnovne statistične izračune, ki jih omogočajo vsi računalniški programi, namenjeni urejanju, zbiranju in analiziranju podatkov.

Obravnavamo naslednje vprašanje: kolikšne razlike med preiskavami lahko pričakujemo zaradi slučaja ob predpostavki o normalni porazdelitvi lastnosti asfalta. Če podatke posamezne asfaltna zmesi razdelimo časovno na obdobje med letoma 1998 in 2005 in na obdobje od 2006 do 2009, ugotavljamo, kako je sprememba standardov v letu 2005 vplivala na rezultate preiskav oz. ali so razlike nastale povsem naključno. Če iste podatke naključno razporedimo v dve enaki skupini, ugotovimo, kateri podatek močno odstopa, in na podlagi tega lahko preverimo, zakaj je prišlo do odstopanja oz. ali so nastale razlike naključne.

2 • OBRAVNAVANI PODATKI

Zbrani podatki so rezultati preiskav vzorcev asfaltnih zmesi in asfaltnih plasti v časovnem obdobju od leta 1998 do leta 2009 na Inštitutu za gradbene materiale IGMAT, d. d. Podatki, pridobljeni s preizkusi, so: zmehčišče bitumna po postopku prstana in kroglice (PK), penetracija, pretrgališče po Fraassu, indeks penetracije (IP), viskoznost, duktilnost, elastični povratek, deleži posameznih frakcij kamnitega materiala, delež bitumna, stopnja zapolnenosti votlin v bituminizirani zmesi, votline v kamnitom materialu, največja gostota kamnitega materiala, največja gostota asfalta, stabilnost, tečenje, Marshallov kvocient, prostorska gostota asfalta in vsebnost zračnih votlin. Prvih sedem podatkov predstavlja lastnosti bitumna, ki je uporabljen v asfaltni zmesi, drugi podatki pa se nanašajo na samo asfaltno plast oz. zmes. Na tem mestu je potrebno opozoriti na razliko v pomenu med besednima zvezama asfaltna zmes in asfaltna plast. Prva se nanaša na še nevgrajeno asfaltno zmes, druga pa označuje vgrajeno zmes.

Obravnavamo podatke, ki so pridobljeni iz preiskav med letoma 1998 in 2005 ter med letoma 2006 in 2009. Razlog za takšno delitev je v uveljavitvi novih standardov leta 2005. Poleg tega so podatki ločeni še glede na tip uporabljenega veziva, in sicer asfaltna zmesi z navadnim cestogradbenim bitumnom in asfaltna zmesi s polimeri modificiranim bitumnom. V nadaljevanju so na kratko opisane posamezne lastnosti, ki se običajno določajo pri vrednotenju ustreznosti posamezne asfaltna zmesi oz. plasti in so natančno določene v standardu SIST EN 12697.

Ker statistične analize pri večjih vzorcih dajo zanesljivejše rezultate, smo obravnavali zmesi AC 11, AC 16, AC 22 in AC 32.

2.1 Laboratorijski preskusi asfaltna zmesi

Preiskave bitumna

Zmehčišče bitumna po postopku prstana in kroglice (PK)

Segreti vzorec bitumna vlijemo v prstan, po določenem času odčitamo temperaturo, pri kateri je pod bremenom jeklene kroglice dosežena določena deformacija bitumna.

Penetracija

Vzorec bitumna vlijemo v posodico, ki jo najprej ohladimo in nato postavimo v vodo točno določene temperature. V nadaljevanju v vzorec bitumna potisnemo iglo točno določene velikosti in teže ter pod točno določenimi pogoji. Penetracija, ki je izražena v 1/10 mm, je definirana kot globina, pri kateri se igla ustavi.

Pretrgališče po Fraassu

V določeno tekočino (običajno alkohol in suhi led) položimo epruveto, v kateri je na tanki ploščici namazana tanka plast bitumna. To ploščico upogibamo toliko časa, dokler ne počni. Temperatura, pri kateri plast bitumna počni, je definirana kot pretrgališče po Fraassu.

Indeks penetracije (IP)

Indeks penetracije določa temperaturno občutljivost bitumna. Izračunamo ga iz vred-

nosti penetracije in temperature zmečkaišča po enačbi:

$$I_p = \frac{20t_{RaB} + 500I_gP - 1952}{t_{RaB} - 50I_gP + 120}, \quad (1)$$

kjer je:

t_{RaB} ... temperatura zmečkaišča,

I_gP ... naravni logaritem penetracije P pri temperaturi 25°C.

Viskoznost

Dinamična viskoznost je razmerje med strižno napetostjo in gradientom hitrosti. Njena enota je Pa·s. V prispevku se izraz viskoznost nanaša na dinamično viskoznost. Poleg omenjene ločimo še kinematično viskoznost, ki je definirana kot razmerje med dinamično viskoznostjo in gostoto tekočine pri temperaturi merjenja viskoznosti.

Duktilnost

Duktilnost je sposobnost deformiranja bitumna v neelastično območje. Izražena je kot dolžina, do katere se lahko točno določen vzorec bitumna pri točno določenih pogojih raztegne, ne da bi se pri tem pretrgal. Omenjeno lastnost določamo za navadne cestogradbene bitumne.

