

PROVJERA IZVEDIVOSTI DOKOVANJA NA UNUTARNJIM VODAMA S PLOVILIMA IZ RASPREME

Nikola Brnardić, Pero Pekas
Bernardić brodogradnja d.o.o.
44000 Sisak, Staro Pračno II odvojak desno

Tomislav Uroda, Kalman Žiha
Fakultet strojarstva i brodogradnje
10000 Zagreb, I. Lučića 5.

SAŽETAK U članku se ispituje izvedivost privremenog postupka podizanja djelatnih plovniha objekata na unutarnjim vodama, korištenjem brodova iz raspreme, u slučajevima kada uobičajene mogućnosti dokovanja nisu dostupne. Prikazani su osnovni sklopovi rastavljivih plovniha sastava za dokovanje i osnovni tehnički podaci sa proračunskim pojedinostima za tri predložena postupka dokovanja: krutim upetim ležajem, krutim zglobnim ležajem, te savitljivim ležajem. U zaključku je pokazano da je tehnički izvediv postupak dokovanja s dva trupa tankera iz raspreme i ostavljeno da se odluka o ulaganju u ostvarenje takvog postupka donese na osnovi gospodarskih razloga.

Ključne riječi: dokovanje, plovni dok, tanker, unutarnji plovni putevi, Hrvatska.

FEASIBILITY STUDY ON DOCKING USING LAID-UP VESSELS The paper investigates a provisional docking procedure using hulls of laid-up ships for lifting of floating objects in inland waterways, in case when conventional docking facilities are not available. The principal arrangement of the demountable docking system and basic technical data with technical details for three versions of the proposed docking procedure are presented. The conclusion proves the feasibility of the docking arrangement with two unriggered tanker hulls and suggests that economical reasoning should be considered by decision about investment in the presented project.

Key words: docking, floating dock, tanker, inland waterways, Croatia.

1. Uvod

Za vrijeme rata u bivšoj Jugoslaviji mnoga su plovila unutarnje plovidbe ostala zarobljena u hrvatskim rijekama Savi, Kupi i Dravi i odvojena od glavnih europskih vodenih tokova. Nekoliko je plovila i potopljeno. Mnoga od zarobljenih plovila su već dugo izvan službe i danas su spremna za otpad. Pregledom većeg broja plovila iz raspreme ustanovljene su velike štete i nedostaci u nadgrađima, palubnim kućicama i opremi, dok su u većini slučajeva sami trupovi u vrlo dobrom stanju. Dobro stanje trupova se može protumačiti malim djelovanjem slatke vode na hrđanje čelika. Budući da su potrebna velika sredstva za obnovu, nije za očekivati za većinu ovih zastarjelih plovila da će se vratiti u službu. Istovremeno, brojna preostala plovila su već godinama neprekidno u službi bez odgovarajućeg održavanja i trebaju hitno i neodložno dokovanje. Zbog toga se u ovom radu nastoji ispitati tehnička izvedivost i moguće koristi od primjene postojećih trupova iz raspreme za dokovanje plovila u djelatnoj službi koja se moraju dokovati odmah ili u najbližoj budućnosti. Dokovi se koriste već od početka prošlog stoljeća za popravke, čišćenja i bojenja a općenito se koriste tri vrste: suhi dokovi, podizni dokovi i plovni dokovi [1]. Vodene tračnice i izvlačišta se koriste sa istom svrhom. U članku se razmatra privremeni, sastavljivi i rastavljivi plovni sastav za dokovanje od dvaju postojećih trupova tankera iz raspreme koji služe umjesto bočnih pontona konvencionalnih plovniha dokova i od nosive strukture između, koja zamjenjuje horizontalni ponton običnih plovniha dokova. Takav bi se privremeni plovni sastav za dokovanje mogao koristiti povremeno i privremeno za podizanje brodova i drugih plovila na unutarnjim vodama sa svrhom njihova održavanja u slučajevima nedostupnosti drugih, uobičajenih kapaciteta za dokovanje. Isti bi se sastav uz manje preinake mogao koristiti za izvlačenje potonulih plovila na unutarnjim vodama. Postojeći brodovi u praznom stanju i ostali objekti unutarnje plovidbe koji dolaze u obzir za predloženi način dokovanja su širine oko 10 metara, gaza oko 1 metar i procijenjene najveće težine oko 350 tona. Tim se osnovnim podacima provjerava izvedivost dokovanja na unutarnjim vodama sa plovilima iz raspreme.

