

# Neke usporedbe hrvatskih i europskih norma za djelovanja

Zlatko Šavor, Jure Radić, Ana Mandić

## Ključne riječi

hrvatske norme,  
europske norme,  
dokumenti za primjenu,  
vjetar, potres,  
prometno cestovno  
opterećenje

## Key words

Croatian standards,  
European standards,  
application documents,  
wind,  
earthquake,  
road traffic load

## Mots clés

normes croates,  
normes européennes,  
documents d'application,  
vent,  
tremblement de terre,  
charge de circulation  
routière

## Ключевые слова

хорватские нормы,  
европейские нормы,  
документы по  
применению,  
ветер,  
землетрясение,  
транспортная  
дорожная нагрузка

## Schlüsselworte

kroatische Normen,  
europäische Normen,  
Anwendungsdokumente,  
Wind,  
Erdbeben,  
Strassenverkehrsbelastung

Z. Šavor, J. Radić, A. Mandić

Pregledni rad

## Neke usporedbe hrvatskih i europskih norma za djelovanja

Uspoređuju se hrvatske norme niza HRN ENV 1991 i norma HRN ENV 1998-1-1 s europskim normama niza EN 1991 i normom EN 1998-1. Te hrvatske norme su preuzete europske prednorme s dokumentima za primjenu, a europske norme su u nekim dijelovima u odnosu na prednorme zamjetno izmijenjene posebno za djelovanja vjetra, prometa cestovnih mostova i potresa. Zaključuje se da je prijelazno razdoblje upitno i da je nužna promišljena uporaba hrvatskih norma i njihova usporedba s europskima.

Z. Šavor, J. Radić, A. Mandić

Subject review

## Some comparisons between Croatian and European standards for actions on structures

Croatian standards from the HRN ENV 1991 series and the standard HRN ENV 1998-1-1, are compared with the European standards from the EN 1991 series and the standard EN 1998-1. These Croatian standards are the adopted European prestandards with application documents. However, some parts of the European standards differ from the corresponding prestandards, particularly with respect to wind action, action of traffic on road bridges, and earthquake action. It is stated in conclusion that the transition period is questionable, and that caution must be exercised in the use of Croatian standards and in their comparison with the corresponding European standards.

Z. Šavor, J. Radić, A. Mandić

Ouvrage de synthèse

## Quelques comparaisons entre normes croates et européennes relatives aux actions sur les structures

Les normes croates de la série HRN ENV 1991 et la norme HRN ENV 1998-1-1 sont comparées avec les normes européennes de la série EN 1991 et la norme EN 1998-1. Ces normes croates sont les prénormes européennes (avec documents d'application) adoptées en Croatie. Néanmoins, quelques parties des normes européennes diffèrent des prénormes correspondantes, notamment en ce qui concerne l'action du vent, l'action du trafic routier sur les ponts, et l'action sismique. Il est constaté en conclusion que la période de transition peut être mise en question, et que l'on doit être prudent lors d'utilisation des normes croates et au cours de leur comparaison avec les normes européennes correspondantes.

З. Шавор, Й. Радич, А. Мандич

Обзорная работа

## Некоторые сравнения хорватских и европейских норм по действиям

В работе сравниваются хорватские нормы ряда HRN ENV 1991 и норма HRN ENV 1998-1-1 с европейскими нормами ряда EN 1991 и нормой EN 1998-1. Те хорватские нормы переняты европейские преднормы с документами по применению, а европейские нормы в некоторых частях по отношению к преднормам заметно изменены, особенно в отношении действия ветра, движения на дорожных мостах и действия землетрясений. Заключается, что переходный период проблематичный и что необходимо продуманное применение хорватских норм и их сравнение с европейскими.

Z. Šavor, J. Radić, A. Mandić

Übersichtsarbeit

## Einige Vergleichen der kroatischen und europäischen Normen für Wirkungen

Man vergleicht die kroatischen Normen der Reihe HRN ENV 1991 und der Norm HRN ENV 1998-1-1 mit den europäischen Normen der Reihe EN 1991 und der Norm EN 1998-1. Diese kroatischen Normen sind die übernommenen europäischen Vornormen mit Anwendungsdokumenten, aber die europäischen Normen sind in einigen Teilen im Verhältnis zu den Vornormen merklich verändert, besonders betreffend die Wirkung von Wind, Verkehrsbelastung der Strassenbrücken und Erdbeben. Man schliesst dass die Übergangsfrist fraglich ist und dass eine durchdachte Benützung kroatischer Normen und deren Vergleich mit den europäischen notwendig ist.

Autori: Doc. dr. sc. **Zlatko Šavor**, dipl. ing. građ.; prof. dr. sc. **Jure Radić**, dipl. ing. građ.; mr. sc. **Ana Mandić**, dipl. ing. građ., Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Kačićeva 26, Zagreb

## 1 Uvod

Europske norme za projektiranje konstrukcija (*Structural Eurocodes*) zasnivaju se na suvremenom pristupu proračunu konstrukcija, a ideja njihova stvaranja jest ujednačavanje uvjeta projektiranja i građenja konstrukcija zgrada i drugih inženjerskih građevina u europskim zemljama.

Predviđeno je donošenje deset nizova posebnih europskih norma (EN, eurokodova, engl. *Eurocodes*) koje se odnose na proračun i oblikovanje konstrukcija zgrada i drugih građevina uključujući i geotehnički proračun, a obuhvaćaju različita djelovanja na konstrukcije i različite materijale konstrukcija. Svaki niz ima nekoliko dijelova.

