

# Analiza dinamičke dubine ispod kobilice broda kod planiranja putovanja

---

**Smokrović, Marko**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zadar / Sveučilište u Zadru**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:162:912926>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-26**



**Sveučilište u Zadru**  
Universitas Studiorum  
Jadertina | 1396 | 2002 |

*Repository / Repozitorij:*

[University of Zadar Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

Sveučilište u Zadru  
Pomorski odjel  
Sveučilišni diplomski studij  
Organizacija u pomorstvu

**Marko Smokrović**

**Analiza dinamičke dubine ispod kobilice broda kod  
planiranja putovanja**

**Diplomski rad**

Zadar, 2024.

Sveučilište u Zadru  
Pomorski odjel  
Sveučilišni diplomski studij  
Organizacija u pomorstvu

Analiza dinamičke dubine ispod kobilice broda kod planiranja putovanja

Diplomski rad

Student/ica:

Marko Smokrović

Mentor/ica:

Izv. prof. dr. sc. Mate Barić

Zadar, 2024.



## Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Marko Smokrović**, ovime izjavljujem da je moj **diplomski** rad pod naslovom **Analiza dinamičke dubine ispod kobilice broda planiranja putovanja** rezultat mojega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio mojega rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan iz necitiranih radova i ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem da ni jedan dio ovoga rada nije iskorišten u kojem drugom radu pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj, obrazovnoj ili inoj ustanovi.

Sadržaj mojega rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Zadar, 24. rujna 2024.

## Contents

Sažetak .....	27
Summary .....	27
1. Uvod.....	5
2. Definiranje preostale dubine ispod kobilice broda.....	7
2.1. Početna razina vode i morske mijene .....	7
2.2. Gaz broda .....	8
2.3. Promjene gaza broda .....	8
2.3.1. Dodatan uron u plitkoj vodi (Squat).....	8
2.3.2. Uronuće kod nagiba broda .....	9
3. Planiranje putovanja korištenjem ECDIS-a .....	14
3.1. Metoda planiranja plovidbe sustavom ECDIS .....	14
3.2. Sadržaj plana i sigurnost plovidbe .....	15
3.3. Pouzdanost i točnost elektroničkih karti .....	17
4. Analiza preostale dubine ispod kobilice kod planiranja putovanja.....	20
4.1. Izračun preostale dubine ispod kobilice .....	21
5. Zaključak.....	26
6. Literatura .....	28

## 1. Uvod

Planiranje sigurne plovidbe zahtijeva detaljnu analizu različitih čimbenika koji utječu na dubinu plovnog puta, uključujući dinamičke promjene u gazi broda. Pri određivanju preostale dubine ispod kobilice, ključni je faktor uzeti u obzir ne samo trenutnu razinu vode, već i promjene uzrokovane prirodnim pojavama kao što su morske mijene, te meteorološki i oceanološki uvjeti. Prema Bariću (2017.), točna procjena preostale dubine temelji se na uračunavanju statičkog gaza broda, bruto UKC-a (Under-Keel Clearance) te neto UKC-a, koji uzima u obzir dinamičke promjene u gazi broda tijekom plovidbe.

Jedan od ključnih aspekata ove procjene jest uzeti u obzir utjecaje okolišnih čimbenika, poput plima i oseka, te oscilacija razine mora pod utjecajem vremenskih uvjeta. Navigacijske karte, kao primarni alat za plovidbu, uzimaju u obzir prosječnu razinu najnižih niskih voda, no potrebno je dodatno prilagoditi te informacije stvarnim uvjetima na moru kako bi se osigurala sigurna plovidba.

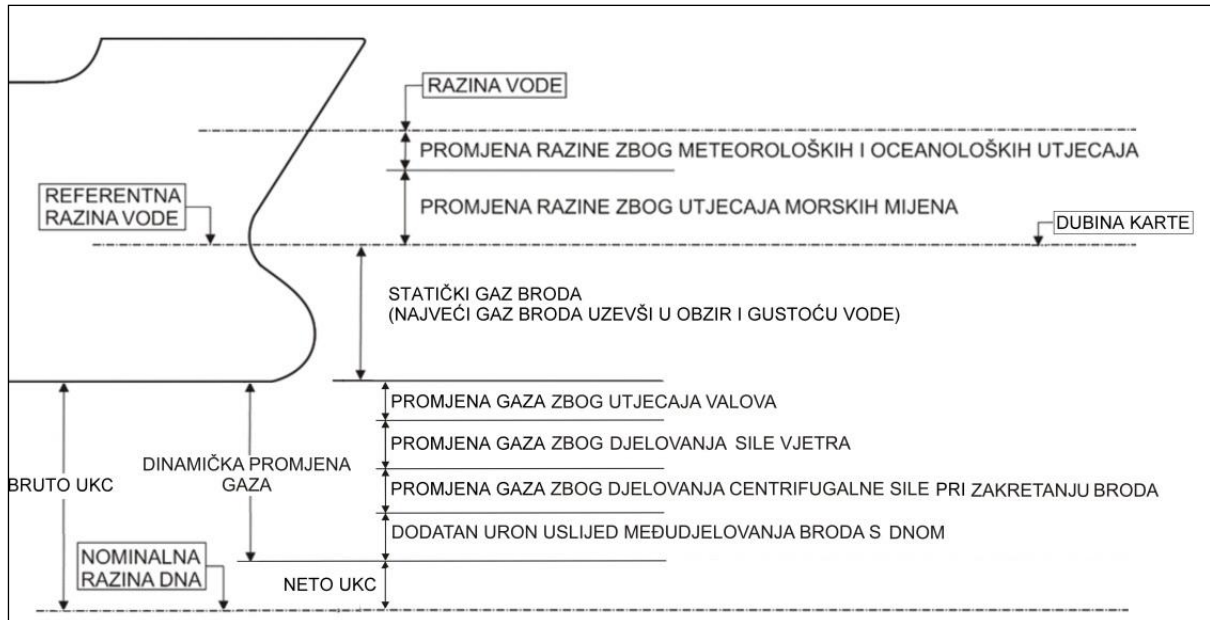
Analiza literature pokazuje da su mnogi autori, uključujući Barrass (2009.) i Lataire (2007.), istaknuli važnost dodatnih parametara koji utječu na dubinu ispod kobilice, kao što su brzina plovila, oblik trupa, te fenomen dodatnog urona (squat). Squat predstavlja dodatni uron broda zbog interakcije s morskim dnom u uskim plovnim putevima, a ovaj efekt je izraženiji kod brodova s punijim trupom poput tankera, gdje se najveći uron događa na pramcu, dok kod finijih brodova, poput kontejnerskih brodova, najveći uron nastaje na krmi.

Dodatno, autor House (2012.) ističe važnost korištenja naprednih tehnologija poput ECDIS-a (Electronic Chart Display and Information System) za precizno planiranje plovidbe, gdje se uzimaju u obzir i dinamičke promjene kao što su vjetar, valovi i plime. ECDIS omogućuje automatsko praćenje sigurne dubine plovnog puta te alarmira u slučaju prijetnji, što je ključno za smanjenje rizika od nasukavanja.

Cilj ove analize je pružiti detaljan pregled svih dinamičkih čimbenika koji utječu na dubinu ispod kobilice broda te omogućiti zapovjednicima i časnicima na brodu donošenje informiranih odluka tijekom planiranja i izvršenja plovidbe.

## 2. Definiranje preostale dubine ispod kobilice broda

Pri određivanju trenutne dubine plovnog puta uzima se u obzir razina vode, koja uključuje promjene uslijed morskih mijena, te meteoroloških i oceanoloških utjecaja. Da bi se došlo do razine nominalnog dna prema autoru Barić (2017.) potrebno je uračunati statički gaz broda i bruto UKC, koji obuhvaća dinamičke promjene gaza broda i neto UKC.