Elastični povratek

Elastično povratno deformacijo merimo na vzorcu polimernega bitumna. Merimo skrček predhodno raztegnjenega vzorca, potem ko le-tega na sredini prerežemo. Omenjeno lastnost določamo za bitumne, ki so modificirani s polimeri.

Preiskave bitumenskih zmesi

Delež bitumna

Vzorec asfaltne zmesi se vstavi v napravo za ekstrakcijo veziva, kjer s topilom ločimo vezivo od kamnitih delcev. Na ta način določimo delež bitumenskega veziva v asfalti zmesi.

Sejalna analiza

Kamniti material presejemo in s sejalno analizo določimo deleže posameznih frakcij (razredov) kamnitega materiala v asfalti zmesi (standard SIST EN 12697-2). Porazdelitev velikosti zrn kamnitega materiala je pomembna značilnost asfaltne zmesi, saj je med drugimi tudi od nje odvisna uporabnost posamezne zmesi. Posamezna frakcija zmesi kamnitih zrn je označena z nazivnima velikostma odprtih sit, tj. spodnjo in zgornjo mejno velikostjo kvadratnih odprtih sit. Na osnovi sejanja skozi sita, ki imajo ustrezne dimenzije odprtih,

se kamnita zrna razvrsti v osnovno frakcijo in vmesne frakcije. Osnovna frakcija se izbire glede na debelino asfaltne plasti in glede na prometno obremenitev.

Prostorska gostota asfalta, največja gostota asfalta, največja gostota kamnitega materiala Iz vzorca asfaltne zmesi izdelamo Marshallove preizkušance v postopku, kjer vzorce asfaltne zmesi postavimo pod standardizirano nabijalo in jih izpostavimo določenemu številu udarcev, ki jih predpisuje standard SIST EN 12697-30. Marshallove preizkušance najprej stehamo na suhem, nato jih položimo v vodo, kjer jih po določenem času ponovno stehamo. Sledi tehtanje mokrih preizkušancev na suhem in iz razlike mas določimo prostorsko gostoto (standard SIST EN 12697-6).

Največja gostota je definirana kot gostota asfaltne zmesi brez vsebnosti zračnih votlin. Postopek določitve največje gostote asfaltne zmesi je določen v standardu SIST EN 12697-5, kjer je postopek A namenjen določitvi največje gostote s piknometrom (prostorninski postopek). Na osnovi različnih mas (masa praznega piknometra, masa polnega piknometra skupaj z nastavkom in masa polnega piknometra skupaj z vodo po vakuumiranju, s katerim se odstrani zajeti zrak) po enačbi, določeni v standardu, izračunamo največjo gostoto vzorca asfaltne zmesi.

Največja gostota kamnitega materiala je odvisna od največje gostote asfaltne zmesi, vsebnosti bitumna in od gostote bitumna.

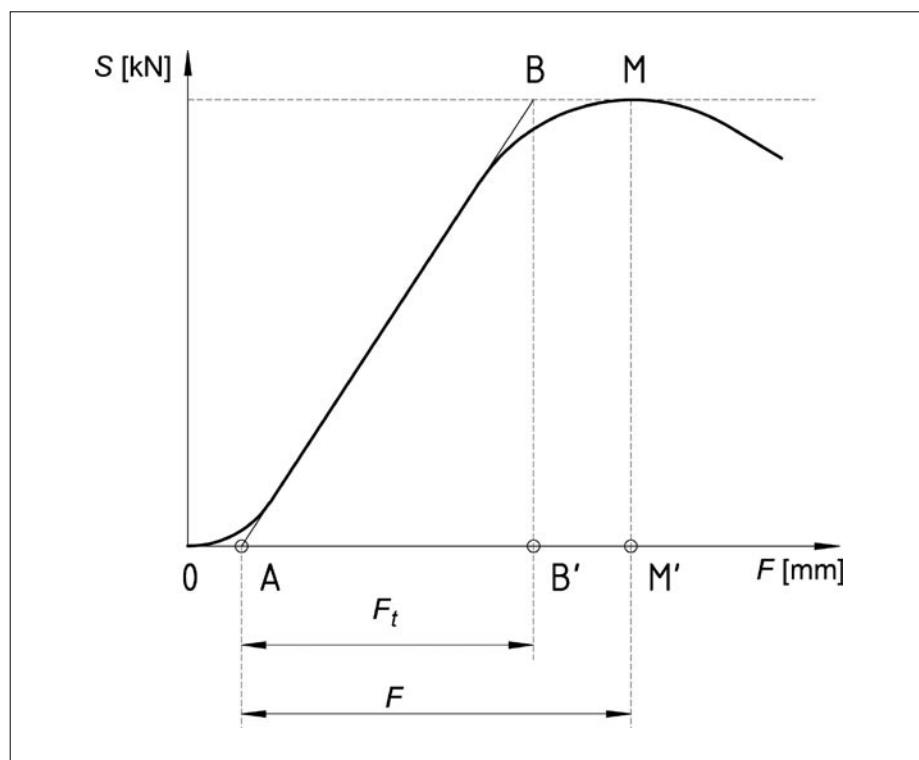
Vsebnost zračnih votlin, stopnja zapolnjenosti votlin, votline v kamnitem materialu

Vsebnost zračnih votlin v asfalti zmesi določimo iz razmerja prostorske gostote in največje gostote Marshallovih preizkušancev. Stopnja zapolnjenosti votlin je izvednotena glede na prostorsko maso asfaltne zmesi, glede na gostoto in vsebnost veziva ter glede na delež votlin v kamnitem materialu.