2. Glavne izmjere brodova iz raspreme

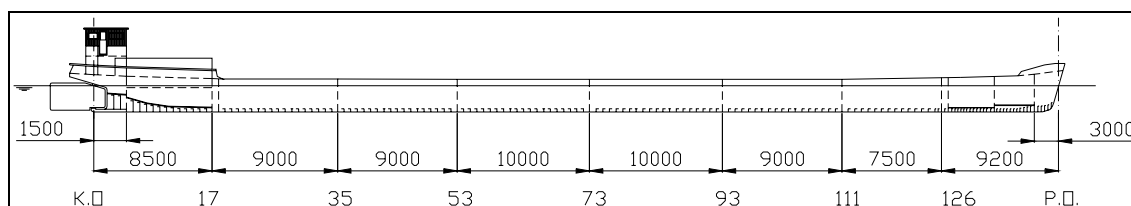
Istraživanja su se usmjerila na jedan broj nesamohodnih tankera teglenica unutarnje plovidbe duže vremena izvan službe za koje se smatra da bi mogli biti upotrebljeni za potrebe dokovanja. Pregledom na licu mjesta, Sl. 1., i postojeće nepotpune tehničke dokumentacije, rekonstruirane su dodatnim proračunima tehničke značajke postojećih brodova u raspri kao što su brodske linije, geometrijske karakteristike presjeka uključivo površinu presjeka, moment tromosti i momente otpora uzdužnih elemenata trupa broda te provjerena lokalna čvrstoća prema novim pravilima Hrvatskog Registra [2] i određena raspodjela težina broskog trupa [3].



Slika 1. Tankeri unutarnje plovidbe u raspri na rijeci Savi kod Siska

Osnovne značajke pregledanih tankera unutarnje plovidbe, Sl. 2., su sljedeće:

duljina $L=72$ m, širina $B=10$ m, visina $H=2.45$ m, maksimalni gaz $T_{max}=2.04$ m, gaz praznog broda $T_{LS}=0.44$ m, nosivost DWT=1000 t, težina praznog broda $LS=250$ t.



Slika 2. Opći plan tankera unutarnje plovidbe predviđenog za plovni sastav za dokovanje

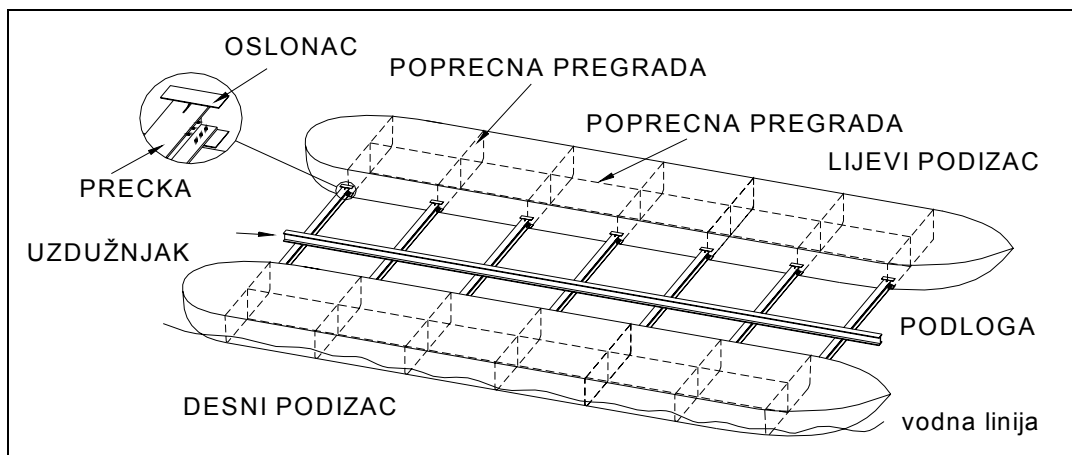
3. Rastavljivi plovni sastav za dokovanje

Uvodi se pojam **rastavljivi plovni sastav za dokovanje** na unutrašnjim vodama za podizanje iz vode raznih brodova i drugih plovila, općenito označenih u članku kao **plivni objekti**, [4], Sl. 3. i 4. Ukupna podizna sposobnost dokovanja ovisi u najvećoj mjeri od svojstava dva plutajuća tijela koji se koriste kao bočni pontoni, a to su njihove geometrijske značajke, težina, te lokalna i globalna čvrstoća. Plutajuća tijela za potrebe dokovanja čine trupovi dvaju tankera teglenice za prijevoz tekućine tipa "N" (Normal tanker) s jednostrukom oplatom i neprekinutom središnjom uzdužnom pregradom, sada već duže vremena raspri, u ovom radu označeni kao lijevi i desni bočni **podizači**, Sl. 3. i 4. Između dva podizача plovnog sastava za dokovanje postavljaju se čelični nosači kao roštiljna struktura (kruti ležaj), Sl. 3., ili čelična užad odnosno trake (savitljivi ležaj), Sl. 4., označeni u radu kao podloge za smještaj objekta i preuzimanje njegove težine, te prijenos opterećenja na podizače, umjesto plitkog horizontalnog pontona kod uobičajenih plovih dokova.

