

## 1. Uvod

U ovom radu biti će objašnjeno projektiranje dinamički pozicioniranih mobilnih odobalnih baza, njihovu građu, dizajn te primjenu i buduće namjene. Mobilne odobalne baze su budućnost pomorskog prometa jer vrše prijevoz, smještaj i obradu materijala i ljudi u distribuiranom i centraliziranom sustavu. Primjena je neograničena jer se pojedini moduli mobilne baze mogu spojiti na raznolike načine ovisno o potrebi.

Svrha ovoga rada je da analizira projektiranje mobilnih odobalnih baza, njihovu izgradnju te moguću primjenu na globalnoj i lokalnoj razini te da pridonese daljnjem razvijanju tehnologije mobilnih odobalnih baza.

U prvom dijelu rada je objašnjeno što je to dinamičko pozicioniranje plovniha objekata, njegove dijelove, princip rada, mogućnosti i njegovu primjenu na široki spektar pomorskih objekata uključujući i mobilne odobalne baze. U drugom dijelu ovoga rada je objašnjeno što su to mobilne odobalne baze, njihovu povijest, njihove dijelove te primjenu MOB-a na široki spektar pomorskih usluga. U trećem dijelu su prikazane etape projektiranja dinamički pozicioniranih mobilnih odobalnih baza od početka pa do finalne produkcije. U četvrtome dijelu su iznijeti prijedlozi za buduće primjene mobilne odobalne baze te prijedlog za instalaciju takvih objekata u lokalnom moru.

Pri istraživanju i formuliranju rezultat i prijedloga ovoga rada korištene su metode komparacije i analize novih i starih radova o mobilnim odobalnim bazama. Metodom ekstrapolacije je određena moguća primjena mobilnih odobalnih baza iz radova o odobalnim platformama i naftnim bušotinama.

Kraj rada završava sumiranjem iznesenih činjenica, ideja i prijedloga u zaključku.

## 2. Osnovne značajke dinamičkog pozicioniranja (DP) plovniha objekata

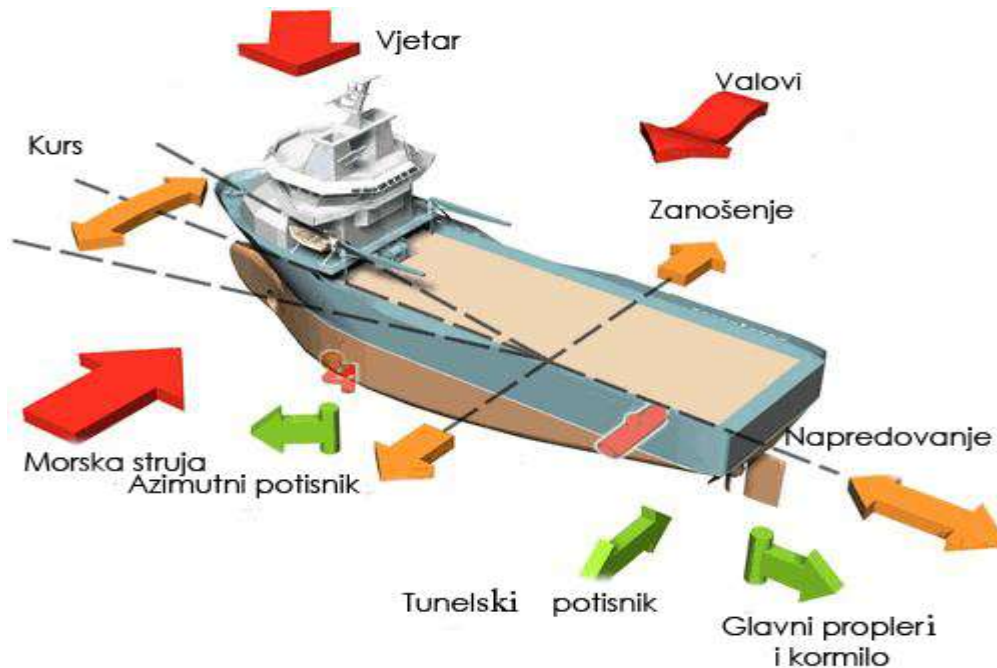
Premda je statičko pozicioniranje vrlo jednostavno i ekonomički isplativo postoje razni segmenti pomorskih namjena gdje statičko pozicioniranje nije moguće. Plovila za opskrbu podvodnih cijevi i kabela te oni za skeniranje podmorja i oni koji su na otvorenom moru ne mogu biti statički pozicionirani za kopno već se mora dinamičkim pozicioniranjem odrediti njihova lokacija, kurs i putanja što dolazi do velikih problema u izračunima i proračunima takvih plovila. Zbog te kompleksnosti izračuna, količine znanja i infrastrukture mogućnost izrade sustava dinamičkog pozicioniranja je ograničen na mali broj zemalja. Astronomski visoka cijena onemogućuje ulazak dinamički pozicioniranih sustava u generalno korištenje ali kod djelatnosti crpljenja podvodnih derivata nafte i zemnog plina, gdje se najveća količina novca „okreće“, tamo ovaj sustav ima duboke korijene te je od tamo i potekao.

„Proces održavanja plovila na zadatoj poziciji uz definiranu orijentaciju u prostoru (kurs, kutovi nagiba, uranjanje), pri čemu se svaka tendencija za promjenom zadanih veličina, uslijed djelovanja vanjskih ili unutarnjih poremećaja, poništava djelovanjem aktivnih sila i momenata intervencijom izvršnih organa.“ je definicija DP-a kao takvog. [1] Dinamičko je pozicioniranje, prema definiciji, bitno različito od držanja pozicije plovila vezivanjem za dno sidrenjem po bilo kojem od poznatih sustava. Princip dinamičkog pozicioniranja je „Guidance“ – navođenje, „Navigation“ – navigacija i „Control“ – kontrola kretanja.

U slijedećim točkama je obrađena razlika između stupnjeva slobode kretanja i zbog čega se koristi „3 Degrees of freedom (3DOF)“, a ne „6 Degrees of freedom (6DOF)“, glavnih dijelova sustava dinamičkog pozicioniranja uključujući hardver i softver te općeniti princip rada te gdje se ti sustavi mogu koristiti i kako.

## 2.1 Stupnjevi slobode gibanja DP plovnih objekata

Kretnja nekog tijela se može opisati sa šest smjerova kretnje u sferi oko mobilnog objekta. Šest stupnjeva slobode podrazumijeva sferu oko mobilnog objekta što znači da u bilo kojem trenutku u toj sferi može djelovati bilo koja sfera. Takav sustav zahtijeva jako veliku količinu računanja u realnom vremenu što čini „6DOF“ sustav za dinamičko pozicioniranje vrlo skupim i ne ekonomičnim. Prije samog objašnjenja problema potrebno je definirati terminologiju radi samog razumijevanja tog problema.



Slika 1: Prikaz stupnjeva slobode i vanjskih poremećaja na plovilima

Izvor: [2]

Tablica 1: Stupnjevi slobode gibanja

Hrvatski naziv	Engleski naziv	Kretnja
Napredovanje	Surge	Naprijed - natrag
Zanošenje	Sway	Lijevo - desno
Poniranje	Heave	Gore - dolje
Ljuljanje	Roll	Lijevo – desno po vertikali
Posrtanje	Pitch	Gore – dolje po vertikali
Zaošijanje	Yaw	Lijevo – desno prema smjeru broda

Sa šest smjerova je opisana sfera kretnje pokretnog objekta što znači da to tijelo se može naći u 6! (šest faktoriyel) različitih krajnjih položaja. Računalo na tom objektu mora biti vrlo moćno da samo izračuna krajnji položaj, a kamoli da računa u realnom vremenu. Mjerenje i računanje u realnom vremenu je samo pola posla koje dinamičko pozicioniranje obavlja. Drugi dio, najvažniji dio, se zove predviđanje događaja. Uz cijelo kompleksno računanje sustav mora predvidjeti matematičkim modelima i filtrima slijedeći događaj što sa šest stupnjeva slobode se čini skoro pa nemoguće.[2]

Morska plovila se mogu naći u svih šest stupnjeva slobode ali se za pomorski promet ne mora uzeti u obzir svi stupnjevi jer se ne može na sve stupnjeve aktivno djelovati.

Stupnjevi se dijele na:

- a) Aktivno upravljive (3DOF)
- b) Pasivno upravljive

#### **a) Aktivno upravljivi stupnjevi slobode**

Aktivno upravljivi dolaze od riječi Active, lat. „Na koje se može djelovati radnjom.“. Ovi stupnjevi slobode se mogu korigirati sa silama koje se mogu proaktivno stvoriti.

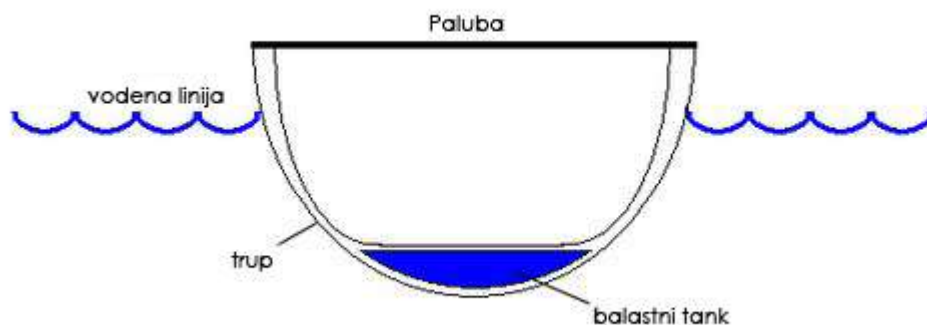
Svojstva stupnja napredovanja tj. naprijed-nazad djelujemo snagom broskog motora tj. njegovom rotacijom u željenom smjeru. Povećanjem okretaja broskog motora tj. okretaja propele propulzijskog stroja u željenom smjeru se djeluje uz ili protiv osi stupnja slobode napredovanja što znači da upravljamo brzinom plovila. Svojstva stupnja zaošijanja djelujemo aktivno sa broskim kormilom što za posljedicu ima skretanje broda prema zadanom kursu. Veći kut zakreta kormila daje veću rotaciju Z osi plovila. Na svojstva stupnja zanošenja se djeluje, kod većine plovila sa bočnim potisnicima. Snagom potiska tih propelera djelujemo na Y os plovila što za posljedicu ima pomicanje plovila lijevo-desno po horizontalnoj osi.[3]

Sva tri stupnja slobode se nalaze u horizontalnoj 2D ravnini što GPS(Global positioning system)-u daje vrlo lak posao te on u potpunosti može obavljati posao za koji je namijenjen te olakšava posao brodskih sustava za dinamičko pozicioniranje. Koristeći 3DOF sustav računalo računa brže te predviđa bolje jer se niz varijabli spustio sa 6! Faktorijela na 3! Faktorijela što, programerski gledano, olakšava algoritam upravljanja tog plovila.

#### **b) Pasivno upravljivi stupnjevi slobode**

Pasivno upravljivi dolaze od riječi Passive,eng, Tromo, ne postojanje stvorene sile, anti aktivno.Ovi stupnjevi slobode se ne mogu korigirati sa silama koje se mogu proaktivno stvoriti.

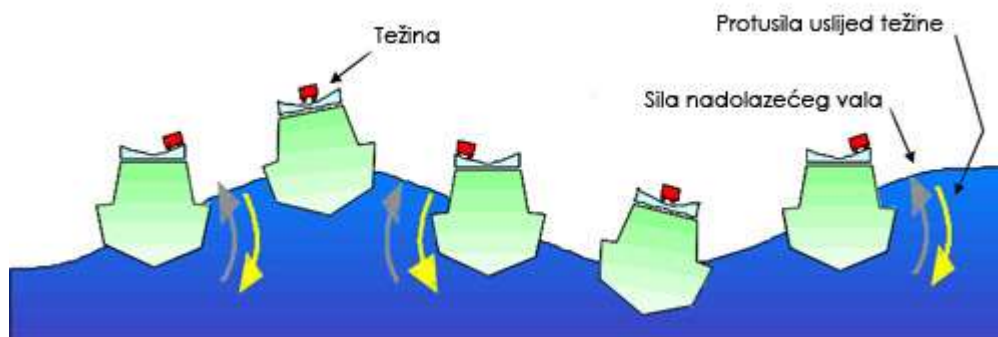
Svojstva stupnja poniranja kod kojeg brod mijenja poziciju gore dolje po Z osi se događa uslijed djelovanja valova. Ovaj stupanj se može minimizirati ugradnjom pasivnih stabilizatora na trup plovila koja smanjuju utjecaj amplituda valova. Naime, sa ovom tehnikom se mogu minimizirati samo manji valovi veće frekvencije, većim amplitudama se ne može ništa da se umanji njihov utjecaj. Drugi način na koji se može utjecati na poniranje je sa balastnim tankovima te brodskim računalom koji će predviđati stanje mora te puniti balastne tankove prema tim uputama. Tom računalu je bitno održati brod tj. pokušati održati u neutralnom položaju ravnoteže.[3]



Slika 2: Prikaz održavanja stupnja slobode poniranja plovila korištenjem statičkih balastnih sustava

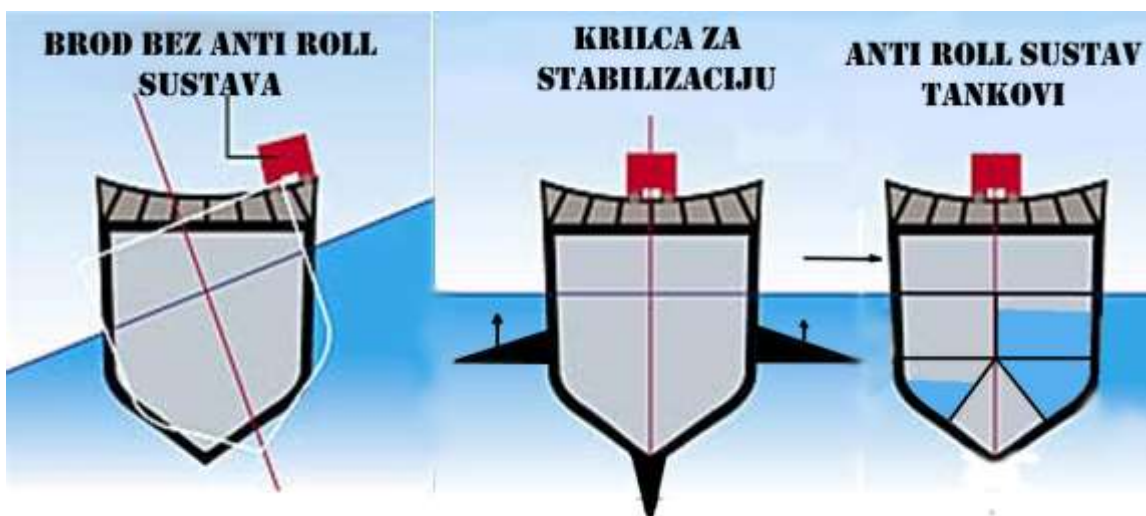
Izvor: [4]

Na stupanj slobode ljuľjanja koje nastaje također uslijed utjecaja valova tj. pomicanje broda lijevo desno u odnosu na X os se može smanjiti ugrađivanjem pasivnih stabilizatora na dno i bokove plovila. Takve duge metalne ploče će prilikom rotiranja broda gurati ukupnu masu mora jednaku svojoj površini. To je određena kilaža i ako je ta kilaža dovoljna brod će ostati na mjestu prilikom okretanja uslijed valova. Ovaj sklop povećava opasnost od poplava na brodu jer onemogućuje brodu da prirodno se naginje. Zbog toga se nekad ugrađuju automatska krilca.[5]



Slika 3: Prikaz poremećaja djelovanja stupnja slobode ljuľjanja pri valovima

Izvor: [6]



Slika 4: Prikaz statičkih i dinamičkih stabilizatora – Anti Roll sustavi

Izvor: [7] doradio autor: Toni Kučić

„Anti roll“ tankovi su balastni tankovi ugrađeni u brodove da poboljšaju njihov odziv na stupanj ljuljanja. Ti tankovi su sa „port“ i „starboard“ strane i na pramcu i krmu. U tankovima se nalazi morska voda ali između tankova je sustav cjevovoda koji usporavaju protok vode tako da je više vode u onom tanku gdje se brod pokušava zaljuljati. Ovakvi sustavi se mogu klasificirati kao pasivni i kao aktivni sustavi.

Radi pojednostavljenja matematičkog modela plovnog objekta usvajaju se slijedeće pretpostavke:

1. plovni objekt ima konstantnu masu,
2. plovni objekt se smatra krutim tijelom,
3. plovni objekt se giba u konstantnom gravitacijskom polju,
4. dvije glavne osi inercije nalaze se u uzdužnoj ravnini simetrije plovnog objekta, a treća je okomita na tu ravninu,
5. Coriolisove i centripetalne sile uslijed rotacije Zemlje su zanemarive,

Ove pretpostavke bitno pojednostavljaju matematički model gibanja plovnog objekta te time olakšavaju postupak simulacije na digitalnom računalu.

Učinjena pojednostavljenja su opravdana iz razloga jer zanemarivo malo utječu na

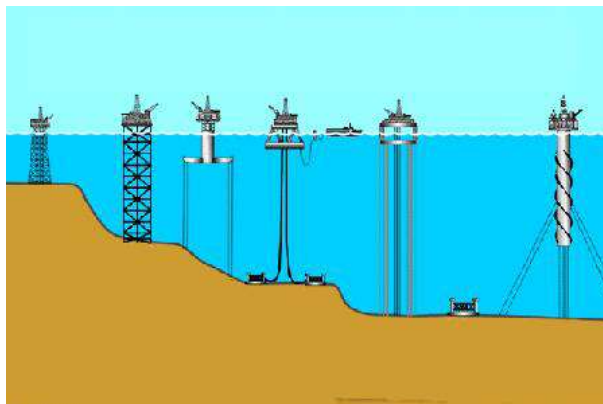
simulacijom prognozirano gibanje. Pogreške modeliranja uslijed ovih pojednostavljenja su unutar nepouzdanosti određivanja ostalih hidro-dinamičkih parametara plovnog objekta. [8]

## 2.2 Dijelovi DP sustava

Kompleksnost ovog sustava je vidljiva iz činjenice da sustav koristi fizički, računalni te softverski dio odjednom. Da bi sustav radio besprijeckorno hardver mora odgovarati zahtjevima softvera, a fizički dio tj. plovilo mora biti u mogućnosti izvršiti naredbe softvera.

Važni dijelovi sustava dinamičkog pozicioniranja su:

- Plovilo
- Izvršni organi
- Mjerni sustav
- Upravljačko informativni sustav
- Energetski sustav [9]



Slika 5: Prikaz raznih vrsta sidriranja odobalnih platformi

Izvor: [10]



#### a) Plovilo

Sustavi dinamičkih pozicioniranja se modeliraju prema plovilu na koji se instaliraju što znači da ne postoje dva identična sustava za dinamičko pozicioniranje (osim ako postoji sestrinski brod, ali i on ima manje preinake) jer svaki brod ima drugačiju masu i drugačije hidrodinamičke parametre. Ovakve sustave nema smisla instalirati na brodove koje služe za duge plovidbe sa minimalnim otklonima kursa. Najbolja primjena sustava za dinamičko pozicioniranje je na plovila koja moraju pratiti neke unaprijed određene putanje ili plovila koja moraju održavati točnu lokaciju po naputku GPS sustava, te za Brod-brod prekrcaj na moru. Najčešće se sustavi instaliraju na mobilne platforme za bušenje i crpljenje fosilnih goriva iz podmorja koje je preduboko da noge najveće platforme dostignu dno. Takav sustav je onda najbolje rješenje jer će održavati poziciju platforme bez krivljenja podvodnog svrdla (10m margina pogreške). Brodovi za opskrbu drugih brodova zahtijevaju da plove vrlo blizu drugog broda zbog ograničenja dovodnih cijevi za gorivo, hranu, lijekove i osoblje uz minimalna odstupanja i vibracije. Nemogućnost pružanja jedne od navedenih zadaća dovodi do katastrofalnih posljedica.



