



Tablica kratica i vrijednosti veličina koje određuju  
zadani primjeri

D - istisnina	= 11 030 t
KM - visina poprečnog metacentra	= 7,75 m
KG - visina težišta sustava	= 5,50 m
GG <sub>0</sub> - negativni utjecaj slobodnih površina tekućina u tankovima	= 0,17 m
GoG <sub>1</sub> -	= 0,17 m
KG <sub>v</sub> - $KG_{(virtual)} = KG + GG_0 + G_0G_1$	= 0,09 m
KG <sub>0</sub> - $KG_0 - KG + GG_0$	= 5,76 m
MG - metacentarska visina, $KM - KG_v$	= 5,67 m
MG - metacentarska visina, $KM - KG_0$	= 1,99 m
KG (assumed) - KG iz krivulja stabiliteta (Cross Curves)	= 2,08
GZ - poluga GZ ispravljena za (-) $KG \times \sin \theta$	= 0
G <sub>v</sub> Z <sub>v</sub> - vrijednosti poluga GZ očitana iz krivulja (Cross Curves)	= 0
$\lambda_0$ - poluga nagibnog momenta za uspravan brod	= 0,173 m
$\lambda_{40}$ - poluga nagibnog momenta pri 40° bočnog nagiba	= 0,142 m
$\lambda_h$ - poluga nagibnog momenta pri pretpostavljenom kutu nagiba	
$\lambda_\phi$ - poluga nagibnog momenta pri bilo kojem kutu bočnog nagiba	
HM - horizontalna komponenta nagibnog momenta žita	= 1 953 tm
VSM - vertikalna komponenta nagibnog momenta žita	= 969 tm
MAHM - najviša dopuštena vrijednost nagibnog momenta žita	
$\phi$ - kut bočnog nagiba	
$\phi_t$ - kut naplavlivanja, u danom primjeru granični kut bočnog nagiba	= 35°
$\phi_m$ - granični kut bočnog nagiba	
$\phi_h$ - pretpostavljeni kut bočnog nagiba	= 5°

Tablica 2.

$\phi$	5°	15°	30°	45°	60°
G <sub>v</sub> Z <sub>v</sub>	-	1 991	3,680	4,973	5,728
KG <sub>v</sub> sin $\phi$	-	1,491	2,880	4,073	4,988
GZ	1,173	0,500	0,800	0,900	0,740

## 2. Proračun površine između dvije krivulje - krivulja statičnog stabiliteta ispravljena za utjecaj vertikalne komponente (VSM)

### Krivulja statičnog stabiliteta

$$KG = 5,50 \text{ m}$$

$$GG_0 = 0,17 \text{ m}$$

$$KM = 7,75 \text{ m}$$

$$\frac{VSM}{D} = \frac{969}{11\,030} = G_0G_1 = 0,09 \text{ m} \quad KG_v = 5,76 \text{ m}$$

$$KG_v = 5,76 \text{ m} \quad MG = 1,99 \text{ m}$$

Reducirajući očitane vrijednosti poluga G<sub>v</sub>Z<sub>v</sub> faktorom KG<sub>v</sub> x sin  $\theta$ , vrijednost kojega je sad viša, i to za G<sub>0</sub>G<sub>2</sub> x sin  $\theta$ , vrijednosti poluga GZ koje uvjetuju oblik krivulje statičnog stabiliteta manje su nego u prethodnom slučaju.

Na ovaj način krivulja je statičnog stabiliteta "spuštena" prema apcisi GZ = 0, smanjujući ukupnu površinu ispod krivulje, a time i pričuvu stabiliteta za istu vrijednost kao u slučaju 'podizanja' krivulje dinamičnog stabiliteta. Dokaz tome su potpuno jednake površine u oba slučaja (sl.1. i sl.2.).

Sad šrafirana površina ispod krivulje poluge GZ predočava gubitak stabiliteta uvjetovan nepovoljnim utjecajem vertikalne komponente nagibnog momenta žita, dok je površina ispod krivulje poluga nagibnog momenta gubitak dinamičnog stabiliteta uvjetovan samo bočnim presipanjem žita (sl.2.).