Slika 1: Elementi sigurne dubine postojećeg plovnog puta

(Izvor: Barić, M. (2017)).

### 2.1. Početna razina vode i morske mijene

Prilikom određivanja stvarne dubine plovnog puta, kao početna razina uzima se dubina prikazana na navigacijskim kartama. Na kartama izdanim od strane HHI-a, dubina se računa od prosječne razine najnižih niskih voda tijekom plimnih ciklusa, što predstavlja osnovnu hidrografsku točku. No, za precizno određivanje dubine plovnog puta potrebno je uzeti u obzir varijacije u razini mora koje uzrokuju plime te meteorološki i oceanografski uvjeti. Razina plime određuje se korištenjem tablica plimnih ciklusa. Ako su razlike između visoke i niske vode značajne, važno je odrediti odgovarajuće vrijeme kada brodovi s dubljim gazom mogu sigurno proći.



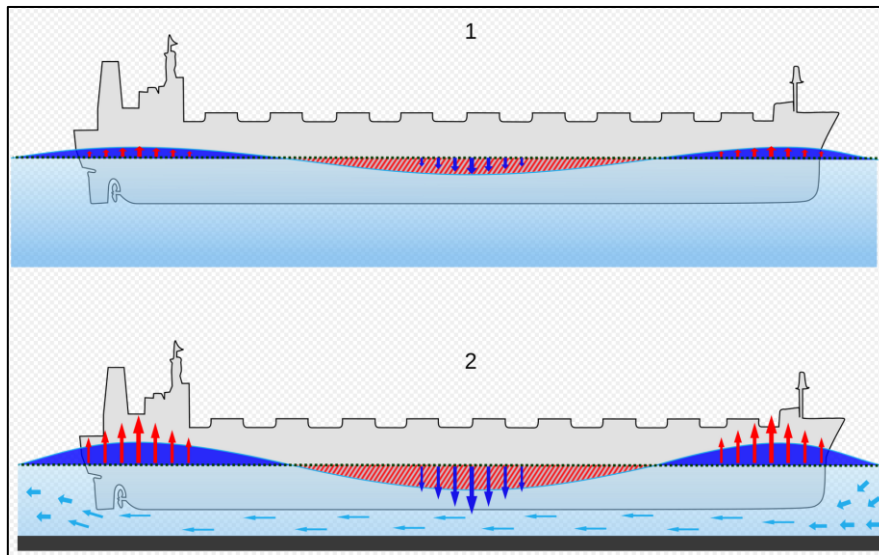
## **2.2. Gaz broda**

Nakon ukrcaja/iskrcaja tereta, brod će imati konačan gaz. Najveći gaz ovisi o trimu i bočni nagibu, ali se može mijenjati tijekom plovidbe zbog faktora poput potrošnje goriva, korištenja balasta ili potrošnje zaliha. Također, promjena stabilnog gaza može nastati zbog različite gustoće vode. Kada brod uđe u područje s manje gustom vodom, gaz će se proporcionalno povećati. U slatkoj vodi, gaz broda obično naraste za 2 – 3 % u usporedbi s morem.

## **2.3. Promjene gaza broda**

### **2.3.1. Dodatan uron u plitkoj vodi (Squat)**

Dodatni uron broda (poznat kao squat) i promjena trima uzrokovani interakcijom s morskim dnom predstavljaju stalan efekt uranjanja broda, koji uključuje linearno uranjanje i rotaciju broda zbog kretanja vode oko trupa. Ovaj efekt postaje izraženiji u plovnim putevima s ograničenom dubinom i širinom. Strujanje vode uz trup stvara promjene u hidrodinamičkom tlaku, što rezultira vertikalnom silom koja uzrokuje dodatni uron te uzdužnim momentom koji mijenja trim. Ovaj efekt može se manifestirati kao paralelno uranjanje ili promjena trima broda. Kod brodova s punijim trupom, poput tankera ili brodova za rasuti teret, najizraženiji uron događa se na pramcu, dok kod brodova s finijim trupom, poput putničkih ili kontejnerskih brodova, najveći uron obično nastaje na krmi. Veličina koeficijenta deplasmana broda ( $C_b$ ) određuje hoće li najveći dodatni uron biti na pramcu ili krmi. Brodovi s  $C_b$  oko 0,7 obično uranjaju ravnomjerno, dok brodovi s nižim  $C_b$ , poput kontejnerskih brodova, doživljavaju najveći uron na krmi, a brodovi s višim  $C_b$ , kao što su tankeri, imaju najizraženiji uron na pramcu (Lataier E. (2007)).



Slika 2: Dodatni zagažaj broda „Squat“

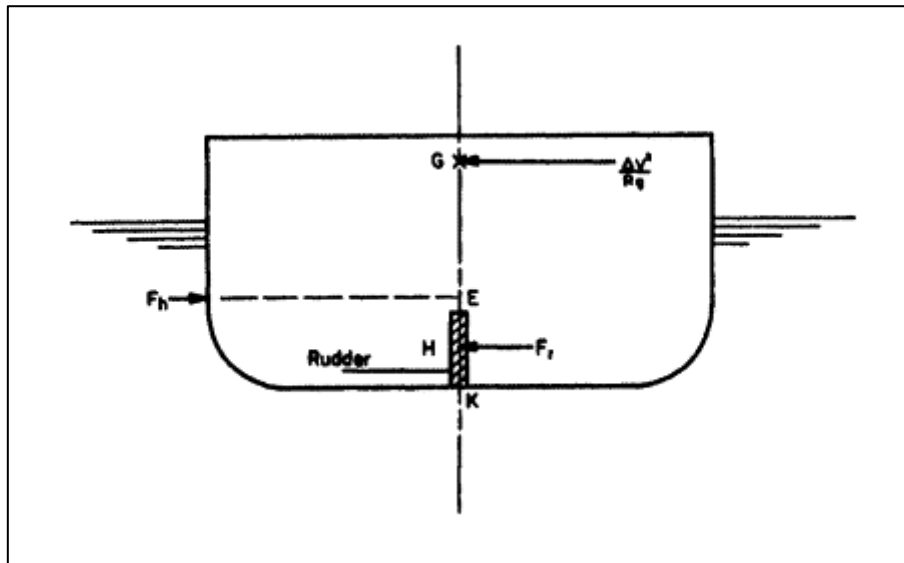
(izvor: [https://en.wikipedia.org/wiki/Squat\\_effect#/media/File:Squat\\_hydrodynamic\\_phenomena-tag.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Squat_effect#/media/File:Squat_hydrodynamic_phenomena-tag.svg) )

Veličina dodatnog urona ovisi o karakteristikama broda i uvjetima plovnog puta. Ključni faktori broda koji utječu na ovaj efekt uključuju gaz, brzinu i oblik trupa, pri čemu se oblik ocjenjuje prema koeficijentu deplasmana. Međutim, najvažniji faktor je brzina broda, pri čemu je dodatni uron približno proporcionalan kvadratu brzine – dvostruko povećanje brzine rezultira četverostrukim povećanjem urona. Glavni faktori plovnog puta koji utječu na dodatni uron su dubina ispod kobilice i udaljenost od rubova plovnog puta, što se izražava dubinom vode i poprečnim presjekom. Kada brod ne plovi u plitkoj vodi, utjecaj dodatnog urona obično je zanemariv. Omjer dubine vode i gaza broda ( $h/T$ ) veći od 1,5 smatra se sigurnim, jer smanjuje rizik od opasnog dodatnog urona. Iako se ovaj efekt javlja i u dubljim vodama, on je znatno manji i ne predstavlja rizik od dodira s dnom.