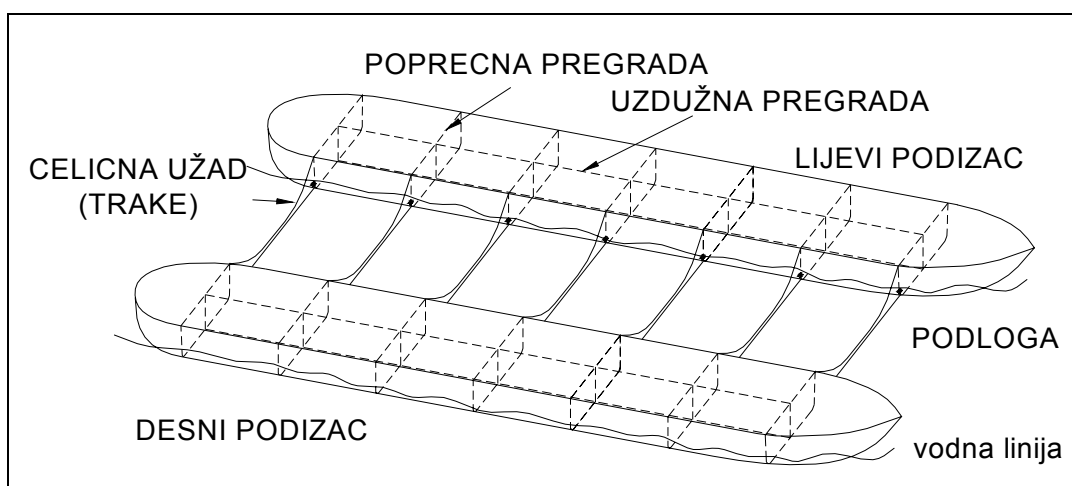
Dva su rastavljiva plovna sastava za dokovanje razmatrana sa stajališta konstrukcije ležaja:

A. Kruti ležaj, sastavljen od čeličnih nosača **prečki** i čeličnih **uzdužnjaka** podloge, Sl. 3.,

B. Savitljivi ležaj sastavljen od čeličnih užadi ili **podložnih traka**, Sl. 4.



Slika 3. Plovni sastav za dokovane sa krutim ležajem



Slika 4. Plovni sastav za dokovanje sa savitljivim ležajem

Kruti ležaj je prvenstveno sastavljen od nepomičnih ali skidljivih čeličnih **poprečnjaka** kojima se spajaju lijevi i desni podizači i od pomičnih **uzdužnjaka** predviđenih za podloge kod uležištenja i pakiranja objekata pri dokovanju, Sl. 2. Poprečnjaci su predviđeni za prijenos opterećenja za vrijeme dokovanja objekta na bokove podizača. Najopterećeniji dio sastava uslijed prijenosa težine objekta je na mjestima pričvršćenja poprečnjaka za bokove podizača, koji se u radu označavaju kao **oslonci**. Oslonci se sastoje od **spojeva** i vodoravnih ploča koja se označavaju **policama**. Vodoravne police služe za pridržavanje prečki pri sastavljanju i rastavljanju plovnog sastava za dokovanje, Sl. 5. i 6.

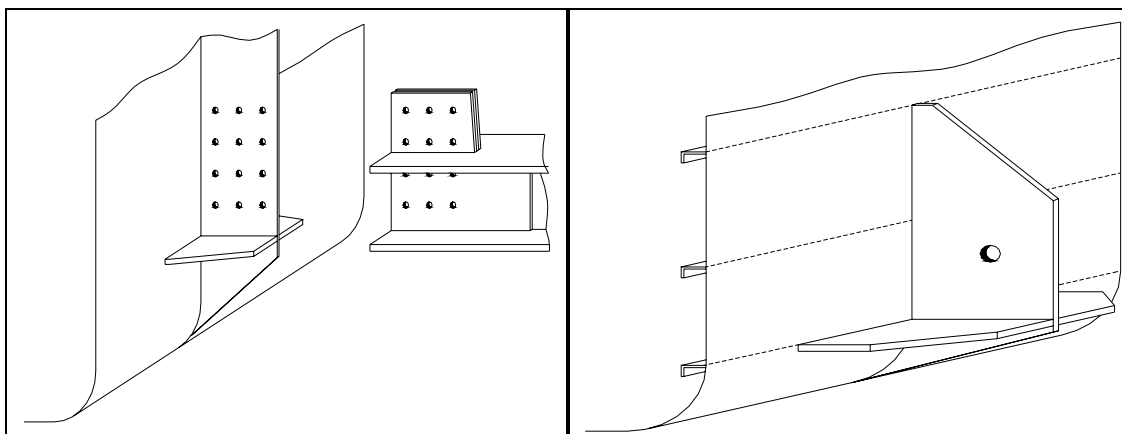
Obzirom na načine pričvršćenja krutog ležaja za bokove podizača, razmotrene su dvije vrste spojeva:

A.1. Upeti spojevi sa vijčanim spojevima poprečnjaka sa uporištima na bokovima podizača, Sl. 5.