### Krivulje dinamičnog stabiliteta

Iz prethodnog slučaja izlazi:

$$\lambda_0 = 0,177 \text{ m} \quad \lambda_{40} = 0,142 \text{ m}$$

To znači da krivulja dinamičnog stabiliteta zadržava oblik kose crte od  $\lambda_0$  do 8/10 te vrijednosti pri kutu od 40°.

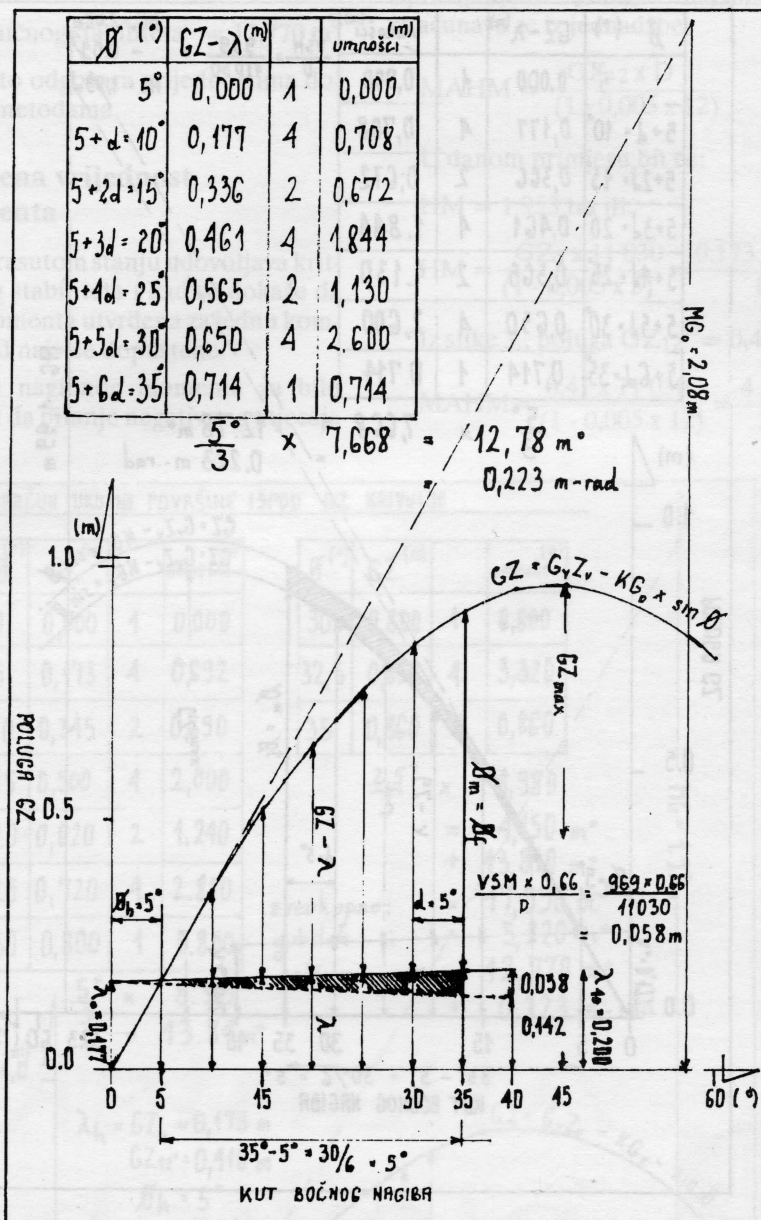
Krivulje na slici 2. također se sijeku pri kutu  $\phi_h$  od 5°, zatvarajući istu površinu kao i prethodnom slučaju, tj. 12,78 m<sup>2</sup> ili 0,223 m-radijana.