Delež votlin v kamnitem materialu določimo na podlagi prostorske mase, vsebnosti zračnih votlin ter na podlagi gostote in vsebnosti bitumna.

Stabilnost, tečenje, Marshallov kvocient

Na istih preizkušanjih (Marshallovi preizkušanci), ki so uporabljeni tudi za določevanje prostorske gostote asfalta, po standardu SIST EN 12697-34 določimo še stabilnost, tečenje in Marshallov kvocient, ki so prikazani na spodnji sliki. Stabilnost S je tukaj definirana kot maksimalna sila pri porušitvi. Tečenje F je definirano kot razdalja med točkama A in M', kjer točka A označuje sečišče tangente na deformacijsko krivuljo in abscisno osjo, točka M' pa predstavlja maksimalno deformacijo vzorca. Marshallov kvocient je razmerje med stabilnostjo in tečenjem – S/F .



Slika 1 • Prikaz definicije stabilnosti, tečenja in Marshallovega količnika

3 • STATISTIČNA ANALIZA

Statistična analiza temelji na primerjavi korelacij med merjenimi količinami. Podatke razdelimo na dve skupini. Delitev lahko opravimo glede na dve časovni obdobji, v katerih so bile meritve opravljene, lahko pa tudi glede na dve skupini laborantov, dva laboratorija in podobno.

Da bi lahko ugotovili, kolikšne so lahko razlike med korelacijami in kaj so lahko razlogi za te razlike, računamo korelacije za tri različne primere:

- osnovni podatki v dveh skupinah glede na obdobje,
- osnovni podatki, povsem naključno razvrščeni v dve enako veliki skupini kot v prvem primeru,
- umetno generirani (simulirani) podatki z enakimi statističnimi lastnostmi, kot so osnovni podatki, ter zvrščeni v dve enako veliki skupini kot pri prvem primeru.

Prvi primer je osnovni, tisti, ki ga pregledujemo. Z drugim primerom ugotavljamo, ali so podatki vsebovali osamelce, saj le-ti povzročijo, da so korelacije v eni skupini različne kot v drugi. Tretji primer je referenčni, glede na katerega primerjamo rezultate prvih dveh. Če so razlike v korelacijah v drugem in tretjem primeru podobne, lahko zaključimo, da ni osamelcev. Tedaj lahko primerjamo prvi in tretji primer. Če so razlike v korelacijah podobne, lahko zaključimo, da med eno in drugo skupino ni bistvenih razlik, da se torej razmere niso spremenile.

3.1 Korelacije

Korelacija S_{XY} je statistična mera za linearno odvisnost dveh spremenljivk. Brezdimenzijski koeficient, s katerim opišemo linearno odvisnost, je korelacijski koeficient, ki ga izračunamo po enačbi (Turk, 2010):

$$r_{XY} = \frac{S_{XY}}{S_X S_Y}, \quad (2)$$

kjer je S_{XY} kovarianca, S_X in S_Y sta standardni deviaciji vzorca. Izračunamo jih na naslednji način:

$$S_{XY} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{n}, \quad (3)$$

$$S_X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}}, \quad (4)$$

$$S_Y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n}}, \quad (5)$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}, \quad (6)$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n}. \quad (7)$$

V zgornjih izrazih označimo:

X_i ... vrednost spremenljivke X preizkušanca i ,
 $\bar{X}$... povprečna vrednost vzorca spremenljivke X ,

Y_i ... vrednost spremenljivke Y preizkušanca i ,
 $\bar{Y}$... povprečna vrednost vzorca spremenljivke Y ,
 n ... velikost vzorca.

Za podatke, ki določajo posamezno zmes, smo izračunali korelacijske matrike. Ker nas zanima vpliv drugih lastnosti na stabilnost oz. tečenje, smo se osredotočili na tiste korelacije, ki predstavljajo vpliv drugih lastnosti na stabilnost oz. tečenje.

3.2 Simulacije

Simulacije oziroma generiranje vzorca slučajnih spremenljivk je numerični postopek, kjer z računalnikom posnemamo situacije iz resničnega sveta (Turk, 2010).