### 2.3.2. Uronuće kod nagiba broda

Općenito, nagib broda prilikom skretanja uvelike ovisi o kutu otklona kormila, brzini plovidbe i metacentarskoj visini broda. U početnoj fazi skretanja, brod se nagnje prema strani prema kojoj je otklonjeno kormilo zbog stvorenog momenta nagiba. Zatim, u sljedećoj fazi, nagib se preokreće u suprotnom smjeru pod utjecajem centrifugalne sile, te doseže maksimalni kut

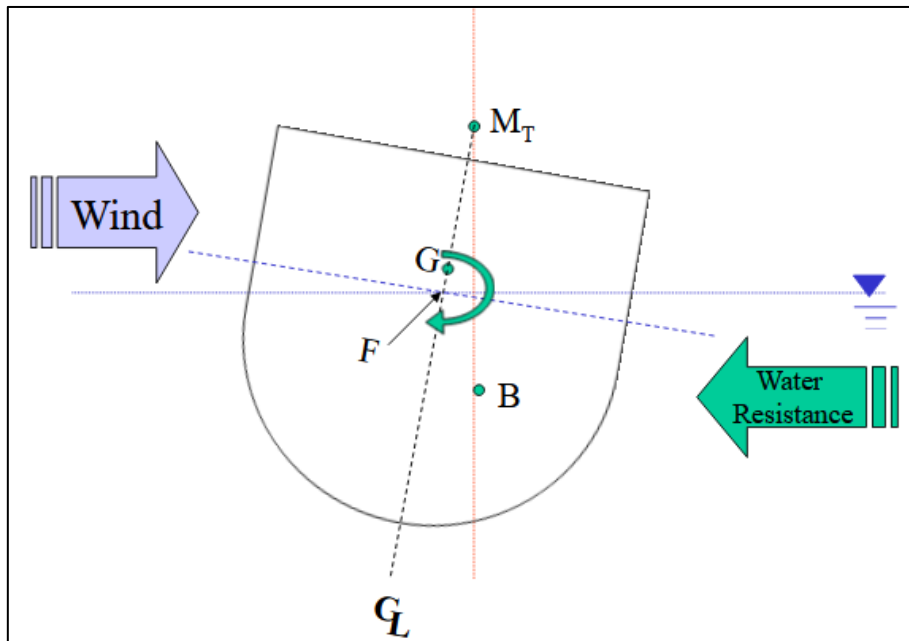
nagiba. Brodovi s manjom poprečnom metacentarskom visinom, poput kontejnerskih i RO-RO brodova, mogu imati izraženije nagibe tijekom skretanja, osobito u uvjetima jakog vjetra.



Slika 3: Nagnuće broda tijekom okretanja

(Izvor: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/heel-angle>)

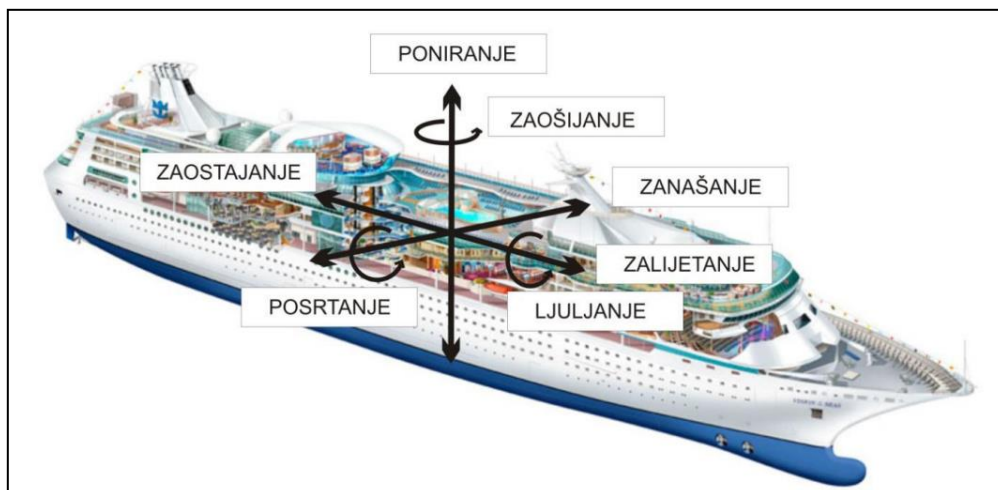
Nagnuće broda zbog djelovanja vjetra proizlazi iz interakcije između broda i sile koje vjetar stvara. Ključni čimbenici uključuju jačinu vjetra, stabilnost broda i površinu na koju vjetar djeluje. Kada vjetar djeluje na uzdužnicu broda, stvara horizontalnu silu koja može uzrokovati nagnjanje broda prema jednoj strani, što povećava uron tog dijela trupa. Brodovi s velikim bočnim površinama, poput putničkih brodova za kružna putovanja ili brodova za prijevoz kontejnera, osjetljiviji su na ove sile, što može dovesti do izraženijih urona u određenim uvjetima. Uron broda zbog vjetra može biti pojačan ako je stabilnost smanjena zbog neodgovarajućeg rasporeda tereta, male metacentarske visine ili promjena u stanju plovnosti. Takve situacije mogu utjecati na plovnost broda i povećati uron pod jakim vjetrom. Upravljanje ovim efektima često zahtijeva prilagodbu brzine, promjene u trimu i kontrolu tereta kako bi se osigurala stabilnost i sigurnost plovidbe.



Slika 4: Nagib broda kod bočnog djelovanja vjetra

(Izvor: <https://slideplayer.com/slide/6398033/>)

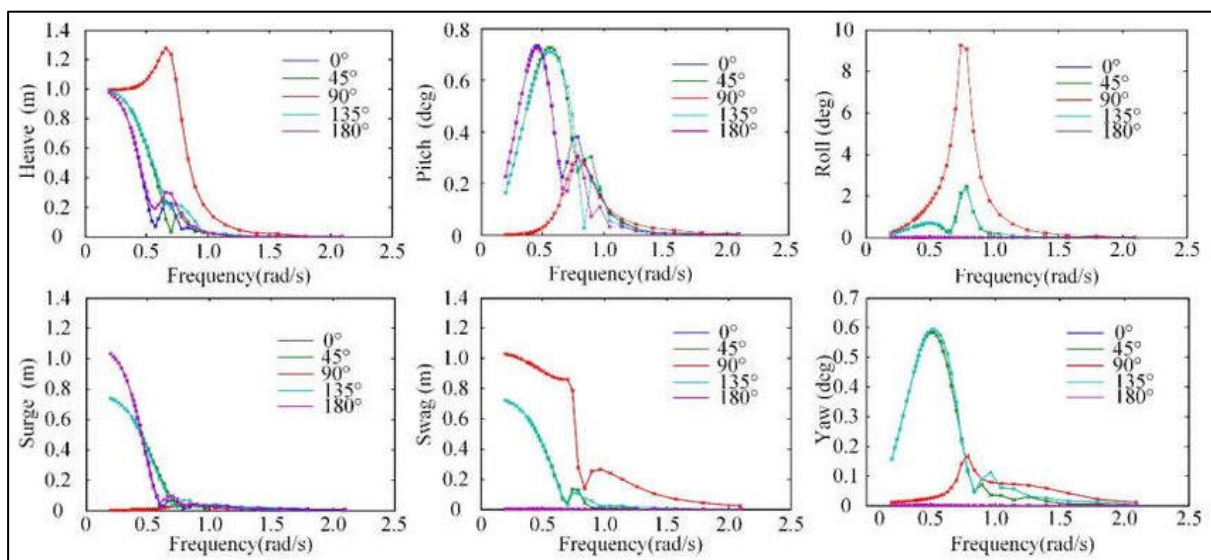
Kretanje broda na valovima obuhvaća šest stupnjeva slobode. Tri od njih su translacijski pokreti: naprijed-natrag, bočno kretanje i vertikalno gibanje. Ostala tri su rotacijski pokreti: ljuljanje, posrtanje i zaokret. Promjena gaza broda najviše je pod utjecajem vertikalnog gibanja, ljuljanja i posrtanja.