A.2. Zglobni spojevi na bokovima podizača Sl. 6., sa zaticima, za spojeve poprečnjaka sa uporištima, Sl. 8.

Za ostvarenje strukturne neprekinutosti elemenata konstrukcije najpodesnija mjesta za oslonce poprečnjaka su poprečne pregrade podizača, Sl. 3. i 4.

Čelična užad i/ili trake savitljivog ležaja označene su u radu kao **pojasevi**, Sl. 4.



Slika 5. Upeti oslonac sa vijčanim spojem

Slika 6. Zglobni oslonac

Prečke promjenjljivog presjeka predstavljaju značajnu uštedu u težini krutog čeličnog ležaja, uz možebitni porast troškova izrade, Sl. 7.

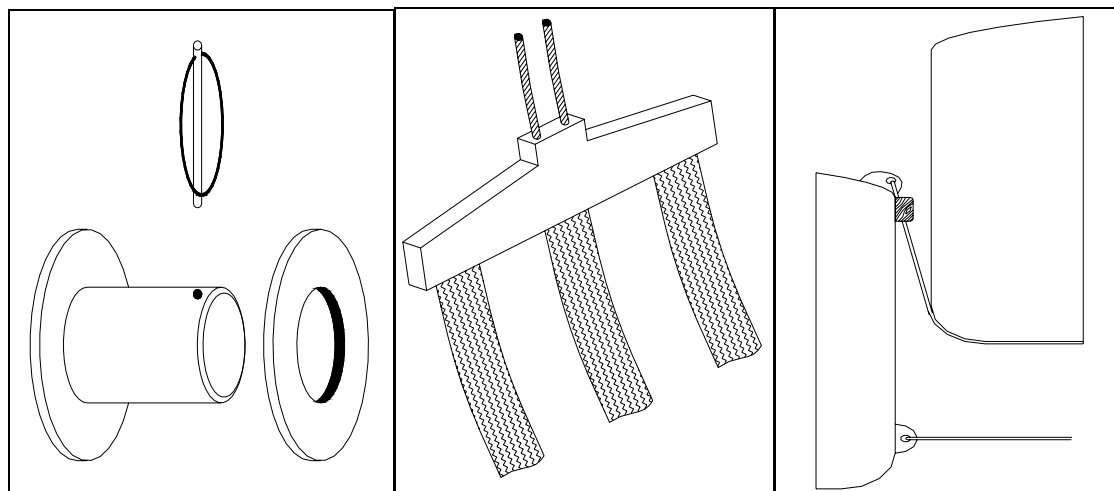


Slika 7. Prečka promjenjljivog presjeka

Zglobni spoj ostvaruje se zatikom, Sl. 8.

Umjesto čeličnih užadi se mogu koristiti jednostruke ili višestruke savitljive trake, Sl. 9.

Savitljiv spojovi se ostvaruju dodatnim uškama na trupovima podizača, Sl. 10.