Slika 6: Prikaz korištenja dinamičkog pozicioniranja pri transferu između brodova/baza

Izvor: [11]



Slika 7: Prikaz samo održavajuće platforme – generalna primjena

Izvor: [12]

## **b) Izvršni organi**

Pod izvršni organi najčešće se misli na uređaje za stvaranje potiska u željenome smjeru. Skup propulzora (i ostalih izvršnih organa) kod plovnog objekta je opisan kao propulzorska konfiguracija. Uobičajeno se koristi (iz razloga optimizacije energetske resursa plovnog objekta te raspoloživosti propulzije) veći broj propulzora. U tom slučaju javlja se problem određivanja doprinosa svakog od propulzora u ukupnom vektoru intervencije. Vektor intervencije je skup sila i momenata za pojedine upravljive stupnjeve slobode plovnog objekta. Ovaj problem je opisan kao problem doprinosa (kontribucije) tj. određivanje dovoljne snage i smjera propulzora da bi se poništili utjecaji vanjskih sila na plovilo. Plovilu je bitno i optimizirati potrošnju i iskoristivost propulzora stoga se uvode kriteriji optimizacije.[13]

Kao kriterij optimizacije mogu se uzeti različiti, ne samo tehnički, zahtjevi koji se postavljaju na sustav propulzije, a to su:

#### I. Minimalni utrošak energije

Optimizacijom rada više generatora i ugradnjom diesel-električne propulzije se može smanjiti potrošnja goriva naše energetske stanice. Umjesto da jedan generator ili propeler radi na maksimalnim vrijednostima uključimo više generatora koji će raditi u optimalnom području. Time se smanjuje potrošnja i povećava trajanje uređaja i opreme te brži odziv na sustavu.



Slika 8: Prikaz azimutnog potisnika na  
krmi broda

Izvor: [17]

#### II. Izbjegavanje vršnih opterećenja propulzora

Propulzori su građeni za jednu vrstu broja okretaja. Ako se konstantno koriste maksimalne vrijednosti brzo će taj propulzor početi trošiti svoje ležaje i osovine i pokvariti se. Umjesto da jedan propulzor radi na maksimalnim vrijednostima uključimo više propulzora koji će raditi u optimalnom području. Time se smanjuje potrošnja i povećava trajanje uređaja i opreme te brži odziv na sustavu.

#### III. Proporcionalno opterećenje propulzora njihovim nazivnim snagama

Propulzijski sustav radi bolje, duže uz manju potrošnju uslijed manjeg naprezanja osovine i pokretnih dijelova.

#### IV. Adaptacija rješenja za različite trenutno aktivne propulzorske

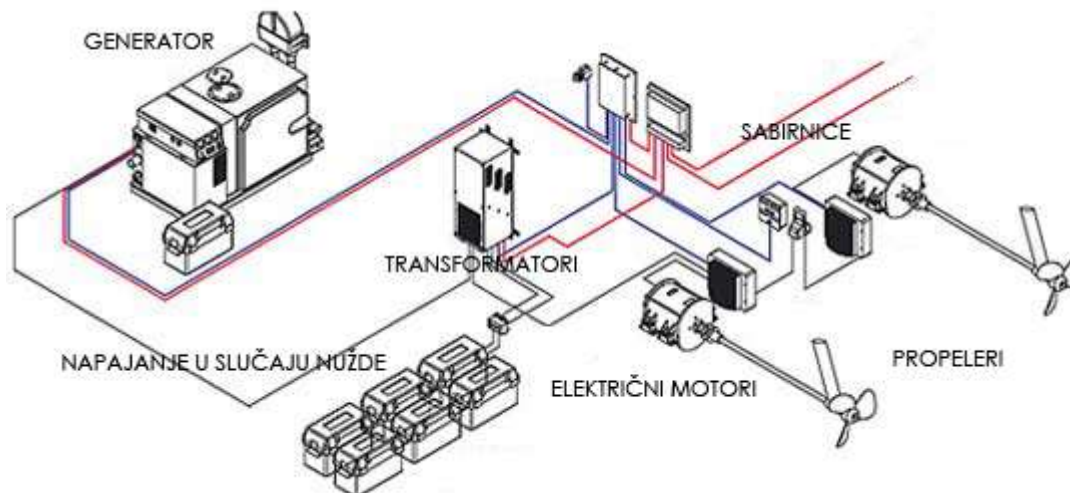
Uslijed kvara jednog od propulzora korištenjem više propulzorskih sustava ostali ispravni mogu automatski preuzeti rad onog u kvaru uz minimalne gubitke i potrošnju. Plovilo kojem otkáže jedan motor ili dogodi se kvar može nastaviti plovidbu sa 60-80% nazivne snage.



Slika 9: Prikaz azimutnih potisnika u paru sa fiksnim krmenim potisnicima

Izvor: [16]

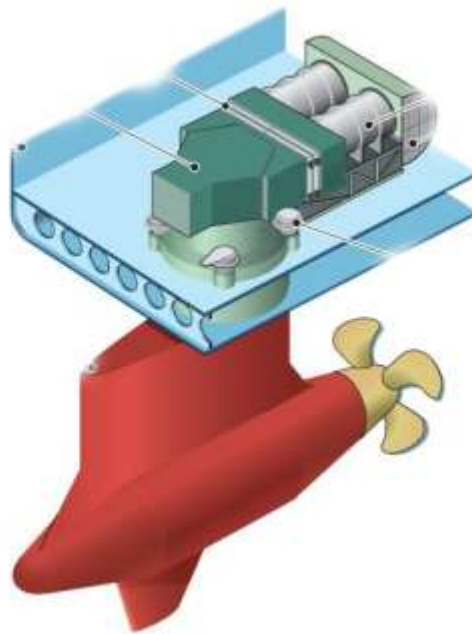
Kod plovila sa sustavim dinamičkog pozicioniranja koriste se diesel-električna propulzija zbog samog oblika sustava koji omogućuje dobru kontrolu nad okretajima i motora i propelera, brze i sigurne prekrete iz „Full Ahead“ u „Full Astern“ te smanjene gubitke jer se ne moraju instalirati veliki reduktori već sa više distribuiranih generatora održava se i potrošnju i nazivnu snagu u optimalnom području.[15]



Slika 10: Prikaz energetskeg sustava dinamičkog pozicioniranja

Izvor: [14]

Nadalje, većina brodova koristi fiksne listove kormila koji također unose poprilične gubitke u sustav i ne dopuštaju rad u 360 stupnjeva tj. brzu mogućnost skretanja. Pravi izbor za Dinamički pozicionirane brodove su Azimutni potisnici tj. AZIPOD potisnici koji omogućuju rad u svim kvadrantima propulzije te omogućuju brzo i sigurno upravljanje u svim smjerovima.



Slika 11: Presjek azimutnog potisnika

Izvor: [18]

Slijedeći sustav je sustav za bočne stupnjeve slobode. Bočni potisnici se nalaze u trupu broda na pramcu i/ili krmi i služe za lakše manevriranje pri nižim brzinama (ispod 5% nazivne brzine). Propeleri tih propulzora su sa zakretnim krilcima i također koriste diesel-električni porivni stroj. Omogućuju plovilu da se okrene za 360 stupnjeva dok ne plovi naprijed ili nazad.

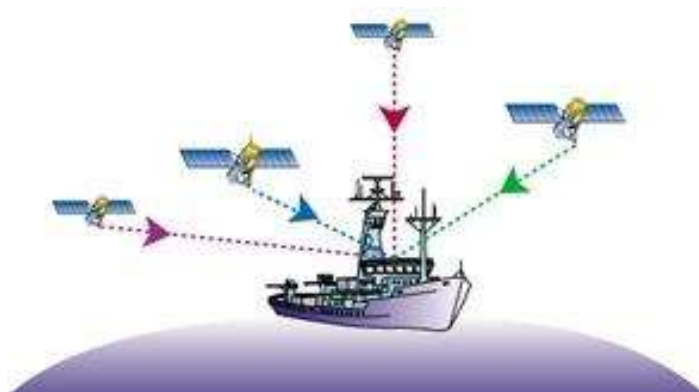


Slika 12: Prikaz bočnog potisnika smještenog na pramcu

Izvor: [18]

### c) Mjerni sustav

Ovaj sustav je integralni sustav Dinamičkog pozicioniranja jer taj sustav određuje lokaciju, prati kurs i zadanu putanju. Sastoji se od više dijelova od kojih su glavni mjerni uređaji, a drugi dio sustav za računanje parametara iz mjernih uređaja.[19]



Slika 13: Način determiniranja lokacije koristeći GPS sustave i satelite

Izvor: [20]

Parametri koji se mjere su:

Vjetar – ovaj parametar se mjeri uređajem zvanim Anemometar, a parametri koji se mjere su brzina vjetra i smjer. Dijeli se na srednju vrijednost jačine vjetra i promjenjivi dio tkz. turbulencija.[19]

Pozicija plovila – ovaj parametar se mjeri GPS sustavom za horizontalnu os i daje geografsku dužinu i širinu s kojom se može plovilo smjestiti u jednu točku omogućujući sustavu da korigira svoju poziciju, senzorima pokreta i žiro-kompasima se dobiju nagibi plovila, zanošenje tj. kurs te poniranje plovila.

Svi ovi parametri ulaze u računalo sustava gdje pomoću njih izračunavaju ostali parametri.

Parametri koji se računaju su:

Utjecaj valova – opisuje se energetske spektrima, Pierson-Moskowitz, Jonswap itd. ali su nefunkcionalni kao sami stoga se uvode Markovljevi procesi. Dije se na Oscilatornu komponentu koja djeluje na plovni objekt i proizvodi oscilatorno gibanje i Posmičnu komponentu koja konstantno djeluje na plovni objekt s tendencijom pomicanja objekta.

Utjecaj morskih struja(DP current) – Modelira se prema akvatoriju u kojem se plovilo nalazi, on je integralni dio matematičkog modela broda.



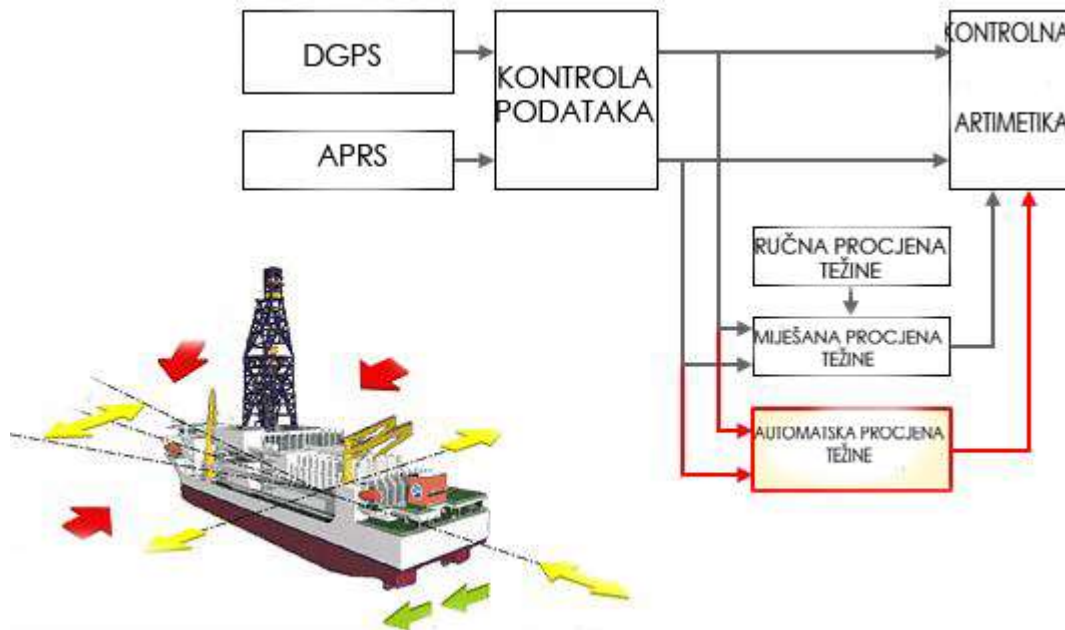
Slika 14: Prikaz sustava za mjerenje brzine i snage vjetra – Anemometar

Izvor: [21]



#### d) Upravljačko informativni sustav

Upravljačko informativni sustav (UIS) služi za prikupljanje, obradu i predviđanje prošlih i nadolazećih događaja te za određivanje dovoljnih kontribucija potisnika tj. njihove snage i smjera da bi se izvršila zadana radnja. On integrira sve gore navedene dijelove u programskom obliku tj. informacije iz mjernih sustava, informacije o poremećajima što ih plovilo samo proizvodi te informacije o akvatoriju u kojemu se nalazi plovilo te ih sumira, obrađuje te predvidi slijedeći događaj i poduzme odgovarajuće poteze da se ti poremećaji eliminiraju. Ne koristi se centralizirano upravljanje već se koristi distribuirani sustav sa čvrstom hijerarhijom. [23]



Slika 15: Prikaz upravljačko informativnog sustava dinamičkog pozicioniranja

Izvor: [22]

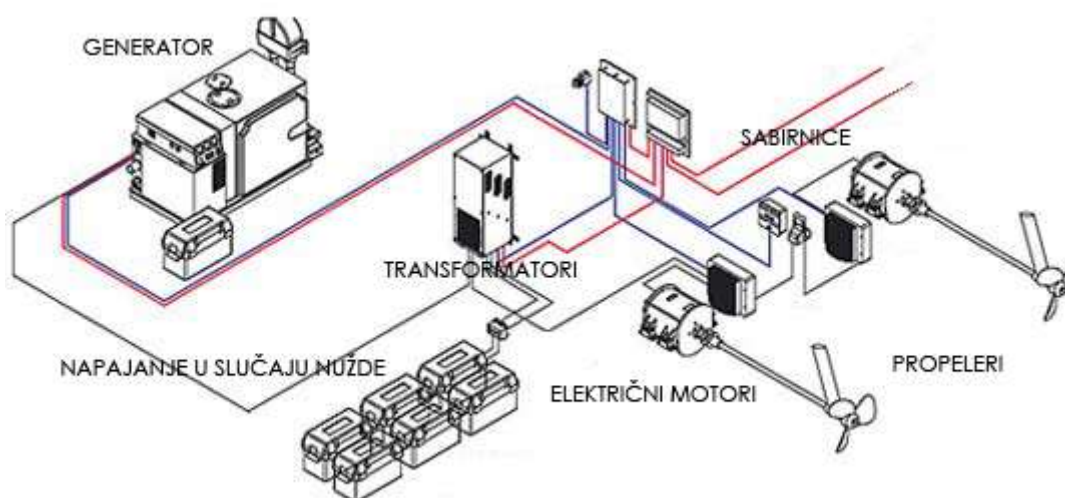
UIS vrši:

- vođenje, upravljanje, reguliranje
- automatsko mjerenje i nadzor
- prezentaciju sustava
- automatsku zaštitu i alarme
- protokoliranje



Potrebno je omogućiti upravljanje ukupne dinamike plovnog objekta, visoku pouzdanost komunikacije između elemenata UIS, zaštitu, nadzor i alarme, neosjetljivost na smetnje, redundanciju i modularnost. Zbog toga se u praksi koriste DP3 sustavi sa tri stupnja zaštite i redundancija. DP3 znači da postoje 3 individualna sustava dinamičkog pozicioniranja koji rade u isto vrijeme. Kvarom jednog od sustava ostala dva preuzimaju rad.

#### e) Energetski sustav



Slika 16: Prikaz energetskog sustava dinamičkog pozicioniranja

Izvor: [14]

Sustav dinamičkog pozicioniranja je vrlo zahtjevan softverski i hardverski stoga energetski sustav mora biti zadovoljavajuće snage i mogućnosti. Energetski sustavi se projektiraju prema vrsti plovila, akvatoriju i djelatnosti koju obavlja. [19]

Najčešće energetska sustava je diesel – electric jer se takav sustav može koristiti na razni niz plovila te je multifunkcionalan i ekonomičan. Često se koriste dvije odvojene strojarne u slučaju otkazivanja jedne uslijed kvara što povećava ukupnu cijenu energetske sustava ali u isto vrijeme poboljšava pouzdanost i raspoloživost. Pod energetska sustava spadaju i izvršni organi koji moraju biti adekvatne snage i kvalitete da izdrže konstantni rad u najgorim uvjetima. Nove generacije frekventnih pretvarača, u rasponu 10 - 1800 (kVA), 660 (V), i 1000 - 20000 (kVA), 3300 (V) uključuju GTO tiristore kao i mikroprocesorske sustave upravljanja. Klasični sustavi korišteni za dinamičko pozicioniranje plovih objekata zasnivali su se na izmjeničnim motorima sa konstantnom brzinom ili na dvo-brzinskim izmjeničnim motorima. Sa ovim sustavima plovi poriv propulzora je se mijenjao promjenom uspona vijka.[1]

## **2.3 Primjena DP-a**

Tehnologija dinamičkog pozicioniranja omogućuje plovilu da održava svoju poziciju i smjer koristeći sofisticirane sustave i senzore kao i svoje porivne sustave. Omogućuje rad plovila u dubljim vodama jer ne ovisi o mogućnosti sidriranja. Najčešće se koristi kod odobalnog crpljenja nafte i plina te kod postavljanja cjevovoda.

Djelatnosti primjene dinamičkog pozicioniranja:

- Brodovi za bušenje, Cijevno-polagači
- Brodovi Dizalice
- Kruzeri
- Brodovi za podršku resursima
- Brodovi za istraživanje podmorja
- Brodovi za eliminiranje mina
- Jaružala
- Survejeri
- Plovila za podršku platformama
- Mega tankeri
- Mega jahte

Sustavi dinamičkog pozicioniranja mogu se spojiti sa ostalim sustavima kao što su energetska sustava i potisnici preko signalnih kabela ili preko LAN mreža. Integrirani sustavi dinamičkog pozicioniranja mogu komunicirati sa drugim sustavima Dinamičkog pozicioniranja na drugim brodovima.