V programu Mathematica smo na podlagi dejanskih podatkov (Interna baza meritev, 1998–2009), zajetih iz obdobja med letoma 1998 in 2009, generirali nove normalno porazdeljene slučajne podatke, ki predstavljajo posamezno lastnost v asfaltni zmesi. Omenjeni postopek smo izvedli za 4 tipe asfaltnih zmesi (AC 11, AC 16, AC 22 in AC 32) glede na povprečja, variance in korelacije, določene iz dejanskih eksperimentov. Nato smo v vsaki simulaciji izračunali korelacijsko matriko (Anderson, 2003) in iz nje vzeli korelacije oz. vplive drugih lastnosti na stabilnost in tečenje. Poiskali smo največjo korelacijo med drugimi lastnostmi in stabilnostjo oz. tečenjem pri posamezni simulaciji in računali njihove razlike. Odstopanja v korelacijah med posameznimi simulacijami nastanejo naključno. Tako smo dobili okvirne meje oz. merilo za dovoljena odstopanja v primeru dejanskih podatkov.

4 • REZULTATI

Zaradi velikega števila meritev so v nadaljevanju prikazani le rezultati obravnave asfaltnih zmesi AC 22. Na razpolago imamo 2195 meritev za obdobje med letoma 1998 in 2009 (Interna baza meritev, 1998–2009). V vsaki meritvi so rezultati za 22 lastnosti (PK, PEN, viskoznost, IP, delež bitumna, ostanki na sitih s premerom 0,09 mm, 0,25 mm, 0,71 mm, 2 mm, 4 mm, 8 mm, 11,2 mm, 16 mm, 22,4 mm, prostorska gostota asfalta, največja gostota asfalta, vsebnost zračnih votlin, stopnja zapolnjenosti votlin, votline v kamnitem materialu in največja gostota kamnitega materiala).

Delitev meritev na dve časovni obdobji

2195 meritev razdelimo na dve skupini (Interna baza meritev, 1998–2009). Prvo skupino sestavlja 1779 meritev iz obdobja od leta 1998 do leta 2005, drugo skupino pa sestavlja 416 meritev, pridobljenih med letoma 2006 in 2009. V spodnji preglednici so prikazani korelacijski koeficienti med stabilnostjo oz. tečenjem in drugimi lastnostmi asfaltnih zmesi za obe skupini meritev ter njihove razlike. Poleg tega smo za meritve iz celotnega obdobja generirali normalno porazdeljene slučajne meritve. Na ta način smo dobili okvirne meje, s katerimi lahko razlike

iz spodnje preglednice primerjamo. Okvirne meje za razlike korelacij med stabilnostjo in drugimi lastnostmi so med 0,06 in 0,16, meje za razlike korelacij med tečenjem in drugimi lastnostmi pa so med 0,077 in 0,188. Tiste razlike, ki malo odstopajo od okvirnih mej, so posledica naključja. Kjer so razlike bistveno večje (te so v preglednici posebej označene), pa pomeni, da je prišlo do sprememb pri preiskavah med dvema obdobjema. Do večjih sprememb pride pri deležu bitumna, ostanku na sifu 0,09 mm, prostorski gostoti asfalta, največji gostoti asfalta, stopnji zapolnjenosti votlin, votlinah v kamnitem materialu in največji gostoti kamnitega materiala. Dejansko je v tem času prišlo do sprememb standardov iz starih JUS na nove evropske standarde SIST EN.

Pred uporabo preskusnih metod po standardih SIST EN 12697-1 do 43 smo preiskave izvajali po preskusnih metodah po standardih JUS U.M8.086 do 105, najpomembnejše razlike med metodami pa so v pripravi Marshallovih preskušancev, kar ima za posledico tudi razlike v prostorski gostoti, stopnji zapolnjenosti votlin, votlinah v kamnitem materialu ter razlika v določanju topnega in dodajanja netopnega deleža veziva po standardih JUS. Z uvedbo standardov SIST EN se pojavi tudi dodatno sito za polnilo, velikosti odprtini 0,063 mm (prej je bilo najmanjše sito velikosti odprtini 0,09 mm).

Delitev glede na naključno razvrščene meritve

2195 meritev naključno razporedimo v dve enako veliki skupini, velikosti 1098 (Interna baza meritev, 1998–2009). V spodnji preglednici so prikazani koeficienti korelacij med stabilnostjo oz. tečenjem in drugimi lastnostmi asfaltne zmesi za obe skupini meritev ter njihove razlike. Okvirne meje, dobljene iz generiranja normalne slučajne porazdelitve meritev, so za stabilnost od 0,04 do 0,12 in za tečenje od 0,05 do 0,15. Iz spodnje preglednice je razvidno, da so vsa odstopanja korelacijskih koeficientov v mejah. To pomeni, da velja predpostavka o normalni porazdelitvi oz. da med meritvami ni nobenega t. i. osamelca.