Slika 5: Šest stupnjeva slobode gibanja broda

(Izvor: Barić, M. (2017)).

Kod vertikalnog gibanja brod prati pokrete valova gore-dolje, dok se prilikom ljujanja brod nagnje lijevo i desno oko svoje uzdužne osi, osobito kada je izložen bočnim valovima. Posrtanje, s druge strane, ovisi o karakteristikama broda, poput njegove duljine i brzine. Za analizu vertikalnih gibanja specifičnih točaka na trupu broda koristi se operator amplitude odziva (RAO), koji prikazuje omjer vertikalnog gibanja određene točke na brodu u odnosu na visinu valova. Ključna gibanja koja se analiziraju uključuju vertikalno kretanje, ljujanje i posrtanje, pri čemu se uzimaju u obzir faktori poput stanja nakrcanosti broda, njegove brzine, dubine vode, učestalosti susreta s valovima te omjera duljine broda i valova. RAO se može odrediti eksperimentalnim metodama ili numeričkim modelima. Eksperimenti se obično provode na modelima brodova u bazenima, što omogućuje precizne rezultate, osobito za složene oblike trupa i raznolike valne uvjete. Međutim, nedostatak ove metode je što zahtijeva puno vremena i resursa. U praksi, na brodovima se najčešće procjenjuje visina valova kako bi se predvidio dodatni uron broda.



Slika 6: Primjer izračuna gibanja broda na valovima koristeći RAO

(Izvor: Wang, L., Ju, M., Xing, X., Yun, F., & Wang, X. (2020). Dynamic behavior of the deepwater flexible pipeline during pipe laying process. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(4), 286.)

Prilikom određivanja dubine plovnog puta, potrebno je uzeti u obzir sve promjene koje mogu utjecati na gaz broda tijekom plovidbe. Prema smjernicama ICORELS-a, uz minimalnu sigurnosnu dubinu ispod kobilice broda, poznatu kao neto UKC (Under-Keel Clearance), dodaje se dodatna sigurnosna margina koja uzima u obzir sve dinamičke faktore. Neto UKC označava minimalnu dubinu ispod broda tijekom plovidbe, uzimajući u obzir sve promjene u gazu broda. Dakle, tražena vrijednost neto UKC-a računa se kao preostala dubina ispod kobilice nakon što se od ukupne dubine vode oduzmu gaz broda i promjene u gazu. Ovaj parametar se definira individualno za svaki brod, ovisno o vrsti broda, tereta, karakteristikama morskog dna, mogućem utjecaju na okoliš u slučaju dodira s dnom, prometnoj gustoći i drugim čimbenicima. Preporučena minimalna vrijednost neto UKC-a je 0,5 metara, dok u područjima s čvrstim morskim dnom, poput kamenitih podloga, ta vrijednost može biti povećana do 1 metar.

### 3. Planiranje putovanja korištenjem ECDIS-a

#### 3.1. Metoda planiranja plovidbe sustavom ECDIS

Faze planiranja plovidbe navedene su u IMO Rezoluciji A.893(21) o „Smjernicama za planiranje putovanja“ i uključuju sva načela sigurne plovidbe od pristaništa do pristaništa. Plan se temelji na informacijama dostupnim od pristaništa do pristaništa, uključujući pilotažu. Dobro poznate četiri faze planiranja organizirane su u dvije faze planiranja i dvije faze izvođenja, kao što je prikazano na slici 7, i iste su bilo da se izrađuju na papirnatim kartama ili na ECDIS-u.



Slika 7: Četiri faze planiranja putovanja prema IMO rezoluciji

(Izvor: IMO)

Prva faza je procjena svih dostupnih informacija za planirano putovanje i procjena svih rizika s ciljem izvještavanja zapovjednika prije prelaska na sljedeću fazu. Uzimanjem u obzir opasnosti, u fazi planiranja izrađuje se najprikladniji plan koji uključuje sve važne informacije. Faza izvedbe je provođenje plovidbe prema planu, gdje časnik plovidbene straže koristi navigacijske informacije i karte. Faza nadzora je provjera napretka plovidbe i prilagodba uvjetima s kojima se susreću, dok se bilježi navigacijska aktivnost i dnevno izvještavanje, kako je propisano u konvenciji SOLAS dio V/28.

Uvođenjem ECDIS-a došlo je do uvođenja promjena kod planiranja putovanja s ciljem održavanja zadovoljavajuće razine sigurnosti plovidbe.

Planiranje putovanja na ECDIS-u razlikuje se od planiranja na papirnatim kartama. Dostupno je više funkcija, poput sigurnosnih kontura, alarma, funkcija za točke i oznake itd. Iako su pogreške u planovima putovanja još uvijek moguće, one se razlikuju od onih koje se najčešće javljaju na papirnatim kartama. Također, potrebno je uzeti u obzir karata dostupnih u ECDIS-

u za određene segmente putovanja. Potrebno je osigurati rezervnu kopiju ECDIS plana putovanja tijekom izvršenja putovanja, u slučaju reseta ECDIS ili ako dođe do kvara.

U pripremi za planiranje putovanja na ECDIS-u potrebno je pregledati i uzeti u obzir širok spektar informacija poput:

- dostupnost karte odgovarajućeg mjerila, dostupne korekcije i nautičke publikacije;
- karakteristike plovnih putova, navigacijske prepreke, i dubine vode;
- karakteristike, stanje (uključujući tehničko stanje) i operativna ograničenja plovila;
- primjenjive lokalne propise, uključujući usluge nadzora prometa plovila (VTS), usluge tegljenja ili asistencije te zahtjeve za peljarom;
- predviđene vremenske uvjete, struje, plimu, vjetar, valove i vidljivost duž rute;
- gustoću prometa plovila i područja očekivane visoke gustoće prometa;
- interne i vanjske procedure i zahtjeve za komunikaciju;
- operacije na plovilu koje zahtijevaju dodatni manevarski prostor, kao što je izmjena balasta ili ukrcaj peljara;
- predviđene uvjete straže;
- interne propise kompanije, kao što su sheme rutiranja brodova i sustavi izvještavanja.

### **3.2. Sadržaj plana i sigurnost plovidbe**

Sveobuhvatan plan putovanja uključivat će detalje označene na elektroničkim kartama, kao i obrasce za planiranje putovanja koje osigurava kompanija plovila u skladu s njihovim „Priručnikom za upravljanje sigurnošću“, te dosljedne unutar cijele flote tvrtke. Plan putovanja trebao bi uključivati sljedeće osnovne detalje:

- planiranu rutu s kursovima i udaljenošću svakog segmenta, iscrtanu na kartama
- sigurnu brzinu za svaki segment plovidbe, uzimajući u obzir navigacijske opasnosti, karakteristike manevriranja i gaz u odnosu na dubinu vode;



- procijenjeno vrijeme dolaska na ključne točke u planu;
- pozicije za početak okretanja, ako je primjenjivo;
- radijus okretanja za svaku promjenu smjera, ako je primjenjivo;
- područja koja treba izbjegavati gdje je plovilo ograničeno lokalnim propisima bilo zbog dubine vode ili lokalnih opasnosti;
- područja koja su pokrivena lokalnim propisima poput VTS-a, usluga tegljenja ili asistencije te zahtjeva za peljarom;
- područja s velikom gustoćom prometa i/ili prijelazima trajekata;
- područja koja se smatraju peljarskim vodama gdje bi na mostu trebao biti zapovjednik ili peljar;
- područja gdje se smatra da strojarnica treba biti u stanju pripravnosti;
- navigacijske oznake koje treba koristiti prilikom vizualne navigacije u blizini točke koja označava promjenu kursa;
- metoda i učestalost određivanja pozicije, uključujući primarne i sekundarne metode;
- planovi za hitne slučajeve, uključujući točke za odustajanje pri prilazima luci, kanalu i/ili vezu te radnje koje treba poduzeti kako bi se plovilo premjestilo u duboku vodu ili nastavilo prema luci utočišta ili sigurnom sidrištu.