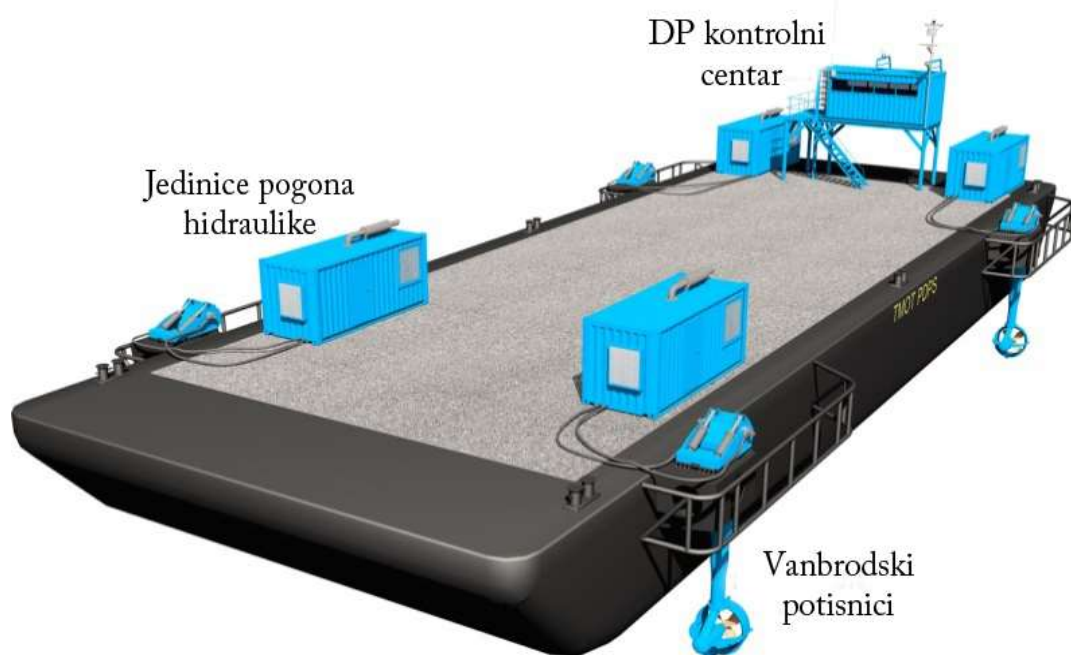


Slika 17: Primjena dinamičkih pozicioniranih sustava – Transport osjetljive opreme

Izvor: [40]

Kontrola visoke preciznosti – Sustavi sa ovom mogućnošću se mogu boriti sa praktički svakim vremenskim neprilikama i održavati naredbe ali uz štetu na ekonomičnost, potrošnju i trošenje materijala.

Kontrola u pojasu sigurnosti – Na uštrb ekonomičnosti i smanjene potrošnje goriva i materijala ova primjena održava plovilu u pojasu od lokacije koja mu je naređena i. tkz. Konsbergova Green DP kontrola. Smanjuje potrošnju za 20% ali za isto toliko smanjuje preciznost.



Slika 18: Primjena dinamičkih pozicioniranih sustava na baržama

Izvor: [24]

### 3. Mobilne odobalne baze (MOB)

#### Uvod

U vojnim operacijama, kako u miru tako i u ratnom razdoblju održavanje i/ili zamjena materijala i osoblja zahtijeva bazu operacija. Zbog političkih situacija kao i ograničenja kretanja u stranim zemljama postalo je povećavajući teže održavati vojnu prisutnost u područjima svijeta daleko od rodne zemlje. Također, održavanje vojne baze u više različitih zemalja je neodrživo kada takve baze nisu potrebne u dužem vremenu. Ovo ostavlja potrebu za nekom vrstom alternativne baze. Kao i uvijek, vojna istraživanja tek nakon desetak godina postanu dostupna široj javnosti. Tako je i mobilna odobalna baza (*Mobile offshore base*) dobila priliku konkurirati za slijedeću generaciju plutajućih struktura na moru.

#### 3.1 Povijesni razvoj mobilnih odobalnih baza

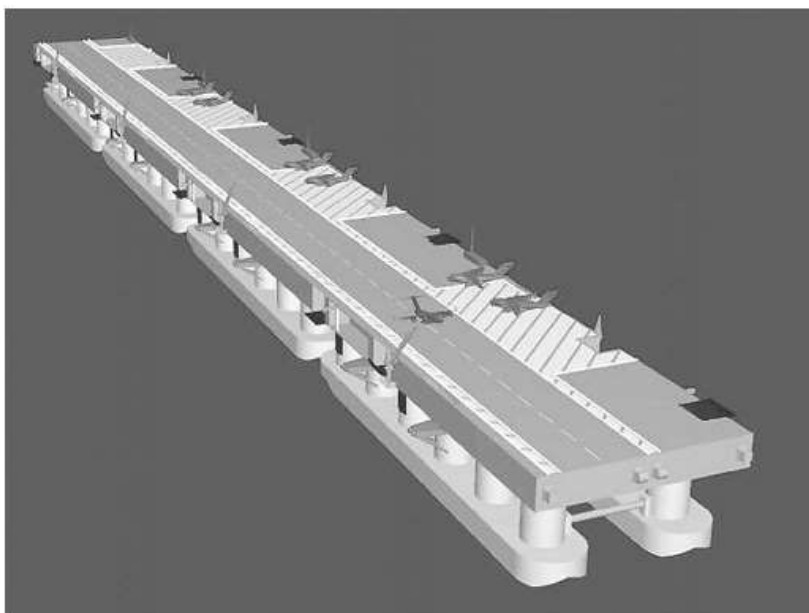
Ozbiljna ideja mobilne odobalne baze je prvi put uzeta u obzir kada su Sjedinjene Američke Države ušle u operaciju „Desert Shield“ 1990-1991. SAD su bile prisiljene koristiti baze svojih saveznika koje su se, osim strogih vojnih pravila, pokazale kao politički osjetljive u slučaju te iste godine sa Saudijskom Arabijom (izbio je međunarodni incident u jednoj od baza). Sa MOB konceptom, SAD može imati bazu bilo gdje u svijetu u čak mjesec dana. Baza je zamišljena da ima virtualno neograničene mogućnosti. Stvoritelji ideje mobilne odobalne baze nisu samo imali viziju da izgrade plutajuću zračnu pistu već bazu u obliku manjeg grada na moru.

„*Joint Mobile Offshore Base*“ je bio MOB koncept za ratovanje, humanitarne i komercijalne operacije. Izgrađena je kasnih 90 godina prošlog stoljeća od strane tvrtke McDermott International, Inc iz Arlingtona u državi Virginiji, SAD. JMOB je bio sastavljen od pet samo pokretnih modula i piste duge kilometar koja je mogla prihvatiti velike avione kao što je C-17 (teretni avion najčešće korišten od NATO-a). Zbog toga je NATO bio zainteresiran za taj koncept u to vrijeme.

Izvještaj predstavljen Američkom kongresu u Travnju 2000. Godine pokazao je da takva baza je tehnološki moguća i može biti izgrađena industrijom SAD-a. Daljnji izvještaj u 2001. Godini Instituta analize obrane SAD-a zaključio je da predviđenih 5-8 milijardi dolara je bilo manje nego druga alternativna rješenja. Nakon pozicioniranja MOB bi vršio svoju namjenu na duge vremenske periode. To znači da mu ne trebaju strukture za prekrcaj i ukrcaj tereta kao tipična luka već bi on sam imao pristanište sa svim potrebnim materijalima i uređajima. [26]

### 3.2 Osnovne značajke mobilne odobalne baze

Mobilna odobalna baza je velika struktura koja ima mogućnost kretanja bez pomoći drugih plovila. Struktura je pred-pozicionirana negdje na otvorenom moru ili bliže obali, ovisno o potrebi i namjeni. Sastoji se od 3-5 platformi i može biti do čak 1500m duga. Modul je poluuronjiva platforma koja se koristi kao komponenta za izgradnju MOB-a.



Slika 19: Mobilna odobalna baza (primjer aerodroma)

Izvor: [25]

### 3.2.1 Dijelovi MOB-a

Trenutna inovacija pruža plutajuću mobilnu odobalnu bazu koja se sastoji od individualnih baznih jedinica spojenih zajedno.

Svaka bazna jedinica se sastoji od:

- barem dva balastna trupa
- potporni stupovi smješteni kroz dužinu donjeg trupa koji su postavljeni vertikalno
- gornji trup spojen na najviši dio stupova donjeg trupa tako da su ti spojevi kroz cijelu dužinu gornjeg trupa
- svaka od individualnih baznih jedinica je spojena međusobno preko velikih metalnih mehaničkih spojki (dva longitudinalna i jedan rotirajući zglobov)
- alokacija potisnika

Mobilna odobalna baza je spojena od više individualnih baznih jedinica na moru i tako stvara kompletnu bazu na moru. Kompletirana mobilna odobalna baza formira avionsku pistu i bazu za opskrbu za avione i helikoptere te također prostorije za skladištenje i transport opreme i osoblja. Bazne jedinice su slične polu-uronjive jedince koje su spojene sa mehaničkim spojkama i/ili U-zglobovima te tako stvaraju kompletnu mobilnu odobalnu bazu. Svaka individualna jedinica je samohodna i sposobna za individualne operacije na široko razdvojenim lokacijama od ostalih dijelova. Donji trupovi su oblikovani u obliku brodskih kobilica(hidro-dinamične sa simetrijom pramca i krme) da bi omogućili kretanje pri operacijskim brzinama u područjima efikasne potrošnje i propulzijskih mogućnosti. Donji trupovi sadrže varijabilne balastne tankove da pruže mogućnosti operacija po raznim režimima. [27]

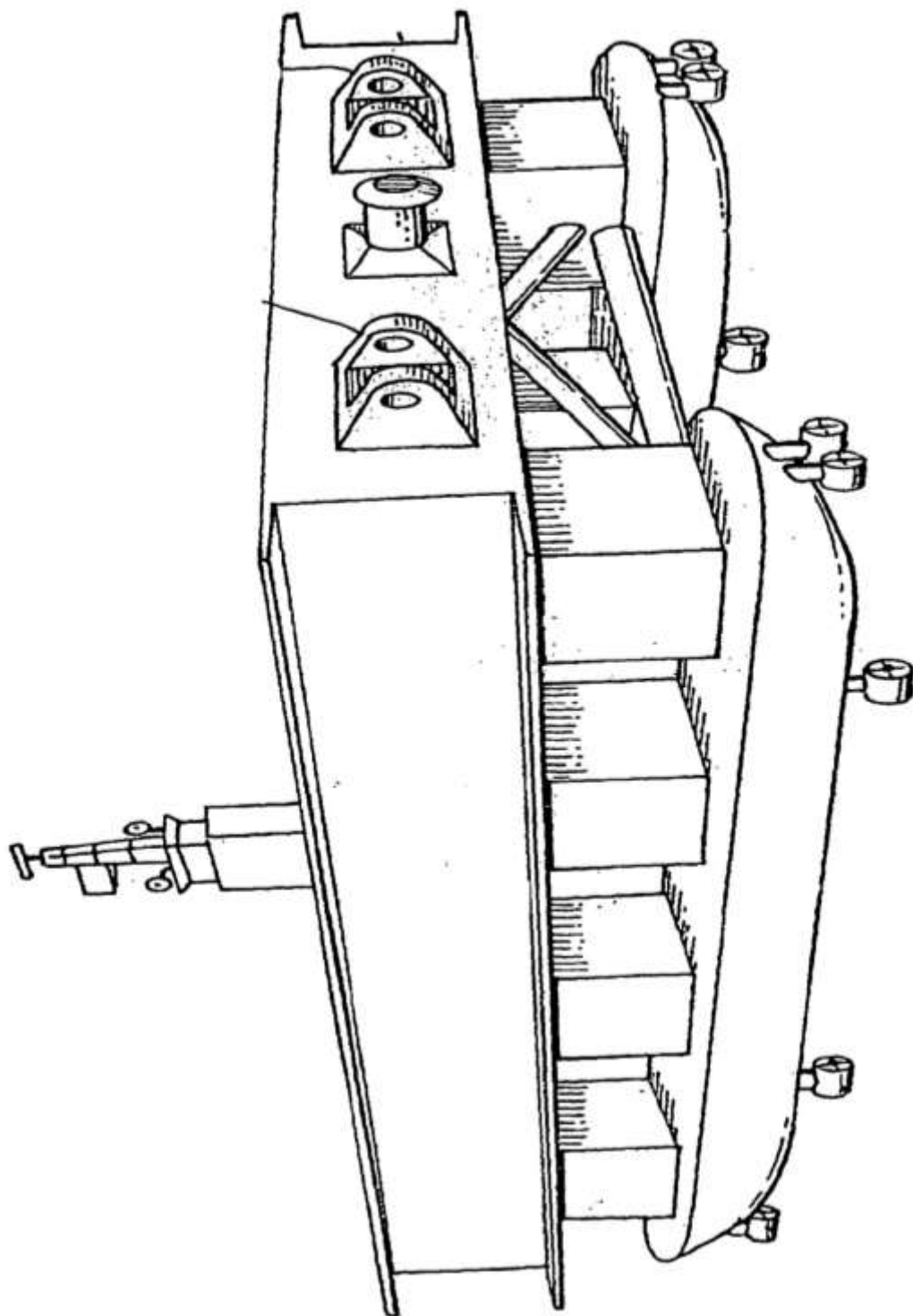
Kod tranzitnog režima balastni tankovi su skoro ispražnjeni i jedinica je u svojoj najvišoj točki da pruži maksimalnu brzinu. Kod potpuno operativnog režima balastni tankovi su potpuno uronjeni što omogućuje stabilnost. Kod opasnog vremena i teškog mora balastni tankovi ispuštaju i pumpaju vodu ovisno o potrebi.

- Dimenzije:
- 300m duljine
  - 152m širine
  - 75.6m visoka
  - Svaki donji trup je 270m dug, 38m širok i 16m visok

Svaka jedinica je kontrolirana sustavom za dinamičko pozicioniranje te ima minimalno 6 potisnika po baznoj jedinici snage cca 16MW.

Slijedeća slika prikazuje individualnu baznu jedinicu.





Slika 20: Bazna jedinica Mobilne odobalne baze

Izvor: [28]

### 3.2.2 Alokacija potisnika

Primarni zahtjev potisnika mobilne odobalne baze je vučna mogućnost tj. porivna snaga pojedinog potisnika. Poželjno je da kombinacija propeler-sapnica radi u prihvatljivo efikasnim razinama tokom kretanja.

Glavne specifikacije individualnog potisnika:

Generalna konfiguracija: Propeler sa fiksnim krilcima, beskonačnom azimutnom rotacijom(AZIPODni potisnik) i sapnicom za usmjeravanje potiska

Vrsta propeler/sapnice: Ka 4-70/19A

Promjer propelera: 7.1 m

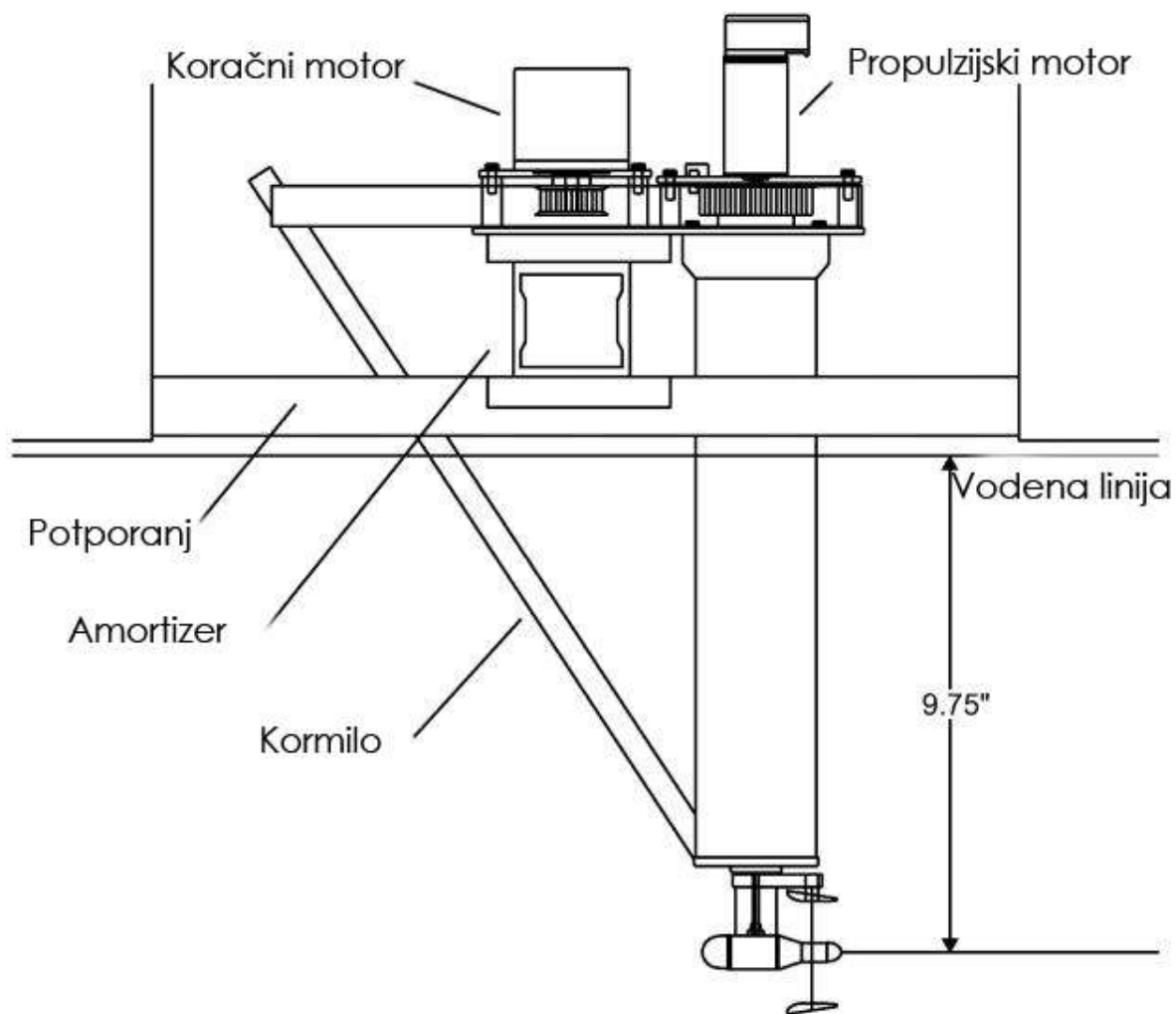
Vrsta poriva: 18.6 MW električni poriv

Vučna sila: 3.1 MN pri dubini od 23m bez kavitacije

Maksimalna brzina propelera: 104 o/min[29]

Ovakav promjer propelera i nagiba lopatica su izabrani da bi optimizirali performanse vučne sile i osovinskog okretnog momenta koji može biti proizveden sa ovakvom konfiguracijom potisnika. Eksperimenti pokazuju da kretanjem iz stanja mirovanja će stvoriti potisak od 3.1 MN pri brzini rotacije propelera od cca 91 RPM. Da bi propeler se tako vrtio potrebno je približno 1.84 MN okretnog momenta i 17.6 MW osovinske snage. Električni motor za poriv bazne jedinice se nalazi na palubi zbog lakšeg održavanja. Donji trup gdje su propeleri je napravljen od betona pa ulaz-izlaz je otežan, čak i nemoguć. Osovina motora je preko prijenosa spojena na azimutni propeler sa ugrađenom sapnicom. Azimutni propeler je dio kormila piona i ima neograničen kut okretanja. Motor na palubi je omogućio duži vijek trajanja motora i propelera jer nije potrebno ispumpati vodu iz piona kormila, nema trošenja i hrđanja elemenata. Morska voda okružuje propeler i pilon kormila te ga zbog toga podmazuje.[29]

Na slijedećoj slici možemo vidjeti azimutni potisnik bazne jedinice MOB-a:



Slika 21: Azimutni potisnik sa motorom iznad razine mora

Izvor: [29]

### 3.2.3 Rastavljivi spojni mehanički spojevi

Dizajn konektora između modula su temeljeni na slijedećim stavkama:

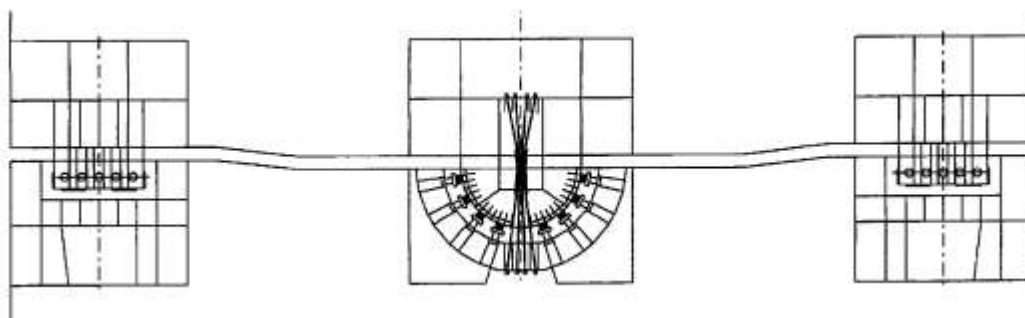
- Relativne kretnje napredovanja, zanošenja, poniranja i ljuljanja među modulima su prigušene u konektorima
- Kretnje zaošijanja i poniranja su dopuštene (inače ne bi mogli skrenuti lijevo-desno i MOB bi se raspao na valovima)
- Koristi se tehnologija fleksibilnog zgloba
- Čelični kabeli su instalirani da preuzmu uzdužne sile između modula

Dizajn omogućuje velike relativne kretnje tijekom spajanja i odvajanja modula. Relativne vertikalne kretnje do 2m su dozvoljene samo tijekom spajanja modula. Dizajne konektorske konfiguracije koristi elastomerne<sup>1</sup> ležajeve, hidrauličke dizalice i odbojnice koji su komercijalno nabavljivi. Naravno, komercijalni elementi se moraju poboljšati jer ovdje se radi o vojnom objektu, a za njih uvijek vrijede rigorozna pravila. Koristimo hidraulične dizalice da bi aktivirali elastomerne ležajeve. Dizalice su spojene zajedno u istom hidrauličnom krugu da se dobije jednaka raspodjela sila i težine na različitim ležajevima. Ovakva konektorska konfiguracija omogućuje brzo odvajanje 4 MOB modula kada se prognozira teško more i oluja. Tijekom odvajanja moduli će se početi primicati jedni prema drugima, a ako se kretanja povećaju preko određenog limita, odbojnici kompenziraju udarce.[30]

---

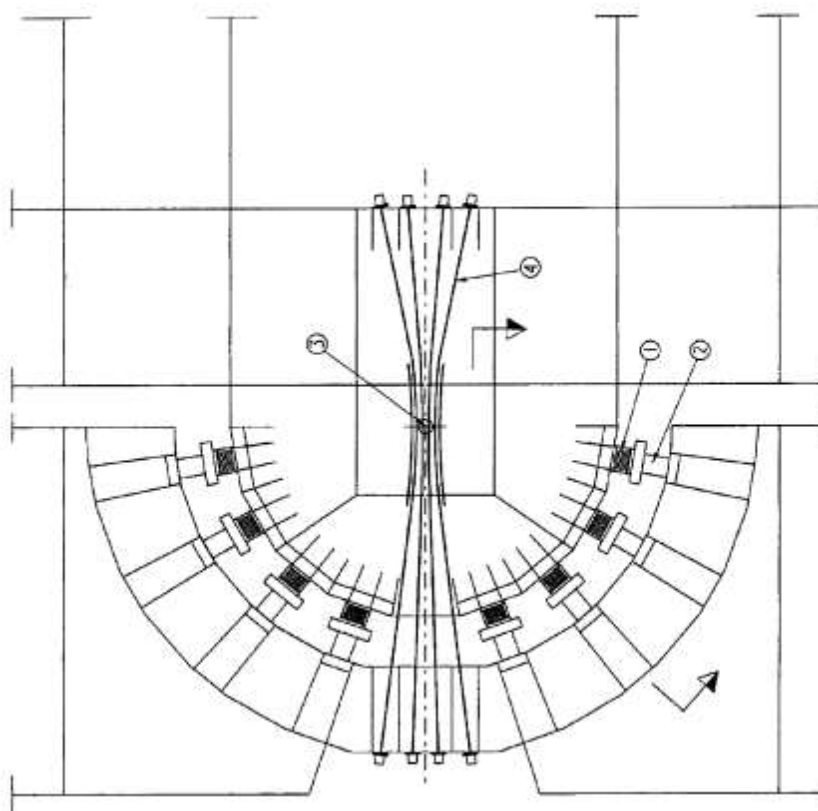
<sup>1</sup> \*Elastomerni ležajevi su deformabilni elementi koji se koriste za prijenos opterećenja s jednog dijela konstrukcije na drugi.

Na slici je prikazan primjer spojeva MOB baznih jedinica:



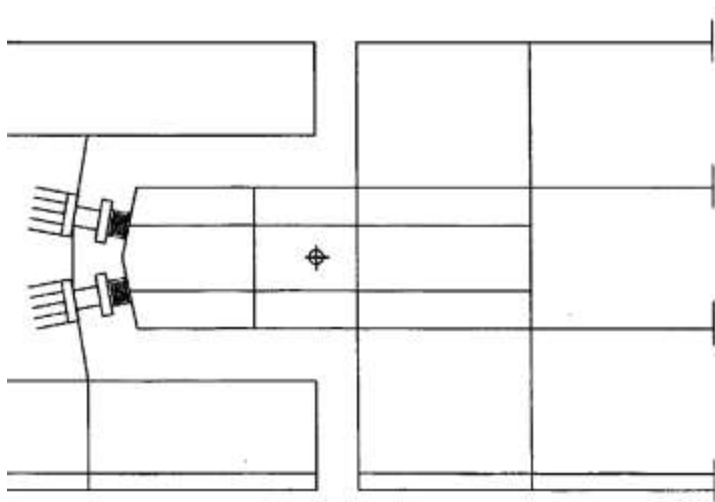
Slika 22: Prikaz konektora mobilne odobalne baze

Izvor: [30]



Slika 23: Prikaz konektora „Kugla i ležaj“

Izvor: [30]



Slika 24: Prikaz čeličnih kabela konektora za uzdužne sile

Izvor: [30]

### 3.3 Primjene MOB-a

Jedna od zahtjeva misije MOB-a su morske i zračne operacije.

Da bi to MOB uspio mora:

- Biti u skladu sa dominantnim vjetrom, lokalnim strujama, valovima itd. koji mogu prouzročiti transverzalne distorzije
- Ostati operabilan za CTOL (*conventional take off and landing*) avione kroz oluju i teško more razine do 6 bofora.
- Odvojiti se da preživi oluje i teška mora iznad 6 beauforta
- Spojiti se kada se vrijeme poboljša tj. spusti ispod razine 6 beauforta

Operacijska raspoloživost za sve zračne operacije je najvažnija mjera efikasnosti ove strukture.

Operabilni modovi MOB baze:

Razdvojeni mod – svaka individualna bazna jedinica održava dogovorenu poziciju i orijentaciju

Spojeni mod – MOB spojena baza održava općenitu poziciju i orijentaciju ili individualne bazne jedinice održavaju relativne pozicije i orijentacije za spajanje

Tranzicijski mod – individualne bazne jedinice su u pripremi za mehaničko spajanje/odvajanje krajeva modula

Djelovanje MOB baze zahtjeva konstantnu prilagodbu prema vanjskim vremenskim uvjetima. Postoje točno određene procedure za svaku vrstu vremenskih uvjeta osim procedura za rekuperaciju nakon kvarova. Popravci se tretiraju posebno u arhitekturi. [31] MOB zasada nema civilne upotrebe ali kad se omogući primjena takve strukture će biti neograničena. Od bušačkih platformi, odobalne luke, odobalna industrija, odobalna zračna luka, istraživački centar, grad na otvorenome moru. Najveći doprinos bi bio pokretni most koji jedno vrijeme stoji na jednom mjestu a već drugo negdje drugdje gdje je potreban.

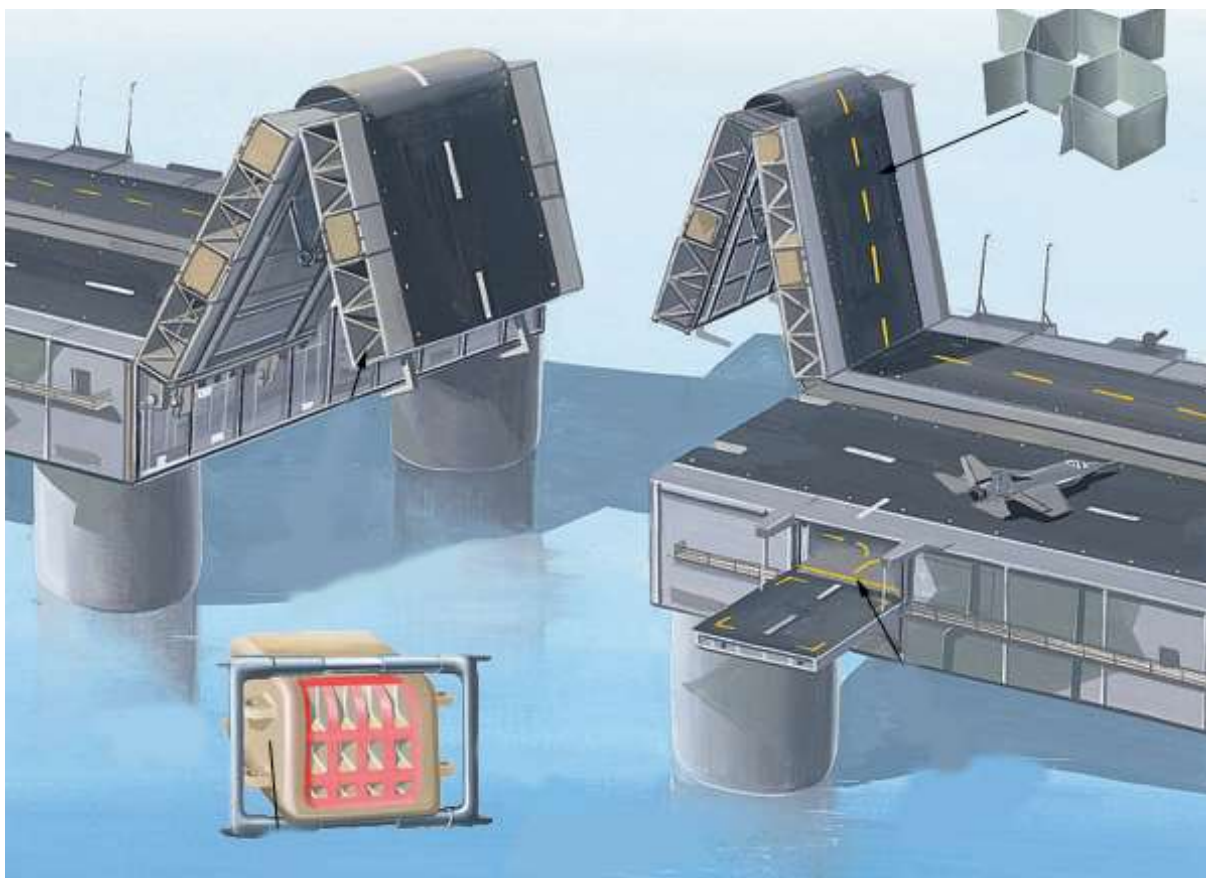
Primjer budućeg MOB-a:



Slika 25: Prikaz Mobilne odobalne baze u budućnosti, Vojna primjena

Izvor: [32]





Slika 26: Prikaz primjene mobilne odobalne baze, Civilna primjena

Izvor: [33]



Slika 27: Prikaz primjene mobilne odobalne baze, Trgovačka primjena

Izvor: [33]

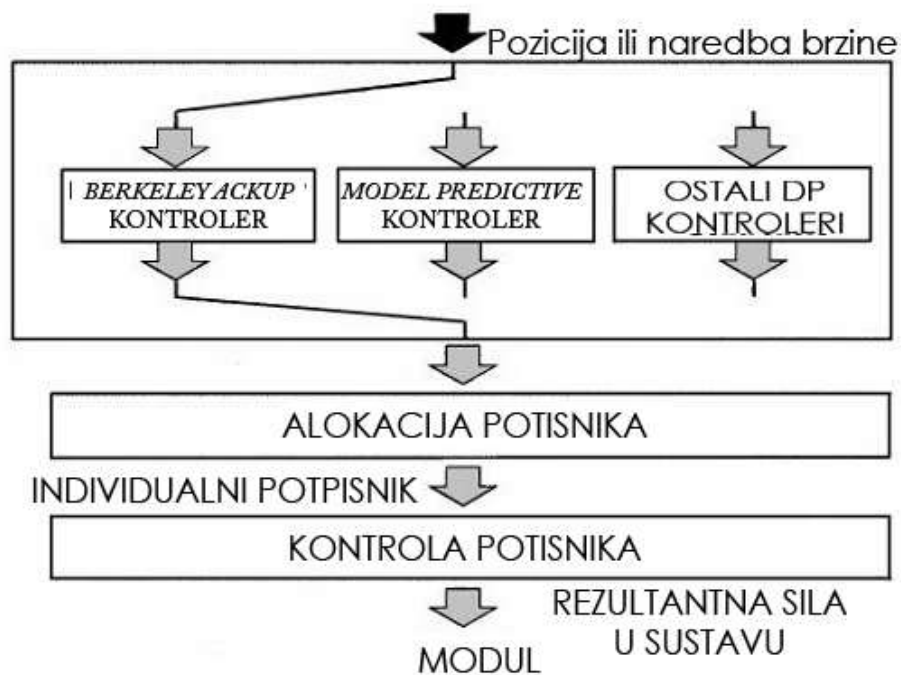
### 3.4 DP sustavi za MOB

Sustav za dinamičko pozicioniranje MOB-a i baznih jedinica je hijerarhijskog oblika što znači da će uvijek jedan ili nijedan bazni modul biti glavni a ostali sporedni. Sporedni će dobivati naredbe o poziciji od glavnog modula.

Manevarske kretnje koji spadaju pod dinamičko pozicioniranje:

- Spajanje ili odvajanje više komponenata MOB-a
- Reorijentacija cijelog MOB-a prema vjetru
- Održavanje pozicije

Ovakva arhitektura distribuira informacije i kontrolu kroz module te brzo djeluje na iznimke i nastale pogreške, vanjske ili unutarnje. Sastoji se od nižih i viših slojeva hijerarhije. Niži sloj uključuje kontinuirane kontrolere koji su u interakciji sa senzorima i aktuatorima (alokacija potisnika) da bi održali MOB u željenoj poziciji. Viši sloj je logička razina i programiranje samom sustava. Taj sloj je opremljen diskretnim sustavima koji se koriste za koordinaciju manevriranja, detekciju i otklanjanje grešaka te rekonfiguraciju MOB baznih jedinica. Zajedno ovi slojevi sekvencijalno organiziraju optimalne koordinirane putanje za sve bazne jedinice (globalna kontrola), za pojedine bazne jedinice(modularna kontrola), generiraju optimalne režime ovisno o putanji te optimalne kontrole elektro-energetskog sustava (lokalna kontrola). Zbog njihovih velikih veličina i težina, VLF (*very large floating structures*) strukture zahtijevaju specifično dinamičko stacioniranje. Zahtjevi su jako kompleksni je cijeli sustav zahtijeva kontinuirane i diskretne funkcionalnosti kroz više vremenskih skala. Problem dinamičkog pozicioniranja proizlazi iz toga što imamo posla sa više od jednog plovnog objekta čije se uloge, relativne pozicije i ovisnosti mijenjaju tijekom operativnog vremena. Da bi se postigli takvi kompleksni zahtjevi cijela arhitektura je složena od mreže hibridnih sustava za dinamičko pozicioniranje koji koriste programski jezik Shift.[34]



Slika 28: Model dinamičkog pozicioniranja MOB-a

Izvor: [34]

Opis elemenata sustava za dinamičko pozicioniranje:

- *Berkeley Backup* kontroler – redundancija kontrolera za nelinearno dinamičko pozicioniranje
- *Model predictive* kontroler – kontroler koji vrši predviđanje na osnovu informacija o vanjskim uvjetima
- Ostali DP kontroleri – Generički kontroleri bez specijalne namjene. Služe većinom za održavanje pozicije
- Alokacija potisnika – Lokacija na trupu, snaga i porivna moć potisnika
- Kontrola potisnika – računalni sustav za kontrolu potisnika [34]

Cassete tim sa Sveučilišta iz Kalifornije je razvio nelinearni kontroler za dinamičko pozicioniranje specijaliziran za mobilne odobalne baze. Sustav koristi više stupanjsku kontrolu mobilne baze, dinamičku kontrolu kroz razne režime operacija. Koristi algoritme kao što su Slotine i Li algoritmi.

Sustav se može implementirati u svojoj robusnoj i adaptivnoj formi ovisno o režimu koji nalaže operacija. Sustav unosi informacije o poziciji i brzini, te naredbe istih u program i na izlaz šalje pobudu na aktualizatore za kretanje modula. Kontroler također koristi informacije dobivene iz sloja koordinacije manevara koji objedinjuje sve informacije od ostalih baznih jedinica. Većinom vremena sustav održava poziciju a zbog njegove velike težine to se lako postiže sa inercijom. MOB koji je potpuno spojen se znatnije pomiče tek u teškom vremenu od 3 bofora. [35] Dinamičko pozicioniranje se vrši preko tromosti same strukture preko minimalno osam potisnika po baznoj jedinici.

Metode dinamičkog pozicioniranja kod spajanja/odvajanja baznih jedinica:

- Prati vođu(prvi modul) – prvi modul u nizu je označen kao vođa i on izdaje naredbe. Drugi modul prati kretanju prvog modula, a treći modul prat kretanje drugog modula itd. Drugim riječima, svaki modul osim prvog vidi modul koji je ispred njega i oponaša njegove kretanje. Loše karakteristike ove metode je sklonost prema sudarima zbog tromosti dinamičkog sustava za pozicioniranje. Ovo je najjednostavnija metoda.
- Prati vođu(modul u sredini) – Isto kao i prva metoda samo što je modul u sredini označen kao vođa. Sa ovom metodom eliminirana je sklonost prema sudarima jer sada okolni modulu prate modul u sredini. Sustav radi brže jer se promjene događaju puno brže.
- Bez vođe – svaki modul je kontroliran tako da prati inercijsku referencu i poziciju susjednih modula. Ovo je najkompleksnija metoda ali je daleko najbrža kod pitanja spajanja/odvajanja. Poseban program se mora izvoditi za kontrolu svakog pojedinog modula kao individualni plovni objekt.