	1998/2005		2006/2009		razlike v r_{xy} med obdobjema	
	r_{xy}					
	stabilnost	tečenje	stabilnost	tečenje	stabilnost	tečenje
PK	0,094	0,09	-0,04	0,149	0,135	0,059
PEN	-0,306	-0,188	-0,143	-0,103	0,163	0,085
viskoznost	0,301	0,176	0,118	0,196	0,182	0,02
IP	-0,16	-0,053	-0,209	0,098	0,049	0,151
delež bitumna	0,288	0,194	-0,174	-0,067	0,462*	0,260*
sito 0,09 mm	0,361	0,243	-0,085	0,128	0,447*	0,115
sito 0,25 mm	0,322	0,115	0,157	0,278	0,165	0,163
sito 0,71 mm	0,239	0,056	0,198	0,213	0,041	0,157
sito 2 mm	0,144	0,015	0,078	0,134	0,066	0,119
sito 4 mm	0,196	0,047	0,057	0,106	0,14	0,06
sito 8 mm	0,11	-0,022	-0,013	0,118	0,123	0,139
sito 11,2 mm	0,045	-0,062	-0,095	-0,008	0,14	0,054
sito 16 mm	-0,052	-0,041	-0,103	-0,003	0,051	0,039
sito 22,4 mm	0,096	0,031	-0,09	-0,115	0,186	0,146
prostorska gostota asf.	0,558	0,297	0,267	0,398	0,291*	0,101
največja gostota asf.	0,589	0,299	0,305	0,4	0,284*	0,101
vsebnost zračnih votl.	-0,016	-0,024	0,045	-0,021	0,061	0,003
stopnja zapolnjenosti votl.	0,175	0,115	-0,09	0,036	0,265*	0,079
votline v kamnitem mat.	0,318	0,179	-0,083	-0,015	0,402*	0,193
največja gost. kam. mat.	0,631	0,334	0,256	0,407	0,374*	0,073

* Odstopanja so prevelika, da bi bila lahko naključna.

Preglednica 1 • Korelacijski koeficienti za dve obdobji in njihove razlike

	1. polovica meritev		2. polovica meritev		razlike v r_{xy} med 1. in 2. polovico meritev	
	r_{xy}				stabilnost	tečenje
	stabilnost	tečenje	stabilnost	tečenje		
PK	0,057	0,173	0,045	0,248	0,011	0,075
PEN	-0,288	-0,091	-0,279	-0,111	0,009	0,020
viskoznost	0,258	0,119	0,293	0,111	0,035	0,009
IP	-0,187	0,130	-0,183	0,218	0,003	0,087
delež bitumna	0,170	0,199	0,176	0,248	0,007	0,049
sito 0,09 mm	0,268	0,245	0,273	0,287	0,005	0,042
sito 0,25 mm	0,278	0,185	0,273	0,246	0,005	0,061
sito 0,71 mm	0,208	0,140	0,209	0,237	0,001	0,097
sito 2 mm	0,098	0,092	0,132	0,167	0,034	0,075
sito 4 mm	0,160	0,114	0,148	0,176	0,013	0,063
sito 8 mm	0,064	0,055	0,084	0,129	0,020	0,074
sito 11,2 mm	0,011	-0,044	0,023	-0,005	0,011	0,040
sito 16 mm	-0,081	-0,016	-0,052	0,031	0,028	0,047
sito 22,4 mm	0,079	-0,040	0,127	-0,116	0,049	0,076
prostorska gostota asf.	0,492	0,326	0,442	0,338	0,051	0,012
največja gostota asf.	0,521	0,260	0,493	0,238	0,027	0,022
vsebnost zračnih votl.	0,026	-0,091	0,000	-0,163	0,027	0,072
stopnja zapolnjenosti votl.	0,100	0,166	0,105	0,222	0,006	0,057
votline v kamnitem mat.	0,276	0,111	0,240	0,063	0,036	0,048
največja gost. kam. mat.	0,564	0,305	0,535	0,298	0,029	0,007

Preglednica 2 • Korelacijski koeficienti za dve skupini, kjer so meritve naključno premešane in njihove razlike

5 • SKLEP

Primerjava razlik koeficientov korelacij med naključno generiranimi meritvami in dejanskimi meritvami, naključno razdeljenimi na polovico za zmesi AC 11, AC 16, AC 22 in AC 32, je pokazala, da nobena meritev ni osamelec (ang. outlier) oz. ne odstopa veliko od drugih meritev. To pomeni, da so tam, kjer so se pojavila odstopanja, le-ta majhna, kar pa je posledica slučaja.

Primerjava razlik koeficientov korelacij med naključno generiranimi meritvami in dejanskimi meritvami, časovno razdeljenimi na dve obdobji (prvo obdobje med letoma 1998 in 2005 in drugo obdobje med letoma 2006 in 2009), za zmesi AC 11, AC 16, AC 22 in AC 32 je pokazala, da so odstopanja večja. To pomeni, da nastale razlike niso posledica zgolj slučaja, ampak spremembe standardov

ali kakšnih drugih dejavnikov, ki so vplivali na meritve.

Z opisano metodo smo ugotovili vpliv sprememb na rezultate meritev, ki jih ne moremo pripisati naključju, temveč nekim zunanjim dejavnikom, kot so sprememba standarda, zamenjava naprave ali zamenjava osebja. Zato bi to metodo lahko uporabili za primerjavo dveh laboratorijev ali rezultatov enega laboratorija v različnih časovnih obdobjih, kjer bi ocenili vpliv zamenjave strojev, osebja in podobno.

