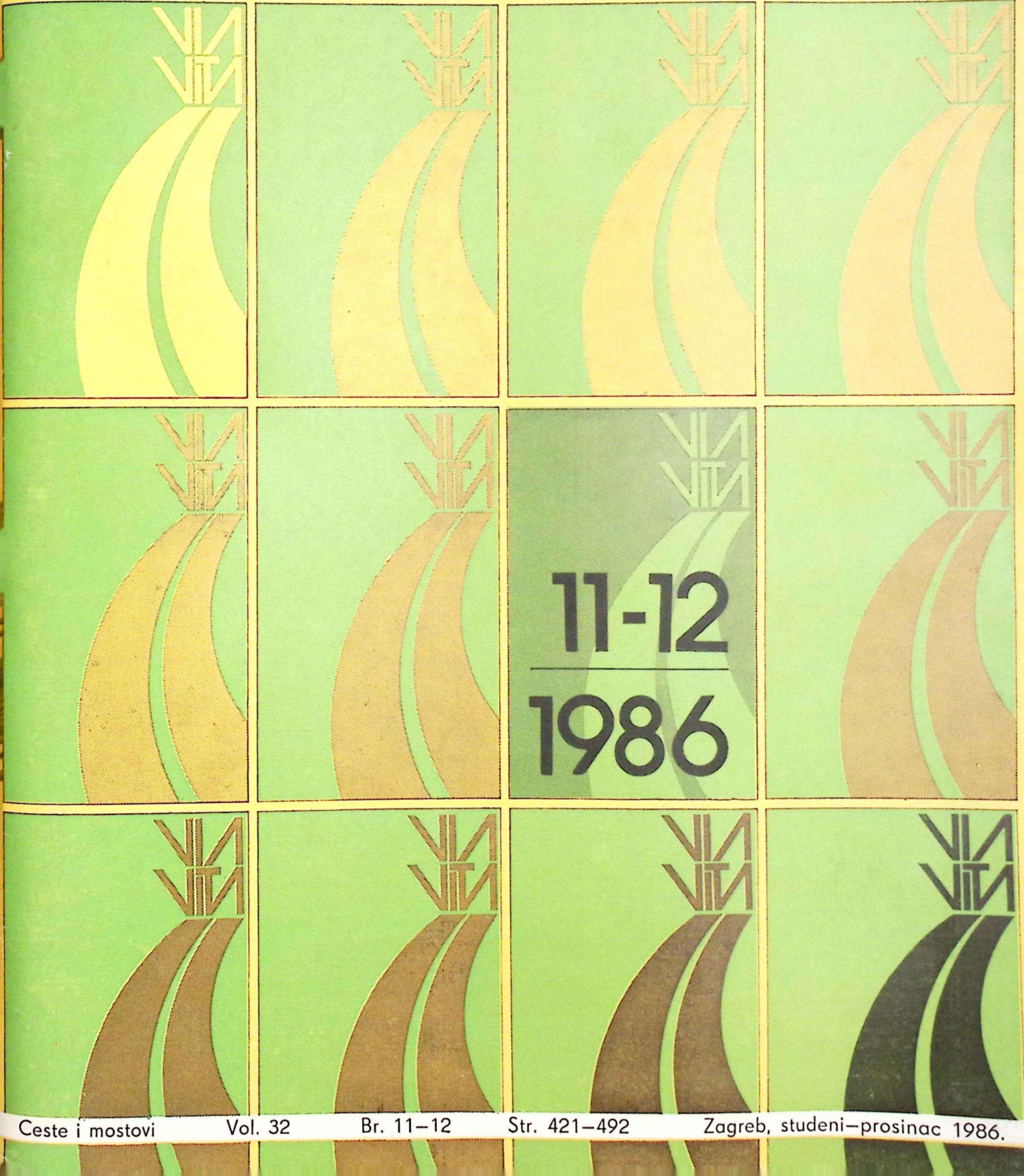


# CESTE I MOSTOVI

Vol. 32

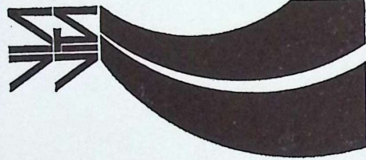
Zagreb, 1986.