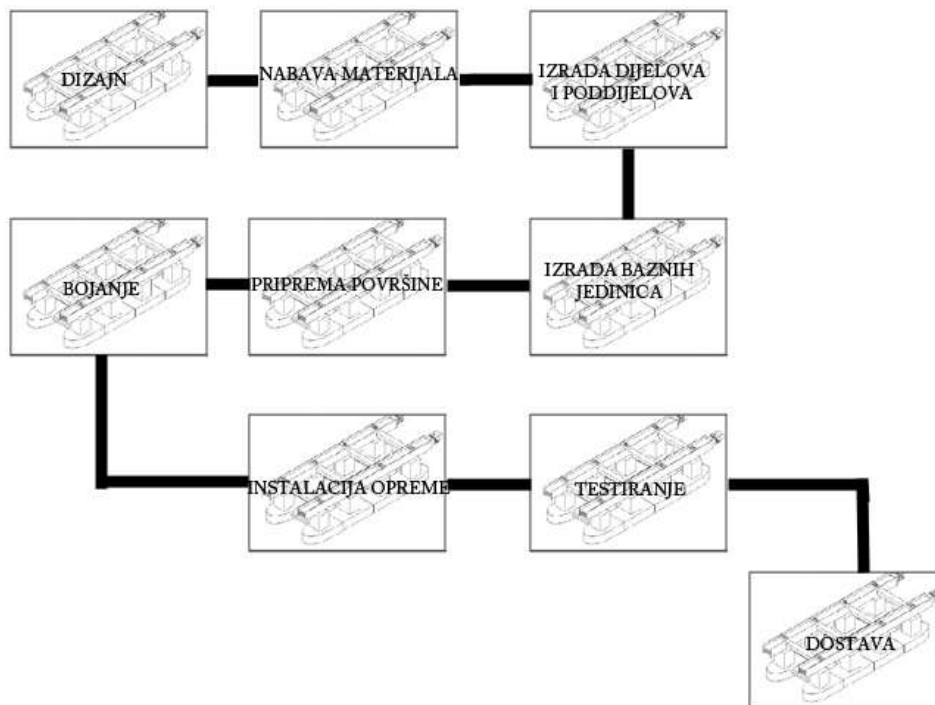
## 4. Projektiranje dinamički pozicioniranih mobilnih odobalnih baza

### Uvod

Projektiranje bilo kojeg objekta bilo to na kopnu ili na moru potrebno je izvršiti pripremu tj. odrediti koji uvjeti moraju biti zadovoljeni da se taj objekt održivo isplati kroz određeni broj godina.

„Lud je čovjek onaj koji gradi svoju kuću na pijesku“ – Isus Krist, što u prevedenome znači, zašto bi gradili plovilo za jedan akvatorij ako nije projektiran baš za taj akvatorij.

Projektiranje je podijeljeno niz etapa u kojima se odvijaju procesi planiranja, izgradnje, testiranja i djelatnosti tog plovila.



Slika 29: Niz etapa proizvodnje mobilnih odobalnih baza

Izvor: Autor

## **4.1 Prikupljanje informacija za izradu projektne dokumentacije**

Ovo je najvažniji segment u projektiranju mobilnih odobalnih baza i plovila općenito jer ako pogriješimo u prikupljanju informacija u početku naše plovilo će imati pogreške i neće funkcionirati kako je to i zamišljeno.

Prikupljanje informacija daje odgovor na slijedeća pitanja:

1. Kakav je akvatorij koji pokriva djelatnost toga plovila – Zatvoreno more, jezera, rijeke, tranzitna središta, luke, terminali itd.
2. Kakav je geografski položaj tog akvatorija tj. područja djelovanja plovila – Razmještaj planina, GPS dostupnost, razlika tlakova koji stvaraju vjetar
3. Vrste vanjskih poremećaja – Kakva su godišnja doba u tom području djelovanja, kolika snaga vjetrova se stvara, Kolika je visina valova i jačina morskih struja
4. Koja je primjena plovila? Što se traži od plovila tj. što može obavljati i sa kolikom preciznošću?
5. Koja je razina sigurnosti i redundantnosti zadovoljavajuća za uvjete navedene gore?[26]

### **4.1.1 Namjena mobilne odobalne baze**

Mobilne baze se mogu izgraditi u obliku bušačkih platformi koje buše veliki dio podmorja u isto vrijeme, a održavane su sa jednim plovilom zbog neposredne blizine, u obliku odobalnih luka za prekrcaj tereta i putnika za deriviranje fosilnih goriva i zračna luka. Prema tim djelatnostima se mobilne baze i moraju projektirati. Za bušačke platforme nije bitno graditi sletišta za avione (CTOL) već je moguće samo izgraditi jednu baznu jedinicu za slijetanje helikoptera i čak bez sletišta jer je većina opskrbljivana sa „Reefer“ brodovima tj. brodovima za podršku Odobalnih baza. Zračne luke na mobilnim odobalnim bazama bi trebali imati ugrađena pristaništa za brodove više vrsta te sletišta za razne avione i helikoptere. Industrijska postrojenja bi trebala biti automatizirana i imati samo mali broj aktivne posade te ugrađena pristaništa za tankere, plinaše i kemikalce. Mobilne baze koje su dugi period u statičkoj lokaciji ne moraju koristiti GPS sustave već mogu hidroakustičkim pozicioniranjem tj. pozicioniranjem sonarom održavati svoju

lokaciju. Mobilne odobalne baze koje se projektiraju za burne akvatorije mogu imati na svojim podvodnim trupovima stabilizatorska krilca za minimizaciju ljuľanja. Ovisno o djelatnosti koju će mobilna baza odrađivati se tako i projektira

#### **4.1.2 Vanjski poremećaji**

Ovisno o geografskom smještaju akvatorija djelatnosti mobilne odobalne baze moramo uzeti u obzir snage vanjskih i vremenskih poremećaja kao i poremećaje koje mobilna baza uslijed svoje djelatnosti unosi u sustav. [37]

Neki od tih poremećaja su:

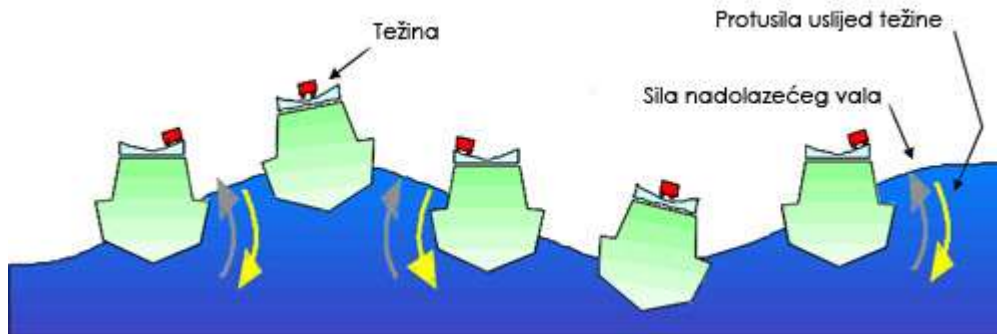
a) Vjetar

Vjetar je najbitniji dio koji se mora modelirati u sustavu jer on određuje snagu i amplitudu valova, morske struje, trenje na velike površine mobilne baze te on zbog toga ima tendenciju pomicanja mobilne odobalne baze sa pozicije koja joj je naređena. Geografska područja između planinskih masiva imaju najjače nalete vjetra. Na takvim mjestima se ugrađuju u mobilne baze uređaji i oprema koja se moųe suprotstaviti takvim poremećajima. Ovaj parametar se mjeri uređajem zvanim Anemometar, a parametri koji se mjere su brzina vjetra i smjer. Dijeli se na srednju vrijednost jačine vjetra i promjenjivi dio tkz. Turbulencija.

b) Valovi

Valovi se dijele prema mehaničkoj snazi, amplitudi i frekvenciji te na Oscilatornu komponentu koja djeluje na plovni objekt i proizvodi oscilatorno gibanje i Posmičnu komponentu koja konstantno djeluje na plovni objekt s tendencijom pomicanja objekta. Ovisno o akvatoriju na kojem se mobilna baza nalazi moramo izraditi matematički model koji će odgovarati tim valovima u tom akvatoriju. Valovi djeluju smičnom silom i imaju tendenciju pomicanja mobilne odobalne baze sa lokacije koja joj je naređena. Valovi mogu djelovati na mobilnu odobalnu bazu samo u onom dijelu kojim je ona uronjena ali čak i ta mala površina je dovoljna za pomicanje jer podvodni dio

je temelj stabilnosti svakog plovila. Laganim pomicanjem podvodnog dijela se pomiče i nadvodni dio plovila u većem gradijentu, dolazi do ljuljanja, a brod počinje kliziti u stranu u koju valovi udaraju. Valovi se opisuju energetske spektrima kao što su Pierson-Moskowitz, Jonswap itd. ali su nefunkcionalni kao sami stoga uvodimo Markovljeve procese.



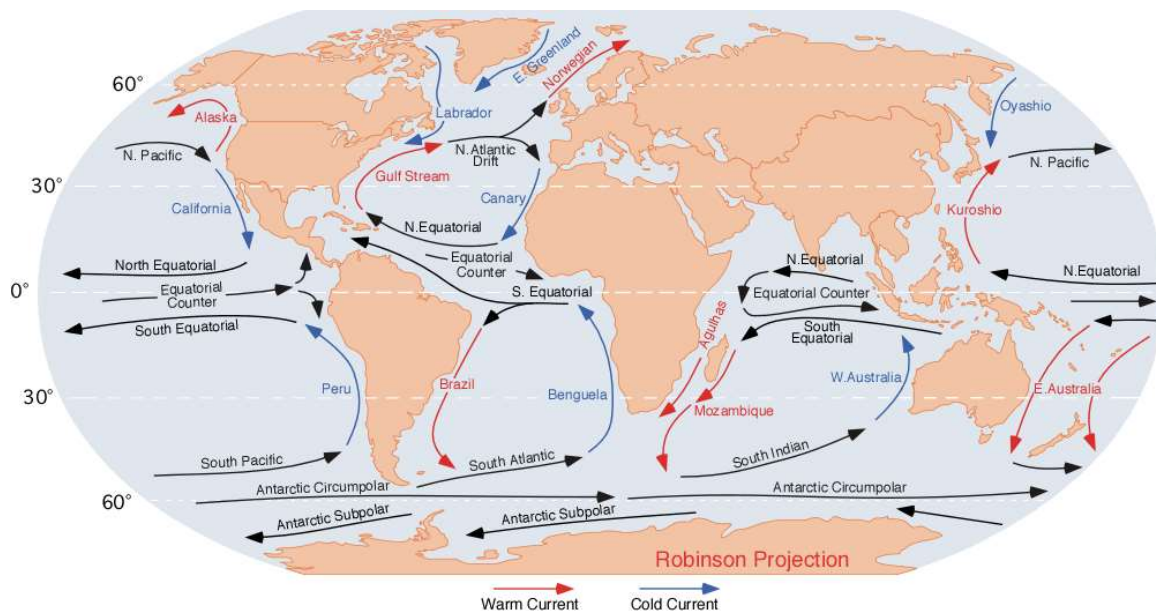
Slika 30: Utjecaj valova na plovilo

Izvor: [6]

#### c) Morske struje

Morske struje su kontinuirane i usmjerene kretanje morske vode koje nastanu od sila kao što su lomljenje valova, uslijed vjetrova, Coriolisove sile, gravitacijskog privlačenja mjeseca, razlike temperature i saliniteta te plime i oseke. Neke su promjenjive i kratke dok druge kao npr. Gofrska struja je konstantna i ne mijenja se. Za konstantne morske struje nema prevelikog problema jer znamo kolike su magnitude i koji im je smjer. Za nelinearne morske struje moramo napraviti algoritam koji će automatski filtrirati te poremećaje iz sustava. Morske struje se dijele na duboke i površinske. Duboke mogu imati utjecaj samo na podmornice, a za potrebe mobilne baze djelujemo samo na površinske, a to su one stvorene vjetrom.





Slika 31: Prikaz morskih struja u svjetskim morima

Izvor: [38]

d) Poremećaji uslijed rada same mobilne odobalne baze

Djelatnosti mobilne baze kao što su slijetanja aviona, prekrcaj/ukrcaj/iskrcaj spajanje mobilnih baznih jedinica, polaganje kabela i ostale slične primjene unose u sustav poremećaje u obliku vanjskih sila, naprezanja, pomicanja, poniranja na koje moramo računati kod projektiranja sustava.

### 4.1.3 Odabir potisnika (alokacija) plovila sa DP sustavom

Da bi se mobilna odobalna baza mogla suprotstaviti vanjskim poremećajima moramo na svaku baznu jedinicu, jer one mogu i moraju raditi kao individualne bazne jedinice, propulzorske sustave koji će omogućavati adekvatan poriv i smjer koji može eliminirati te vanjske poremećaje. Ova etapa projektiranja se vrši nakon etape određivanja vanjskih poremećaja. Vremenski poremećaji su omni-direkcionalni stoga i potisnici moraju imati mogućnost da pruže potisak u svih 360 stupnjeva slobode. Uz to ti potisnici moraju imati i mogućnost konvencionalnih porivnih sila za longitudinalan smjer plovila.

Jedan primjer individualnog propulzora:

Propeler sa fiksnim krilcima, beskonačnom azimutnom rotacijom (AZIPODni potisnik) i sapnicom za usmjeravanje potiska

Vrsta propeler/sapnice: Ka 4-70/19A

Promjer propelera: 7.1 m

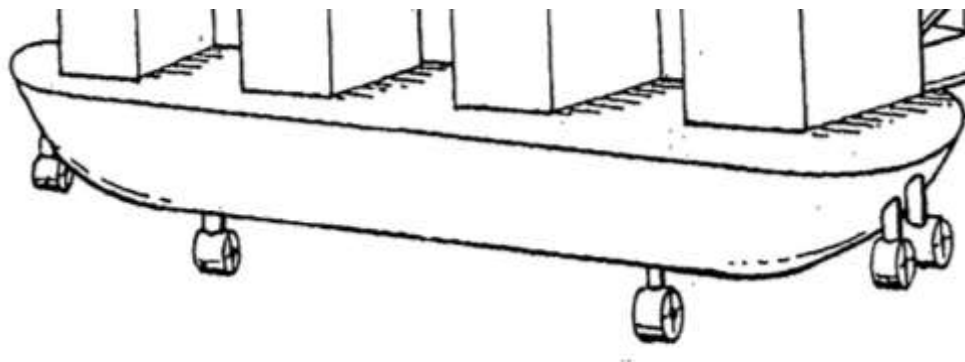
Vrsta poriva: 18.6 MW električni poriv

Vučna sila: 3.1 MN pri dubini od 23m bez kavitacije

Maksimalna brzina propelera: 104 o/min

Često se na veće platforme i mobilne odobalne baze smješta veći broj propulzorskih sustava zbog povećane snage, raspoloživosti i pouzdanosti. Veći broj propulzorskih sustava zahtijeva i bolje računalne sustave koji mogu brzo računati dovoljan potisak potreban za održavanje narinute naredbe.

Zbog zahtjeva za redundancijom ugrađuju se dvo-vijčani propeleri, a glavni motori su diesel – električni zbog očite korisnosti kod prekreta, ekonomičnosti i kontrole broja okretaja. Ti motori su obično smješteni u strojarnici unutar trupa mobilne odobalne baze tj. iznad vodene linije gdje sa reduktorom i propulzijskom osovinom predaju mehaničku energiju na propelere. Korištenjem azimutnih propulzora u njih se mogu ugraditi veći propeleri većeg promjera jer postoji puno slobodnog prostora između propelerske osovine i trupa mobilne baze. Uz očita povećanja promjera propelera još se ugrađuju sapnice za dodatno usmjerenje mlaza i protoka vode.[39]



Slika 32: Podtrup Bazne jedinice Mobilne odobalne baze

Izvor: [28]

## 4.2 Tehnologija izgradnje mobilne odobalne baze

Nakon prikupljanja informacija i zahtjeva projekatata, same djelatnosti mobilne odobalne baze i naručitelja kreće se u izgradnju. Zbog modularnosti mobilne bazne jedinice se mogu graditi na više brodogradilišnih lokacija. Time se prelazi sa centralizirane izgradnje u distribuiranu izgradnju čime se povećava brzina izgradnje takvih struktura. Mobilne odobalne baze imaju trupove koji se sastoje od pontona i potpornih stupova koji imaju dovoljnu plovnost da baza može slobodno plutati ali i dovoljnu težinu da baza stoji upravno.

Etape izgradnje su:

- Podvodni – podtrupni dio
- Nadvođe/nadgrađe
- Ugrađivanje konektora
- Ugrađivanje računalne podrške
- Testiranje

#### 4.2.1 Podvodni - podtrupni dio

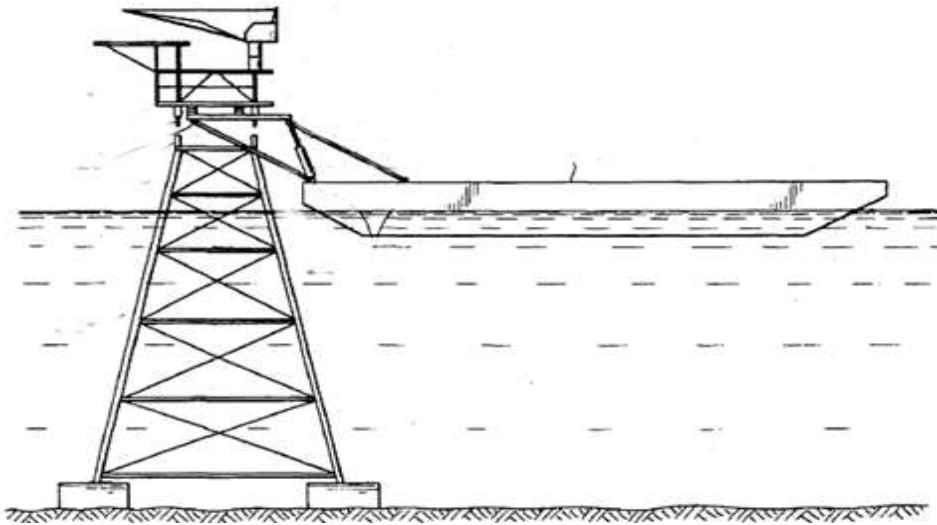


Slika 33: Podtrupni dio mobilne odobalne baze

Izvor: [40]

Podtrupni dio je onaj dio koji je u kontaktu sa morskom površinom. On je ujedno temelj mobilne odobalne baze. Podtrup se sastoji od pontona koji omogućavaju slobodno plutanje i potpornih stupova koji će držati nadgrađe. Svaki podtrup se sastoji od barem dva balastna trupa, potpornih stupova smještena kroz dužinu donjeg trupa koji su postavljeni vertikalno i gornji trup spojen na najviši dio stupova donjeg trupa tako da su ti spojevi kroz cijelu dužinu gornjeg trupa. Na podtrup se instaliraju propulzori a u potporne stupove osovine i reduktori sa elektromotora na nadgrađu. Podtrupovi se proizvode u brodogradilištima, a tehnologija gradnje je već odavno usavršena jer je na principu gradnje već poznatih Odobalnih platformi za bušenje podmorja. Materijal za izradu podtrupova je pretežno čelik prekriven antikorozivnom zaštitom, beton kod statičnih baza, a rijetko je izrađen od aluminija ali samo kod mobilnih baza posebne namjene. U podtrup se ugrađuju balastni tankovi, stabilizatorska krilca, podtrupni azimutni potisnici sa osovinama i reduktorima i bočni potisnici za lakše okretanje mobilne odobalne baze. Potrebno je izgraditi dovoljno široki podtrup da se osigura dovoljna stabilnost kod ljuljanja. Dužina mobilnih baznih jedinica je standardizirana jer se spajaju u dužinu stoga nije bitno koliko je jedinica duga kada se može spojiti njih više u seriju da se postigne odgovarajuća duljina. Najčešći podtrupovi su 270m dugi, 38m široki i 16m visoki. Svaka jedinica je kontrolirana sustavom za dinamičko pozicioniranje te ima minimalno 6 potisnika po baznoj jedinici snage cca 16MW. [27]

#### 4.2.2 Nadvođe/nadgrađe

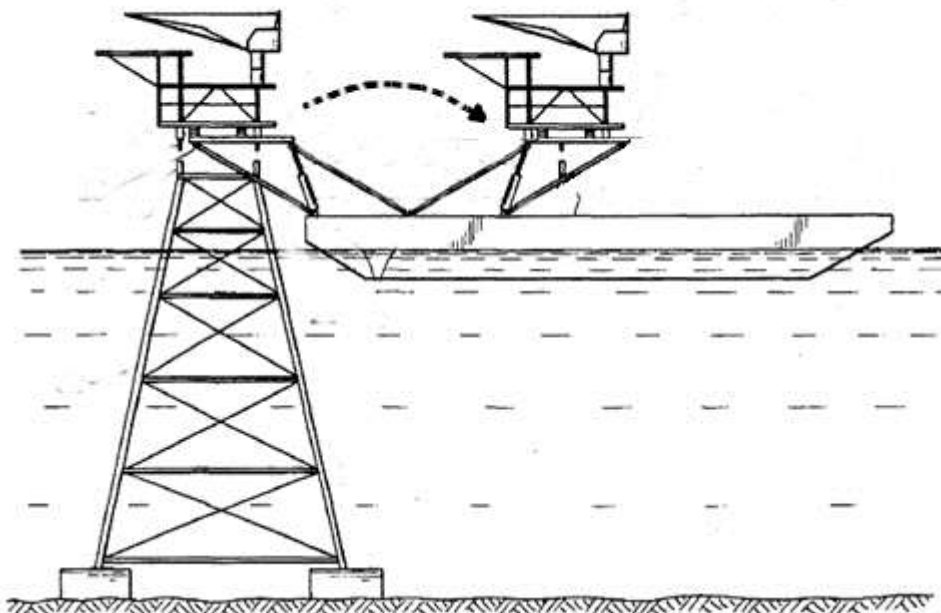


Slika 34: Primjer gradnje nadgrađa mobilnih odobalnih baza i platformi

Izvor: [41]

Nadgrađe se može izgraditi na različitoj lokaciji nego podtrup ali se zbog toga nekako mora ugraditi na podtrup. Nadgrađa su objekti koji se grade prema djelatnosti koju izvode. Neke od nadgrađa su civilna središta, sletišta za avione, prekrcajna mjesta za kontejnere, brodska pristaništa, terminali, vojna središta, kontrolna središta, cijevopolagačka središta, industrijska zona, bušilice podmorja, skeneri i mjerni uređaji. Nadgrađe će morati zadovoljavati uvjete navedene u gornjem dijelu tj. o vanjskim poremećajima te geografske lokacije, zadovoljavati hidro i aerodinamičke uvjete te zahtjeve naručitelja i djelatnosti koju će obavljati.