6 • ZAHVALA

Delo mlade raziskovalke Nataše Šinkovec je bilo sofinancirano v okviru operacije NALOŽBA V VAŠO PRIHODNOST. Operacijo delno financira Evropska unija v okviru Evropskega socialnega sklada.

7 • LITERATURA IN VIRI

Anderson, T. W., An introduction to multivariate statistical analysis, Third edition, Wiley series in probability and statistics, 2003.

Turk, G., Verjetnostni račun in statistika, Skripta, <http://www.km.fgg.uni-lj.si/predmeti/sei/vrs1.pdf> (11. 5. 2010).

Žmavc, J. (urednik), Asfalt, Združenje asfalterjev Slovenije, 2006.

Interna baza meritev lastnosti posameznih asfaltnih mešanic za različne naročnike v obdobju 1998–2009, Igmat, d. d.

Standardi

SIST EN 12697-2: 2002+A1: 2007 Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 2: Determination of particle size distribution.

SIST EN 12697-5: 2004+A1: 2007 Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 5: Determination of the maximum density.

SIST EN 12697-6: 2004+A1: 2007 Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 6: Determination of bulk density of bituminous specimens.

SIST EN 12697-8: 2004+A1: 2007 Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 8: Determination of void characteristic of bituminous specimens.

SIST EN 12697-30: 2004+A1: 2007 Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 30: Specimen preparation by impact compactor.

SIST EN 12697-34: 2004+A1: 2007 Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 34: Marshall test.

SIST EN12595: 2007: Bitumen in bitumenska veziva – Določanje kinematične viskoznosti.

SIST EN12593: 2007: Bitumen in bitumenska veziva – Določanje pretrgaljšča po Fraassu.

SIST EN12593: 2007: Bitumen in bitumenska veziva – Specifikacije za cestogradbene bitumne.

SIST EN 12591: 2009: Bitumen in bitumenska veziva – Specifikacije za cestogradbene bitumne.

JUS U.M8.090: 1966: Ispitivanje po Maršalu.

JUS U.M8.092: 1966: Određivanje zapreminske mase uzoraka iz zastora i nosećih slojeva.

JUS U.M8.093: 1967: Određivanje zapreminske mase i sadržaj šupljina u mineralnoj mešavini.

JUS U.M8.094: 1966: Određivanje upijanja vode uzoraka iz zastora.

JUS U.M8.096: 1987: Ispitivanje obavijenosti i skidanja ugljovodoničnih veziva s kamenog materijala.

JUS U.M8.100: 1967: Određivanje sadržaja veziva.

JUS U.M8.101: 1984: Priprema laboratorijskog uzorka asfaltne mešavine.

JUS U.M8.102: 1967: Određivanje granulometrijskog sastava mineralne mešavine.

JUS U.M8.104: 1967: Ispitivanje dubine utiskivanja.

JUS U.M8.105: 1984: Ispitivanje udela bitumena indirektnom metodom.

STROKOVNA EKSURZIJA ŠTUDENTOV UL FGG V BEOGRAD

Matija Cej

Ideja se je pojavila na začetku prejšnjega šolskega leta med nekaterimi študenti, in sicer kot večdnevni izlet generacije 3. letnika, namenjen predvsem druženju. Vendar pa smo kmalu ugotovili, da si vsi želimo v program vključiti tudi nekaj strokovnih ogledov. V zadnjih treh letih študija smo dobili subjektivni občutek, da smo preveč usmerjeni v teoretična znanja in da kot študentje pogrešamo spoznavanje praktičnega dela gradbeništva. Velika večina si nas sploh ne predstavlja, kako določen objekt nastane in kaj stoji za vso teorijo v stvarnem življenju.

Organizacija takega izleta pa je presegala naše zmožnosti, zato smo se v pomoč zatekli k stroki sami. V generaciji sva bila dva študenta štipendirana s strani novogoriškega gradbenega podjetja GINEX International, d. o. o. Njih smo namreč tudi prosili za pomoč pri organizaciji. Dobrovoljno so sprejeli naš predlog in prevzeli celotno organizacijo in finančno podprli strokovni del naše ekskurzije.

Ideja je med študenti požela veliko zanimanja, saj se je prijavilo 58 študentov 3. letnika iz vseh smeri gradbeništva: konstrukcijske, prometne, hidrotehnične, komunalne in organizacijsko-tehnološke smeri.

V pogovoru s predstavnikom podjetja smo se dogovorili za destinacijo, ki jim je bila strokovno primerna, nam pa tudi turistično zanimiva. Odločili smo se za srbsko prestolnico Beograd. Tam so imeli namreč največje možnosti in potrebne poslovne povezave za izvedbo ogledov strokovnega dela.