Slika 8. Zatik

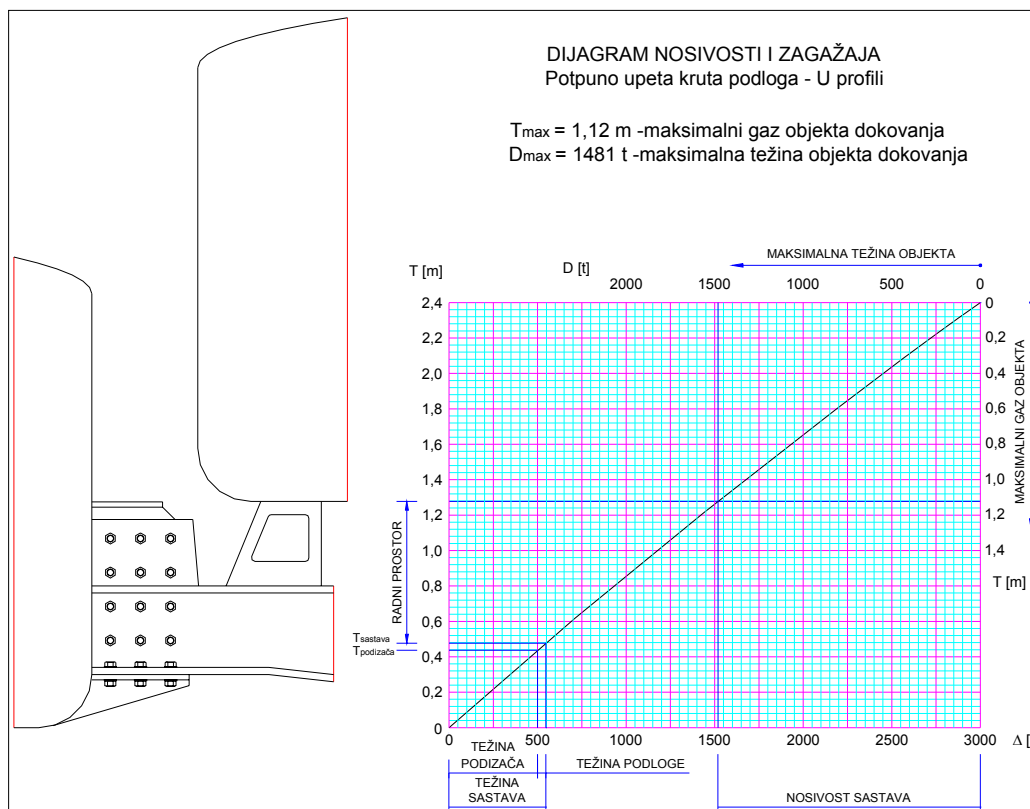
Slika 9. Višestruke savitljive trake

Slika 10. Savitljivi spojevi

4. Postupci dokovanja

Zbog ograničenja prostora i vremena za rad na unutarnjim plovnim putevima, potrebno je da se plovni sastav za dokovanje brzo dovede na radno područje i pripremi za dokovanje. Očekuje se, međutim, da se plovni sastav za dokovanje dađe brzo rastaviti te maknuti u stranu odmah po završetku dokovanja u cilju oslobađanja plovnog puta. Za vrijeme dokovanja plovni sastav mora biti odgovarajuće sidren i/ili privezan uz obalu.

Najvažnije značajke postupka dokovanja su **nosivost** i **visina dizanja** plovnog sastava za dokovanje. Obje značajke ovise o težinama i gazovima i podizača i objekta. Ovisnost nosivosti sastava o gazu sastava može se prikazati dijagramom dokovanja, na primjer za slučaj upetog oslonca kod krutog ležaja, Sl. 11.



Slika 11. Dijagram dokovanja za zglobne oslonce krutog ležaja

Iz dijagrama dokovanja je uočljivo da plovni sastav ima veliku nosivost te dovoljnu visinu dizanja u odnosu na moguće zahtjeve, Sl. 11. Mala je visina dizanja posljedica malih gazova kojima raspolažu podizači od trupova tankera unutarnje plovidbe na razmjerno visokom istisninama.

Cijeli plovni sastav za dokovanje zauzima veliku radnu površinu od 72 metara duljine i 32 metra širine, Sl. 12., za što treba osigurati prostor na plovnim putevima ili na drugim odgovarajućim mjestima, najmanje dubine od oko 2.5 metara. Prema odabranom mjestu dokovanja potrebno je ispitati uvjete priveza i sidrenja, Sl. 12., obzirom na oblike obale i vodene struje. Relativni vertikalni pomaci i zakretanja jednog podizača u odnosu na drugi, kod nejednolikog podizanja prilikom balastiranja i debalastiranja mogu dovesti do porasta naprezanja u osloncima. Ovu se pojavu povećanja naprezanja mora spriječiti neprestanom provjerom jednolikosti punjenja i pražnjenja u uzdužnom i poprečnom smjeru za vrijeme dokovanja. Provjera postupka dokovanja uključuje neprestani nadzor nad jednolikim trimom podizača, razinom vode u tankovima, kontaktnih opterećenja u osloncima prilikom naliježanja objekta te sigurnog priveza i/ili sidrenja.

5. Tehnički proračuni

Provedeni su detaljni hidrostatički proračuni areale rebara, istisnine, momenata tromosti i poprečnih metacentarskih visina na osnovi forme trupa podizača za potrebe ocjenjivanja značajki dokovanja a primjeri rezultata nosivosti u ovisnosti o maksimalnom zagažaju dani su na Sl. 11.

Provjereni su zavari poprečnih pregrada za bokove trupa podizača, pri čemu je ustanovljeno da zadovoljavaju pretpostavljena opterećenja čak i u slučaju dodatnih uporišta za poprečnjake ležaja..