Nakon izgradnje nadgrađa ono se mora ugraditi na podtrup. U slijedećim rečenicama naveden je jedan od načina smještanja nadgrađa na podtrup.



Slika 35: Primjer gradnje nadgrađa mobilnih odobalnih baza i platformi – instalacija

Izvor: [41]

Konstrukcija i vuča odobalnog nadgrađa se vrši dok je nadgrađe u vertikalnoj poziciji uz minimalni vanjske poremećaje jer nadgrađe nije fiksirano na podtrup te ne zadovoljava uvjete za koje je projektiran. Vuča se vrši sa brodovima za vuču „Remorkerima“ do fiksne građevine u plitkim morima. Instalacijom dijela ili cijelog nadgrađa na fiksnu građevinu pomoću dizalica se sa hidrauličkim nosačima koji će svojim radom prebaciti nadgrađe ili dio nadgrađa na podtrup koji je uronjen djelomično pomoću balastnih tankova. Radnici nakon smještanja nadgrađa na potporne stupove vare spojeve ili spajaju stupove i nadgrađe sa zakovicama ili mehaničkim spojevima te zglobovima radi lakše eliminacije vibracija i neželjenih poremećaja. Podtrup je fiksiran za građevinu sa odbojnicima i lancima te rijetko užadi. U zadnjim fazama instalacije težina cijele bazne jedinice je već velika te ona može čak i slobodno plutati. U slučaju da moramo postaviti više nivoa nadgrađa jer su neka nadgrađa tako izvedena pumpamo zrak u balastne komore s ciljem da se cijela građevina podiže te nama olakšava cjelokupnu instalaciju.[41]



Slika 36: Transport elemenata nadgrađa mobilnih odobalnih baza i platformi

Izvor: [42]

#### **4.2.3 Instalacija rastavljivih spojnih mehanizama**

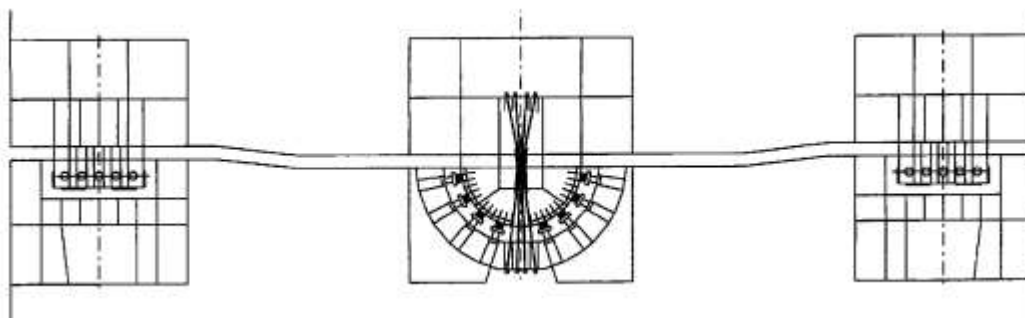
Konektori su jedan od najvažnijih dijelova mobilnih baznih jedinica jer prenose snagu, energiju i drže cjelinu mobilne odobalne baze na okupu. Sastoje se od raznih kugličastih ležajeva, fiksnih držača i elastomernih ležajeva. Koristimo hidraulične dizalice da bi aktivirali elastomerne ležajeve. Dizalice su spojene zajedno u istom hidrauličnom krugu da se dobije jednaka raspodjela sila i težine na različitim ležajevima. Ovakva konektorska konfiguracija omogućuje brzo odvajanje 4 MOB modula kada se prognozira teško more i oluja. Tijekom odvajanja moduli će se početi primicati jedni prema drugima, a ako se kretnja poveća preko određenog limita, odbojnici kompenziraju udarce.

Dizajn konektora između modula su temeljeni na slijedećim stavkama:

- Relativne kretnje napredovanja, zanošenja, poniranja i ljuljanja među modulima su prigušene u konektorima
- Kretnje zaošijanja i poniranja su dopuštene (inače ne bi mogli skrenuti lijevo-desno i MOB bi se raspao na valovima)
- Koristi se tehnologija fleksibilnog zgloba
- Čelični kabeli su instalirani da preuzmu uzdužne sile između modula [43]

Tijekom odvajanja moduli će se početi primicati jedni prema drugima, a ako se kretnja poveća preko određenog limita, odbojnici kompenziraju udarce.

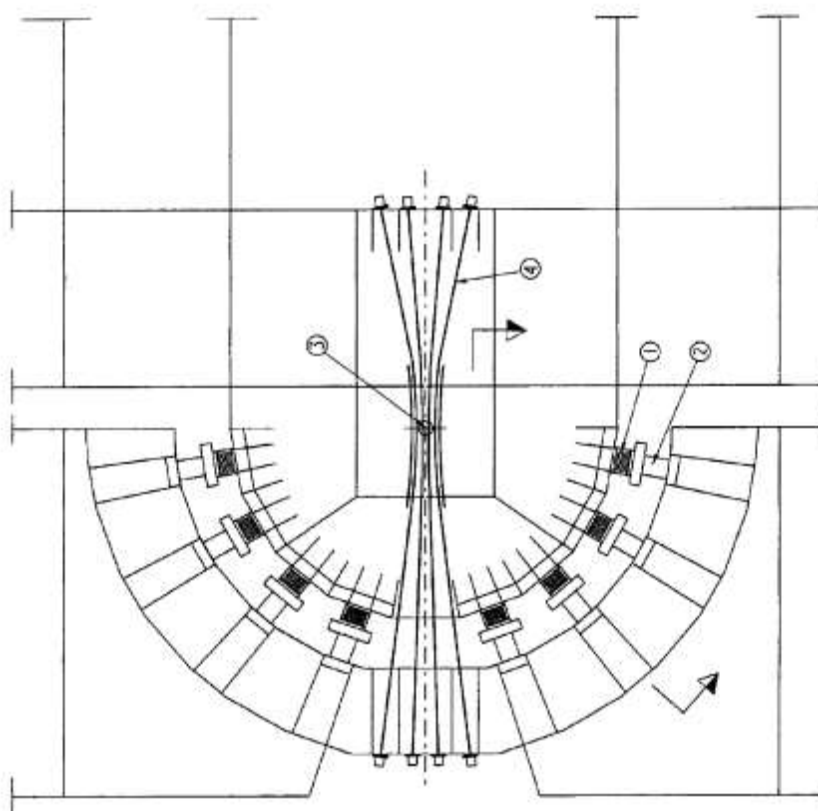
Na slici je prikazan primjer spojeva MOB baznih jedinica



Slika 37: Prikaz konektora mobilne odobalne baze

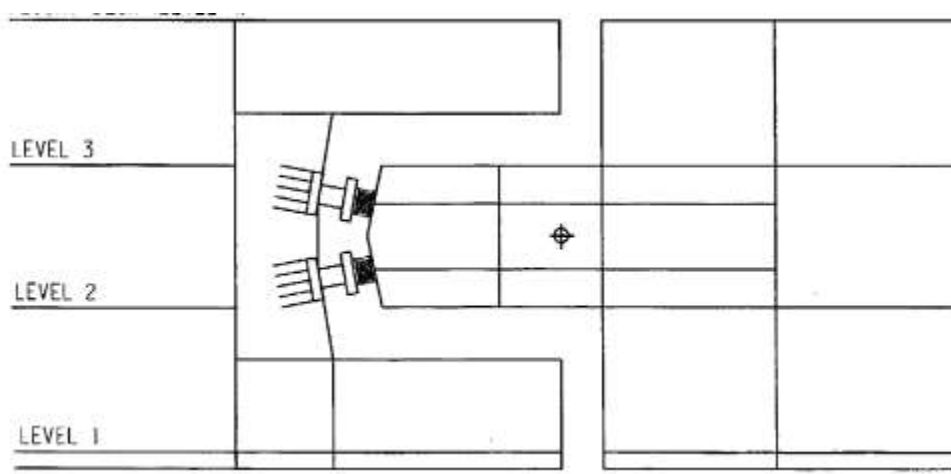
Izvor: [30]





Slika 38: Prikaz konektora „Kugla i ležaj“

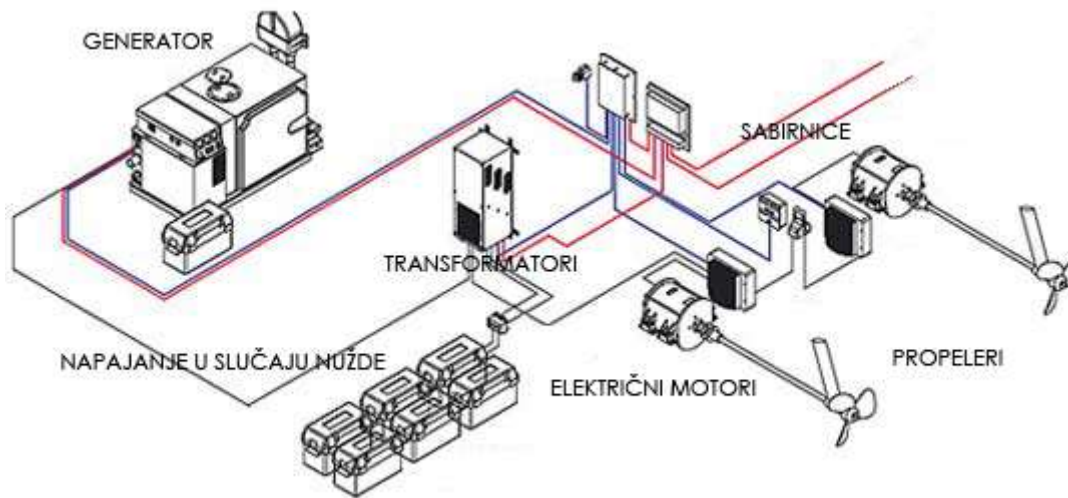
Izvor: [30]



Slika 39: Prikaz čeličnih kabela konektora za uzdužne sile

Izvor: [30]

#### 4.2.4 Instalacija energetskeg sustava



Slika 40: Prikaz energetskeg sustava dinamičkog pozicioniranja

Izvor: [14]

Sustav dinamičkog pozicioniranja je vrlo zahtjevan softverski i hardverski stoga energetskegi sustav mora biti zadovoljavajuće snage i mogućnosti. Energetskegi sustavi se projektiraju prema vrsti plovila, akvatoriju i djelatnosti koju obavlja.

Najčešće energetskegi sustav je diesel – electric jer se takav sustav može koristiti na razni niz plovila te je multifunkcionalan i ekonomičan. Često se koriste dvije odvojene strojarnice u slučaju otkazivanja jedne uslijed kvara što povećava ukupnu cijenu energetskeg sustava ali u isto vrijeme poboljšava pouzdanost i raspoloživost. Pod energetskegi sustav spadaju i izvršni organi koji moraju biti adekvatne snage i kvalitete da izdrže konstantni rad u najgorim uvjetima. Nove generacije frekventnih pretvarača, u rasponu 10 - 1800 (kVA), 660 (V), i 1000 - 20000 (kVA), 3300 (V) uključuju GTO tiristore kao i mikroprocesorske sustave upravljanja. Klasični sustavi korišteni za dinamičko pozicioniranje plovnih objekata zasnivali su se na izmjeničnim motorima sa konstantnom brzinom ili na dvo-brzinskim izmjeničnim motorima. Sa ovim sustavima plovni poriv propulzora je se mijenjao promjenom uspona vijka. [1]

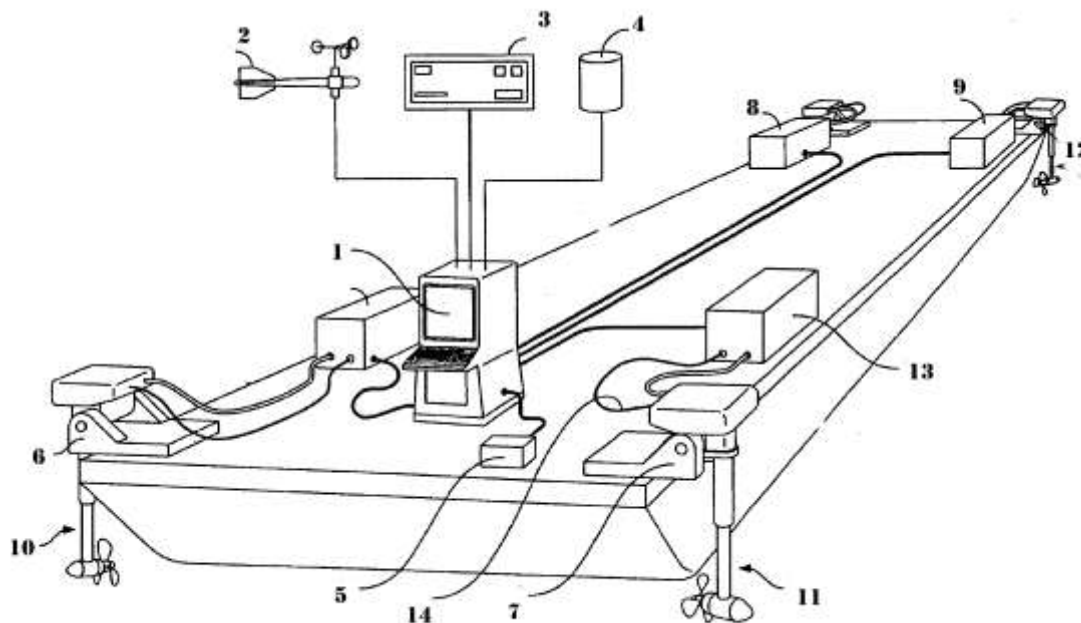
## 4.2.5 Instalacija računalne podrške

Nakon što su svi uvjeti fizičke gradnje zadovoljeni i mobilna bazna jedinica je porinuta slijedi ugradnja računalne podrške, električnih instalacija, mjernih uređaja i sustava za dinamičko pozicioniranje. Danas se najčešće instalira Dynamic Positioning 3 princip što znači da imamo 3 odvojena sustava za dinamičko pozicioniranje. Tri sustava povećavaju težinu i kompleksnost sustava ali unosimo redundanciju i zaštitu istog sustava protiv kvarova, a to je danas najbitnije jer vrijeme provedeno u kvaru je gubitak novca i kompanije i naručitelja radova. Centralna računalna baza je smještena u nadgrađu te sa električnim vodovima koji prate dužinu mobilne baze se spaja sa izvršnim organima i mjernim sustavima. Te električne instalacije su zapravo „živčani sustav“ mobilne bazne jedinice i uz pomoć njih komuniciramo sa virtualni svim elementima na baznoj jedinici. [45]



Slika 41: Primjer integriranih sustava za dinamičko pozicioniranje u ECDIS sustav

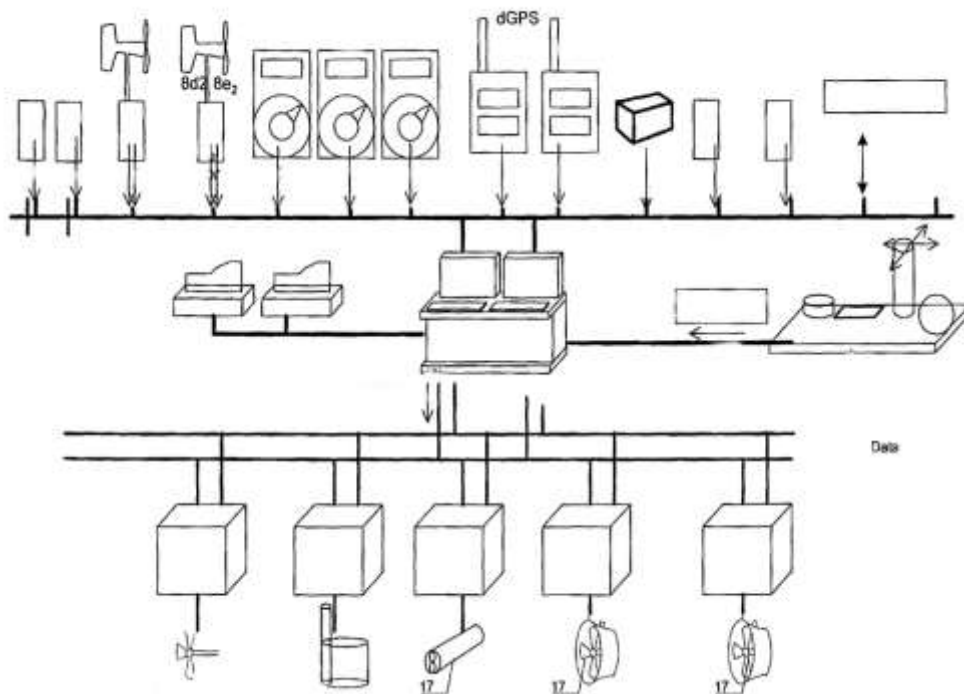
Izvor: [46]



Slika 42: Prikaz sustava za dinamičko pozicioniranje, izvršnih organa i mjernih senzora mobilne odobalne bazne jedinice

Izvor: [47]