Broj 11-12





GLASILO SAVEZA DRUŠTAVA  
ZA CESTE HRVATSKE I  
SAVEZA DRUŠTAVA ZA  
PUTOVE JUGOSLAVIJE



CASOPIS ZA PROJEKTIRANJE,  
GRADENJE, ODRŽAVANJE I  
TEHNIČKO-EKONOMSKA  
PITANJA CESTA, MOSTOVA  
I AERODROMA

## SADRŽAJ

- Jure Radić, Zagreb  
**Razvoj teorije o djelovanjima  
pokretnih opterećenja mostova** 421  
pregledni rad
- Kristo Uhlir, Zagreb  
**Površinska obrada bitumenskim  
vezivom — način održavanja  
prometnica za teški promet** 431  
stručni rad
- Ivan Liović, Zagreb  
**Anketa o korištenju auto-cesta i  
cestovnih objekata s plaćanjem  
pristojbi, te njihovih paralelnih  
cesta u SR Hrvatskoj** 437  
stručni rad
- Stevan Kosac, Sarajevo  
**Vanredni prevozi i kontrola težih  
teretnih vozila u SR Bosni i  
Hercegovini** 441  
stručni rad
- Mladen Gledec  
Sašo Petroševski, Zagreb  
**Ugroženost prometa na magi-  
stralnim cestama u SR Hrvatskoj** 445  
pregled

Poštovani čitatelji,

U protekloj 1986. godini naš je časopis i nadalje slijedio programsku orijentaciju Saveza društava za ceste Hrvatske i Saveza društava za puteve Jugoslavije.

Autori članaka i priloga, stručni recenzenti i Urednički odbor svojim su člancima, priložima i aktivnostima, te našim pojedinačnim i kolektivnim članovima i pretplatnicima — članarinom i sufinanciranjem — omogućili kvalitetu i redovno izlaženje časopisa.

U godini 1986. održan je XII kongres SDPJ, donesen je Srednjoročni plan razvoja cesta u SR Hrvatskoj, te Načrt prostornog plana SR Hrvatske, dopunjena je zakonska i stručna regulativa — o čemu je naš časopis redovito informirao.

Nastavljena je značajna tradicija posjeta predsjednika Izvršnog vijeća Sabora Republičkoj zajednici za ceste — kao iskaz povjerenja i podrške cestovnim programima, o čemu izvještavamo u ovom dvobroju.

Predsjedništvo SDCH donijelo je odluku o relativno skromnom povišenju cijena pretplate, oglasa i autorskih honorara za oko 50%. Vjerujemo da ćete tu odluku ocijeniti pozitivno, jer je ovo povišenje cijena znatno manje od porasta svih drugih troškova.

Zahvaljujući na dosadašnjoj i budućoj podršci i suradnji želimo Vam sretnu i uspješnu novu 1987. godinu.



