

## UTICAJ HIDOMETEOROLOŠKIH I MORFOLOŠKIH KARAKTERISTIKA UNUTRAŠNJIH PLOVNIH PUTEVA NA BEZBEDNOST PLOVIDBE

Zoran RADMILOVIĆ, Radovan ZOBENICA  
Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu  
Vojvode Stepe 305  
11 000 Beograd

### REZIME

Uticaj hidometeoroloških i morfoloških karakteristika unutrašnjih plovnih puteva na bezbednost plovidbe je velika. Nepovoljne hidometeorološke i morfološke karakteristike unutrašnjih plovnih puteva su najčešći uzrok transportnih otkaza. U radu su objašnjene uticaji krivina, širina i dubina plovnog puta, kao i broja i rasporeda plovidbenih oznaka i vetra na bezbednost plovidbe.

### 1. UVOD

Transportni otkazi su određeni događaji vezani za brod, plovna sredstva, ili druge objekte čiji je rezultat narušavanje transportnog procesa i prouzrokovanje šteta ljudima, teretu, brodu i drugim objektima. Plovidbene nezgode se odnose na transportne otkaze vezane sa plovidbom brodova i sastava.

Transportni otkazi dele se na: *plovidbene nezgode, plovidbene otkaze i nedostatke u toku rada.*

Uzroci transportnih otkaza na unutrašnjim plovnim putevima su:

- *Nedostatak jedinstvenog sistema obeležavanja po ivicama (granicama) plovnog puta* izaziva potrebu na nekim loše obeleženim deonicama prelazak na levu stranu, razilaženje sa mimoilažećim brodovima desnim bokovima ili manevrisanje pred brodom koji dolazi u susret. Redosled kretanja brodova ustanovljen pravilima plovidbe se narušava što može dovesti do nasedanja ili sudara brodova.
- *Neravnomerna raspodela plovnih oznaka (veštačkih i prirodnih) po dužini plovnog puta* negativno se

odražava na bezbednost plovidbe. Praksa pokazuje da za dvoputno kretanje je neophodno postojanje istog broja plovnih oznaka na celoj dužini plovnog puta nezavisno od vidljivosti.

- *Nesaglasnost granice vidljivosti plovnog puta sa stvarnom granicom* je najčešća na mestima sa ograničenom širinom plovnog puta, na deonicama akumulacija gde plovni put leži na potopljenim obalama a ugao zanošenja je veliki usled dejstva vetra.
- *Neodgovarajući položaj linije kretanja prema osnovnim trajektorijama kretanja brodova* - najčešće se radi o deonicama sa većim brzinama toka.
- *Loša vidljivost plovidbenih oznaka* obično nastaje na mestima gde se svetlost projektuje i skuplja na vodi iz naseljenih mesta ili industrijskih objekata pored obale. Slabo vidljive plovidbene oznake su one koje se nalaze izvan konusa oštrog vidokruga zapovenika broda.
- *Neregulisani perspektivni raspored svetlećih plutajućih plovidbenih oznaka po liniji horizonta* - posebno težak za orijentisanje na regulisanim rekama sa prevodnicama gde plovni put leži u rečnom koritu a obe obale potopljene na maloj dubini.
- *Neispravnost plovidbenih oznaka* - obično nastaje kao rezultat narušavanja pravila plovidbe i povreda koje nanose brodovi i sastavi.

Istraživanja upravljanja i vođenja brodova pokazuju da na bezbednost plovidbe bitne uticaje imaju: krivine plovnog puta, širina i dužina plovnog puta, učestalost

postavljanja plovidbenih oznaka i navigacione opreme na plovnom putu i hidrološki i meteorološki uslovi plovidbe.