Zbog opsežnosti posla predviđeno je njihovo postupno donošenje i uvođenje u primjenu i to prvo kao europskih prednorma (ENV) koje se primjenjuju u prijelaznom razdoblju. Nakon prijelaznog razdoblja i unošenja eventualnih izmjena prednorme se pretvaraju u norme (EN).

Stupanjem na snagu Tehničkog propisa za betonske konstrukcije za projektiranje betonskih konstrukcija vrijede odredbe određene hrvatskim normama nizova HRN ENV 1991, HRN ENV 1992, HRN ENV 1997 i HRN ENV 1998 s nacionalnim specifičnostima danim u nacionalnim dokumentima za primjenu kao posebnim dokumentima na početku pojedine norme (NAD - *National Application Document*).

Hrvatske su norme za projektiranje konstrukcija, dakle u cijelosti preuzete europske prednorme.

Djelovanja na konstrukcije određuju se prema hrvatskim normama niza HRN ENV 1991. U odnosu na dosadašnje propise za opterećenja mnogo su složenije i razrađenije.

Potresno djelovanje određuje se prema nacrtu hrvatske prednorme nHRN ENV 1998-1-1.

U budućnosti bi se u Hrvatskoj za proračun konstrukcija trebale primjenjivati europske norme, tj. eurokodovi (EN),

već preuzete i valjane u nekim europskim zemljama. Stoga su u tablici 1. prikazane i odgovarajuće europske norme za djelovanja na konstrukcije.

Usporedbom ovih hrvatskih norma – preuzetih europskih prednorma i europskih norma koje će valjati preuzeti nakon prijelaznog razdoblja, uočili smo neke bitne različitosti za pojedina djelovanja.

Osim toga ističemo i neke probleme Nacionalnih dokumenata za primjenu.

Takve različitosti mogu bitno utjecati na cjelokupne troškove građevine projektirane u prijelaznom razdoblju prije usvajanja europskih norma.

## 2 Opterećenje vjetrom

Pojednostavnjeni proračun u sklopu norme HRN ENV 1991-2-4 djelovanje vjetra uzima kao zamjenjujuće statičko opterećenje. Za zgrade tlakovi vjetra djeluju okomito na vanjske i unutrašnje površine zgrade:

$$w_e = q_{ref} \cdot c_e(z_e) \cdot c_{pe} \quad w_i = q_{ref} \cdot c_e(z_i) \cdot c_{pi}$$

a za mostove proračunavaju se sile vjetra u svim horizontalnim smjerovima:

$$F_w = q_{ref} \cdot c_e(z_e) \cdot c_d \cdot c_f \cdot A_{ref}$$

U gornjim izrazima  $q_{ref}$  je poredbeni tlak srednje brzine vjetra ovisan o poredbenoj brzini vjetra  $v_{ref}$ , koeficijenti  $c_e(z_e)$ ,  $c_e(z_i)$  su koeficijenti izloženosti (položaja), a  $c_{pe}$  i  $c_{pi}$  koeficijenti vanjskog i unutrašnjeg tlaka.

Za mostove se rabi i dinamički koeficijent odziva konstrukcije na udar vjetra  $c_d$ , aerodinamički koeficijent sile vjetra  $c_f$  i poredbena ploština djelovanja vjetra  $A_{ref}$ .

Poredbena brzina vjetra određuje se prema osnovnoj vrijednosti poredbene brzine vjetra  $v_{ref,0}$  koja je prikazana u zemljovidu Hrvatske za područja opterećenja vjetrom u

Tablica 1. Pregled hrvatskih norma i europskih norma za djelovanja na konstrukcije

Djelovanje	Hrvatske norme	Europske norme
Prostorne težine, vlastite težine, uporabna opterećenja	HRN ENV 1991-2-1	EN 1991-1-1
Požarno djelovanje	HRN ENV 1991-2-2	EN 1991-1-2
Opterećenje snijegom	HRN ENV 1991-2-3	EN 1991-1-3
Opterećenje vjetrom	HRN ENV 1991-2-4	EN 1991-1-4
Toplinska djelovanja	HRN ENV 1991-2-5	EN 1991-1-5
Djelovanja tijekom izvedbe	HRN ENV 1991-2-6	EN 1991-1-6
Izvanredna djelovanja uzrokovana udarom i eksplozijom	HRN ENV 1991-2-7	EN 1991-1-7
Prometna opterećenja mostova	HRN ENV 1991-3	EN 1991-2
Djelovanja na silose i spremnike tekućina	HRN ENV 1991-4	EN 1991-3
Djelovanja uzrokovana kranovima i drugim strojevima	HRN ENV 1991-5	EN 1991-4
Potresno djelovanje	HRN ENV 1998-1-1	EN 1998-1

nacionalnom dodatku za primjenu norme. Određeno je pet područja, a zbog lakše primjene Republika Hrvatska podijeljena je na 10 regija, a svakoj pripada određeno područje ili područja opterećenja vjetrom.