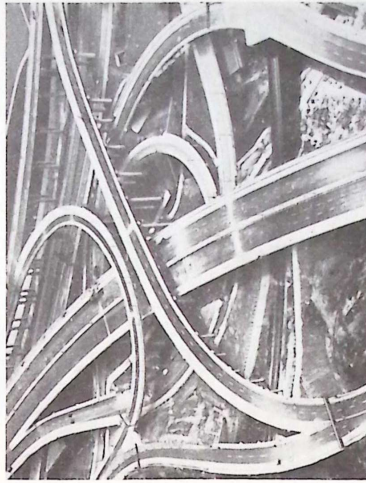
### IZDAVAČKI SAVJET

Predsjednik: Aleksa Ladavac, dipl. ek., Zagreb

Andrija Cibilić, dipl. inž., Zagreb, Drago Čenadač, dipl. ek., Rijeka, Bogoljub Čizhanovski, dipl. inž., Skopje, Dejan Drobjajković, dipl. inž., Titograd, pop. Ahmed Hanić, Zagreb, Matija Klotič, dipl. inž., Zagreb, Bela Kovač, dipl. inž., Osijek, Marjan Krajnc, dipl. inž., Ljubljana, Aleksa Ladavac, dipl. ek., Zagreb, prof. Sijepan Lamer, dipl. inž., Zagreb, Dušan Madžarac, dipl. inž., Novi Sad, Luka Markel, Zagreb, prof. Jakša Miličić, dipl. inž., Split, Branko Osonjački, dipl. inž., Varaždin, Stjepan Predavec, dipl. inž., Zagreb, Nevenka Rušavina, dipl. inž., Osijek, Hasan Sarajlić, dipl. inž., Sarajevo, prof. dr. Aleksandar Solc, dipl. inž., Zagreb, Milorad Terzić, dipl. inž., Beograd, Delimir Vuletić, dipl. inž., Zagreb

stalnog mosto- posije- djelova- danas.

va jest jenjaču aluju i mirna od sre- lja ne- tosi u ito mi- ju mo- reno k aji po- nostova ost, pa budu- n pro- a zbog pokret- jenjena tolikoj dosogle kvali- ren je njihova ituje u i opte- i sami- tpunije nosivim i grad- ipnih i



Slika 1. Sve veći dijelovi suvremenih prometnica vode se na mostovima — primjer jednog čvorišta u više ravnina

Prometni su pak uvjeti takvi da zahtijevaju ispružene prometnice koje se dobrim dijelom često grade na dugačkim mostovima. Oni su takvih geometrijskih karakteristika da omogućuju velike brzine, ali se pri tome često srećemo s činjenicom da su prometni zahtjevi takvih brzina u koliziji s konstrukcijskim obilježjima mostova, osobito glede zahtjeva uporabljivosti.

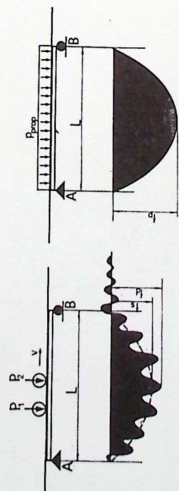
To je posljedica suvremenih usmjerenosti i tendencija u razvoju odnosa stalnih i promjenljivih opterećenja, kao i s gledišta konstrukcijskih zahtjeva definiranih minimalno dopustivih razina nosivosti i sigurnosti. Gradimo, dakle, konstrukcije koje s manjim vlastitim težinama preuzimaju veća vanjska djelovanja i



na kojima se u uporabi pojavljuju veće deformacije. Budući da uz to bolje poznamo stanja u njima, opća je usmjerenost prema ostavljanju sve manjih rezervi nosivosti. Istodobno, promet se razvija k sve većim brzinama i sve strožim zahtjevima upravo glede deformacija, tiranja i sl. sličnih pojava na prometnim površinama mostova.

Na mostovima s velikim vlastitim težinama, osobito onima svodenih rasponskih konstrukcija, korisna opterećenja malih težina i malih brzina mogla su uvjetovati minimalne, obično zanemarljive dinamičke učinke. Postupnim mijenjanjima tih odnosa neprestano su rasli i intenziteti ovih očitovanja, što je pratilo i adekvatan teorijski razvoj od sredine prošlog stoljeća a koji ovdje analiziramo.

Uobičajeni pak praktični postupci za svakodnevna dimenzioniranja i provjeravanja mostova razvijali su se — usprkos spomenutim teorijskim analizama — redovito tako da su se stvarno postojeća zbijanja zamjenjivala stanjem u kojemu se mirno opterećenje samo uvećava dinamičkim činiteljem (slika 2) koji onda samo drži utjecaje pokretnosti.



Slika 2. Kvalitativni prikaz razlika djetovanja opterećenja u pokretu i odgovarajućega mirnog opterećenja uvećanog dinamičkim činiteljem na koje se dimenzioniraju konstrukcije mostova

Ti su postupci — osobito kad je P/G velik i pri velikim brzinama — manjkavi, jer obuhvaćaju samo različite, a ne i druge osobitosti pojava koje pokrivaju, posebno one s obzirom na razine upotrebljivosti mostova.