## 2. UTICAJ KRIVINA PLOVNOG PUTA NA BEZBEDNOST PLOVIDBE

Korelaciona veza postoji između transportnih otkaza i veličine poluprečnika krivine plovnog puta. Za proučavanje ove pojave može se sastaviti karta plovidbenih nezgoda na sektorima plovni puteva dužim od 2000 km. Na primer, razmatra se više od 300

plovibnih nezgoda, dimenzije brodova nisu uzete u obzir jer je usvojeno da plove standardizovani brodovi i sastavi. Statistički rezultati su prikazani u tabeli 1 (Oljšamovskij S.B. i dr., 1979).

Između krivina plovnog puta i relativne veličine broja plovidbenih nezgoda postoji korelaciona veza koja glasi:

$$k_R = \frac{205}{R} + 0,7$$

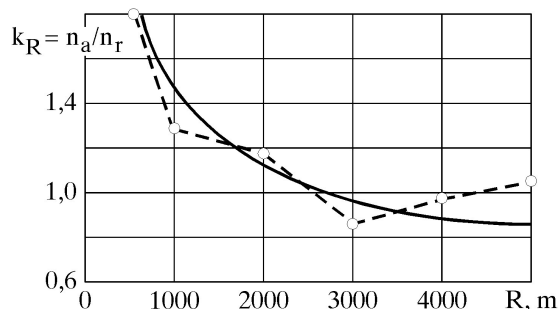
gde je:

$R$  – poluprečnik krivine plovnog puta.

Tabela 1. Korelacija između plovibnih nezgoda i poluprečnika krivine

Intervali poluprečnika krivina, m	Srednja vrednost poluprečnika krivine, m	Broj poluprečnika krivine $n_r$	Broj plovidbenih nezgoda, $n_a$	$n_a/n_r$
500-1500	1000	79	99	1,25
1500-2500	2000	122	143	1,17
2500-3500	3000	47	36	0,76
3500-4500	4000	20	17	0,85

Na slici 1 prikazane su eksperimentalna i teorijska korelaciona veza između relativnog broja plovidbenih nezgoda i poluprečnika krivina plovnog puta.



Slika 1. Kriva regresije relativnog broja plovidbenih nezgoda i krivina plovnog puta

Dobijena zavisnosti ocene uticaja krivine plovnog puta na plovidbene nezgode mogu se primeniti jer je obuhvaćena velika dužina plovnog puta i plovni putevi različitih karakteristika (reka u prirodnom režimu, kanalisana reka sa prevodnicama, akumulacija).

## 3. UTICAJ ŠIRINE PLOVNOG PUTA NA BEZBEDNOST PLOVIDBE

Širina plovnog puta je jedan od najznačajnijih pokazatelja bezbednosti plovidbe brodova. Uticaj širine plovnog puta na bezbednost plovidbe razmotriće se na primeru Dunava na dužini od 2600 km, na onim delovima kada se širina plovnog puta menja od 100 do 400 m.

Pri garantovanoj širini  $B_{pl}$  jednakoj 100; 150; 200; 400 m broj plovidbenih nezgoda (%) na 100 km plovnog puta ( $k_{pl}=n_a/L$ ) iznosio je 45,0; 26,6; 17,0; 11,0 za navedene širine.

Regresiona kriva koja je dobijena prema podacima za petogodišnji period izgleda:

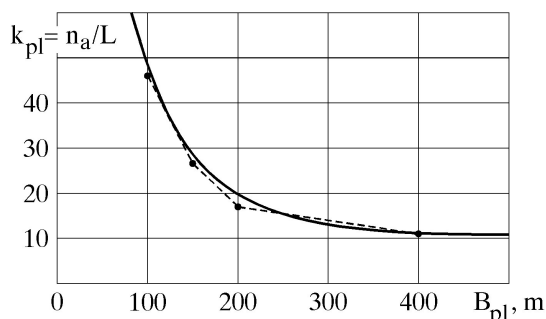
$$k_{pl} = 168 \left( \frac{B_{pl}}{B_b} - 1 \right)^{-0,64}$$

gde su:

$B_{pl}$  – širina plovnog puta i

$B_b$  – širina broda.

Na slici 2 prikazana su eksperimentalna i teorijska korelaciona veza između relativnog broja plovidbenih nezgoda i širine plovnog puta.