1. Centralna DP baza – Integrira sve dijelove mobilne bazne jedinice
2. Anemometar – mjeri smjer i snagu vjetrova
3. VHS ili radar – detektira ostale objekte i varijable
4. DGPS prijemnik/predajnik – Sustav za određivanje geografske lokacije
5. Mjerni senzori kretnje (žiroskop) – Senzor za poniranje
6. Mjerni sustav za kontribuciju potisnika
7. Mjerni sustav za kontribuciju potisnika
8. Mjerni sustav za kontribuciju potisnika
9. Mjerni sustav za kontribuciju potisnika
10. Kontribucija potisnika i smjer, izvršni organi
11. Kontribucija potisnika i smjer, izvršni organi
12. Kontribucija potisnika i smjer, izvršni organi
13. Žiroskop za 3DOF sustav
14. Električne instalacije Centralne DP baze



Slika 43: Prikaz Energetske stanice, mjernih senzora i izvršnih organa sustava dinamičkog pozicioniranja sa tri redundancije

Izvor: [48]

Na slici 43 se vidi 3DP sustav sa svim redundancijama, sabirnicama za komunikaciju, izvršnim elementima, senzorima i pohranom podataka. Zbog izrazite kompleksnosti izrade hardvera, softvera, matematičkih modela i algoritama te razvoja istih postoji jako malo zemalja koje su sposobne izgraditi cijeli sustav za dinamičko pozicioniranje. Neke od tih zemalja su Norveška, Rusija, Sjedinjene Američke države i Ujedinjeno kraljevstvo dok su ostale zemlje u početnim fazama i bave se pretežno automatskim pilotima. Hrvatska nažalost nije niti blizu izgrađivanju svog sustava dinamičkog pozicioniranja premda postoje visoko obrazovani pojedinci koji su već izgradili svoje karijere na sustavima za dinamičko pozicioniranje. Hrvatsku koči industrijski razvoj mogućnosti izrade potrebnih sustava te razvoj softverske podrške za tako kompleksne sustave.[49]

## **5. Buduće tehnologije i moguća lokalna primjena mobilnih odobalnih baza**

### **Uvod**

Mobilne odobalne baze su najnovija ideja u pomorskome prometu. Trenutno postoji samo vojna primjena isključivo za Sjedinjene Američke Države ali čim prođu rokovi držanja patenata kroz nekoliko godina očekuje se vrlo velik i brz porast u industriji mobilnih odobalnih baza. Od značaja za Hrvatsku ima u smislu pokretnog industrijskog, turističkog, ekološkog i trgovačkog centra. U slijedećim točkama je navedena moguća primjene mobilne odobalne baze u Hrvatskim vodama i kao primjer buduće vojne tehnologije ili tehnologije za istraživanje svemira. Provjerena je ekonomska isplativost radnje LNG/LPG mobilne odobalne baze u Riječkom akvatoriju te ocijenjen ekološki utjecaj te izbjegavanje potencijalnih katastrofa.[50]

### **5.1 Tehničko ekonomska analiza izgradnje LNG/LPG mobilne odobalne baze u Riječkom akvatoriju**

„Dolazak delegacije Katara u svibnju bila je prilika da se konkretiziraju pregovori o izgradnji LNG terminala na Krku. Riječ je o projektu vrijednome 600 milijuna eura, plinskoj elektrani u neposrednoj blizini, u opciji su i osnivanje mješovite katarsko-hrvatske broderske tvrtke te ulaganja u kvarnerska brodogradilišta. Skupina riječkih poduzetnika poručuje kako šansu za konkretizaciju tih planova ne bismo smjeli propustiti. „ – Zoran Milanović. HRT1 – 12.5.2012

Projekt vrijedan 600 milijuna € je skup i kompleksan projekt, dok za tu cijenu je moguće izgraditi više mobilnih odobalnih baza. Konverzija LNG terminala na Krku u odobalnu bazu je također skup i kompleksan posao ali posao koji nosi niz prednosti.

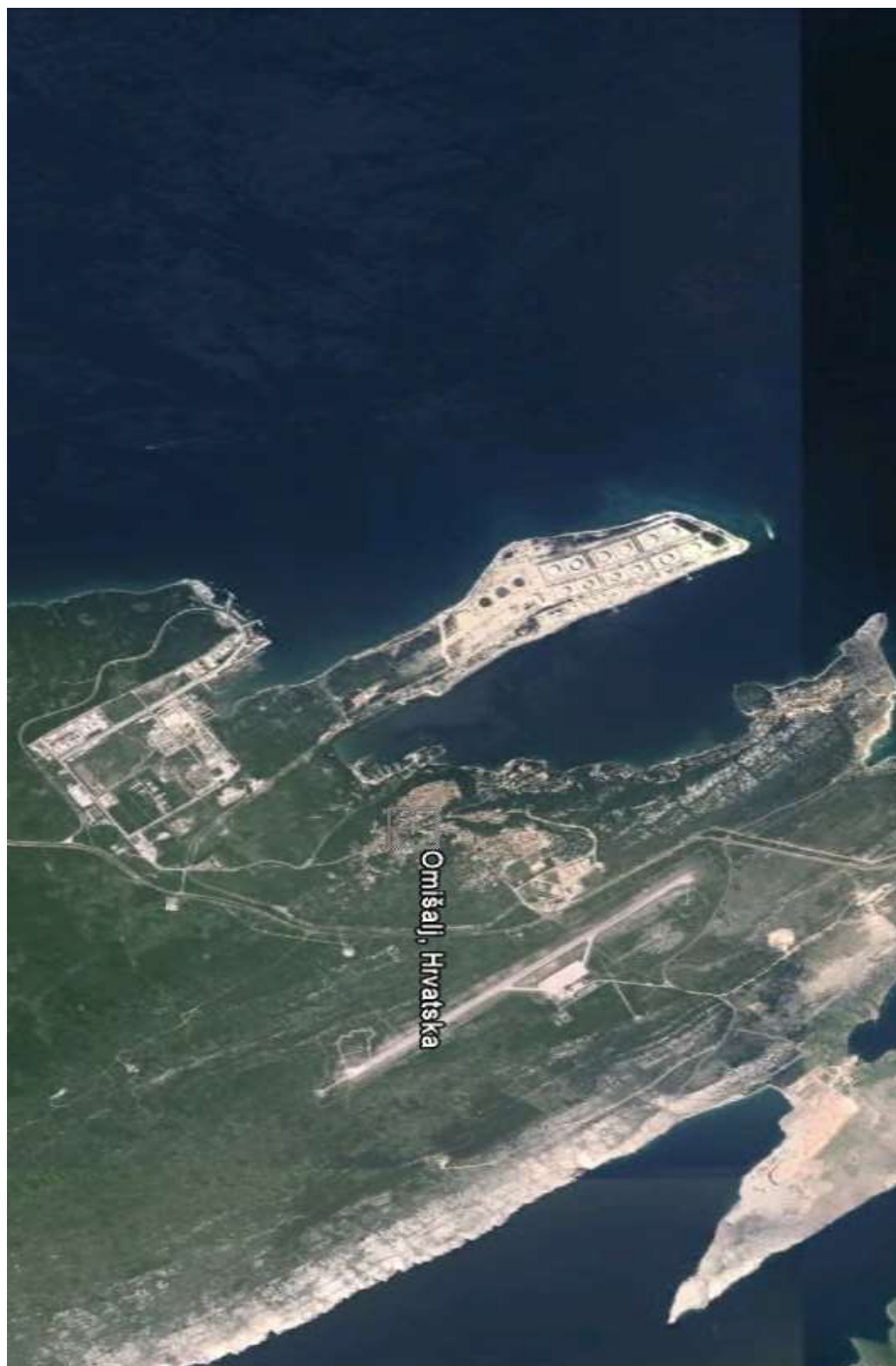


Slika 44: Trenutni izgled LNG Omišalj na Otoku Krk

Izvor: [51]

Pomorski promet je jedan od najjeftinijih prometa na svijetu i što više se djelatnosti izvede na moru to su troškovi manji. LNG Krk je kopneni objekt što znači da se taj plin mora odvesti ili cjevovodima ili posebnim kamionima. Takva infrastruktura naravno postoji ali je ograničena na lokalna mjesta tj. na Hrvatsku. Ti cjevovodi se spajaju na glavne cjevovode „Južnog Toka“. Uvođenjem mobilnih odobalnih baza ta djelatnost bi ostala na moru te postala glavni brodski distribucijski centar za cijelo Jadransko more što uključuje jako velik broj država. Kopneni terminal ima prednost što će imati manje održavanje i ne troši gorivo jer na njega ne utječu vanjski poremećaji ali i nedostatak što je nepokretan.[50]





Slika 45: Trenutni prikaz LNG terminala Omišalj

Izvor: [52]





Slika 46: Izgled LNG terminala Omišalj nakon konverzije u mobilni LNG odobalni terminal

Izradio: Autor

### **5.1.1 Komparativna analiza postojećeg terminala s mogućom mobilnom odobalnom bazom**

Krčki LNG(Liquid natural gas) terminal se nalazi u gradu Omišlju koji je također industrijsko i turističko mjesto. Takav terminal koji se prostire na par stotina hektara umanjuje krčku sliku turističke destinacije. Terminal zauzima cijeli poluotok te je vidljiv sa cijele kvarnerske obale. Lokaciju terminala je preporučilo Povjerenstvo Ministarstva zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva u sklopu bivšeg postrojenja. DINA. U odnosu na druge lokacije u razmatranju, lokacija DINA-e ima gospodarske i ekološke prednosti i svu potrebnu infrastrukturu, a prema analizama stručnjaka, postojeća industrija i LNG terminal su uzajamno komplementarni zbog sličnog načina rada. Zahvati na okolišu su tada bili minimalni, a Otok Krk već ima dobre uvjete za priključak na Hrvatsku plinsku mrežu i mreže u Europskoj uniji preko plinovoda Fužine/Rupa. Kapacitet LNG terminala Krk je 6 milijardi m<sup>3</sup> u svakom trenutku, a godišnje kroz njega prođe minimalno 16 milijardi m<sup>3</sup>.<sup>[50]</sup>

Mobilna LNG odobalna baza bi zauzimala onoliko mjesta koliko bi bilo potrebno u dotičnome trenutku ako bi studije prije izgradnje proračunale da je baza od 6 milijardi m<sup>3</sup> kapaciteta dovoljna u tom trenutku. Nakon izgradnje se može nadograditi još toliko, a i više baznih jedinica i pritom povećati kapacitet. Smanjenjem potrebe za kapacitetom moguće je odvojiti višak, rekombinirati ih i locirati negdje drugdje gdje su bolje iskorištene stvarajući time distribuirani sustav umjesto centraliziranog.



Slika 47: Izgled konverzije LNG Omišalj u 3d

Izvor: [53]

Prijevoz kamionima i generalno cestovnim prijevozom je skuplje nego pomorski promet stoga trebamo težiti da se većina djelatnosti izvodi u pomorskome prometu. Plin se rijetko prevozi sa kamionima zbog toga što postoje već izgrađeni plinovodi. U infrastrukturu plinovoda je uloženo već milijarde eura što za potrebe mobilne odobalne LNG baze nije potrebno jer se sada sa brodovima distribuira najpotrebnijim dijelovima, a s time smanjujemo dužine plinovoda, njihovo održavanje i ukupnu cijenu izgradnje takve infrastrukture.

Hrvatska u 2013. Godini ima mogućnosti izgradnje jedne takve mobilne odobalne baze ali samo u smislu fizičkih komponenti. Softverski dio bi se morao kupiti od naprednijih zemalja. Osoblje koje je visoko educirano po pitanju dinamičkog pozicioniranja, LNG terminala, kontejnerskih terminala i navigacije se može pronaći i u Hrvatskoj. Sa time smanjujemo nezaposlenost, podižemo standard života te generalno smanjujemo dugove. Početkom projekta krenuli bi skuplje nego sa kopnenim terminalom ali tokom godina eksploatacije sigurno bi se baza sama isplatila i mogli bi uložiti u više mobilnih baza. Zbog eliminiranja ružnih industrijskih postrojenja iz turističkih mjesta oslobađamo prvenstveno pogled na otvoreno more, radimo mjesta za nove hotele i turističke atrakcije te se generalno ponositi sa još jednim malim djelićem zelene površine. Hrvatska je u Europskoj uniji što znači da bi taj projekt postao internacionalan projekt te

sve zemlje u regiji i dalje bi imale koristi od ovakvog postrojenja. Principom koncesija bi se baza mogla premjestiti u bilo koju primorsku zemlju, a kada bi Hrvatska izgradila sama ovu bazu ona bi je mogla i iznajmljivati i pritom još više zarađivati. [50]

### **5.1.2 Problemi zbog vanjskih utjecaja**

Jadransko more je more zatvorenog tipa sa morskom strujom konstantne brzine i konstantnog smjera obrnutog od kazaljke na satu uz nalete vjetra koji u dijelovima godišnje dostižu i brzine do 150km/h. Znajući to potrebno je ugraditi adekvatne potisnike, vjetrobrane i energetske stanice koje se mogu oduprijeti tim vanjskim poremećajima. Kopneni objekti nemaju probleme sa vjetrom i morskim strujama ali položaj LNG Omišalj zahtjeva korištenje Krčkog mosta koji zna često biti zatvoren za sav promet, a pogotovo kamionski prijevoz. Uvođenjem mobilne odobalne baze se eliminira potreba za uporabom mostova i cestovnog prijevoza. Zbog štednje goriva mobilna odobalna baza bi trebala imati više statičkih sustava za eliminaciju poremećaja kao što su stabilizacijska krilca, zavlačna sidra, hidroakustičko pozicioniranje i slične sustave koji zahtijevaju malo goriva. Uvođenjem EcoDP sustava se baza može održavati u pojasu djelovanja jer nije striktno vezana uz poziciju, a time uštedimo gorivo i smanjimo troškove održavanja. Naleti vjetra su postojani zbog geografske lokacije jadranskog mora koje se nalazi ispod planinskog masiva Dinara koja može stvoriti jake nalete vjetra. Naleti vjetra nisu tokom cijele godine stoga se i tu nazire područje za štednju tj. zaradu.

Najjači vjetrovi u Hrvatskoj su „bura“ koja puše s kopna prema moru, iz pravca sjeveroistoka i „jugo“ koje puše iz pravca jugoistoka. Bura uobičajeno traje tri dana i osobito je jaka u podvelebitskom kanalu na području Senja, no i u Bakru dosiže i do 180 km/h. „Jugo“ uzrokuje valove koji i na plovilu se teže podnose od valova po buri. Uz pojam vjetra veže se i pojam „nevera“ koji označava nevrijeme, odnosno vrijeme vrlo loše za boravak na moru. Za plovila su opasni i iznenadni „neverini“ koji kratkotrajno mogu dići neugodno visoke valove.

Promatramo li „ružu vjetrova „u našem priobalju su sljedeći vjetrovi:

- tramontana - N - (S)
- burin - NNE - (SSI)
- bura - NE - (SI)
- grego levante - ENE - (ISI)
- levanat - E - (I)
- jugo levante - ESE - (IJI)
- jugo - SE - (JI)
- oštro - S - (J) - maestral obalni - SSW - (JJZ) -
- lebić - SW - (JZ) garbin - WSW - (ZJZ) -
- pulenat - W - (Z)
- maestral - NW - (SZ) [54]



Slika 48: Ruža vjetrova

Izvor: [56]

### 5.1.3 Ekološki utjecaj i izbjegavanje katastrofe

Uz navedeni turistički značaj eliminacije estetski ružnih industrijskih postrojenja i korištenja EcoDP sustava za smanjenje potrošnje i CO<sub>2</sub> emisija nazire se i sigurnosni pogled prema mobilnim odobalnim bazama. Dogodili se katastrofa bilo kemijska bilo eksplozivna sa sigurnošću se može reći, oстане li LNG Omišalj tamo gdje je, da će čitav kvarnerski zaljev nestati u svom svojem turističkom, ekološkom značaju. Ribarstvo, ionako slabo na ovaj način bi bilo devastirano. Eksplozijom terminala razina destrukcije bi bila ogromna uzimajući sa sobom cijeli Otok Krk, kvarnerski zaljev, dio Lošinja,

kompletnu obalu Sjevernog Jadrana za jako dug period vremena. Instalacijom mobilne odobalne baze u slučaju eksplozije takva baza se ne bi nalazila u blizini kvarnerskog zaljeva već na otvorenome moru, a i dalje ako se takva katastrofa i dogodi. Svaka odobalna baza ima sigurnosne sustave da se najgore situacije ne dogode ili barem smanje. To uključuje protupožarnu zaštitu, kemijsku zaštitu nadgrađa i mora u neposrednoj blizini mobilne odobalne baze te tankove za spremanje i paljenje organskog materijala. Skeptici konstantno spominju otpadne vode iz balastnih tankova mobilnih odobalnih baza , prijevoznih brodova i brodova za opskrbu odobalnih baza. Međunarodna pomorska organizacija (IMO) je proizvela konvenciju koja će sprječavati neželjene efekte pumpanja i ispuštanja balastnih voda plovila u 2004. Godini. Razmjena balastnih voda uključuje zamjenu vode pokupljenu u lukama u raznim dijelovima u svijetu i izbacivanjem istih u međunarodnim vodama prije ulaska u luke što smanjuje rizik od onečišćenja vrstama koje nisu prirodne u tom akvatoriju. Mobilna LNG baza bi bila dug period u istom akvatoriju, a ona koristi nevjerovatne količine balastne vode za rad, ali to nije problem jer se radi o potpuno identičnoj vodi iz istog akvatorija.

### 5.1.4 Mobilnost MOB-a

Trenutna lokacija LNG Omišalj je dio centraliziranog sustava plinovoda i plinifikacije Hrvatske. Instalacijom Mobilne LNG odobalne baze se prelazi iz centraliziranog sustava u distribuirani sustav gdje se može višestruko povećati brzina prijenosa, kapacitet i raspoloživost uslijed većeg broja baznih jedinica postavljenih na strateška mjesta u akvatoriju djelovanja.



Slika 49: Prikaz mogućih strateških lokacija distribuiranih mobilnih odobalnih LNG terminala

Izvor: [55], doradio autor: Toni Kučić

Prijenos plina bi se u najvećem dijelu trebao obavljati na moru gdje se otvaraju mogućnosti za štednju goriva i brzinu prijenosa. U vrijeme krize ili manje potrošnje plina te gubitka kupaca baze se mogu rekombinirati u jednu ili više većih LNG terminala omogućujući ponovnu uspostavu centraliziranijeg sustava. U slučaju katastrofa mobilna bazna jedinica u kvaru se može odvojiti i poslati bez posade na otvoreno more gdje može, u takvom slučaju, biti uništena bez posljedica na ljudske živote i neposrednu ekologiju. Plin koji trenutačno ide kroz cjevovode mogao bi se zbog kvara negdje na putu do



krajnjeg odredišta alternativnom rutom preko mobilnih LNG baza dovesti do krajnjeg odredišta. Redundantnost je bitna kod raspoloživosti jer cijeli sustav ne staje ako se jedan dio nađe u kvaru. U slučaju kvara se potražnja preraspodijeli preko drugih alternativnih putova.

### **5.1.5 Koristi od mobilnog LNG terminala za Republiku Hrvatsku**

Često se ovakvi objekti od većeg značaja grade bez pristanka građana pa stoga Udruge i organizacije Hrvatske organiziraju skupove i prosvjede da ukažu na probleme kako lokalne tako i globalne. Da bi se smirile tenzije tvrtka Adria LNG je izdala informacijske materijale gdje objašnjuje direktne koristi i za hrvatsku i za građane.