## 3. Pričuva stabiliteta predočena razlikom dviju površina

Prema ovoj metodi, odrediti površinu koja je pričuva stabiliteta, znači odrediti razliku između:

stabiliteta, koja sada označava gubitak dinamičnog stabiliteta uvjetovan i presipanjem i slijeganjem žita (šrafirana površina na sl.1.).

Zadana počela određuju obadvije krivulje koje se sijeku pri kutu  $\phi_h$  od 5° i zatvaraju površinu 12,78 m<sup>2</sup>, ili 0,223 m-radijana, što je unutar propisanih vrijednosti.



Slika 1.

a) ukupne površine između krivulje statičnog stabiliteta i apcise  $GZ = 0$  do graničnog kuta  $\phi_m$  i

b) šrafirane površine ispod krivulje dinamičnog stabiliteta do graničnog kuta  $\phi_m$ .

Ad a) Ukupna površina ispod krivulje statičnog stabiliteta izračunava se Simpsonovom formulom na uobičajeni način.

Ad b) Šrafirana površina ispod krivulje dinamičnog stabiliteta jednaka je razlici ukupne površine ispod krivulje i površine trokuta određenoga stranicama  $\lambda_0$ ,  $\phi_h$  i dijelom krivulje statičnog stabiliteta poistovjećenoga s ravnom crtom (sl. 3.).

Prema tome bit će:

$$\text{ukupna površina} = \frac{\lambda_0 + \lambda_m}{2} \times \phi_m$$

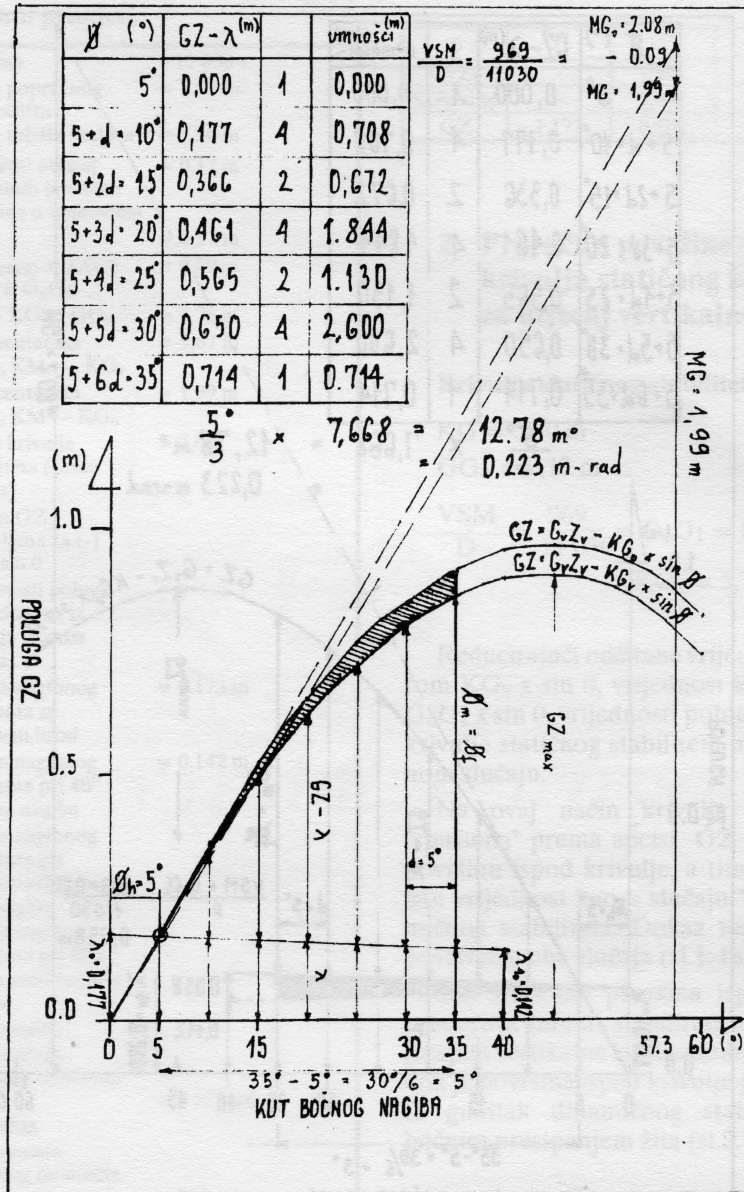
$$\text{površina trokuta} = \frac{\lambda_0 \times \phi_h}{2}$$