Autor Weintrit A. (2012) navodi da prilikom korištenja ECDIS-a za planiranje putovanja, navigacijski časnik treba postaviti "sigurnosnu konturu" oko plovila kako bi u potpunosti iskoristio automatizirane funkcije ECDIS-a. Funkcija sigurnosne konture omogućuje da iz baze podataka odabere dubinsku konturu (izobatu) koju će istaknuti i povezati s raznim dostupnim alarmima. Ako brod prijeđe sigurnosnu konturu ili se približi zabranjenom ili posebno definiranom području, poput zone odvajanja prometa, ECDIS će automatski ukazati na pogrešku tijekom planiranja i izvršenja rute. Zbog složenosti sustava, navigacijski časnici trebali bi proći obuku za specifični ECDIS sustav na brodu.

Prema utoru Chenier et al. (2019) kako se veličina brodova povećava, povećava se i njihov gaz. Kada je brod u pokretu, povećanje brzine dodatno povećava gaz broda. Ovaj fenomen naziva

se efektom sabijanja i ima veći učinak u plitkim i slatkim vodama, što uzrokuje dodatno povećanje gaza brodova. Autori Efegan i Temiz (2023) navode da osim nepredvidivih fluktuacija, brzi porast veličine brodova u posljednjih nekoliko godina i suradnje koje uspostavljaju globalni linijski operateri prisiljavaju kontejnerske luke da povećaju svoje fizičke kapacitete. Ovo predstavlja rizik jer što je veći gaz broda, to je veća vjerojatnost nasukavanja na manjim dubinama. Prema autorima Talwani et al. (1996) kako bi se ti rizici smanjili, potrebno je vjerovati kartama i dobro ih interpretirati. Moguće je provjeriti dubinu pomoću ehosondera u područjima kroz koja brodovi prolaze. Ehosonder mjeri dubinu trenutno, pomoću zvučnih odjeka uz pomoć senzora smještenih na pramcu i krmi broda. Međutim, ne pomaže u dobivanju informacija prije nego što se dođe do opasne točke; služi samo za

Zbog svoje prirode prema autorima Basaraner et al. (2011), plovidba sadrži mnoge rizike, poput plitkih voda, grebena, olupina brodova, koralja, offshore platformi, ribogojilišta i navigacijskih bova. Zapovjednik i časnik može vidjeti te rizike s mosta tijekom osmatranja ili na kartama. Za sigurnu plovidbu, informacije na kartama imaju različit stupanj važnosti ovisno o vrsti putovanja. Na primjer, planiranje rute i uzimanje u obzir struja važniji su u plovidbi otvorenim morem, dok su u uskim i plitkim vodama kritičniji učinci kao što su opasna područja, položaji bova, informacije o obali i plima. Zapovjednik i časnici zaduženi za stražu moraju biti pažljivi i pripremljeni za ove rizike kako bi osigurali sigurnu plovidbu broda.

### **3.3. Pouzdanost i točnost elektroničkih karti**

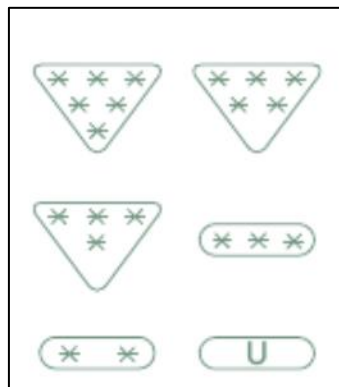
Danas su elektroničke karte, koje zamjenjuju nautičke karte, zajedno s navigacijskim sensorima i drugim navigacijskim pomoćnim uređajima, postale važan dio integriranog sustava mosta koji značajno povećava sigurnost navigacije (Admiralty, 2021). Prema tvrdnjama autora Er (2007) Ovi tehnološki napredci podržani su međunarodnim standardima.

Pouzdanost sustava temeljenih na kartama koji se koriste na brodovima od vitalnog je značaja za sigurnost navigacije. Elektronički prikaz karata i informacijski sustav (ECDIS) je sofisticirana navigacijska oprema razvijena kako bi "pomogla pomorcu u planiranju rute i

praćenju te, ako je potrebno, prikazala dodatne informacije povezane s navigacijom" kako je navedeno u standardima izvedbe (IMO, 2006).

Dobivanjem dubljeg razumijevanja ograničenja točnosti podataka unutar sustava, brodovi mogu upravljati razinama rizika prilikom navigacije određenim područjem. Na temelju pogrešaka u mjerenju pozicije i dubine, podaci o točnosti podijeljeni su u šest Zona Povjerenja (engl. Zone of confidence - ZOC).

Karta Zona Povjerenja (ZOC) prikazuje točnost pozicije, osjetljivost mjerenja dubine i morsko dno za svaku od tih vrijednosti kako bi pomogla u upravljanju razinama rizika tijekom navigacije. ECDIS prikazuje ove CATZOC vrijednosti na Elektroničkim Nautičkim Kartama (ENC) koristeći uzorak simbola u obliku trokuta. Broj zvijezda unutar tih simbola označava CATZOC vrijednost (slika 8).






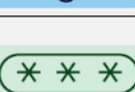
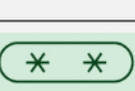
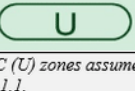
Slika 8: Primjer označavanja zona povjerenja na elektroničkim kartama

(Izvor: [https://www.starpath.com/cgi-](https://www.starpath.com/cgi-bin/web_card/courses/glossary.pl?show_def=2597&cat=Inland_and_Coastal_Navigation)

[bin/web\\_card/courses/glossary.pl?show\\_def=2597&cat=Inland\\_and\\_Coastal\\_Navigation](https://www.starpath.com/cgi-bin/web_card/courses/glossary.pl?show_def=2597&cat=Inland_and_Coastal_Navigation))

Na primjeru autora Teledynecaris (2016), šest zvijezda označava najvišu kvalitetu podataka (A1), dok dvije zvijezde označavaju najnižu razinu (D). Za CATZOC, neprocijenjena područja prikazana su simbolom (U). Maksimalne moguće pogreške u svakoj zoni povjerenja za dubinu i pozicije označene na kartama su navedene. Ako za grafikon ili ENC CATZOC ima 4 zvijezde (ZOC B), to znači da lokacija dubina i opasnosti označena u ENC može imati marginu pogreške od oko 50 metara (Matek Marine. (2019). ECDIS). Dubine mogu imati pogrešku do 1 metar + 2%. Prema autorima Arican et al. (2023) ako grafikon pokazuje dubinu od 20 metara, pogreška

može biti do 1,4 metra. CATZOC nije vodič nedavno objavljen s ECDIS-om. Zapravo, korišten je na nautičkim kartama i prije. Nautičke karte sadrže izvorni dijagram.