Prema Nacionalnom dokumentu za primjenu vrijednosti osnovnih poredbenih brzina vjetra  $v_{ref,0}$  dodatno se korigiraju s obzirom na nadmorsku visinu koeficijentom

$$c_{ALT} = 1 + 0,001 a_s,$$

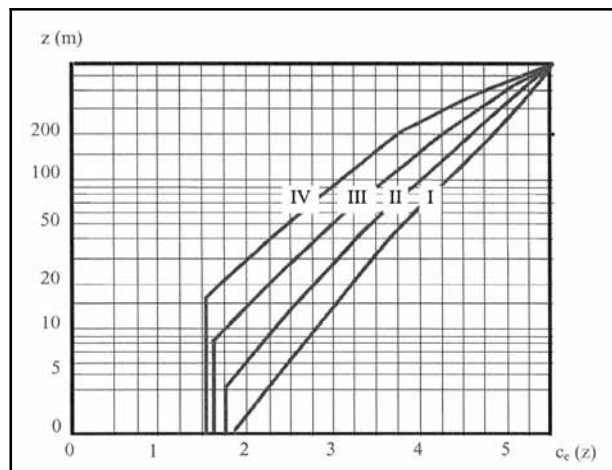
gdje je  $a_s$  nadmorska visina u metrima.

Dinamički koeficijent odziva konstrukcije na udar vjetra  $c_d$  jednostavno se može odrediti prema dijagramu danom u normi za cestovne i željezničke mostove raspona od 200 m te za pješačke mostove raspona od 30 m ovisno o visini konstrukcije nad tlom i takvim pristupom dobiva se s vrijednošću manjom od 1,0.

Aerodinamički koeficijent sile za puhanje vjetra poprijeko na most dobiva se množenjem koeficijenta sile za beskonačnu vitkost  $c_{fx,0}$  s koeficijentom redukcije zbog vitkosti  $\psi_{\lambda,x}$ :

$$c_{fx} = c_{fx,0} \cdot \psi_{\lambda,x}.$$

Koeficijent  $c_{fx,0}$  ovisi o odnosu širine i visine rasponske konstrukcije bez prometa ili s prometom, a koeficijent  $\psi_{\lambda,x}$  ovisi o proračunskoj vitkosti  $\lambda$  te o koeficijentu punoće  $\varphi = A/A_c$  konstrukcije.

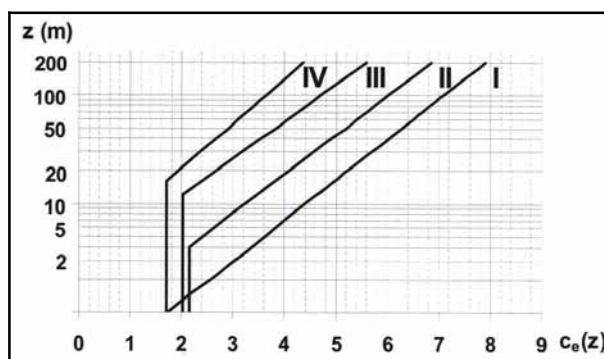


Slika 1. Izvorni koeficijent izloženosti  $c_e(z_e)$  prema ENV 1991-2-4

Koeficijent izloženosti uzima u obzir učinke hrapavosti terena, topografije i visine iznad tla, na srednju brzinu vjetra i turbulenciju. Prema izvornom tekstu norme HRN ENV 1991-2-4 za ravne terene (koeficijent topografije  $c_t = 1$ ) koeficijent izloženosti se može odrediti iz slike 1. vezano uz visinu  $z$  iznad tla i kategoriju hrapavosti terena (od I – otvoreno more, jezera s najmanje 5 km otvorene površine u smjeru vjetra ili ravnica bez prepreka do IV – gradska područja u kojima je najmanje

15% područja izgrađeno i čija prosječna visina prelazi 15 m). Teren se uglavnom smatra ravnim, osim za lokacije blizu izdvojenih brežuljaka i strmih nagiba.

Nacionalnim dokumentom za primjenu ovaj koeficijent izloženosti vrijedi za regije P1 do P4, a uvodi se izmijenjeni koeficijent izloženosti za regije P5 do P10 (priobalje, otoci, dalmatinsko zaleđe) vidljiv na slici 2.



Slika 2. Izmijenjeni koeficijent izloženosti  $c_e(z_e)$  prema NAD-u za primjenu HRN ENV 1991-2-4