$$\text{šrafirana površina} = \frac{\lambda_0 + \lambda_m}{2} \times \phi_m - \frac{\lambda_0 \times \phi_h}{2} \quad (4)$$

Budući da je krivulja dinamičnog stabiliteta predočena kosom crtom od  $\lambda_0$  do  $8/10$  te vrijednosti pri kutu od  $40^\circ$ , međuvrijednosti poluga nagibnog momenta za bilo koji kut bočnog nagiba mogu se izračunati iz formule:

$$\lambda_0 = \lambda_0 - \lambda_0 \times \frac{0,2}{40} \times \phi$$

$$\lambda_0 = \lambda_0 (1 - 0,005 \times \phi) \quad (5)$$



Slika 2.

Iz jednadžbi (5) izlazi da je:

$$\lambda_0 = \frac{\lambda_0}{(1 - 0,005 \times \phi)} \quad (6)$$

Budući da je pri pretpostavljenom kutu bočnog nagiba  $\phi_h$  poluga nagibnog momenta  $l_h$  jednaka vrijednosti poluge  $GZ_h$ , onda je:

$$\lambda_0 = \frac{GZ_h}{(1 - 0,005 \times \phi_h)} \quad (7)$$

Ako se jednadžba (7) uvrsti u izraz (4), dobiva se konačni izričaj za proračun šrafirane površine, odnosno gubitka dinamičnog stabiliteta uvjetovanoga presipanjem žita:

$$P = \frac{GZ_h}{2(1 - 0,005 \times \phi_h)} \times [(2 - 0,005 \times \phi_m) \times \phi_m - \phi_h] \quad (8)$$

To vrijedi samo uz uvjet da krivulja dinamičnog stabiliteta zadržava svoj početni nagib, što znači da je pitanje negativnog utjecaja vertikalne komponente potrebno regulirati preko krivulje statičnog stabiliteta. Primijenjeno na zadani primjer, to izgleda ovako:

$$\begin{aligned} \lambda_0 &= 0,177 \text{ m} & GZ_h &= \lambda_0(1 - 0,005 \times \phi_h) \\ \phi_h &= 5^\circ & GZ_h &= 0,177(1 - 0,005 \times 5) \\ \phi_m &= 35^\circ & GZ_h &= 0,173 \text{ m} \end{aligned}$$

Iz slike 3. dobiva se da je ukupna površina ispod krivulje statičnog stabiliteta:  $17,990 \text{ m}^\circ$

$$P = \frac{0,173}{2(1 - 0,005 \times 5)} \times [(2 - 0,005 \times 35) 35 - 5] = -5,220 \text{ m}^\circ$$

Razlika/pričuva dinamičnog stabiliteta = 12,770 m<sup>o</sup>

ili 0,223 m-radijana, što odgovara vrijednostima do-  
bivenim po prethodnim metodama.

#### 4. Najviša dopuštena vrijednost nagibnog momenta

Brod nakrcan žitom u rasutom stanju udovoljava krit-  
eriju pričuve dinamičnog stabiliteta i kad se dokaže da  
je vrijednost nagibnog momenta utvrđena za jednu kombinaciju ukrcaja manja od najviše dopuštene.