ZOC	Position Accuracy	Depth Accuracy		Seafloor Coverage	Typical Survey Characteristics	Symbol
A1	± 5m	=0,50 + 1%d		Full area search undertaken. Significant seafloor features detected and depths measured.	Controlled, systematic survey high position and depth accuracy achieved using DGPS or a minimum three high quality lines of position (LOP) and a multibeam, channel or mechanical sweep system.	
		Depth [m]	Accuracy [m]			
		10	± 0.6			
		30	± 0.8			
		100	± 1.5			
1000	±10.5					
A2	± 20m	=1.0 + 2%d		Full area search undertaken. Significant seafloor features detected and depths measured.	Controlled, systematic survey achieving position and depth accuracy less than ZOC A1 and using a modern survey Echosounder and a sonar or mechanical sweep system.	
		Depth [m]	Accuracy [m]			
		10	±1.2			
		30	± 1.6			
		100	± 3.0			
1000	± 21.0					
B	± 50m	=1.0 + 2%d		Full area search not achieved; uncharted features, hazardous to surface navigation are not expected but may exist.	Controlled, systematic survey achieving similar depth but lesser position accuracy less than ZOC A2 and using a modern survey echosounder, but no sonar or mechanical sweep system.	
		Depth [m]	Accuracy [m]			
		10	±1.2			
		30	± 1.6			
		100	± 3.0			
1000	± 21.0					
C	± 500m	=2.0 + 5%d		Full area search not achieved, depth anomalies may be expected.	Low accuracy survey or data collected on an opportunity basis such as soundings on passage.	
		Depth [m]	Accuracy [m]			
		10	±2.5			
		30	± 3.5			
		100	± 7.0			
1000	± 52.0					
D	Worse than ZOC 'C'	Worse Than ZOC 'C'		Full area search not achieved, large depth anomalies may be expected.	Poor quality data or data that cannot be quality assessed due to lack of information.	
U	Unassessed - The quality of the bathymetric data has yet to be assessed.					

\*In practice, it is usually assumed that the reliability error of bathymetric data measurements estimated for ZOC (D) and ZOC (U) zones assumes values at least 10% higher than the values estimated for the ZOC zone (C), which can also be recorded as: (2.0m ± 5% · d) · 1.1.

Slika 9: Objašnjenje zona pouzdanosti elektroničke karte

(Izvor: <https://blog.geogarage.com/2022/09/do-you-know-what-catzoc-is.html>)

#### **4. Analiza preostale dubine ispod kobilice kod planiranja putovanja**

Glavni ciljevi faze analize dubine ispod kobilice tijekom putovanja su prikupljanje informacija i izrada izvještaja o procjeni za zapovjednika. Prema autoru Carreras Ruiz, J. (2023) s tim ciljem se provodi preliminarni izračun kako bi se sastavio izvještaj o procjeni. Polazna premisa je izrada planiranog plana putovanja od pristaništa A do pristaništa B uzimajući u obzir upute tvrtke i zapovjednika, okolišne i lokalne propise te vremensku prognozu, prvenstveno informacije o plimi i strujama (International Chamber of Shipping. Bridge procedures guide. London: ICS, Marisec publications, 2016).

Prema autoru House (2012) izvori informacija uključuju elektroničke nautičke karte, papirne rute, e-Admiralty paket (Plovidbene upute, Popis svjetionika i zvučnih signala za maglu, Popis radio signala i tablice udaljenosti), Ocean Passages for The World, Obavijesti pomorcima (NM) i radijska navigacijska upozorenja primljena u plovidbenim NAVAREA regijama, Mariner's Handbook, Nautički godišnjak, e-Tide informacije (Admiralty Total Tide i Stream Atlas) i vremensku prognozu. Specifični vodiči za planiranje prolaza kroz određena područja objavljuju se kako bi pružili smjernice o karakteristikama prometa, uslugama i sezonskim informacijama. SOLAS V/19 propisuje obavezno nošenje svih karata i nautičkih publikacija vezanih uz plovidbu, radi planiranja, prikazivanja i praćenja vizualno (International Maritime Organization. SOLAS, ChV Reg 19. London: IMO, 2020, 7th ed.). SOLAS V/27 spominje da sve karte i nautičke publikacije moraju biti ažurirane i odgovarajuće. Od 2006. plovila mogu koristiti certificirani ECDIS kao dodatni sustav, čime se osigurava da su mjerila na ENC ispravna, posebno za područja luka ili kanala, provjeravajući CATZOC-ove, budući da su ažurirani i ručno dodajući T&P, NM i upozorenja .

Razina informacija u planu putovanja će varirati ovisno o vrsti plovidbe: vode s pilotom, pristupi lukama, obalna navigacija i preoceanska plovidba. Kompatibilnost odredišta, vremenski uvjeti i dostupnost karata tri su glavna faktora za analizu. Ograničavajući faktori koji se mogu susresti mogu se odnositi na prikladnost odredišta, vremenske i okolišne restrikcije te

dostupnost karata i publikacija (International Chamber of Shipping. Bridge procedures guide. London: ICS, Marisec publications, 2022).

Odredište i pristanište moraju biti prikladni za karakteristike plovila, te kompatibilni s terminalom i dozvolama. Opisuju se faktori plime, vremena, brzine i izdržljivosti, prikladnosti i udaljenosti. Detalji o izračunima i istraživanjima moraju biti zabilježeni u radnoj knjizi, bilješkama i referencama na korištene publikacije.

#### **4.1. Izračun preostale dubine ispod kobilice**

Izračun preostale dubine ispod kobilice potreban je tijekom plovidbe od pristaništa do pristaništa kada su dubine vode manje od dvostrukog gaza plovila, te je vezan uz planiranje plovidbe. Autor Catarino (2022) navodi da statički gaz plovila je onaj kada plovilo ne plovi ili nije pod utjecajem mora i valova. Dinamički gaz je potopljena udaljenost kada plovilo plovi i podložno je gasu, moru, valovima i kretanju plovila.

Gaz plovila definira se kao vertikalna mjera potopljenog dijela plovila. Slobodni prostor ispod kobilice (UKC) je vertikalna udaljenost između kobilice plovila i morskog dna. Časnici trebaju biti svjesni UKC zahtjeva kompanije, unajmitelja i lokalnih vlasti te primijeniti veća ograničenja u skladu s navigacijskim područjem i zonom povjerenja karata.

Izračun se obavlja u formi koju propisuje svaka kompanija zasebno. Međutim metode izračuna su veoma slične i koriste istu primisao. Ulazni podatci su statički gaz broda nakon obavljenih operacija s teretom, uzimajući u obzir sve zagaznice. Drugi parametar je planirana brzina broda kroz različite faze putovanja. Taj podatak je bitan za izračun dodatnog zagažaja u plitkim vodama (Squat). Sljedeći korak je definiranje najmanje dubine na određenom dijelu putovanja. Ta granična dubina definirana je na temelju gaza broda i obično je propisana u internim brodskim dokumentima.

Zadnji podatci koji se analiziraju su podatci o morskim mijenama i tipu plovnog puta. Plovni put koji se analizira može biti neograničeni (npr. otvoreno more) i ograničeni plovni put (npr. kanali i prolazi).

Prema autoru Zahalka (2023) efekt smanjenja dubine ispod kobilice broda uzrokovano je njegovim kretanjem kroz okolnu vodu (Squat). Plovilo potiskuje vodu prema pramcu, koja zatim teče prema stranama kako bi zamijenila pomaknutu vodu. Prema Bernoullijevom zakonu, u uskim vodama brzina te vode se povećava, a tlak pada, što uzrokuje uronuće trupa. Veći gaz se doživljava kada je pramac spušten u odnosu na krmu ili obratno, ovisno o formi trupa broda. Širina kanala utječe na gaz, kao i brzina plovila te blok koeficijent. Izračun dodatnog zagažaja u plitkim vodama (squat) računa se na temelju izraza autora Barrass-a. Taj izraz se najviše koristi iz razloga što uzima u obzir brzinu i tip plovila, kao i tip plovnog puta. Također definira na kojoj se okomici događa dodatni zagažaj.

$$\begin{aligned}
 b &= \text{Širina broda} \\
 B &= \text{Širina plovnog puta} \\
 H &= \text{Dubina vode} \\
 T &= \text{Gaz broda} \\
 C_b &= \text{Blok koeficijent broda} \\
 V_k &= \text{Brzina broda} \\
 CSA &= \text{Poprečni presjek plovnog puta/broda}
 \end{aligned}$$

$$S = \text{Faktor blokiranja} = \frac{CSA \text{ broda}}{CSA \text{ plovnog puta}}$$

Ako je brod na otvorenom moru tada se vrijednost B računa: s

$$B = \{7.7 + 20(1 - C_b)^2\} \cdot b, \text{ znano kao širina utjecaja}$$

$$\text{Faktor blokiranja} = S = \frac{b \times T}{B \times H}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maximum squat} &= \delta_{\max} \\
 &= \frac{C_b \times S^{0.81} \times V_k^{2.08}}{20} \text{ Metara za otvorena mora i} \\
 &\quad \text{ograničene plovne putove}
 \end{aligned}$$

Slika 10: Proračun dodatnog urona u plitkim vodama (squat)

(Izvor: Barrass (2009))

Vrijednost pouzdanosti karte je također uključen u izračun i temelji se na dostupnim elektroničkim kartama.