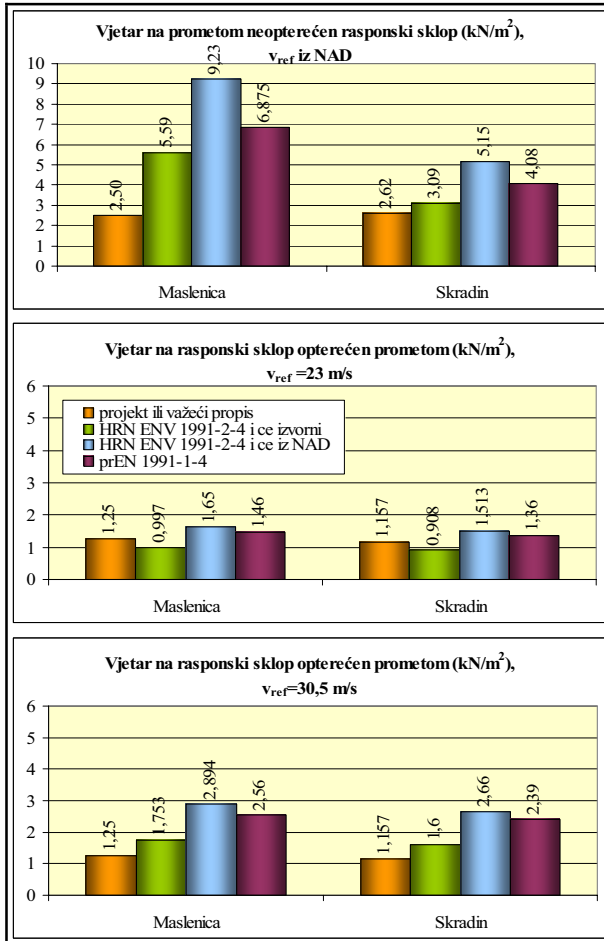
Usporedili smo opterećenje vjetrom u kN po metru kvadratnom nadlučnih sklopova Masleničkog i Skradinskog mosta (slika 3.). Za Maslenički je most poredbena brzina vjetra za prometom neopterećeni most 54,5 m/s, a za Skradinski 37,24 m/s. Za prometom opterećen most rabi se poredbena brzina od 23 m/s iz HRN ENV 1991-3. Kako je najveća brzina vjetra pri kojoj postoje uvjeti za zabranu prometovanja svih kategorija vozila u slučaju suhog kolnika u radu [14] utvrđena s vrijednošću 30,5 m/s i ona se primjenjuje za usporedbe.

Ne smije se zaboraviti poredbenu ploštinu djelovanja vjetra čija se visina u ovim normama određuje bitno drukčije nego u dosada valjanim propisima. Za prometom neopterećen most vrijedi tablica 2., a za prometom opterećen most od razine kolnika dodaje se visina vozila 2,0 m umjesto dosadašnjih 3,5 m.

Tablica 2. Visine koje se rabe za određivanje  $A_{ref}$

Tip ograde	Na jednoj strani	Na obje strane
Otvorena oграда ili otvorena zaštitna oграда	$h + 300 \text{ mm}$	$h + 600 \text{ mm}$
Puna oграда ili puna zaštitna oграда	$h + h_1$	$h + 2h_1$
Otvorena oграда i otvorena zaštitna oграда	$h + 600 \text{ mm}$	$h + 1200 \text{ mm}$

Da pokažemo izuzetni utjecaj izmijenjenog koeficijenta izloženosti, određeno je opterećenje vjetrom uz uporabu izvornog (slika 1. i slika 3: zeleni stupci) i izmijenjenog koeficijenta izloženosti (slika 2. i slika 3: plavi stupci).



Slika 3. Usporedba opterećenja vjetrom na rasponski sklop dvaju lučnih mostova u priobalju

Usporedimo li potom hrvatsku normu s nacrtom europske norme prEN 1991-1-4, uočavamo različitosti. Ovom normom uvodi se posebno poglavlje za djelovanje vjetra na mostove gdje je sila vjetra poprijeko na os mosta definirana sljedećim izrazom:

$$F_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref}$$

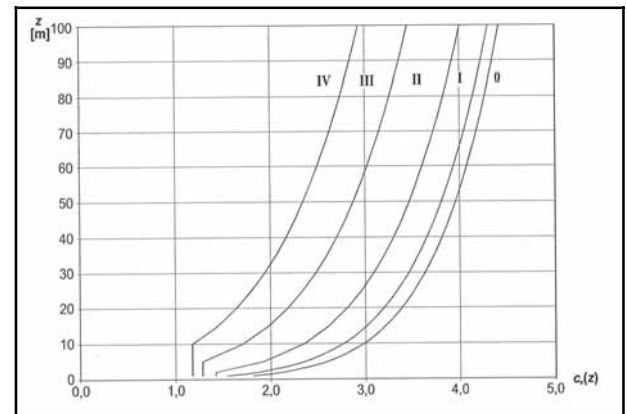
Prva su tri člana zajedno osnovni tlak vjetra  $q_b$ . Osnovna brzina vjetra  $v_b$ , određuje se prema temeljnoj vrijednosti osnovne brzine vjetra  $v_{b,0}$  pri čemu europska norma ne daje korekciju ovisno o nadmorskoj visini.

Koeficijent vjetrog opterećenja  $C$  dobiva se umnoškom koeficijenta izloženosti i koeficijenta sile:

$$C = c_e \cdot c_f$$

Koeficijenti izloženosti su nešto izmijenjeni, kao što se vidi na slici 4. Razlikuje se 5 kategorija terena (0, I, II,

III, IV) pri čemu je kategorija I iz hrvatske norme sada rastavljena na kategoriju 0 – otvoreno more ili obalno područje izloženo otvorenom moru i kategoriju I – jezera ili ravnice bez prepreka s nezamjetnom vegetacijom. Na primjer, za kategoriju terena III i visinu 50 m koeficijent izloženosti očitao s dijagrama na slici 1. iznosi točno 3,0, a koeficijent izloženosti očitao s dijagrama na slici 4. približno 2,8.



Slika 4. Koeficijent izloženosti  $c_e(z_e)$  prema prEN 1991-1-4 za pet kategorija terena

Pri određivanju aerodinamičkog koeficijenta sile za smjer vjetra poprijeko na most  $c_{fx}$  ne koristi se koeficijentom redukcije zbog vitkosti  $\psi_{\lambda,x}$  već vrijedi  $c_{fx} = c_{fx,0}$ . Poredbena ploština djelovanja vjetra određuje se na isti način kao i u hrvatskoj normi, kako se vidi u tablici 2.