Dopuštena vrijednost nagibnog momenta za bilo  
koju istisninu, ali uz uvjet da pitanje negativnog utjecaja

vertikalne komponente nagibnog momenta nije riješeno  
ispravljanjem poluge nagibnog momenta  $\lambda_{40}^\circ$ ,  
izračunava se iz jednadžbe:

$$MAHM = \frac{GZ_{12} \times D}{(1 - 0,005 \times 12)} \quad (9)$$

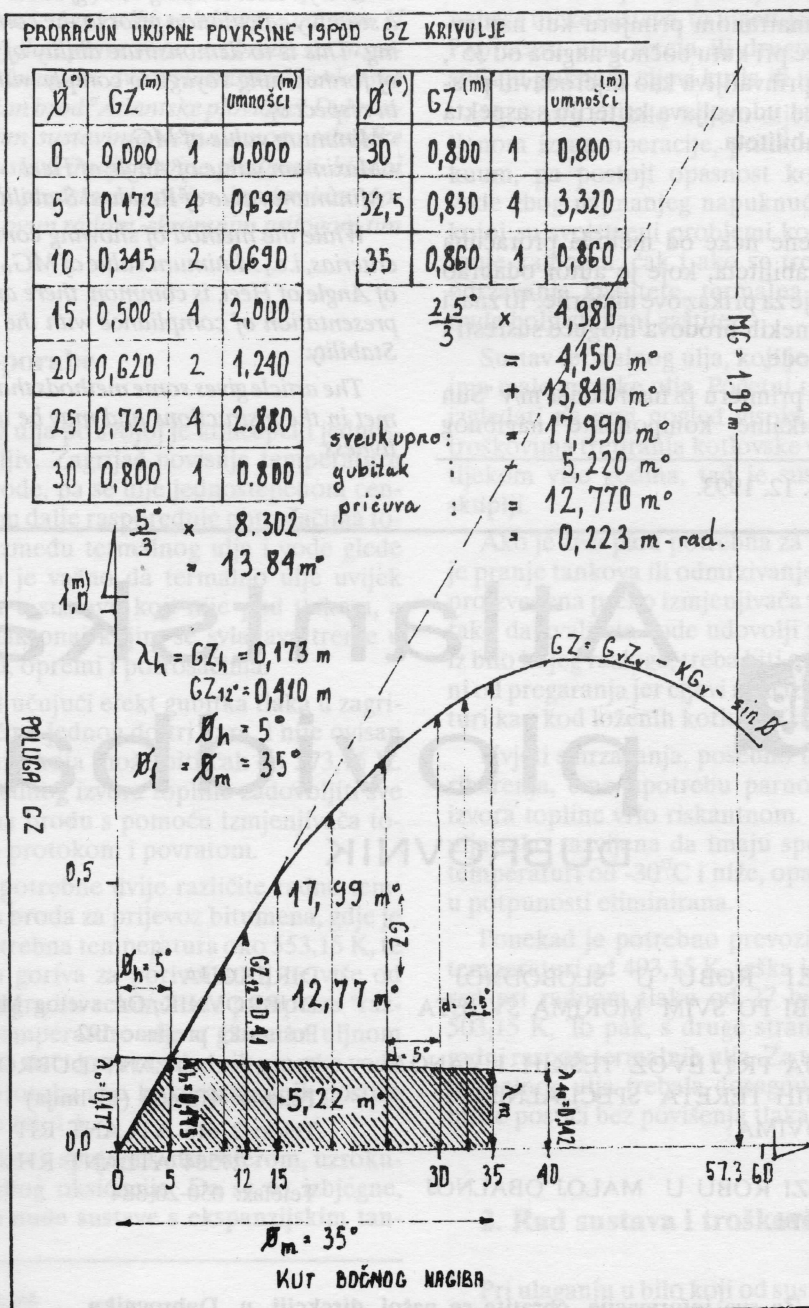
U danom primjeru bit će:

$$HM = 1\,953 \text{ tm ili:}$$

$$HM = \frac{GZ_5 \times 11\,030}{(1 - 0,005 \times 5)} = \frac{0,173 \times 11\,030}{0,975} \approx 1\,957 \text{ tm}$$

Iz slike 3., poluga  $GZ_{12}^\circ = 0,410$ , izlazi

$$MAHM = \frac{0,41 \times 11\,030}{(1 - 0,005 \times 12)} = \frac{4\,522,30}{0,94} = 4,811 \text{ tm}$$



Slika 3.