Strokovni del ekskurzije se je začel v četrtek, 22. 4. 2010, na gradbišču Športnega parka Stožice v Ljubljani. Stožice veljajo za največji projekt in hkrati presežek v gradbeništvu na slovenskih tleh. Center v Stožicah, ki zaseda okoli 20 hektarov površin, bo zajemal nogometni stadion s pomožnim igriščem, večnamensko športno dvorano, trgovski center in garažno hišo s približno 3500 parkirnimi mesti ter travnate površine. Na vходу v gradbišče nas je sprejel predstavnik izvajalca in nas ob strokovni razlagi popeljal skozi stadion in športno dvorano. Slednja sta bila v fazi finalizacije. Izvedeli smo, da bo stadion lahko sprejel 16.000 ljudi, dvorana pa bo imela kar 12.480 sedežev. Po ogledu in nagovoru organizatorjev smo se napotili v Beograd.

V petek se je dan začel zgodaj. Ob 9. uri nas je v svečani dvorani beograjske fakultete za gradbeništvo

sprejel dekan in njihov študentski svet. V isti dvorani sta nam prof. dr. B. Stipanić in prof. dr. Milovanović pripravila izčrpni predavani o tehnologiji in načinu gradnje mostu preko reke Save in cerkve Hram sv. Save. Predavani sta bili namenjeni za boljše razumevanje in interpretacijo na samih gradbiščih, saj sta bila naslednja postanka ravno gradbišči teh dveh objektov. Pred tem pa smo se ustavili in si ogledali eno od postaj podzemne železnice, ki se nahaja 50 m pod površjem. Železnico gradijo in širijo okrog pod Beogradom, čeprav je del te v obratovanju. Nadaljevali smo pri cerkvi Hram sv. Save, kjer nas je pričakal prof. dr. Milovanović. Peljal nas je v notranjost cerkve in v kripto ter nam razložil posebnosti, s katerimi so se srečevali pri sami gradnji. Uvršča se med največje pravoslavne cerkve na svetu. Tlorisne dimenzije so 80 m x 90 m, višina kupole znaša 70 m, zlati križ na vrhu pa jo poveča še za dodatnih 12 m. Površina glavne hale meri 3500 m² in lahko sprejme 10.000 vernikov hkrati. V podzemlju je grobnica, ki zajema 1800 m² površin. Gradnja se je začela leta 1935, in čeprav je zunanost cerkve končana in cerkev delujoča, se gradnja znotraj še nadaljuje predvsem z opremljanjem z okrasnim kamnom. Pri tem sodeluje tudi slovensko podjetje Marmor iz Hotavlj. Z gradbenega vidika je zanimiva predvsem zaradi tehnologije gradnje. Nosilni loki, na katere je pritrjen tambur, ki drži 4000 ton težko kupolo premera 30 m, in kupola sama so bili narejeni na tleh in kasneje s pomočjo hidravličnih dvigalk dvignjeni na predpisano mesto in tam zasidrani. Izjemen način gradnje, poleg velikosti cerkve, dodaja še posebno vrednost takemu gradbenemu objektu.

Sledil je ogled gradnje novega mostu čez Savo, ki se gradi po idejni rešitvi, ki je bila izbrana na mednarodnem natečaju, kjer je zmagalo slovensko projektantsko podjetje Ponting iz Maribora. Pri gradnji sodeluje tudi slovensko gradbeno podjetje SCT iz Ljubljane. Na gradbišču smo se zaradi varnosti razdelili v dve skupini in si pod strokovnim vodstvom ogledali najzanimivejše dele gradnje, kot sta na primer gradnja osrednjega pilona in delavnica, kjer se betonira armiranobetonski del mostu. Takrat je bila višina pilona približno 70 m, to je tretjina celotne višine. Most bo zgrajen 4 km od sotočja reke Save z reko Donavo in bo ustvaril neposredno povezavo starega dela Beograda z novim delom ter tako znatno zmanjšal prometne zamaške. Celotna dolžina mostu bo 964 m. Sestavljen bo iz 7 razponov in osrednjega pilona višine 200 m, na katerega bosta preko 80 nosilnih kablov pritrjena večja razpona. Glavni oz. sprednji razpon dolžine 374 m bo zgrajen iz 8600 ton visokakovostnega jekla. Komponente so v celoti narejene na Kitajskem. Glavni razpon bo podprt z nosilnimi kabli in preko osrednjega pilona uravnovešen z zadnjim razponom dolžine 250 m iz prednapetega armiranega betona. Ta del gradijo po kampadah na začetku in ga z naravno tehniko priključujejo na pilon. Osrednji pilon je globoko temeljen z mrežo 113 betonskih pilotov, povezanih z betonskim cilindrom premera 36 m. Most je di-

menzioniran za 6 vozniških pasov, dvotirno železnico v sredini in kolesarsko stezo ter pešpot ob robu. To v prečnem profilu znaša 45 m širine.

S tem je bil strokovni del dneva končan. Sledili so krajši ogledi mesta Beograd in večerno druženje na znanih beograjskih splavih.