ZEMlja	DINAMIČKI FAKTOR	NAPOMENA
Belgija	$k_1 = 1 + 0,27 \sqrt{\frac{v}{L}}$	$v \geq 60 \text{ km/h}$
Francuska	$k_1 = 1 + \frac{0,6}{1,025L} \cdot \frac{0,6}{1 + 0,07v}$	samo za toplu vodu
SR Njemačka	$k_1 = 1 + 0,028L$	samo glavni tok
Italija	$k_1 = 1 + \frac{1,09 - 1,17}{100(200 - L)}$	za $L < 100 \text{ m}$
Nizozemska	$k_1 = 1 + \frac{0,1}{100 \cdot L}$	$k_1 = 0,5 \cdot \frac{0,2}{100 \cdot L}$
V. Britanija	$k_1 = 1,15$	
SAD	$k_1 = 1,1 \cdot \frac{20}{L}$	
Japan	$k_1 = 1,1 \cdot \frac{20}{50 + L}$	za čelične mostove
SFRJ	$k_1 = 1,1 \cdot \frac{50 - 21}{100(10 - L)}$	

Slika 3. Pregled izraza za dinamički činitelj kod cestovnih mostova u propisima nekih zemalja (SAD — L se uvršćuje u stopama)

U tablici (slika 3) predloženi su izrazi za dinamički činitelj cestovnih mostova prema propisima nekoliko

zemalja radi ilustracije njihovih različitosti u veličini pristupu i činitelja o kojima ovisi. I te različitosti potvrđuju činjenicu da se takvim pristupom samo djelomično i jednostrano obuhvaćaju stvarne pojave [1].

No, ne samo s obzirom na ovaj praktičan pristup, već i s teorijskoga gledišta, suvremene usmjerenosti promjena prometa i mostova dovode do slučajeva na koje nije prikladno samo proširivati teorijske zadase i algoritme koji su bili primijenjeni u prošlim vremenima i adekvatni za drugačije polazne činitelje mostova i prometa, jer su te promjene ponekad tako intenzivne i tako skokovite da rezultiraju novim i drugačijim očitovanjima. Zbog tih se razloga i analiziraju rasta suvremena teorija obuhvaćanja utjecaja pokretnosti korisnih opterećenja mostova.

## 2. POČECI TEORIJSKIH ANALIZA MOSTOVA

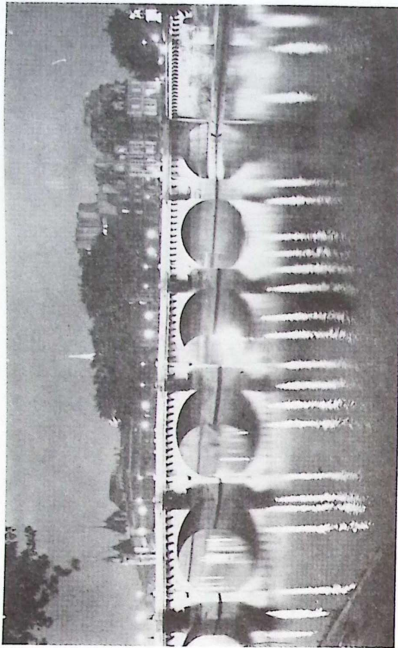
Povijest gradnje mostova traje tisućljećima. U velikom dijelu tog vremena mostovi su građeni bez ikakva proračunavanja i teorijske analize nosivih dijelova; isključivo na temelju iskustva graditelja i spoznaja o postojećim objektima. U tom su vremenu izgrađeni i veliki, lijepi, i značajni, i brojni objekti među kojima je velik broj u različitim krajevima i na različitim proučavanim pravcima istrajava sve do naših dana.

Proučavanje i bilo kakvo teorijsko obuhvaćanje mostova staro je tek nekoliko stoljeća. Mnogi su dakle značajni objekti, veliki konstruktorski i graditeljski do-meti, ostvareni i prije tog vremena.