Slika 2. Uticaj širine plovnog puta na bezbednost plovidbe

Bitan uticaj na bezbednost plovidbe, posebno za bezbednost potiskivanih i tegljenih sastava imaju dimenzije mostovskih propusta (plovidbenih otvora) za brodove.

Analiza plovidbenih nezgoda pokazuje da su osnovni uzroci udara brodova o stubove i nosače mostova, kao i naslanjanje na njih bili: greške zapovedenika u izboru kursa i manevrisanja (82% od ukupnog broja nezgoda); narušavanje radne discipline (9%); nepravilno formiranje sastava koje se odrazilo na upravljanje (6%) i tehnička neispravnost brodskih motora, mehanizama i uređaja (3%).

Regresiona kriva koja je dobijena prema podacima za petogodišnji period izgleda:

$$k_m = 9,02 \left( \frac{B_m}{B_b} - 1 \right)^{-0,37}$$

gde su:

$B_m$  – širina plovidbenog otvora mosta i

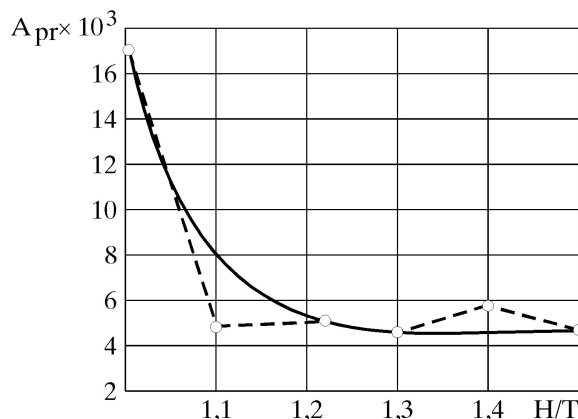
$B_b$  – širina broda.

#### 4. UTICAJ DUBINE PLOVNOG PUTA NA BEZBEDNOST PLOVIDBE

Analiza plovidbenih nezgoda pokazuje da nasedanje broda zbog neodgovarajućih (većih) brzina u plitkim vodama nastaje iz sledećih razloga:

- 1) nepoznavanje veličine dozvoljene brzine broda pri poznatom gaženju na datoj dubini plovnog puta;
- 2) nepoznavanje položaja deonice plovnog puta sa nedovoljnim dubinama ili nepoznavanje stvarne brzine kretanja broda;
- 3) pogrešna procena rastojanja do deonice sa nedovoljnim dubinama na početku kada je neophodno smanjiti brzinu;
- 4) pogrešna procena inercijalnih kvaliteta broda pri promeni režima rada motora;
- 5) pogrešna informacija o dubini plovnog puta (često je ovo glavni uzrok plovidbene nezgode).

U ispitivanjima se za određeni odnos dubine plovnog puta i gaženja broda  $\frac{H}{T}$  utvrđuje ukupan broj transportnih otkaza koji su se desili na dubini  $H$ . Određena je statistička zavisnost  $A_{pr} = f\left(\frac{H}{T}\right)$  koja opisuje uticaj dubine na bezbednost plovidbe (videti sliku 3).



Slika 3. Uticaj dubine plovnog puta na bezbednost plovidbe

#### 5. UTICAJ BROJA I RASPOREDA PLOVIDBENIH OZNAKA NA BEZBEDNOST PLOVIDBE

Na pravolinijskim deonicama plovnog puta širine 300-400 m kada je sastav brodskog toka i intenzitet kretanja isti i slični hidrološki uslovi, rastojanje između plovidbenih oznaka menja se između 0,35 i 1,75 km za sektor Dunava od km 1433 do km 845,65.

U tabeli 2 prikazana je raspodela relativnog broja plovidbenih nezgoda u zavisnosti od udaljenosti mesta

transportnog otkaza od plovnih oznaka s desne i leve granice plovnog puta.