Vrijednost dodatnog urona broda definira se na temelju procijenjene visine valova, te nema propisane metode izračuna. Ta vrijednost se određuje iskustveno i u potpunosti je podložna subjektivnosti časnika.

Table 1 Minimum UKC	
Location	Minimum UKC requirement
Berth/ Moored / Anchor <sup>(Note1)</sup> (Moored alongside or made fast to SBM /CBM moorings)	a) 0.60 m+ b) Sinkage due to squat caused by prevailing current c) Other prevailing factors as mentioned in Section 2 of <a href="#">S-P-07.50.02APP Air Draft and UKC policy</a> .
Shallow Waters (Where the charted depth is LESS than twice the maximum static draft)	a) 0.60 m + b) Sinkage due to Squat + c) Depth accuracy <sup>(Note 2)</sup> + d) Other prevailing factors as mentioned in Section 2 of <a href="#">S-P-07.50.02APP Air Draft and UKC policy</a> .
Deep Waters (Where the charted depth is equal to or more than twice the maximum static draft)	No further calculation is required.
Malacca Straits and Singapore Straits (Applicable to VLCCs only)	The minimum static UKC shall not be less than 3.5 m. Note: From 50 nm before OFB to Eastern bank

Note 1: At Anchor, Minimum depth within the swinging circle.	
Note 2: Depth Accuracy	
a) Primary Means : <b>Paper Charts</b>	
0.5 m or the depth correction if marked on the Chart (Whichever is higher)	
b) Primary Means: <b>ECDIS</b> as per CATZOC :	
ZOC	Depth Accuracy (in meters)
A1	0.50 + 1% of depth on chart
A2 & B	1.00 + 2% of depth on chart
C	2.00 + 5% of depth on chart
D	C + 0.5 m
U	Information to be collected from all sources

Slika 11: Parametri koji su uključeni u izračun preostale dubine plovnog puta tijekom putovanja

Primjer izračuna preostale dubine ispod kobilice broda prikazan je na slici 12. Redovi predstavljaju ranije opisane faktore koji se uzimaju u obzir, a stupci predstavljaju različite faze plana putovanja. U ovom primjeru vidljivo je da je za „dd“ i „ee“ etapu plovnog puta preostala dubina ispod kobilice negativna. U tom slučaju je potrebno ili ponoviti izračun ili promijeniti plan putovanja.



Item	Location	unit	Shallow Waters					Anchor/ Moored (Deepest draft during stay cargo operation/ Bunkering)
			aa	bb	cc	dd	ee	
Salinity of Water (For reference only)			Sea	Sea	Sea	Sea	Sea	Sea
Static Draft for prevailing Density (Forward)	m		10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Static Draft for prevailing Density (Midship)	m		10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Static Draft for prevailing Density (AR)	m		10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Deepest Static Draft for prevailing Density	m		10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Planned Speed / Prevailing Current	Knots		10,00	10,00	15,00	15,00	16,00	3,00
Minimum Depth as per ENC / Chart <sup>Notes 1</sup>	m		13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	12,00
Estimated Tide where UKC is of concern	m		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Open water / Confined channel			Open	Confined	Open	Confined	Open	
Breadth of river, canal or channel	m			500,00		200,00		
Maximum squat			0,88	0,68	1,59	2,45	1,82	0,06
ZOC			A1	A1	A1	A1	A1	
ZOC (A1 A2 B,C,D)	m		0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	
ZOC (U) - Manual input	m							
Swell	m		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Heeling	m		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Other Factors	m		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Required static UKC	m		1,91	1,91	2,82	3,88	3,05	0,66
Required Minimum Depth	m		13,91	13,91	12,82	13,88	13,05	10,66
Available Depth with Tide	m		13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	12,00
Available Static UKC	m		3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00
Minimum Dynamic UKC (Minimum 0,6 m required)	m		1,89	1,89	0,78	-0,08	0,95	1,94
Minimum tide required to meet Company UKC	m		-1,09	-1,09	-0,18	0,88	0,05	-1,34

Slika 12: Primjer izračuna preostale dubine ispod kobilice broda

Kod ponovljenog izračuna postoji mogućnost izostavljanja zona pouzdanosti karte, međutim u tom slučaju potrebno je odobrenje odgovorne osobe unutar kompanije. To se radi iznimno u situacija prolaza kroz kanale i morske prolaze. Takav primjer prikazan je na slici 13 gdje je sad negativna vrijednost pokazana samo za etapu „dd“.

Alternative UKC Calculation without CATZOC (RA required)

Alternative Depth Accuracy	m	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Required static UKC	m	1,78	1,78	2,89	3,55	2,82	0,66
Required Minimum Depth	m	11,78	11,78	12,89	13,55	12,82	10,66
Available Depth with Tide	m	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	12,00
Available Static UKC	m	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00
Minimum Dynamic UKC (Minimum 0,6 m required)	m	1,82	1,82	0,91	0,05	0,88	1,94
Minimum tide required to maintain 0,6m of UKC	m	-1,22	-1,22	-0,31	0,55	-0,08	-1,34

Slika 13: Primjer izračuna preostale dubine ispod kobilice broda bez zone pouzdanosti

U ovom slučaju je potrebno revidirati etapu „dd“ plovnog puta, te koliko god moguće izbjegavati proračun bez zona pouzdanosti.

ECDIS može pomoći u procjeni putovanja, ali trebaju se koristiti i drugi izvori informacija. Važno je osigurati da postoji raspon karata koji pokriva plovidbu, postaviti i provjeriti parametre broda, postaviti konturu sigurnosne dubine i vrijednosti sigurnosne dubine kako bi točno odražavale gaz plovila i uvjete u tom području. Članovi plovidbene straže trebaju biti svjesni opasnosti plovidbe, posebno u obalnim i zatvorenim vodama. Zapovjednik je odgovoran za vođenje navigacije koristeći odgovarajuće mjerilo elektroničkih karata, pri čemu se identificiraju navigacijski simboli.

Zone pouzdanosti na karama su potrebne iz razloga što dubine u kanalima, plovnim putevima i ograničenim vodama mogu ovisiti o tome koliko često vlasti provjeravaju plovne putove i obavljaju jaružanje.

Mjera predostrožnosti koju treba razmotriti ako preostala dubina ispod kobilice nije precizno određena je pribavljanje najnovijih podataka o dubinama s karata s pristaništa i okolice, uključujući prirodu morskog dna od lokalnih vlasti. Privezivanje i odvezivanje mogu se planirati samo u vrijeme najviše plime i tijekom dnevnog svjetla svakog dana.

Sigurnosni parametri koje zahtijeva ECDIS za prikaz dubina na ekranu su plitka kontura, sigurnosna dubina, sigurnosna kontura i duboka kontura. Plitka kontura bit će postavljena na istu udaljenost kao i statički gaz. Sigurnosna kontura je granica koja razdvaja sigurne vode od nesigurnih.

Korištenje postavke pregleda unaprijed (look-ahead setting) funkcija je ECDIS-a za praćenje rute kako bi se spriječilo nasukavanje. To je upozorenje na opasnosti ispred koje se mora postaviti za specifične parametre.