Budući da je vrijednost HM manja od MAHM, brod udovoljava kriteriju pričuve dinamičnog stabiliteta.

### 5. Poluga GZ<sub>40</sub> viša od 0,307 M

Prema kriterijima nekih zemalja (Australija, Kanada) dostatno je dokazati da će potpuno ispravljena poluga GZ<sub>40</sub> tijekom dijelog putovanja biti viša od 0,307 m, ali uz ove uvjete:

- da se najviša vrijednost poluge GZ ili kut naplavlivanja ne pojavljuju prije kuta od 40°;
- da krivulja statičnog stabiliteta po svom obliku ne odstupa znatnije od oblika krivulje u najbližijem primjeru iz instrukcija.

Potpuno ispravljenom polugom smatra se poluga GZ<sub>40</sub> smanjena za po potrebi prethodno ispravljenu polugu nagibnog momenta  $\lambda_{40}$ .

Budući da se u razmatranom primjeru kut naplavlivanja  $\theta_f$  pojavljuje već pri kutu bočnog nagiba od 35°, ova metoda ne bi bila prihvatljiva kao mjerodavni postupak u dokazu da brod udovoljava kriteriju s aspekta pričuve dinamičnog stabiliteta.

### ZAKLJUČAK

U članku su obrađene neke od metoda proračuna pričuve dinamičnog stabiliteta, koje je autor odabrao kao najreprezentativnije za prikaz ove materije. To znači da je u instrukcijama nekih brodova moguće susresti i manje zastupljene metode.

Tako je u izvornom primjeru iz instrukcija m/v "Sun Edelweiss", dio vertikalne komponente nagibnog

momenta koji se odnosi na potpalubne šupljine pri punim skladištima uzet u obzir korekcijom krivulje vodovodne komponente nagibnog momenta, dok su nepovoljni uvjeti u polupunim skladištima stvoreni nagibom KG skladišta za 25°.

Pričuva dinamičnog stabiliteta utvrđena je metodom br. 2.

Vjerojatno će identifikacija jedne od ovdje prikazanih metoda s metodom koju časnici palube mogu susresti na nekom brodu, znatno pridonijeti razumijevanju ove materije.

### STABILITY CALCULATIONS WHEN LOADING BULK GRAIN - METHODS, ANALYSIS AND COMPARISON

#### Summary

Every vessel loading bulk grain is required to complete a stability calculation prior to the commencement of loading. This is to demonstrate ability of the ship at all stages of forthcoming voyage to comply with the stability criteria in respect of:

- Minimum value of  $MG_0$  (0,3 m min.)
- Maximum value of Angle of Heel (12° max.)
- Minimum value of Residual Stability. (0,075 mrad.min)

While the method of showing compliance with the two criterias, i.e., Minimum value of  $MG_0$  and Maximum value of Angle of Heel, is common, there are several methods of presentation of compliance with the criterion of Residual Stability.

The article gives some methods that are most commonly met in the instructions and may be used with equal effectiveness.

Rukopis primljen: 8. 12. 1993.



# Atlantska plovidba

DUBROVNIK

PREVOZI ROBU U SLOBODNOJ  
PLOVIDBI PO SVIM MORIMA SVIJETA.

OBAVLJA PRIJEVOZ TEŠKIH I VANGA-  
BARITNIH TERETA SPECIJALNIM  
BRODOVIMA.

PREVOZI ROBU U MALOJ OBALNOJ  
PLOVIDBI.

DIREKCIJA  
DUBROVNIK, Od svetog Mihajla 1  
Poštanski pretinac 192  
Telegram: ATLANT DUBROVNIK  
Telefon: 412-666 (16 linija)  
Telcx: 27616 ATLANT RH  
27584 ATLANT RH  
Telefax: 050-20-384

Za sve informacije obratite se našoj direkciji u Dubrovniku  
i našim agentima po cijelom svijetu