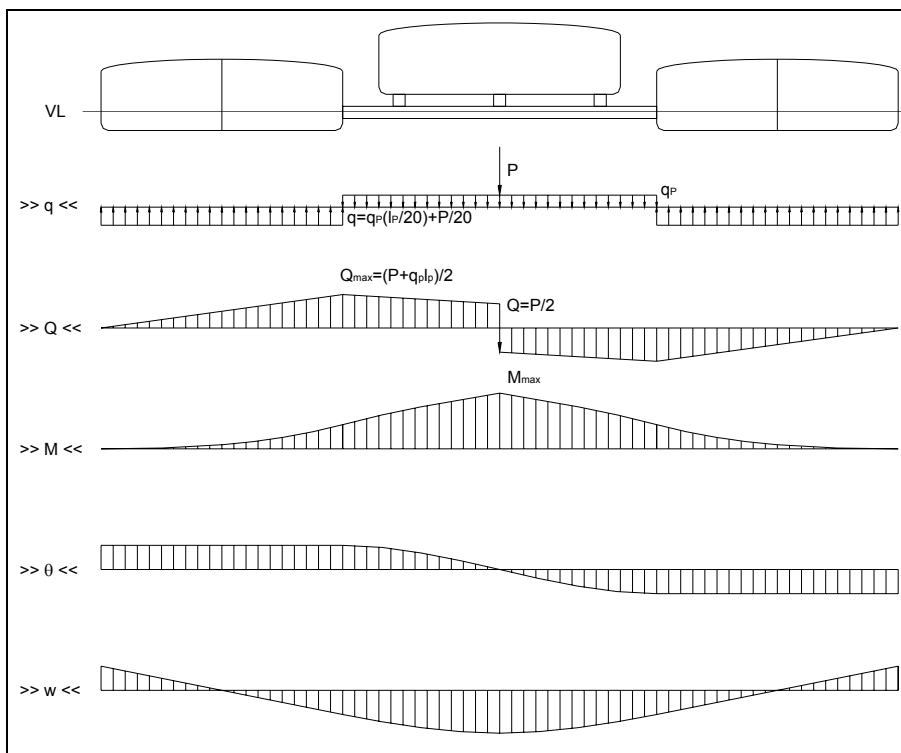
Mjestimične koncentracije naprezanja na bokovima podizača u okolini oslonaca nisu provjeravane i trebaju eventualna dodatna ispitivanja, moguće uz primjenu postupka konačnih elemenata.

Plovni sastav za dokovanje u riječnoj struji vode može biti izložen nesimetričnim uzdužnim opterećenjima zbog različitog otpora pojedinih podizača. Mogući se uzdužni pomaci trebaju provjeravati i eventualno spriječiti diagonalnim elementima štapova ili užadi, te odgovarajućim sidrenjem i/ili privezom, Sl. 12.



Slika 12. Postojeći sidreni uređaji (lijevo), Nesimetrična uzdužna opterećenja u riječnoj struji (desno)

Izmjere poprečnjaka i njihovih oslonaca na bokovima podizača određene su na osnovi procijenjenih opterećenja koje objekti za dokovanje mogu izazvati i u nepovoljnim slučajevima nejednolikog nasjedanja u početku dokovanja. Proračuni su provedeni na osnovi teorije grede i određene su poprečne sile, momenti savijanja, kutevi zaokreta i progibi na najnepovoljnijim mjestima, Sl. 13.

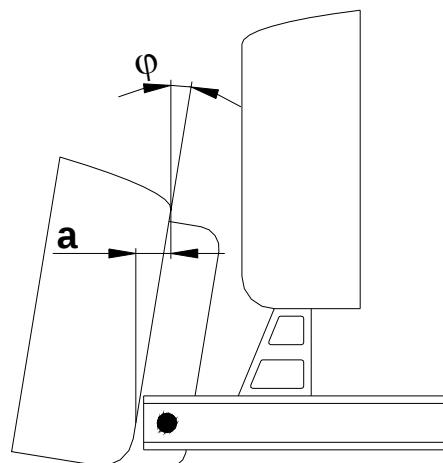


Slika 13. Opterećenja, sile, momenti, kutevi zaokreta i progibi sastava kod upetog oslonca

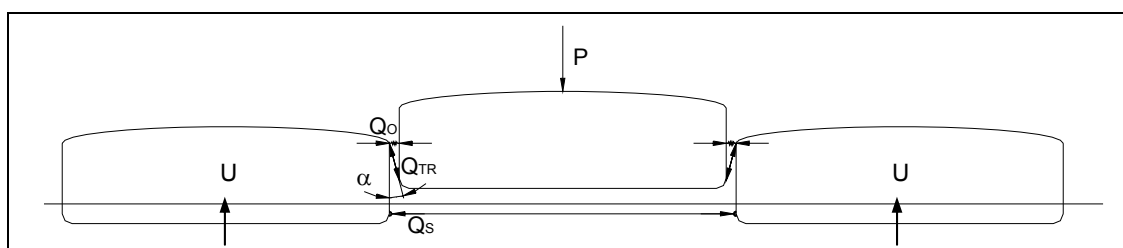
Prednost je zglobnog spoja u osloncu poprečnjaka na bokovima podizača u usporedbi sa upetim spojem, u ne postojanju momenta savijanja u području spoja., Sl. 13.