## 5. Zaključak

U ovom radu istaknuta je važnost pravilnog izračuna i praćenja preostale dubine ispod kobilice (UKC) za osiguravanje sigurne plovidbe brodova, posebno u plitkim i ograničenim plovnim putevima. Razmatrani su ključni čimbenici koji utječu na UKC, uključujući statički gaz broda, dinamičke promjene u gazi kao što su efekt dodatnog urona (squat) te vanjski čimbenici poput plima, meteoroloških i oceanoloških uvjeta. Korištenje ovih informacija ključno je za precizno planiranje putovanja i smanjenje rizika od nasukavanja.

Dinamički utjecaji, kao što su plime i oseke, mogu uzrokovati velike oscilacije u razini mora, a uz promjene u brzini broda i njegovom obliku, mogu značajno utjecati na siguran prolazak plovila. Posebno je važno prepoznati učinak squata, koji uzrokuje dodatno uranjanje broda u plitkim vodama. Kako bi se spriječile nesreće, literatura sugerira korištenje preciznih proračuna i alata poput ECDIS-a, koji omogućuju praćenje i upozoravanje na kritične dubine u realnom vremenu.

Literatura ukazuje da se rizici poput nasukavanja mogu učinkovito smanjiti integriranjem naprednih navigacijskih sustava, osiguravanjem ažuriranih podataka o plovnim putevima i redovitim analizama plovnosti broda. Brodovi s velikim gazom, poput tankera i kontejnerskih brodova, posebno su osjetljivi na promjene dubine plovnog puta, stoga je izuzetno važno uzeti u obzir sve dinamičke čimbenike pri izradi plana plovidbe.

Zaključno, uspješna navigacija i sigurnost plovidbe u velikoj mjeri ovise o sposobnosti preciznog izračuna UKC-a te korištenju suvremenih tehnologija za praćenje plovnog puta. Redovita procjena uvjeta plovidbe i korištenje naprednih sustava, kao što je ECDIS, omogućuje smanjenje rizika i povećanje sigurnosti, što je od ključne važnosti u suvremenom pomorskom prometu.

## **Sažetak**

Ovaj rad analizira dinamičke promjene u dubini ispod kobilice broda (UKC) tijekom plovidbe, s naglaskom na čimbenike koji utječu na sigurnost plovnog puta. Preostala dubina ispod kobilice ključna je za sigurno upravljanje brodom, osobito u uvjetima ograničene dubine. Dinamički utjecaji, poput promjena razine mora uzrokovanih plimom i osekom, te meteoroloških i oceanoloških faktora, moraju se uzeti u obzir pri određivanju stvarne dubine plovnog puta. Glavni elementi koji se analiziraju uključuju statički gaz broda, bruto i neto UKC te fenomen dodatnog urona broda (squat), koji postaje izrazito važan u plitkim i uskim vodama. Također, u radu se razmatra upotreba naprednih navigacijskih sustava poput ECDIS-a za planiranje plovidbe, čime se omogućuje precizno praćenje dubine plovnog puta i smanjenje rizika od nasukavanja. Kroz analizu različitih faktora poput brzine broda, oblika trupa i karakteristika plovnog puta, pruža se sveobuhvatni uvid u procese koji utječu na sigurnost plovidbe.

Ključne riječi: Sigurnost plovidbe, plovni put, dubina

## **Title: Dynamic under keel clearance on passage planning**

### **Summary**

This paper analyses the dynamic changes in under-keel clearance (UKC) during navigation, focusing on factors that affect the safety of the navigable route. The remaining depth beneath the keel is crucial for safe ship management, particularly in shallow waters. Dynamic influences such as tidal variations and meteorological and oceanographic factors must be considered when determining the actual depth of the navigable route. The main elements analysed include the ship's static draft, gross and net UKC, and the squat phenomenon, which becomes particularly significant in shallow and narrow waters. The paper also discusses the use of advanced navigation systems such as ECDIS for voyage planning, enabling precise monitoring of the navigable route depth and reducing the risk of grounding. Through the analysis of various factors such as ship speed, hull shape, and waterway characteristics, a comprehensive insight is provided into the processes that influence navigation safety.

Key words: Safety of navigation, fairway, depth

## 6. Literatura

Admiralty, 2021

Arıcan, O. H., Arslan, O., & Unal, A. U. (2023). The importance of CATZOC in passage planning and prioritization of strategies for safe navigation. *Marine Science and Technology Bulletin*, 12(4)

Barić, M. (2017). Model određivanja širine ograničenih plovnih putova (Doctoral dissertation, University of Rijeka. Faculty of Maritime Studies, Rijeka

Barrass, C.B. (2004), *Ship Design and Performance for Masters and Mates*, Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford.

Barrass, C.B. (2009): *Ship Squat and Interaction*, Whithersby Publishing & Seamanship, Livingston.

Başaraner, M., Yücel, M. A., & Özmen, Ç. (2011). Investigation and improvement of navigation routes used by transit vessels in the Bosphorus with the help of geographical information system]. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, 104(1)

Carreras Ruiz, J. (2023). Study and analysis of passage planning principles. Voyage planning and monitoring from Sakai to Point Fortin (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya.

Catarino, G. R. Dynamic draft and under keel clearance: a hydrographic view [online]. Monaco: International Hydrographic Organization, 2022.

Chénier, R., Ahola, R., Sagram, M., Faucher, M. A., & Shelat, Y. (2019). Consideration of level of confidence within multi-approach satellite-derived bathymetry. *ISPRS International Journal of Geo-Information*.

Efecan, V., & Temiz, İ. (2023). Assessing the technical efficiency of container ports based on a non-monotonic inefficiency effects model. *Utilities Policy*.

Er, I. D. (2007). Analytic hierarchy process method for analyzing the use of ECDIS on ships in terms of navigational safety. MSc. Thesis, İstanbul Technical University.

House, David J. Navigation for masters. Livingston: Witherby Seamanship International, 2012, 4th ed.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Squat\\_effect#/media/File:Squat\\_hydrodynamic\\_phenomena-tag.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Squat_effect#/media/File:Squat_hydrodynamic_phenomena-tag.svg) (Accessed on 02.09.2024.)

<https://slideplayer.com/slide/6398033> (Accessed on 02.09.2024.)

<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/heel-angle> (Accessed on 03.09.2024.)

ICORELS (International Commission for the Reception of Large Ships). (1980). Report of Working Group IV, PIANC Bulletin No. 35, Supplement.

International Chamber of Shipping. Bridge procedures guide. London: ICS, Marisec publications, 2016, 5th ed.

International Chamber of Shipping. Bridge procedures guide. London: ICS, Marisec publications, 2022, 6th ed.

International Maritime Organization. Resolution A.893(21) Guidelines for voyage planning. London: IMO, 2000.

International Maritime Organization. SOLAS, ChV Reg 19. London: IMO, 2020, 7th ed.

International Maritime Organization. SOLAS, ChV Reg 28 & 29. London: IMO, 2020, 7th ed.

Lataire, Evert, et al. (2007). Navigation in confined waters: influence of bank characteristics on ship-bank interaction. International Conference on Marine Research and Transportation, ICMRT.

Matek Marine. (2019). ECDIS.

Talwani, M., Dorman, J., Worzel, J. L., & Bryan, G. M. (1966). Navigation at sea by satellite. Journal of Geophysical Research, 71(24).

TeledyneCaris. (2016). Category of zone of confidence.

Wang, L., Ju, M., Xing, X., Yun, F., & Wang, X. (2020). Dynamic behavior of the deepwater flexible pipeline during pipe laying process. Journal of Marine Science and Engineering, 8(4).

Weintrit, A. (2012). Operational Considerations for Electronic Chart Display and Information Systems (ECDIS). Voyage Planning.

Zahalka, Capt. P. Squat [online]. Manila: Polytechnic University of the Philippines, 2005.