U hrvatskoj normi dinamički koeficijent odziva konstrukcije na udar vjetra  $c_d$  ovdje se ne upotrebljava.

Sve navedeno može kod mostova rezultirati nešto većim opterećenjem vjetrom prema europskoj normi u odnosu na opterećenje dobiveno europskom prednormom, ali dosta manjim u odnosu na opterećenje vjetrom prema novoj hrvatskoj normi, koje se vidi na slici 3.

Prikazani pojednostavnjeni postupak vrijedi samo ako se ne mora uzeti u obzir dinamički odziv konstrukcije mosta. Navodi se da to načelno vrijedi za uobičajene cestovne i željezničke mostove raspona manjeg od 40 m. Za sve ostale mostove trebalo bi se koristiti detaljnim postupkom dinamičkog odgovora koji je prilično složen i zahtjevan.

Usporedbom dosadašnjih opterećenja vjetrom i opterećenja vjetrom prema novoj hrvatskoj normi ustanovljeno je da nova hrvatska norma daje od 2 puta (most Skradin) do 3,7 puta (most Maslenica) veća opterećenja vjetrom, što je teško prihvatljivo.

Razlozi su u velikim propisanim osnovnim brzinama vjetra  $v_{b,0}$ , za vjetrova područja IV i V, većim nego u svim ostalim dijelovima Europe i u povećanim koefici-

jentima izloženosti za područje bure u odnosu na europsku normu definiranim nacionalnim dokumentom za primjenu.

### 3 Potresno djelovanje

Primjenom norme HRN ENV 1998-1-1 potresno djelovanje određuje se proračunskim ubrzanjem tla  $a_g$ , koje odgovara povratnom razdoblju potresa od 500 godina. Proračunsko ubrzanje tla ovisi o stupnju potresnog rizika i određuje se na temelju odgovarajućih seizmoloških ispitivanja lokacije građevine ili prema usvojenim vrijednostima za potresna područja državnog teritorija. Nacionalni dokument za primjenu ove norme sadrži seizmološku kartu Hrvatske s područjima intenziteta 6, 7, 8 i 9 stupnja ljestvice.

Površinsko seizmičko gibanje promatrane točke tla može se predstaviti spektrom odziva koji je temeljni prikaz potresnog djelovanja. Elastični spektar odziva  $S_e(T)$  definira se analitički za četiri područja perioda vibracija sustava, te modificira sukladno kategorijama tla za koje su dani svi potrebni parametri u normi.

Norma HRN ENV 1998-1-1 razlikuje tri razreda tla: A, B i C. Europska norma EN 1998-1-1 razlikuje pet razreda tla: A, B, C, D, E i F te dva tipa elastičnog spektra odziva, tip 1 i tip 2.

Ako nisu uzeta u obzir duboka geološka istraživanja,

preporučuje se uporaba dvaju tipova spektra. Ako potresi imaju magnitudu površinskog vala  $M_s \leq 5,5$ , preporučuje se usvojiti spektar tipa 2.

Navedeni se parametri uvrštavaju u nešto izmijenjene izraze, i to posebno za horizontalni elastični spektar odziva, a posebno za vertikalni elastični spektar odziva, uz prikazan odnos osnovnih proračunskih ubrzanja tla  $a_{vg}/a_g$  za spektar tipa 1 i spektar tipa 2.

Izrazi su izmijenjeni i za horizontalni proračunski spektar odziva, dok se za određivanje vertikalne komponente predlažu isti, u kojima je  $a_g$  zamijenjeno s  $a_{vg}$ ,  $S = 1,0$ , a ostali parametri odgovaraju elastičnom vertikalnom spektru.

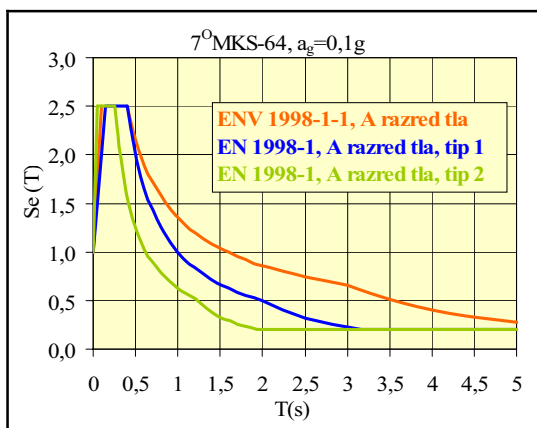
U tablici 3. prikazana je usporedba razreda tla prema hrvatskim i europskim normama, a na slikama 5., 6. i 7. uspoređeni su elastični spektri odziva; vidi se da se razredi tla u nekim slučajevima prema svojstvima tla preklapaju.

Usporedbom elastičnih spektara odziva za tla istih svojstava uočavamo bitne razlike koje ovise o osnovnom periodu vibracija sustava  $T$ . Za tla čija svojstva odgovaraju razredu A (slika 5.) i u hrvatskim i u europskim normama najveće vrijednosti ordinate su jednake. Za područja  $2,5 \text{ s} < T < 4,0 \text{ s}$  u kojima se konstrukcije mostova najčešće nalaze, vrijednosti su elastičnog spektra i do dvostruko manje uz primjenu europske norme.

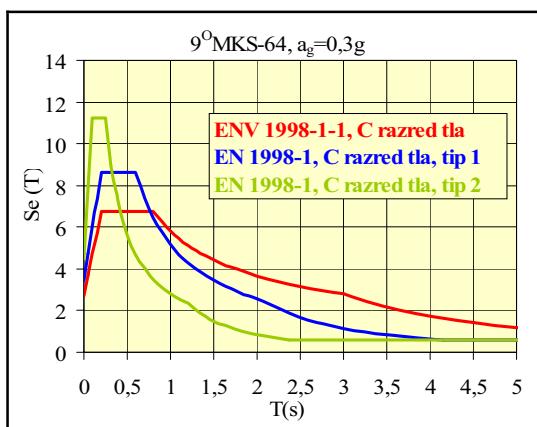
Tablica 3. Usporedba razreda tla prema hrvatskim i europskim normama

ENV 1998-1-1		EN 1998-1	
A	Stjenovita tla s najviše 5 m slabijeg materijala pri površini brzinom širenja poprečnih valova $v_s \geq 800$ m/s.	Stjenovita tla s najviše 5 m slabijeg materijala pri površini i brzinom širenja poprečnih valova $v_s > 800$ m/s.	A
	Naslage krutog pijeska, šljunka ili prekonsolidirane gline, debljine od nekoliko desetaka metara, s postupnim povećanjem mehaničkih svojstava s dubinom i brzinom širenja poprečnih valova $v_s \geq 400$ m/s na dubini od 10 m.	Naslage vrlo krutog pijeska, šljunka ili prekonsolidirane gline, debljine od nekoliko desetaka metara, s postupnim povećanjem mehaničkih svojstava s dubinom i brzinom širenja poprečnih valova $v_s = 360 - 800$ m/s.	B
B	Duboke naslage srednje zbijenog pijeska, šljunka ili srednje krutih glina, debljine od nekoliko desetaka do nekoliko stotina metara, s $v_s \geq 200$ m/s na dubini od 10 m do $v_s \geq 350$ m/s na dubini od 50 m.	Duboke naslage zbijenog ili srednje zbijenog pijeska, šljunka ili krutih glina, debljine od nekoliko desetaka do nekoliko stotina metara, s $v_s = 180 - 360$ m/s.	C
C	Naslage rastresitog tla s mekim koherentnim slojevima ili bez njih s $v_s \leq 200$ m/s u gornjih 20 m.	Naslage rastresitog tla s mekim koherentnim slojevima ili bez njih s $v_s \leq 180$ m/s u gornjih 20 m.	D
	Naslage s mekim do srednje krutim koherentnim tlima s $v_s \leq 200$ m/s u gornjih 20 m	Naslage s mekim do srednje krutim koherentnim tlima s $v_s \leq 180$ m/s u gornjih 20 m.	
		Profil tla A s površinskim aluvijalnim slojem s brzinama širenja poprečnih valova $v_s$ za tip C i D, i debljinom između 5 i 20 m, ispod kojeg je krući materijal sa $v_s > 800$ m/s.	E

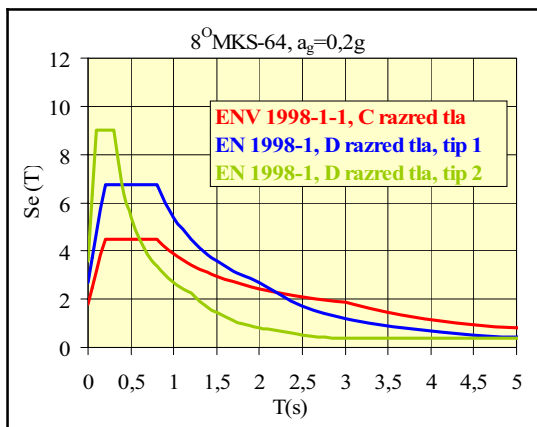




Slika 5. Elastični spektri odziva za VII. potresno područje i razrede tla A



Slika 6. Elastični spektri odziva za IX. potresno područje i razrede tla C



Slika 7. Elastični spektri odziva za VIII. potresno područje i razrede tla C odnosno D

Na primjeru tla svojstva koja odgovaraju razredu C (slika 6.) u području nižih perioda, ordinata je povećana primjenom europskih norma, ali za područja većih perioda ordinata je bitno manja. Ako se uz to provedu odgovarajuća ispitivanja tla koja će rezultirati magnitudom površinskog vala  $M_s \leq 5,5$  moguća je primjena elastičnog spektra tipa 2 što, za period titranja  $T = 2,5$  s na pri-

mjer, čini ordinatu i trostruko manjom od one koja se dobiva primjenom hrvatske norme.

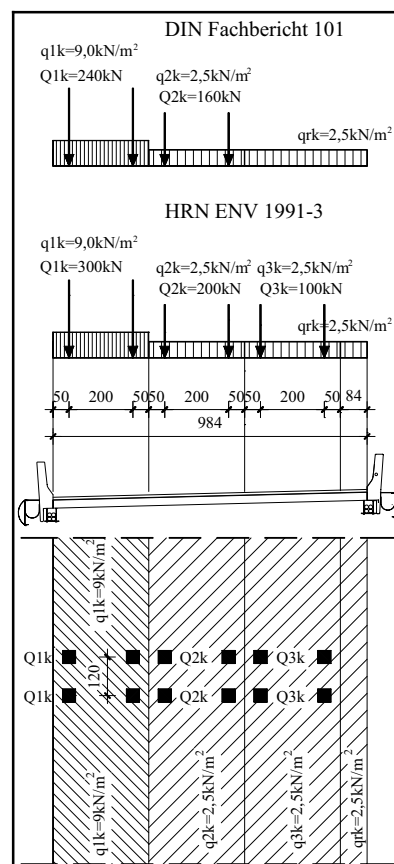
Za tla čija svojstva odgovaraju razredu C prema hrvatskoj normi odnosno razredu D prema europskoj (slika 7.) do perioda  $T = 2,2$  s ordinate elastičnog spektra prema europskoj normi su veće, a iznad te vrijednosti perioda se smanjuju. Za elastični spektr tipa 2 vrijedi slično kao i gore.

Sve to navodi nas na zaključak da primjena valjane hrvatske norme pri proračunu na potresno djelovanje može rezultirati bitno većim utroškom gradiva, nego što će biti potrebno prema europskim normama koje ćemo uskoro morati usvojiti.

#### 4 Prometno opterećenje cestovnih mostova

Karakteristična opterećenja koja predstavljaju suvremena cestovna vozila na europskim cestama statistički su obrađena i u normi HRN ENV 1991-3 sažeta u 4 modela.

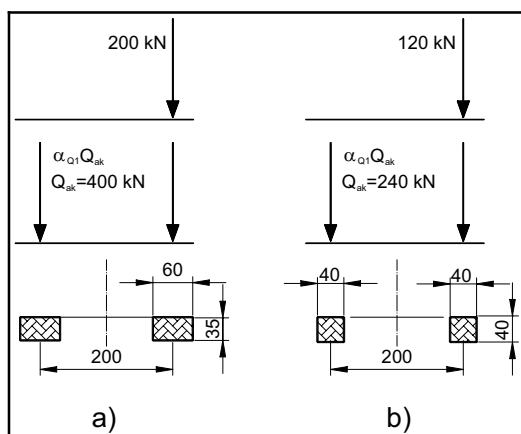
Ovdje razmatramo Model 1—glavni sustav opterećenja od koncentriranog i kontinuiranog opterećenja koje obuhvaća učinke teških vozila i osobnih vozila (slika 8.) te Model 2—opterećenje jednom osovinom koje obuhvaća prometne učinke na vrlo kratkim rasponima, a služi lokalnim provjeravanjima (slika 9.a).



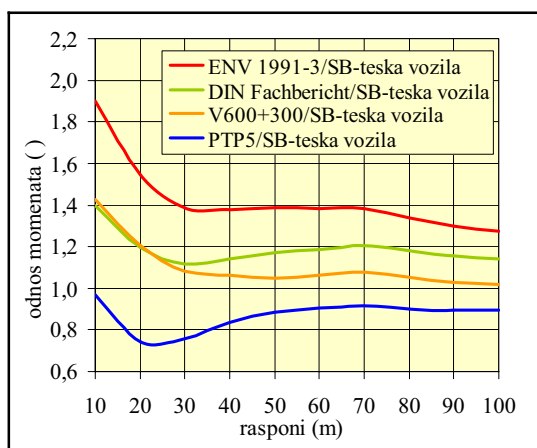
Slika 8. Primjena Modela 1 prometnog opterećenja na mostu

Norma omogućava uporabu korekcijskih (prilagodbenih) faktora Modela 1,  $\alpha_{Qi} \geq 0,8$  za koncentrirana opterećenja i  $\alpha_{Qi} = 1,0$  za kontinuirano opterećenje u svim trakovima osim prvog. U Nacionalnom dokumentu za primjenu, međutim, nisu navedene vrijednosti tih faktora pa bi se trebalo koristiti punim europskim opterećenjem. No upitno jest da li je to nužno s obzirom na stvarno opterećenje na našim prometnicama (slika 10.).

Stoga valja razmotriti mogućnosti uporabe faktora redukcije usporedbom sa stvarnim opterećenjem koje se na našim prometnicama očekuje, a tako dobivene faktore usporediti s onima koji će biti istraženi i predloženi u okolnim zemljama, pa nastojati odabrati što sukladnije vrijednosti za čitav prometni sustav kojem će pripadati i hrvatske prometnice.



Slika 9. Model 2 prometnog opterećenja a) HRN ENV 1991-3, b) DIN Fachbericht 101



Slika 10. Usporedbe maksimalnih momenata savijanja dobivenih dosadašnjim propisima i normativnim shemama sa simulacijom stvarnog prometa u Slavenskom Brodu-istok

Kao primjer za navedeno, u njemačkome stručnom izvještaju DIN Fachbericht 101 preporučuje se korekcijski faktor 0,8 za koncentrirano opterećenje u prvome i dru-

gome traku, dok za treći trak vrijedi samo kontinuirano opterećenje (slika 8.). Napominjemo da se ovdje ne primjenjuje faktor redukcije kontinuiranog opterećenja u prvom traku.

Osim toga u ovome se izvještaju preporučuje osovinsko opterećenje Modela 2  $\alpha_{Q1} \cdot Q_{ak}$  gdje je  $Q_{ak} = 240$  kN. Ako je potrebno, može se u proračun uzeti i samo jedan kotač s 120 kN. Ploštine nalijeganja kotača prema ovim smjernicama uzimaju se  $40 \cdot 40$  cm (slika 9.b).

Za proračun proračunskih vrijednosti djelovanja karakteristična vrijednost prometnog djelovanja cestovnih mostova množi se s parcijalnim koeficijentom 1,35 prema normi HRN ENV 1991-3, no u spomenutom njemačkome stručnom izvještaju uz redukciju osovinskih opterećenja faktorom 0,8 ovaj je koeficijent 1,5.

Napominjemo ovdje i jedan nedostatak norme HRN ENV 1991-3 što se tiče horizontalnog djelovanja. Sila kočenja u ovoj normi dobiva se kao 60% koncentriranog tereta i 10% jednolikoga rasprostrtog opterećenja s donjom i gornjom granicom od 180 kN odnosno 800 kN.

$$Q_{lk} = 0,60 \cdot \alpha_{Q1} (2Q_{k1}) + 0,1 \cdot \alpha_{Q1} \cdot q_{lk} \cdot w_1 \cdot L$$

$$180 \cdot \alpha_{Q1} \text{ kN} \leq Q_{lk} \leq 800 \text{ kN}$$

EN 1991-2 uvodi promjenu i maksimalnu silu ograničava na  $Q_{lk} \leq 900$  kN te prikazuje preporučenu horizontalnu silu koja se prenosi prijelaznim napravama:

$$Q_{lk} = 0,60 \cdot \alpha_{Q1} \cdot Q_{k1}$$

## 5 Zaključak

Nedostatak cjelokupnog sustava uvođenja europskih norma prijelazna su razdoblja u kojima je potrebno zakonski prihvatiti prednorme.

Europa je već uočila određene nedostatke i propuste u ovim prednormama te uvela izmjene u konačne europske norme za projektiranje. Neke su europske zemlje već ove novine prihvatile i uklopile u svoj zakonodavni sustav.

Stoga je u ovom prijelaznome razdoblju potrebno promišljeno koristiti se vrijedećim hrvatskim normama (HRN ENV) uspoređujući ih s europskim normama (EN).

Mislimo da nam zakonske procedure ne bi smjele utjecati na nepotrebno povećanje troškova pri izvedbi građevina u prijelaznom razdoblju do usvajanja europskih norma.

S druge strane neispravno je usvojiti propuste europskih prednorma, koji su očito na strani manje sigurnosti, samo zato što su trenutačno na snazi.

Ovdje napominjemo da je postupno uvođenje prednorma rezultiralo i time da stupanjem na snagu Tehničkog propisa za betonske konstrukcije, betonske mostove va-

lja proračunavati na djelovanja prema hrvatskim norma-  
ma, dok za čelične mostove, kako još nije usvojen novi

propis za čelične konstrukcije, i dalje praktički vrijedi  
Pravilnik za opterećenja iz 1991.

#### LITERATURA

- [1] *Tehnički propis za betonske konstrukcije*, Narodne novine 101 od 22. 8. 2005.
- [2] *HRN ENV 1991-2-4* Eurokod 1: Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije – 2-4. dio: Djelovanja na konstrukcije – Opterećenje vjetrom (ENV 1991-2-4: 1995)
- [3] *HRN ENV 1991-3* Eurokod 1: Osnove projektiranja i djelovanja na konstrukcije – 3. dio: Prometna opterećenja mostova (ENV 1991-3: 1995)
- [4] *HRN ENV 1998-1-1* Eurokod 8: Projektiranje konstrukcija otpornih na potres – 1-1. dio: Opća pravila – Potresna djelovanja i opći zahtjevi za konstrukcije (ENV 1998-1-1: 1994)
- [5] *pr EN 1991-1-4: Actions on structures: Wind actions*, European Committee for Standardization, Bruxelles, January 2004
- [6] *EN 1991-2: Actions on structures: Traffic loads on bridges*, European Committee for Standardization, Bruxelles, September 2003
- [7] *EN 1998-1: Design of structures for earthquake resistance Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings*, European Committee for Standardization, Bruxelles, December 2004
- [8] Mandić, A.; Šavor, Z.; Radić, J.: *Usporedba propisa za prometna opterećenja cestovnih mostova*, Savjetovanje Hrvatska normizacija i srodne djelatnosti, Dubrovnik, Cavtat, 10.-12.04.2003., zbornik radova, str. 485-494
- [9] Mandić, A.; Šavor, Z.; Radić, J.: *Propisi za djelovanje vjetra na mostove*, Savjetovanje Hrvatska normizacija i srodne djelatnosti, Cavtat, 2003., zbornik radova, str. 495-506
- [10] Mandić, A.; Radić, J.: *Prilog osuvremenjivanju propisa za opterećenja mostova*, Građevinar 56 (2004) 7, str. 409 – 422
- [11] Radić, J. i suradnici: *Betonske konstrukcije - Priručnik*, Hrvatska sveučilišna naklada – Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet – Andris, Zagreb 2006.
- [12] Mandić, A.: *Prilog osuvremenjivanju propisa za opterećenja mostova*, Magistarski rad, 2003.
- [13] *DIN - Fachbericht 101: Einwirkungen auf Brücken*, izdanje ožujak 2003.
- [14] Bajić, A.: *Procjena smjera i brzine vjetra na trasi autoceste Tunel Sv. Rok (jug)-Maslenica*, Savjetovanje Hrvatska normizacija i srodne djelatnosti, Dubrovnik, Cavtat, 10.-12.04.2003., zbornik radova, str. 521-530.