Nakon srednjovjekovnog razdoblja velikog zastoja i nazatka u razvoju svih grana znanosti i umjetnosti, pa tako i u graditeljstvu, u renesansnom buđenju dolazi do intenzivnog istraživanja i proučavanja ostvarenih dometa u visokim kulturama Staroga svijeta, primjene takvih spoznaja u novim ostvarenjima, kao i početka intenzivnih istraživanja u mnogim smjerovima. Veliki umovi toga doba u mnogim slučajevima počinju s određenim analizama nekih konstruktivskih elemenata. U nekim su slučajevima, kako je kasnije ustanovljeno, imali krivo, međutim, značajna je činjenica da je riječ o početnom doprinosu u razvoju bilo kakvih analiza konstruktivnih sustava. U tom su smislu značajni radovi Leonarda da Vinci, Galilea Galileja i dr. Pri kraju XVI i XVII stoljeću dolazi do osnivanja nacionalnih akademija znanosti u Francuskoj, Italiji, Engleskoj i Rusiji u okviru kojih znanstvenici provode svoja istraživanja i objavljuju radove prvenstveno matematičkog i fizičkog značenja.

PRIMITIVNI PERIOD	APENINSKI PERIOD	SREDNJI VIJEK	POJAVNA SVODA	BEZ DIOVAŠTA	POSREDOVANJE	POSREDOVANJE	POSREDOVANJE
Primitivni mostovi	Primitivni mostovi	Primitivni mostovi	Primitivni mostovi	Primitivni mostovi	Primitivni mostovi	Primitivni mostovi	Primitivni mostovi
Primitivni mostovi	Primitivni mostovi	Primitivni mostovi	Primitivni mostovi	Primitivni mostovi	Primitivni mostovi	Primitivni mostovi	Primitivni mostovi

Slika 4. Usporedba vremenske podare konstruktivnih sustava u mostovima i početka njihova proračunavanja



Slika 5. Most Pont Neuf u Parizu sagrađen u razdoblju od 1578. do 1606. jedno je od najvrednijih ostvarenja svjetske mostogradnje uopće

## 3. OSVET NA RAZVOJ TEORIJSKIH METODA OBUHVATANJA UTJECAJA POKRETNIH OPTEREĆENJA

U početnim razdobljima razvoja proračunskih metoda mostova dugo je bilo dvojbeno pitanje od kakvog je utjecaja djelovanje pokretnih tereta na nosive sklopove mostova. Još sredinom prošlog stoljeća postojala su o tomu, i u najvišim znanstvenim i stručnim krugovima suprotna mišljenja. Jedni su smatrali da uslijed brzine nailaska pokretni teret izaziva veće progibe i naprezanja od mirnoga, a drugi su mislili da upravo uslijed brzine nailaska takav teret nema vremena da izazove neka pojačana djelovanja u pogledu deformacija i naprezanja (3).

Prve analize ovog problema i prve poznate eksperimente kojima se nastoje razjasniti navedene dileme obavio je prof. R. Willis (4).

Analizirajući dobivene rezultate, Willis je uočio da povećanjem brzine dolazi do porasta progiba, i to u znatnom iznosu, što je nadmašivalo rezultate dobivene ispitivanjem postojećih konkretnih objekata. On je pri tom dokazao da su progibi pod pokretnim teretima veći od onih što ih izaziva isti taj miran teret, a isto tako da se štapiovi koje je ispitivao lome pod pokretnim teretom znatno manjeg iznosa od statičkog tereta koji izaziva slom. Također je ustanovio da progibi rastu s porastom brzine.

Na temelju pokusa Willis je postavio svoju teoriju o utjecaju pokretnosti opterećenja, što predstavlja prve radove u ovom području.

U oznake:

P — gravitacijska sila pokretnog koncentriranog opterećenja

$P \cdot y/g$  — inercijalna sila uslijed vertikalnoga kretanja, dobio je izraz za progibe vrednog nosača uslijed kretanja promatranoga pokretnog opterećenja, i to:

$$y = \frac{P \cdot EJ}{3L \cdot EJ} x^2 (L - x)^2 \left( 1 - \frac{v}{g} \right)$$

u što se onda uvrsti: