

Preljevanje nasipnih lukobrana slučajnim valovima

Živko Vuković, Marko Pršić, Pejo Brica

Ključne riječi

nasipni lukobran, preljevanje slučajnim valovima, Owenov model, model Hedgesa i Reiso, visina krune, jadranski valni spektar

Key words

rubble mound breakwaters, overtopping by random waves, Owen's model, Hedges and Reis model, crest height, Adriatic wave spectrum

Mots clés

digue, débordement par des vagues aléatoires, modèle d'Owen, modèle d'Hedges et Reiso, hauteur du couronnement, spectre de la houle sur l'Adriatique

Schlüsselworte:

Aufschüttungswellenbrecher, Übergießen durch zufällige Wellen, Owen'sches Modell, Modell von Hedges und Reis, Dammkronenhöhe, Adria-Wellenspektrum

Ž. Vuković, M. Pršić, P. Brica

Izvorni znanstveni rad

Preljevanje nasipnih lukobrana slučajnim valovima

Prikazani su analitički modeli preljevanja lukobrana slučajnim valovima s detaljnijom analizom Owenova modela i modela Hedgesa i Reiso. Prema ovim su modelima izvedeni izrazi za visinu krune lukobrana u funkciji dopuštenog preljevanja, parametara lukobrana i valne klime. Pokazano je da razlike prema ovim modelima nastaju zato što se Owenovim modelom ne da odrediti nulto preljevanje ako je visina krune veća od valnog uspinjanja, što je zadovoljeno u modelu Hedgesa i Reiso.

Ž. Vuković, M. Pršić, P. Brica

Original scientific paper

Overtopping of rubble mound breakwaters by random wave action

Analytical models of overtopping of breakwaters by random wave action are presented, and a particular emphasis is placed on the Owen's model and the model developed by Hedges and Reis. These models served as a basis for deriving expressions for breakwater crest height as a function of allowable overtopping, breakwater parameters and wave climate. It is demonstrated that differences between these models are due to the fact that zero overtopping can not be determined by Owen's model if the crest height is greater than the wave elevation, which has been resolved in the model presented by Hedges and Reis.

Ž. Vuković, M. Pršić, P. Brica

Ouvrage scientifique original

Débordement des digues par des vagues aléatoires

L'on présente les modèles analytiques du débordement des digues par des vagues aléatoires, avec une analyse détaillée du modèle d'Owen et de celui d'Hedges et Reiso. Ces modèles ont permis de définir les expressions pour la hauteur du couronnement de la digue, en fonction du débordement admissible, des paramètres de la digue et du climat de la houle. Il a été démontré que les différences par rapport aux modèles cités sont dues au fait que le modèle d'Owen ne permet pas la détermination du débordement zéro si la hauteur du couronnement est supérieure à la montée de la houle, ce qui est satisfait dans le modèle d'Hedges et Reiso.

Ž. Vuković, M. Pršić, P. Brica

Wissenschaftlicher Originalbeitrag

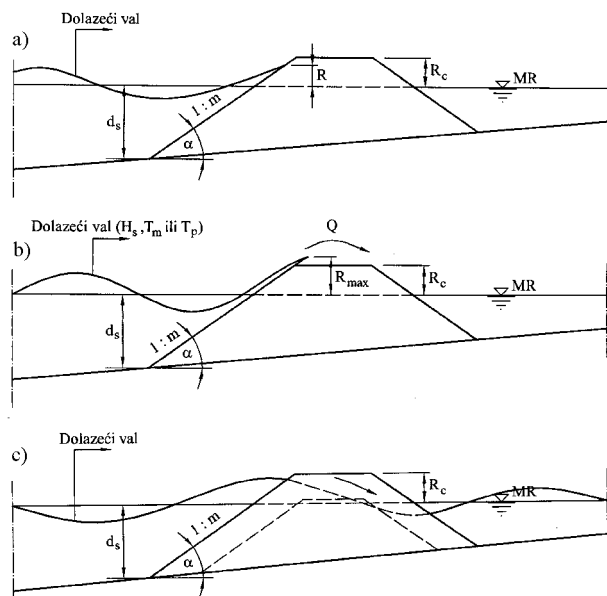
Übergießen der Aufschüttungswellenbrecher durch zufällige Wellen

Dargestellt sind analytische Modelle der Übergießung des Wellenbrechers durch zufällige Wellen mit einer detaillierten Analyse des Owen'schen Modells und des Modell von Hedges und Reis. Nach diesen Modellen sind Formeln für die Dammkronenhöhe ermittelt, abhängig von der zulässigen Übergießung, den Wellenbrecherparametern und den Wellenklima. Es wird gezeigt dass der Grund für die Unterschiede nach diesen Modellen in der Tatsache liegt dass nach dem Owen'schen Modell das Nullübergießen nicht bestimmt werden kann wenn die Kronenhöhe grösser als die Wellensteigung ist, was im Modell von Hedges und Reis befriedigt ist.

Autori: Prof. dr. sc. **Živko Vuković**, dipl. ing. građ.; prof. dr. sc. **Marko Pršić**, dipl. ing. građ.; **Pejo Brica**, dipl. ing. građ.; Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, Zagreb, Kačićeva 26

1 Uvod

Pri djelovanju nelomljenih valova na nasipne priobalne strukture (lukobrane i valobrane) pojavljuju se tri značajne i vrlo kompleksne interakcije hidrauličkog karaktera: valno uspinjanje, valno preljevanje i propuštanje vala (slika 1.).



Slika 1. Definicijske skice

Temeljno zajedničko obilježje navedenih interakcija jest njihova dominantna ovisnost o (1) valnoj klimi (parametrima dolazećeg vala) i (2) parametrima građevine (pro filu, hrapavosti, propusnosti). Pri projektiranju nasipnih lukobrana valja uočiti veličinu ovih interakcija i s aspekta sigurnosti same konstrukcije, i s aspekta sigurnosti akvatorija (brodova, ljudi) koji se njome zaštićuju. Pri tome se središnji interes odnosi na valno preljevanje, tako da će se u ovome radu analizirati ovaj fenomen, dok će se valno uspinjanje i propuštanje vala opisati u naknadnim radovima. Naravno, zbog povezanosti fenomena valnog preljevanja s valnim uspinjanjem dat će se i određeni pojmovi valnog uspinjanja, ali samo u mjeri dostatnoj za razumijevanje promatranog problema valnog preljevanja.

Do preljevanja lukobrana (slika 1.b) doći će ako maksimalno valno uspinjanje, R_{max} , premašuje visinu krune lukobrana, R_c . Zato se u biti glavni projektantski problem svodi na definiranje profila, prvenstveno visine krune lukobrana, za koji će veličina preljevanja, uz zadovoljenje projektnih uvjeta, biti ispod dopuštene vrijednosti. Ova činjenica ujedno upućuje i na cilj ovoga rada, da se pregledom modela preljevanja lukobrana slučajnim valovima usporedno razviju i usporede modeli definiranja visine krune lukobrana u funkciji dopuštenog preljevanja, ostalih parametara lukobrana i projektne valne klime.

2 Modeli valnog preljevanja

Pri djelovanju slučajnih valova preljevanje lukobrana s vremenom znatno varira od jednog vala do drugog, tako da se upotrebljuje termin srednjeg ili prosječnog preljevanja, \bar{Q} , preko krune po jedinici duljine lukobrana, $[m^3 s^{-1} m^{-1}]$, za koje možemo općenito pisati:

$$\bar{Q} = f(H_s, T_m, R_c, d_s, \alpha, \beta, g, \dots) \tag{1}$$

gdje su (slika 1.b):

H_s – značajna valna visina dolazećeg vala, [m],

T_m – srednji valni period presijecanja nule, [s],

R_c – visina krune lukobrana, [m], mjerena od mime razine (MR),

d_s – dubina mora na podnožju vanjskog pokosa lukobrana, [m],

α – kut nagiba vanjskog pokosa lukobrana, [°],

β – kut nailaska dolazećih valova prema trasi lukobrana, [°],

g – ubrzanje polja sile teže, $[ms^{-2}]$.

Radi kvantificiranja utjecaja ovih parametara na veličinu preljevanja, u svijetu su provedena mnogobrojna i često vrlo opsežna istraživanja teorijskog i eksperimentalnog karaktera, što je rezultiralo predlaganjem određenog broja matematičkih modela, najprije analitičkih a potom i numeričkih. Od analitičkih modela, koje ćemo analizirati u ovome radu, po kriteriju citiranosti u literaturi najčešći su:

I. Model Owena [1], Ahrensa i Heimbaugha [2], De Waala i Van der Meera [3], Smitha i ost. [4], Franca i ost. [5], Van den Meera i Janssena [6], predstavljen izrazom:

$$\bar{Q}_* = A \exp(-BR_{c*}) = A e^{-BR_{c*}} \tag{2}$$

II. Model Bradburyja i Allsopa [7], Amintija i Franca [8], Pedersena i Burchartha [9], predstavljen izrazom:

$$\bar{Q}_* = A(R_{c*})^{-B} \tag{3}$$

III. Model Hedgesa i Reisove [10], predstavljen izrazom:

$$\bar{Q}_* = A(1 - R_{c*})^B \quad \text{za} \quad 0 \leq R_{c*} < 1 \tag{4}$$

$$\bar{Q}_* = 0 \quad \text{za} \quad R_{c*} \geq 1$$

gdje su:

\bar{Q}_* – bezdimenzionalno prosječno preljevanje,

R_{c*} – bezdimenzionalna visina krune,

A, B – bezdimenzionalni koeficijenti određeni prilagodbom izraza (2), (3) ili (4) na eksperimentalne podatke (najčešće metodom najmanjih kvadrata ili metodom najmanjih apsolutnih odstupanja).

Prije daljnjih objašnjenja i analiza potrebno je istaknuti nekoliko značajnih činjenica.

Prvo, ovim je modelima moguće odrediti samo prosječno prelijevanje i ne mogu se dobiti nikakve informacije o vremenskoj varijaciji brzine i dubine vode na kruni tijekom preljevanja, a što može biti naročito značajna spoznaja s aspekta mogućeg oštećenja (krune) lukobrana. Za dobivanje takvih spoznaja potrebno se koristiti numeričkim modelima npr. Kobayashija i Wurjantoa [11] ili Hua i ost. [12].

Drugo, zbog težnje za generaliziranjem rezultata analiza primarno temeljenih na eksperimentalnim podacima, modelska su istraživanja za širi dijapazon utjecajnih činitelaca na fenomen preljevanja uglavnom provedena na lukobranima s ravnim, glatkim i nepropusnim pokosima i krunama. Istraživanja [7], [8] na hrapavim i propusnim pokosima izvršena su najčešće za konkretna slučajeva, čime je onemogućena šira generalizacija dobivenih rezultata.

Treće, najopsežnija modelska istraživanja u smislu variranja parametara lukobrana i valne klime proveo je Owen, tako da metodologija i rezultati njegovih istraživanja svakako zauzimaju središnje mjesto i nezaobilazno ishodište u definiranju svih kasnijih modela. Owenova istraživanja valnog preljevanja preko glatkih i nepropusnih pokosa lukobrana nagiba od 1:1 do 1:5 obuhvaćaju sljedeća područja vrijednosti bezdimenzionalnih parametara: $10^{-6} < \bar{Q}_{c*} < 10^{-2}$ i $0.05 < R_{c*} < 0.30$.

Četvrto, najnoviji od predloženih modela valnog preljevanja je model Hedgesa i Reisove za koji su vrijednosti bezdimenzionalnih koeficijenata A i B dobivene reanalizom Owenovih eksperimentalnih podataka, čime postaje vrlo interesantnim pitanje eventualnih razlika koje proizlaze primjenom ovih modela. Zato će se prvenstveno u svjetlu ovih dviju posljednjih činjenica provesti detaljnije analize i usporedbe upravo ovih dvaju modela valnog preljevanja.

2.1 Owenov model

U Owenovu modelu valnog preljevanja, jednadžba (2), bezdimenzionalno prosječno prelijevanje, \bar{Q}_* , dano je izrazom:

$$\bar{Q}_* = \frac{\bar{Q}}{T_m g H_s} \quad (5)$$

a bezdimenzionalna visina krune, R_{c*} , izrazom:

$$R_{c*} = \frac{R_c}{T_m \sqrt{g H_s}} \quad (6)$$

Vrijednosti bezdimenzionalnih koeficijenata A i B određene su iz eksperimentalnih podataka i prikazane u tablici 1.

Tablica 1. Vrijednosti koeficijenata A i B za Owenov model preljevanja [1]

Nagib pokosa	Koeficijenti	
	A	B
1:1	0.00749	20.12
1:2	0.0125	22.06
1:3	0.0163	31.90
1:4	0.0192	46.96

Slučaj kada je visina krune $R_c = 0$ jednadžba (2) u kombinaciji s izrazima (5) i (6) i s vrijednostima koeficijenata A i B iz tablice 1. korektno pokazuje postojanje srednjeg preljevnog protoka, $\bar{Q} = AT_m g H_s$. Međutim, Owenov model nelogično ukazuje na pojavu preljevnog protoka čak i za slučaj kada je visina krune znatna, pa i veća od maksimalnog valnog uspinjanja. Jednadžba (2) daje $\bar{Q} = 0$ samo kada je $R_c = \infty$.

2.2 Model Hedgesa i Reisove

U modelu valnog preljevanja Hedgesa i Reisove, jednadžba (4), bezdimenzionalno prosječno prelijevanje, \bar{Q}_* , i bezdimenzionalna visina krune, R_{c*} , dani su sljedećim izrazima:

$$\bar{Q}_* = \frac{\bar{Q}}{\sqrt{g R_{\max}^3}} \quad (7)$$

$$R_{c*} = \frac{R_c}{R_{\max}} \quad (8)$$

Vrijednosti bezdimenzionalnih koeficijenata A i B su prikazane u tablici 2.

Tablica 2. Vrijednosti koeficijenata A i B za model preljevanja Hedgesa i Reisove [10]

Nagib pokosa	Koeficijenti	
	A	B
1:1	0.00703	3.42
1:2	0.00753	4.17
1:3	-	-
1:4	0.0104	6.27

Jednadžba (4), kao i jednadžba (2) kod Owenova modela, također daje određenu vrijednost za srednji preljevni protok, $\bar{Q} = AB\sqrt{gR_{max}^3}$, za slučaj kada je visina krune $R_c = 0$. Međutim, za razliku od jednadžbe (2), jednadžba (4) logično daje $\bar{Q} = 0$ kada je $R_c \geq R_{max}$. Iz izraza (7) i (8) uočavamo da je za primjenu ovog modela potrebno poznavati i vrijednost maksimalnog valnog uspinjanja, R_{max} . Za proračun valnog uspinjanja postoji mnoštvo empirijskih izraza dobivenih na temelju modelskih istraživanja, također pretežno provedenih na glatkim i nepropusnim pokosima. CERC [13] i CIRIA/CUR [14] preporučuju primjenu Ahrensova [15] modela prema kojemu je značajno valno uspinjanje, R_s , dano izrazom:

$$\frac{R_s}{H_s} = 1.35\xi_p \quad \text{za} \quad 0 < \xi_p < 2 \tag{9}$$

$$\frac{R_s}{H_s} = 3 - 0.15\xi_p \quad \text{za} \quad 2 < \xi_p < 20$$

gdje je ξ_p bezdimenzionalni parametar definiran kao:

$$\xi_p = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{H_s/L_{op}}} \tag{10}$$

U ovome je izrazu L_{op} [m] dubokovodna valna duljina prema linearnoj valnoj teoriji dana kao:

$$L_{op} = \frac{gT_p^2}{2\pi} \tag{11}$$

gdje je T_p [s] valni period vrha valnog spektra.

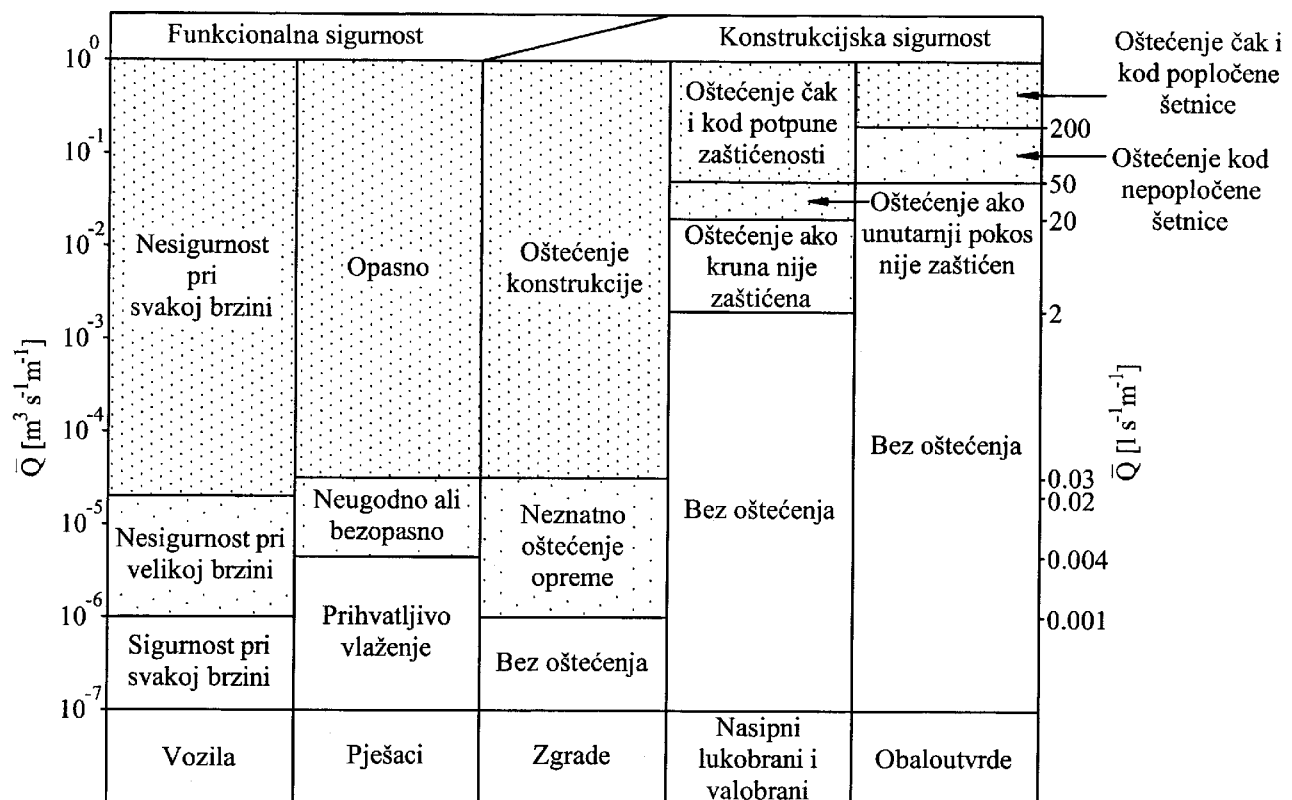
Pod pretpostavkom [14] da se razine valnog uspinjanja ravnaju po Rayleighovoj distribuciji i da je broj valnih uspinjanja jednak broju dolazećih valova, maksimalna vrijednost valnog uspinjanja s vjerojatnošću premašivanja, $P = 1$ [%], definirana je izrazom:

$$R_{max} = R_{0,01} = 1.517 R_s \tag{12}$$

Naravno, hrapavost i propusnost pokosa pridonose smanjenju valnog uspinjanja, tako da je vrijednost za R_{max} u izrazu (12) potrebno pomnožiti s koeficijentom redukcije r ($0 < r < 1$). Tako npr. prema Batjesu [16] vrijednost ovog koeficijenta za kamenu oblogu poslaganu slučajno iznosi $r = 0.50 - 0.55$, a za betonsku oblogu poslaganu slučajno i s približno 50 [%] šupljikavosti iznosi $r = 0.45 - 0.50$.

3 Dopušteno preljevanje

Oba netom opisana modela valnog preljevanja imaju slične razine podudaranja s izvornim eksperimentalnim



Slika 2. Kritične vrijednosti srednjeg preljevni protoka [14]

podacima. Međutim, značajna prednost modela Hedgesa i Reisove jest što pokazuje nepostojanje valnog preljevanja ako visina krune premašuje veličinu valnog uspinjanja. Da bi se mogle detaljnije istražiti eventualne daljnje razlike koje nastaju primjenom ovih modela najprije je potrebno razmotriti granično dopuštene vrijednosti srednjega preljevnog protoka, \bar{Q} . CIRIA/CUR [14] preporučuje kritične vrijednosti srednjega preljevnog protoka poradi dostatne sigurnosti vozila i ljudi u neposrednoj okolini lukobrana te sprečavanja oštećenja zgrada u zoni zaštite lukobranom i samih lukobrana (slika 2.).

Osnovno što možemo zaključiti sa slike 2. jest da se kritična vrijednost srednjega preljevnog protoka kreće od malih 10^{-6} [$m^3 s^{-1} m^{-1}$] do 2×10^{-1} [$m^3 s^{-1} m^{-1}$]. Preljevanje veće od 10^{-6} [$m^3 s^{-1} m^{-1}$] je nesigurno za vozila pri velikim brzinama i može uzrokovati neznatno oštećenje zgrada, ponajprije njihove opreme. Za pješake postaje opasno ako preljevanje premašuje 3×10^{-5} [$m^3 s^{-1} m^{-1}$], dok preljevanje iznad 2×10^{-2} [$m^3 s^{-1} m^{-1}$] može oštetiti lukobran.

4 Visina krune lukobrana

Iz jednadžaba (2), (5) i (6) proizlazi da je kod Owenova modela potrebna visina krune lukobrana, R_c , radi onemogućavanja određenoga srednjega preljevanja, \bar{Q} , dana izrazom:

$$R_c = \frac{T_m \sqrt{gH_s}}{B} \ln \left(\frac{AT_m g H_s}{\bar{Q}} \right) \quad (13)$$

a kod modela Hedgesa i Reisove, jednadžbe (4), (7) i (8) izrazom:

$$R_c = R_{\max} \left[1 - \left(\frac{\bar{Q}}{A \sqrt{g R_{\max}^3}} \right)^{1/B} \right] \quad (14)$$

gdje su:

H_s - značajna valna visina, [m], projektnog stanja mora za proračun visine krune nasipnog lukobrana povratnog razdoblja od PR [godina]; $PR \geq 1$ do 2

T_m - srednji valni period presijecanja nule, [s], za projektno stanje mora povratnog razdoblja od PR [godina]

T_p - period vrha spektra, [s], za projektno stanje mora povratnog razdoblja od PR [godina]

\bar{Q} - kritična (dopuštena) vrijednost srednjega preljevnog protoka, [$m^3/s^{-1}m^{-1}$], prema slici 2.

Za primjenu analiziranih modela potrebno je definirati vrijednosti valnog perioda vrha spektra, T_p , i srednjeg valnog perioda presijecanja nule, T_m . Ovim je veličinama karakteriziran svaki spektar, a za Tabainov [17] i MP [18] spektar Jadranskog mora vrijedi:

Tabainov spektar MP spektar bure MP spektar juga

$$T_p = \frac{2\pi}{0.32 + \frac{1.8}{H_s + 0.6}} \quad T_p = 6,4 (\ln H_s)^{0,55} \quad T_p = 7,4 (\ln H_s)^{0,5} \quad (15)$$

$$T_m = 3.50 \sqrt{H_s} \quad T_m = 3.1 \sqrt{H_s} \quad T_m = 3.35 \sqrt{H_s} \quad (16)$$

Izrazi za T_p preuzeti su izravno iz [17] i [18], a izraze za T_m autori su za potrebe ovog rada izveli postupkom numeričke analize, budući da je:

$$T_m = 2\pi \sqrt{\frac{m_0}{m_2}} \quad (17)$$

gdje je m_i i - ti moment valnog spektra definiran izrazom:

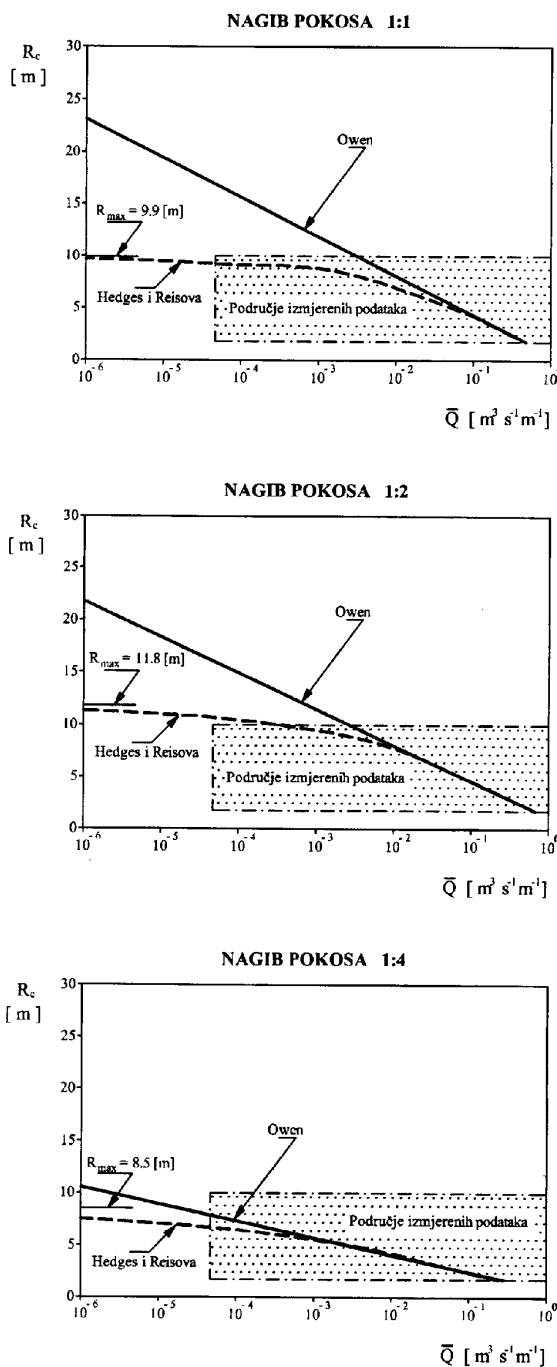
$$m_i = \int_0^{\infty} \omega^i S_{\eta\eta}(\omega) d\omega \quad (18)$$

U ovom izrazu ω [$rad s^{-1}$] označuje kutnu valnu frekvenciju, a $S_{\eta\eta}(\omega)$ [$m^2 rad^{-1} s$] valni spektar.

Na slici 3. su radi usporedbe predložene potrebne visine krune proračunane prema izrazima (13) i (14) za lukobrane nagiba pokosa 1:1, 1:2 i 1:4, izloženih slučajnim valovima sa značajnom valnom visinom $H_s = 3.0$ [m] u uvjetima Tabainova valnog spektra. Zbog strukture izraza (13) i (14) trend krivulja sa slike 3. nepromijenjen je i za druge značajne valne visine.

Na temelju provedenih proračuna grafički interpretiranih na slici 3. zaključuje se sljedeće:

- Podudaranje Owenova i modela Hedgesa i Reisove za nagibe pokosa 1:1 i 1:2 postoji samo pri preljevanju reda veličine 10^{-1} [$m^3 s^{-1} m^{-1}$] i većem. Za nagib pokosa 1:4 ovo je podudaranje relativno zadovoljavajuće i pri preljevanju reda veličine 5×10^{-3} [$m^3 s^{-1} m^{-1}$] i većem.
- Nepodudaranje rezultata prema ovim modelima za nagibe pokosa 1:1 i 1:2 postoje to izraženije što je preljevanje manje od 10^{-2} [$m^3 s^{-1} m^{-1}$], a za nagib pokosa 1:4 pri preljevanju manjem od 10^{-4} [$m^3 s^{-1} m^{-1}$].
- Za nagibe pokosa 1:1 i 1:2 Owenov model, za razliku od modela Hedgesa i Reisove, pri preljevanjima manjim od 10^{-2} [$m^3 s^{-1} m^{-1}$] pokazuje kontinuirani porast visine krune lukobrana, čak i kada je ona očito veća od svakoga mogućega valnog uspinjanja slučajnim valovima. Pri nagibu pokosa 1:4 ova je činjenica izražena pri preljevanju manjem od 5×10^{-3} [$m^3 s^{-1} m^{-1}$].



Slika 3. Usporedba potrebnih visina kruna proračunanih prema Owenovu modelu i modelu Hedgesa i Reisove za lukobrane različitih nagiba po kosa izloženih slučajnim valovima sa značajno m valno m visinom $H_s = 3.0$ [m]

LITERATURA

[1] Owen, M. W.: *The Hydraulic Design of Seawall Profiles*, Proceedings of Conference on Shoreline Protection, Institut of Civil Engineers, London, pp. 129. – 136., 1982.
 [2] Ahrens, J. P.; Heimbaugh, M. S.: *Seawall Overtopping Model*, Proceedings of the 21st Coastal Engineering Conference, Malaga, pp. 795. – 806., 1988.

- Kod modela Hedgesa i Reisove lagano povećanje visine kruna lukobrana prati smanjenje prelijevanja koje opada do nule kada R_c premaši R_{max} .
- Nešto veće vrijednosti visine kruna lukobrana prema modelu Hedgesa i Reisove spram Owenova modela dobiju se za nagib pokosa 1:4 pri prelijevanju manjem od 10^{-1} [$m^3 s^{-1} m^{-1}$] i većem od 10^{-3} [$m^3 s^{-1} m^{-1}$].
- Generalni je zaključak da se u praksi treba koristiti modelom Hedgesa i Reisove, jer logično proračunava visinu kruna manje ili jednako visini dosega vala na pokosu lukobrana, što Owenov model ne uzima u obzir te kod vrlo malih dopuštenih prelijevanja daje enormno visoke kruna.

Dodatna je analiza pokazala da MP spektar bure kod modela Hedgesa i Reisove daje neznatno više kruna nego li opći Tabainov spektar ili MP spektar juga.

Također je potrebno istaknuti i kako razlike prema analiziranim modelima postaju to veće što se više udaljava od područja izmjerenih podataka (točkaste površine na slici 3.), tako da svaka izraženija ekstrapolacija, a naročito kod Owenova modela, postaje vrlo upitnom.

5 Zaključak

Visina kruna lukobrana u funkciji valnog prelijevanja bitan je parametar pri projektiranju lukobrana s aspekta njihove funkcionalne i strukturne sigurnosti.

Zato je ovaj rad prvenstveno usredotočen na problem determiniranja visine kruna lukobrana dostatne da ograniči valno prelijevanje iznad određene vrijednosti, a proizašle primjenom Owenova modela valnog prelijevanja i modela Hedgesa i Reisove, baziranim na istim eksperimentalnim podacima.

Pokazano je da u uobičajenim projektnim uvjetima za manja dopuštena prelijevanja postoji znatna razlika u visini kruna lukobrana određene prema Owenovu modelu i modelu Hedgesa i Reisove. Ove su razlike ponajviše uvjetovane nemogućnošću Owenova modela da odredi nepostojanje valnog prelijevanja kada visina kruna lukobrana premaši maksimalno valno uspinjanje izazvano slučajnim valovima.

[3] De Wall, J. P.; Van der Meer, J. W.: *Wave Runup and Overtopping on Coastal Structures*, Proceedings of the 23rd Coastal Engineering Conference, Venice, pp.1758. – 1771., 1992.
 [4] Smith, G. M. et al.: *Erosion and Overtopping of a Grass Dike : Large Scale Model Tests*, Proceedings of the 24th Coastal Engineering Conference, Kobe, pp. 2639. – 2652., 1994.

- [5] Franco, L. et al.: *Wave Overtopping on Vertical and Composite Breakwaters*, Proceedings of the 24th Coastal Engineering Conference, Kobe, pp. 1030 – 1045., 1994.
- [6] Van den Meer, J. W.; Janssen, J. P. F. M.: *Wave Forces on Inclined and Vertical Wall Structures*, ASCE, New York, 1995.
- [7] Bradbury, A. P.; Allsop, N. W. H.: *Hydraulic Effects of Breakwaters Crown Walls*, Proceedings of Conference on Design of Breakwaters, Institution of Civil Engineers, London, pp. 385. – 396., 1988.
- [8] Aminti, P.; Franco, L.: *Wave Overtopping on Rubble Mound Breakwaters*, Proceedings of the 21st Coastal Engineering Conference, Malaga, pp. 770. – 781., 1988.
- [9] Pedersen, J.; Burcharth, H. F.: *Wave Forces on Crown Walls*, Proceedings of the 23rd Coastal Engineering Conference, Venice, pp. 1489. – 1502., 1992.
- [10] Hedges, T. S.; Reis, M. T.: *Random Wave Overtopping of Simple Sea Walls : a New Regression Model*, Proceedings of the Water, Maritime and Energy Conference, London, pp. 1. – 10., 1998.
- [11] Kobayashi, N.; Wurjanto, A.: *Wave Overtopping on Coastal Structures*, Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, Vol. 115, No. 2, ASCE, pp. 235. – 251., 1989.
- [12] Hu, K. et al.: *Numerical Modelling of Impulsive Wave Overtopping of Coastal Structures*, Proceedings of Conference on Coastal Engineering and Marina Developments, Lemnos, pp. 233. – 241., 1999.
- [13] CERC;: *Shore Protection Manual*, Volume II, Coastal Engineering Research Center, Vicksburg, 1984.
- [14] CIRIA/CUR, : *Manual on the Use of Rock in Coastal and Shoreline Engineering*, Special Publication 83, Construction Industry Research and Information Association, London, 1991.
- [15] Ahrens, J. P. : *Irregular Wave Run – Up on Smooth Slopes*, Technical Paper No. 81 – 17, US Army Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center, Vicksburg, 1981.
- [16] Battjes, J. A. : *Wave Runup and Overtopping*, Technical Advisory Committee on Protection Against Inundation, Rijkswaterstaat, The Hague, 1974.
- [17] Tabain, T. : *Standardni spektar vjetrovnihvalova za Jadransko more, ponovno (1977 – 1997)*, Jadranska meteorologija, XLIII – 2, str. 21 – 31, 1998.
- [18] Pršić, M.; Smirčić, A.; Leder, N.: *Adriatic High Sea State Characteristics, Wind and Wave Climate '99* - Proceedings of the MEDCOAST Conference on Wind and Wave Climate of the Mediterranean and Black Sea, Antalya, pp. 277 – 293, 1999.