Tabela 2. Plovidbene oznake i raspodela nezgoda

Granica plovnog puta	Relativan broj plovidbenih nezgoda od mesta otkaza do plovne oznake, (km)			
	0,35-0,55	0,55-0,95	0,95-1,35	1,35-1,75
Leva	0,14	0,23	0,34	1,28
Desna	0,06	0,56	0,48	1,20

## 6. UTICAJ VETRA NA BEZBEDNOST PLOVIDBE

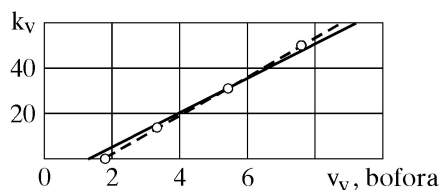
Analiza plovidbenih nezgoda pokazuje da mnoge nezgode nastaju tokom dejstva vetra na brod jačinom većom od 3-4 stepena po Boforu. Opasnost pojave plovidbenih nezgoda naglo raste pri jačini vetrova većoj od 7 stepeni po Boforu. Sa porastom brzine vetra od 4 do 8 stepeni po Boforu verovatnoća pojave plovidbenih nezgoda raste tri puta. Najopasniji su bočni vetrovi, nešto manje opasni susretni vetrovi u pramac dok su najmanje opasni vetrovi po krmi.

Na slici 4 prikazan je relativan broj  $k_v$  nezgoda, odnosno njihov broj sveden na jedinicu vremena u kojoj se posmatra vetar u zavisnosti od brzine vetra. Ova zavisnost je linearna, odnosno

$$k_v = 7,9v_v - 11,6$$

gde je:

$v_v$  - brzina vetra, stepeni po Boforu;  $k_v > 0$ .



Slika 4. Uticaj brzine vetra na bezbednost plovidbe

## 7. ZAKLJUČCI

Analiza transportnih otkaza u unutrašnjoj plovidbi u Evropi pokazuje da je više od 10-15% plovidbenih

nezgoda nastalo zbog nepovoljnih hidrometeoroloških i morfoloških karakteristika plovnih puteva.

Da bi se pravilno rešavali zadaci plovidbe povezani sa upravljanjem brodovima i sastavima i organizacija kretanja flote na složenim sektorima uvek je potrebno poboljšanje putnih uslova, odnosno kvantitativna ocena uticaja hidrometeoroloških i morfoloških karakteristika unutrašnjih plovnih puteva na bezbednost plovidbe.

## LITERATURA

- [1] Oljšamovskij, S.B., Zemljanovskij, D.K., Ščepetov, I.A., *Organizacija bezopasnosti plavanija sudov*, Transport, Moskva (1979)
- [2] Pfliegl, R., *A system for dynamic navigation support, tactical traffic information and transport management on the Danube*, Proceedings of First European Inland Waterway Navigation Conference, pp. 1-7, Balatonfured, (1999)
- [3] Udačin V.S., Solovljev, V.B., *Sudovoždenie i pravila plavanija na unutrennih sudohodnih putjah*, Transport, Moskva (1983)
- [4] [www.transport.ru](http://www.transport.ru)
- [5] [www.SCIENCE.sakhalin.ru](http://www.SCIENCE.sakhalin.ru)
- [6] [www.transportweb.com](http://www.transportweb.com)
- [7] [www.transportnews.com](http://www.transportnews.com)
- [8] <http://europa.en.int/comm/energy/transport/en/lpi/lvenk.htm>

## HYDRO-METEOROLOGICAL AND MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF INLAND WATERWAYS AND NAVIGATION SAFETY

by

Zoran RADMILOVIĆ and Radovan ZOBENICA  
Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade  
Vojvode Stepe 305, 11 000 Beograd

### Summary

Hydro-meteorological and morphological characteristics of inland waterways have great importance in the navigation safety. Unsatisfactory hydro-meteorological and morphological characteristics of inland waterways

are most often causes of transport failures. This paper considers the influences of the curve radius, breadth and depth of inland waterways, as same as the number and lay-out of navigable aids and wind in navigation safety.

Redigovano 12.11.2004.