S druge se strane, time je samnjena visina dizanja, koja je i inače već mala te radni prostor zbog približavanja gornjih bridova paluba podizača za iznos “a”, Sl. 14.

Kod plovnog sastava sa savitljivom užadi u kojima djeluje vlačna sila Q_{TR} uslijed težine objekta, poseban je značaj odstoynih užadi u kojima djeluje vlačna sila Q_S radi sprječavanja zakretanja podizača, te dbojnika od drveta, gume ili plastike na bokovima pri palubi, koji preuzimaju tlačne sile Q_O , uslijed djelovanja sile uzgona U , Sl. 15.

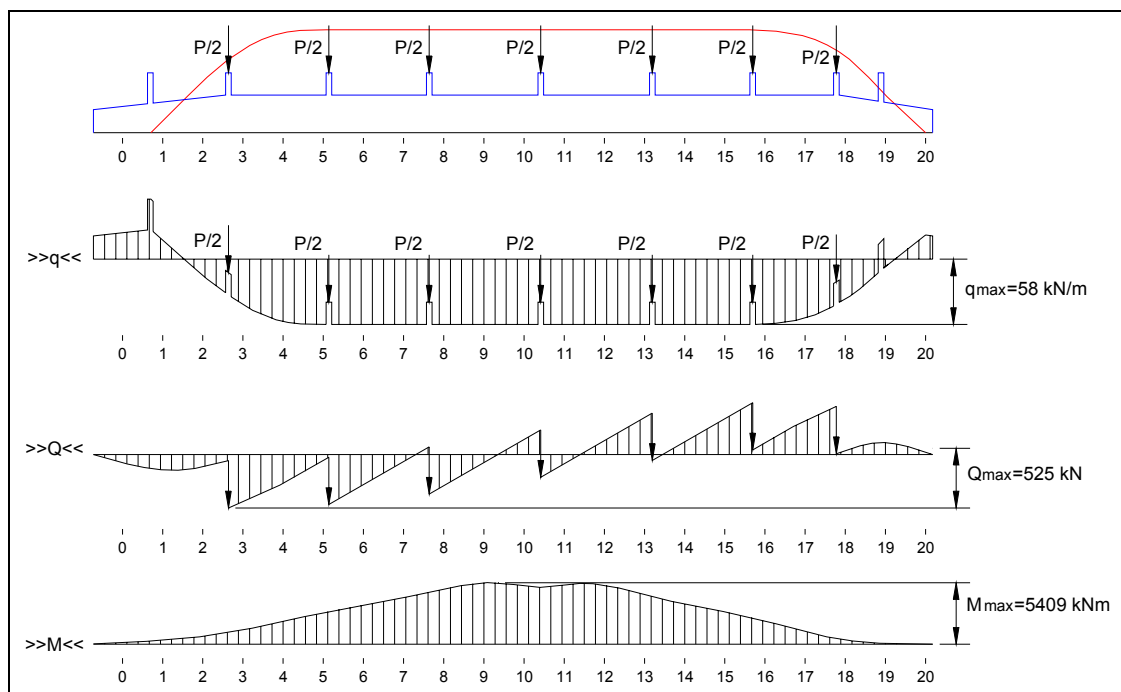


Slika 14. Zglobna veza oslonca ležaja



Slika 15. Savitljivi ležaj, plan i sile

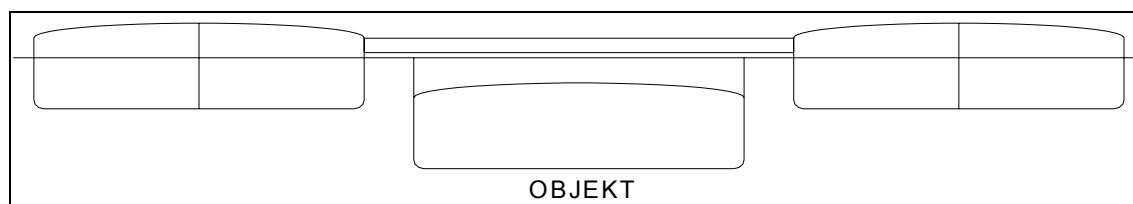
Uzdužna čvrstoća podizača je provjerena za zamišljeni slučaj dokovanja i pokazala se dostatnom. Mali momenti savijanja i poprečne sile su posljedica razmjerno jednolike raspodjele uzdužnih opterećenja objekta i poduzača, Sl. 16.