V soboto smo imeli na urniku ogled gradbišča Primorja iz Ajdovščine Makiš 2, ki je del čistilne naprave in vodovoda. Sprejela sta nas predstavniki investitorja in odgovorni vodja del, ki sta predstavila območje vodovoda in čistilne naprave ter njihovo delovanje in proces prečiščevanja pitne vode. V izgradnji je namreč nov kompleks, ki je nova veriga zgradb in tehnologij za pripravo pitne vode. Mesto Beograd se trenutno oskrbuje s pitno vodo iz tehnološke linije Makiš 1, ki je bila zgrajena pred približno 25 leti. Vodo za pripravo pitne vode pridobivajo deloma iz bližnjih vodnjakov, deloma pa iz reke Save. Tehnološka linija Makiš 2 je kopija linije Makiš 1, dodan je le objekt UV-dezinfekcije. Obseg gradbenih del izkazuje dejstvo, da je na projektu vgrajenih čez 800 pilotov premera fi 640 dolžine izmed 11 in 16 metrov ter več kot 20.000 m³ betona, brez upoštevanja količin betona v prefabricirani strešni konstrukciji, ki se v celoti izdeluje v Sloveniji. Celoten projekt je zelo kompleksen in logistično zahteven, saj so za uspešno izvedbo projekta skoraj enakomerno zastopane gradbenja, strojna, elektro in tehnološka stroka.

Popoldan je sledil ogled srednjeveške trdnjave Kalemegdan in nekaj drugih znamenitosti Beograda. Zvečer smo se predali nočnemu življenju v tamkajšnjih diskotekah.

V nedeljo popoldan je sledila vrnitev v Slovenijo.

Ta ekskurzija je vsem nam prinesla nov pogled na gradbeništvo s praktičnega vidika. Ogledali smo si objekte iz različnih področij gradbeništva in svetovno velike objekte, ki jih marsikateri inženir gradbeništva nikoli ne bo. Poleg tega smo v prvi vrsti bili deležni komentarjev in razlage izkušenih gradbenikov, ki so nas spremljali na vseh gradbiščih. Želimo si, da bi take ekskurzije postale tradicija na naši fakulteti, saj menimo, da so zelo poučne in pomembne za razvoj gradbenega inženirja.

Za konec bi se rad v imenu vseh udeležencev še enkrat zahvalil g. Primožu Uleju, direktorju podjetja GINEX International, d. o. o., iz Nove Gorice, glavnemu organizatorju in pokrovitelju strokovne ekskurzije kakor tudi podjetjema Primorje, d. o. o., in Mins no 1, d. o. o., za njun prispevek.



KOLEDAR PRIREDITEV

7.-8.10.2010

SDGK 2010

32. zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije

Bled, Slovenija

www.sdgk.si

10.-11.10.2010

7th International Workshop on Design and Performance of Sustainable and Durable Concrete Pavements

Sevilla, Španija

www.vbk.tudelft.nl

11.-12.10.2010

ASBI 22nd Annual Convention

Vancouver, Kanada

www.asbi-assoc.org/news/convention

13.-15.10.2010

11th International Symposium on Concrete Roads

Sevilla, Španija

www.2010pavimentosdehormigon.org/content.php

15.11.-16.11.2010

State-of-the-art Bridge Deck Erection: Safe and Efficient Use of Special Equipment

Bangkok, Tajska

www.iabse.org/pdf/Bangkok-invitation.pdf

18.-20.4.2011

International Conference on Concrete Pavement Design, Construction, and Rehabilitation

Xi'an, Shaanxi Province, Kitajska

www.concretepavements.org/China_2011_cfp.pdf

8.-10.6.2011

fib Symposium: "Concrete engineering for excellence and efficiency"

Praga, Češka

www.fib2011prague.com

13.-15.6.2011

AMCM 2011

7th International Conference on Analytical Models and New Concepts in Concrete and Masonry Structures

Krakov, Poljska

www.amcm2011.pk.edu.pl

15.-17.6.2011

ICMS 2011

12th International Conference on Metal Structures

Wroclaw, Poljska

www.icms2011.pwr.wroc.pl/index_pliki/Page300.htm

10.-15.7.2011

13th International Conference on Wind Engineering

Amsterdam, Nizozemska

www.icwe13.org

1.-4.8.2011

ICASP 11 – The International Conference on Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering (ICASP)

Zürich, Švica

www.icasp11.ethz.ch

7.-11.8.2011

9th Symposium on High Performance Concrete Design, Verification and Utilization

Christchurch, Nova Zelandija

www.hpc-2011.com

20.-23.9.2011

IABSE Annual Meetings and IABSE Symposium

London, Anglija

www.iabse.ethz.ch/conferences/calendarofevents

25.-30.9.2011

24th World Road Congress

Mexico City, Mehika

www.piarc.org/en/

22.-25.10.2011

The Third International Congress and Exhibition PCI Annual Convention/Exhibition & National Bridge Conference

Salt Lake City, Utah, ZDA

<https://netforum.pci.org/eweb/startpage.aspx?site=2010conv&design=no>

11.-14.6.2012

Concrete structures for a sustainable community

Stockholm, Švedska

johan.silfwerbrand@cbi.se

8.-12.7. 2012

10th International Conference on Concrete Pavements Québec

City, Québec, Kanada

www.concretepavements.org

Rubriko ureja • **Jan Kristijan Juteršek**, ki sprejema predloge za objavo na e-naslov: **msg@izs.si**