Slika 16. Uzdužna čvrstoća podizača

Obzirom na najnovija pravila koja zahtijevaju da tankeri imaju dvostruke stijenke, dvodno i dvobok do visine teretne vodne linije, provedeni su proračuni konstrukcije takvog tankera tipa “N” (Normal tanker) [2], u cilju utvrđivanja strukturne podobnosti, [5]. Pokazano je da bi se i uz porast težine čelika, novi tankeri mogli dokovati na način opisan u radu.

Plovni bi se sastav za dokovanje uz preinake, koje predmijećaju podizanje poprečnjaka sa položaja blizu dna na što više položaje prema palubi ili još i više, mogao koristiti za podizanje potopljenih objekata u unutarnjim vodama uz pomoć savitljivih užadi i/ili traka, Sl. 17.



Slika 17. Podizanje potopljenih objekata

6. Zaključak

U istraživanjima koji su prethodili ovom radu, pronađeni su odgovarajući trupovi tankera u zadovoljavajućem stanju za potrebe rastavljivog plovnog sastava za dokovanje. Tehnička dokumentacija tankera iz raspore je dijelom dobavljena a dijelom rekonstruirana na osnovi prikupljenih podataka i dodatnih tehničkih proračuna. Provedeni dodatni hidrostatički proračuni, provjere konstruktivnih dijelova prema novim propisima Hrvatskog registra za unutarnju plovidbu, raspodjele težina po duljini, uzdužne čvrstoće te lokalne čvrstoće zavarnih spojeva poprečne pregrade i bokova, omogućuju provjeru izvedivosti dokovanja sa trupovima tankera.

Provedena ispitivanja za više zamišljenih mogućih načina dokovanja, sa krutim ležajem sa upetim i zglobnim osloncima te sa savitljivim ležajem sa čeličnim užadima ili trakama, pokazala su da je postupak dokovanja sa rastavljivim plovnim sastavom od trupova tankera iz raspore izvediv.

Međutim, još su brojne nuzpojave ostale za provjeru, kao na primjer pojave koncentracija naprezanja u osloncima i oplata te okolo njih, posljedice mogućih grešaka i nepažnji pri samom postupku dokovanja, kao što su nejednoliko balastiranje i podizanje u uzdužnom i poprečnom smjeru, te pakiranje objekta za dokovanje. Balastiranje i debalastiranje može se ostvariti sa već postojećim cjevovodima na brodovima i sa prijenosnim crpkama postavljenim na obali. Preliminarna istraživanja pokazuju veliku prednost u cijeni i težini plovnog sastava za dokovanje sa savitljivom užadi i/ili trakama, što bi se moralo još dodatno provjeriti obzirom na sigurnost cijelog sastava zajedno sa objektom za vrijeme dokovanja, te rješenjem oslanjanja na odgovarajuće podloške radi izbjegavanja koncentracije naprezanja. Izvedba rastavljivog sastava za dokovanje sa krutim ležajima, pokazala je neočekivanu veliku težinu dodatnog čelika, što je neposredna posljedica velikih raspona poprečnjaka zbog širine objekata koji bi se trebali podizati. Uz do sada prikazana istraživanja pasivnog podizanja samo uranjanjem i izranjanjem trupova nosača, mogla bi se razmotriti i upotreba nekih aktivnih sredstava kao dizalica i vitala.

Autori se zahvaljuju djelatnicima Dunavskog Lloyd iz Siska na pomoći pruženoj pri razgledanju plovila na lokaciji Crnac na rijeci Savi.

Literatura

- [1] Peabody, C. H.: Naval Architecture, Wiley, New York, 1917.
- [2] Hrvatski registar brodova, Pravila, 1999.
- [3] Ignjatović, V.: Provjera konstrukcije tankera na unutarnjim vodama, Diplomski rad, mentor K. Žiha, FSB, Zagreb, 2000.
- [4] Uroda, T.: Studija izvedivosti dokovanja djelatnih riječnih plovila korištenjem plovila iz raspore, Diplomski rad, mentor K. Žiha, FSB, Zagreb, 2001.
- [5] Pirović, T.: Provjera konstrukcije tankera na unutarnjim vodama sa dvostrukim stijenkama, Diplomski rad, mentor K. Žiha, FSB, Zagreb, 2001.