Neki od tih prednosti su:

- Redovita opskrba plinom za kućanstva i industriju, osobito zimi
- Alternativno rješenje za prevladavajuće izvore dobave plina i drugih energenata (domaća proizvodnja i uvoz) s ciljem zadovoljenja predviđenog porasta potražnje za prirodnim plinom (izgradnja plinovoda u Dalmaciji, elektrane na plin)
- Doprinos povećanoj likvidnosti i fleksibilnosti hrvatskog plinskog tržišta
- Doprinos gospodarskom rastu i održivom razvoju nacionalnog gospodarstva (snižavanjem emisije CO<sub>2</sub> i ostvarenjem ciljeva protokola iz Kyota)
- Najveća investicija u Hrvatsku vrijedna preko milijardu eura
- Strateško pozicioniranje Republike Hrvatske na energetskej karti Europe
- Povezivanje s provjerenim europskim kompanijama koje imaju odlične reference u LNG poslovanju
- Izvor prihoda za operatore u sustavu transporta plina
- Osnaživanje stručnih znanja nužnih za uspješno konkuriranje na jedinstvenom europskom energetskej tržištu
- Međugranična i međukulturalna suradnja
- Osiguranje alternativnog izvora energije za održivi razvoj lokalnog gospodarstva
- Doprinos lokalnom gospodarstvu otvaranjem radnih mjesta i suradnjom s vanjskim dobavljačima, osobito u fazi izgradnje



- Dobar i odgovoran susjed spreman doprinijeti kvaliteti življenja lokalne zajednice[50]

## 5.2 Mobilna platforma za lansiranje raketa

Još jedan novi koncept koji se i koristi u svom začetnom obliku je mobilna morska baza za lansiranje balističkih raketa u vojnim svrhama i raketa za istraživanje svemirskih prostranstava. Takve djelatnosti zahtijevaju minimalne vanjske poremećaje pa se stoga instaliraju u akvatorije sa najmanjom mogućom razinom padalina, vjetra i morskih struja. Izrazito su pogodna za jezera zbog toga što ona nemaju strujanje vode što olakšava posao dinamičkog pozicioniranja. Dinamičko pozicioniranje je pravi izbor za takve platforme jer je u mogućnosti održavati savršenu poziciju svaki put što je vrlo važno za takve djelatnosti koje zahtijevaju savršenu točnost. Lansiranje sa mobilne odobalne lansirne platforme je sigurnije nego lansiranje sa kopna jer se odvija daleko od naseljenih mjesta tj. praktički se može lansirati sa bilo koje morske lokacije. Za vojne svrhe je to neprocjenjivo jer teoretski mogu lansirati balističke rakete iz luke neprijateljskog grada. [57]



Slika 50: Prikaz mobilne baze za lansiranje raketa

Izvor: [56]

Lansiranje rakete bazirano na morskim platformama znači da se rakete za istraživanje i vojne svrhe mogu ispaliti sa optimalne lokacije na Zemljinoj površini. Ta lokacija je na ekvatorijalnom obodu i ne postoji trenutno nijedna kopnena lokacija za lansiranje raketa. Zbog ekvatorijalnog pojasa i najbrže Zemljine rotacije povećava nosivost rakete i smanjuje troškove lansiranja te troškove goriva koje raketa troši jer postigne odgovarajuću visinu puno brže nego konvencionalno lansiranje.

Prednosti lansiranja sa mobilne lansirne odobalne platforme:

- Rotacijska brzina planeta Zemlje je najveća na ekvatoru pružajući time mali ali dovoljan potisak pri lansiranju
- Potreba za mijenjanjem ravnine nije potrebna jer je ekvator u ravnini sa orbitom Zemlje u L1, L2 i L3 Lagrangeovim točkama. To daje veliki dodatni potisak jer ne moramo lansirati po nekom kutu za Geostacionarnu orbitu već okomito na geostacionarnu orbitu. Ovom tehnikom se može dodati 17-25% više tereta u glave raketa
- Bilo koja orbitalna inklinacija može biti postignuta te sa tom tehnikom se može doseći bilo koju točku na Zemlji uz manju potrošnju goriva i vremena
- Morsko lansiranje smanjuje rizike katastrofe lansiranja iznad naseljenih područja
- Smanjenje ili eliminacija vanjskih poremećaja od ostalih brodova i aviona u prolazu zbog lansiranja sa udaljenih mjesta [58]



Slika 51: „Sea Launcheva“ mobilna odobalna baza za lansiranje svemirskih raketa

Izvor: [58]

### 5.3. Vjetroelektrane na MOB-ovima

Rastući interes svijeta za obnovljivim i ekološki prihvatljivim izvorima energije dovelo je do rasta ideje i tehnologije plutajućih odobalnih vjetroturbina koje se mogu instalirati na dubinama do 300m uz prihvatljivu cijenu izgradnje. Slijedeći korak takve tehnologije je da se plutajuće baze opreme DP sustavima koji mogu održavati kurs, lokaciju i nagib vjetroturbina i u morima dubine veće od 300m. Plutajuća vjetroelektrana je postrojenje za generiranje električne energije iz mehaničke snage vjetra. Takva vjetroelektrana je izvedena kao klasična vjetroelektrana ali smještena na MOB baznu jedinicu i obično se koristi u DP izvedbi u morima koji ne dopuštaju sidriranje i kao hidrostatska u morima koja su plitka tj. dopuštaju sidriranje. Najčešća izvedba ovih postrojenja je u obliku farmi elektrana pružajući konstantno generiranje obnovljivog izvora električne energije.



Slika 52: Prikaz farme vjetroelektrana na mobilnom odobalnim bazama

Izvor: [64]

### **5.3.1 Tehničko ekonomska analiza vjetroelektrana na MOB-ovima**

Postrojenja na moru su odlična za smanjenje „vizualnog onečišćenja“ što znači da ne moramo narušivati krajolik sa farmom vjetroelektrana da bi koristili mehaničku energiju vjetra. Koristeći mobilne odobalne baze se može sa ugrađenom propulzijom dovesti niz baznih jedinica opremljenih sa vjetroelektranama na odabranu lokaciju na otvorenom moru, rekombinirati ih i uključiti u rad vrlo brzo nakon rekombiniranja. Podvodnim kabelima se onda od mobilne baze dovodi električna energija do kopna gdje se dalje distribuira korisnicima. Vjetar je mnogostruko jači na otvorenom moru nego na kopnu jer nema nikakvih topografskih elemenata koji bi mogli disipirati energiju vjetera te stoga dobijemo maksimalnu iskoristivost mehaničke energije vjetra. Loša strana vjetroelektrana na moru je ta da lošim odabirom lokacije se mogu narušiti ribarski, trgovački i turistički putevi. [65]

Predviđeni trošak farme vjetroelektrana od šest vjetroturbina koje su se izgradile blizu japanske obale je od 76 milijuna € do 150 milijuna € u vrijeme izgradnje od 5 godina. Nakon izgradnje realni trošak je bio 70 milijuna € za četiri 7MW vjetroturbine vezane za podmorje a dopremljene sa DP tegljačima. Japanska vlada tvrdi samo te četiri turbine imaju mogućnost da stvore 519GW električne energije godišnje što se može mjeriti sa najvećim termo elektranama koje postoje. Naime, izgradnju tih vjetroelektrana je ponukala katastrofa koja se dogodila u nuklearnim elektranama Fukushima 1 i 2 2011 godine te je sa time Japan izgubio veliku većinu energetske doprinosa i ujedno pokazao katastrofalne učinke nuklearnih elektrana. Vjetroelektrane su potpuno ekonomične i obnovljive te ekološki odlične te zauzimaju mjesta na otvorenom more omogućujući Japanu i drugim državama da industriju prebace na more i omoguće mjesta za ljude na kopnu.[66] Američka vlada je također omogućila resurse od 120 milijuna \$ za izgradnju vjetroelektrana na otvorenom moru dodavanjem samo 0.75 \$ na mjesečni račun potrošača električne energije.[66]



Plutajuća struktura tj. mobilna odobalna baza mora omogućiti dovoljan uzgon da drži težinu turbine pod kontrolom te da smanji utjecaj ljuljanja i poniranja da bi se maksimizirao utjecaj vjetra. Trošak izgradnje takvog postrojenja je veći od klasične fiksne vjetroelektrane zbog podvodnog dijela tj. temelja na kojemu stoji vjetroturbina. Dodatni trošak se može opravdati sa nizom prednosti koje svi mobilni objekti imaju naprema fiksnim. Vjetar na većinom mjesta ne puše konstantno već iz raznih smjerova i intenziteta. Sa mobilnom odobalnom bazom bi se moglo proizvoljno DP sustavima namještati kut i kurs vjetroelektrane time maksimizirati snagu koju vjetroelektrana generira.[65]

Studija koju je poduzela Britanska Odobalna organizacija je potvrdila da koristeći samo trećinu obnovljivog izvora vjetra, valova i plime u Velikoj Britaniji moguće je proizvesti energiju ekvivalentnu milijunu barela nafte po godini što je identično godišnjem crpljenju nafte i plina iz Sjevernog mora.[67]



Slika 53: Plutajuća odobalna farma vjetroelektrana

Izvor: [68]

Neke od karakteristika postrojenja:

- Godišnji profit farme vjetroelektrane od 1GW(200 vjetroturbina) sa 40% iskorištenjem i 0.1\$ po kWh je 400 milijuna \$
- Trošak izgradnje jedne mobilne odobalne baze je 15 milijuna dolara \$
- Trošak izgradnje farme mobilnih odobalnih vjetroelektrana je 3 milijarde \$
- Koriste se kabeli za izmjeničnu struju do 120km što znači da mobilna baza može biti udaljena do 120km od kopna
- Termoelektrana na ugljen proizvodi 1t CO<sub>2</sub> po MWh dok kombinirana vjetro plinska elektrana 300kg CO<sub>2</sub> po MWh što nam čak daje smanjenje ekološke globe od 50\$ po toni CO<sub>2</sub> što nam daje 0.05\$ po kWh [69]



Slika 54: Primjer mobilne odobalne baze koja se koristi kao vjetroelektrana

Izvor:[70]

### 5.3.2 Primjena mobilne odobalne vjetroelektrane u lokalnom moru

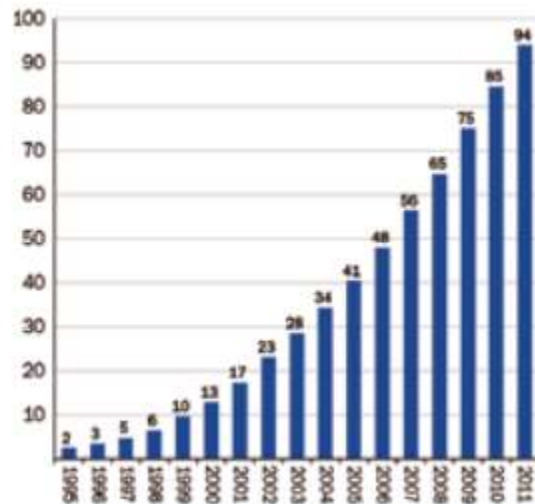
Hrvatska je zemlja sa mnogo prirodnih bogatstava ali ne i izvora nafte i plina. Zbog nedostatka tih dragocjenih resursa treba se okrenuti drugim načinima za osiguravanje toliko potrebnom energijom. Jadranski vjetar je od davnina bio sila koje se treba čuvati i poštovati. Takvu silu treba pokušati i zauzdati. Zbog jakih naleta vjetra koji mogu trajati na određenim mjestima i čitavu godinu time dajući konstantno generiranje električne energije. U prošloj točki određena je duljina prijenosnog kabela od 120km što znači da se ne može instalirati u najdaljoj mogućoj točki te prenijeti na kopno. Mobilne odobalne baze bi iskorištavale snagu vjetra koji se spušta sa planinskog masiva Dinara kroz cijelu dužinu Jadranskog mora. MOB elektrane su smještene 120km maksimalno od otoka kojih Hrvatska ima mnogo. Tim smještajem bi se izbjegao konstantni problem opskrbe otoka električnom energijom te bi ta mjesta počela biti glavni centri distribucije električnom energijom otvarajući time nova radna mjesta, ulaganja i investicije i generalno bolji standard života na otocima.



Slika 55: Prikaz farme vjetroelektrana na moru

Izvor: [71]

Vjetar u jadranskom moru je snažan ali mu se smjer mijenja tokom godine stoga je najbolje za instalaciju postrojenja u obliku hidrostatskog pozicioniranja, sidriranja te instalacije rotacijskih glavina rotora turbina zbog maksimalnog iskorištavanja smjera i snage vjetrova na Jadranu.



Slika 56: Trend porasta izgradnje Vjetroelektrana u Europskoj uniji

Izvor: [66]

Očekivanja pokazuju da je takav projekt isplativ i potreban zbog loše financijske situacije države jer s ovim projektom bi se mogla ta električna struja i prodavati drugim zemljama članicama Europske unije time pojačavajući standard života te gospodarski izvoz koji je praktički nepostojeći. Nije potrebno koristiti usluge stranih proizvođača jer su i domaća brodogradilišta sposobna izgraditi praktički sve dijelove potrebne za izgradnju takvog projekta.



Slika 57: Prikaz ogoljenost i otoka uslijed snage naleta vjetra

Izvor: [72]



## 6. Zaključak

U ovome radu je obrađeno područje projektiranja dinamički pozicioniranih mobilnih odobalnih baza, njihov početak, period djelovanja i buduća primjena u lokalnim i svjetskim vodama. Potpuno novi koncept otvara vrata za mnoge djelatnosti koje su trenutno vezane uz kopno, a u daljnjoj budućnosti čak i povezivanje ta dva termina, kopnena i morska industrija. Ova tehnologija može biti od velikog značaja za Hrvatsku i regiju te Europsku Uniju ali još neko vrijeme neće biti moguća implementacija zbog patenata koje trenutno drži vlada Sjedinjenih Američkih Država. Nakon oslobađanja patenata mogućnosti su stvarno neograničene jer softverski i hardverski svijet je spreman na takve pothvate što pokazuje konstantni rast svjetske odobalne industrije. Nedostatkom fosilnih goriva sve izgrađene mobilne odobalne baze i platforme za bušenje bi se mogle s lakoćom konvertirati u turističke svrhe bilo mobilne bilo vezane lokacijom ili lukama. Ovaj rad daje načine projektiranja, dizajniranja i izrade softvera i hardvera mobilne odobalne baze te primjere realnog korištenja iste. Povijesni dio rada pokazuje brz napredak u tehnologiji dinamičkog pozicioniranja zadnjih 30 godina, a zanimljivo će biti vidjeti što će se moći postići u slijedećih 30 godina što realno za ovakvu tehnologiju nije puno vremena.

Razlog zbog kojeg sam se odlučio na ovakvu temu je u samom konceptu Mobilne odobalne baze jer je to jedan od najzanimljivijih pojmova s kojima sam se susreo do sada. Mobilne odobalne baze su zapravo sumiranje mojeg znanja iz Automatizacije brodskih sustava, Brodskih pogonskih sustava, Električne propulzije, Pomorskih komunikacija, Internet tehnologija, Primjene matematike u elektrotehnici i Tehnologiji svjetlovoda, a još kada se istražuje o mobilnoj odobalnoj bazi se shvati kako je to ustvari jednostavan koncept, a tek u modernim danima imamo mogućnost implementacije tog koncepta. Mogućnosti su stvarno neograničene i ja kao student, u budućnosti, bi volio raditi na takvom, ljudskom rukom stvorenom strukturom.

## Literatura

- [1] Kristić, Mandžuka, "Odabrana poglavlja", Pomorski Fakultet u Rijeci, , Hrvatska, 2009.
- [2] Kongsberg maritime - <http://www.km.kongsberg.com>– (8.9.2013)
- [3] Eydgahi, S. Falase, D. Godaliyadda, „A MATLAB-Based Simulation for Autonomous Navigation of Unmanned Surface Vehicles“, University of Maryland, 2010
- [4] T. Perez, M. Blanke, „Ship roll damping control“, Elsevier, 2011
- [5] Wakemakers Ballast systems - [www.wakemakers.com](http://www.wakemakers.com)– (8.9.2013)
- [6] IHI Marine systems - [www.ihico.jp](http://www.ihico.jp)– (8.9.2013)
- [7] Laboratorij elektrotehnike Williamson - [www.williamson-labs.com](http://www.williamson-labs.com)– (8.9.2013)
- [8] M. Valčić, „Skripta kolegija Automatsko upravljanje plovnim objektima“, PFRI, 2013
- [9] J. Holvik, „Basics of Dynamic Positioning“, Dynamic positioning conference, 1998,
- [10] Informacijski sajt o prirodnom plinu - [www.naturalgas.org](http://www.naturalgas.org)– (8.9.2013)
- [11] Informacijski sajt o svjetskoj zalihi nafte - <http://www.worldoil.com>– (8.9.2013)
- [12] Bassoe Hydrodynamic technology - <http://www.basstech.se>– (8.9.2013)
- [13] Dr.sc. S.Mandžuka, „Automatsko upravljanje plovnim objektima – Izabrana poglavlja“, PFRI, 2009
- [14] Tvrtka koja proizvodi katamarane - <http://www.catamarans.com>– (8.9.2013)
- [15] D. Deter, „Propulsion and Thrusters Principal Aspects of Thruster Selection“, Nautex (Houston), 1997
- [16] Potisnici za kruzere - <http://cruisemiss.files.wordpress.com>– (8.9.2013)
- [17] Novosti iz Europskog pomorskog prometa - <http://www.maritimejournal.com> – (8.9.2013)
- [18] Novosti iz svjetskog pomorskog prometa - [www.marineinsight.com](http://www.marineinsight.com)– (8.9.2013)
- [19] J. Alme, „Autotuned Dynamic Positioning for Marine Surface Vessels“, NTNU, 2012
- [20] Travel Agencija Puna – Ridge - [www.punaridge.org](http://www.punaridge.org) – (8.9.2013)
- [21] National Offshore american association - <http://www.erh.noaa.gov>– (8.9.2013)
- [22] Japanska agencija za pomorstvo i tehnologiju - [www.jamstec.go.jp](http://www.jamstec.go.jp)– (8.9.2013)
- [23] P. Enge, T. Walter, S. Pullen, C. Kee, C., Y.C. Chao, Y.J. Tsai, „Wide Area Augmentation of the Global Positioning System“, 1996.
- [24] Thrustmaster Texas proizvođač potisnika <http://www.thrustmastertexas.com>– (8.9.2013)
- [25] Girard A., Hedrick J. K., „A hierarchical control architecture for mobile offshore bases“, 2000

- [26] Wilson J., "Military Joint Mobile Offshore Base", Popular Mechanics, April, 2003
- [27] Girard A.R., Sousa J.B., Hedrick J.K., „Simulation Environment Design And Implementation: An Application To The Mobile Offshore Base“, University of California, Berkeley, 2001
- [28] Palo P., „Mobile offshore base: Hydrodynamic advancements and remaining challenges“, 2005.
- [29] Stephen C. , Daniel M. Empey, William C. Webster, „Design and characterization of a small-scale azimuthing thruster for a mobile offshore base module“, 2001.
- [30] Gunnar R., Jun Xu, Lindseth S., Rosendahl F., „Mobile offshore base concepts. Concrete hull and steel topsides“, 2001.
- [31] Girard A., Hedrick J. K., „A hierarchical control architecture for mobile offshore bases“, 2000.
- [32] Brazilska obrambena postrojba <http://www.defesabr.com/>, 20.1.2013–(8.9.2013)
- [33] Bhattacharya B., Basu R., Kai-tung Ma, „Developing target reliability of the Mobile Offshore Base“, 2001.
- [34] Chen H., Moan T., Verhoeven H., „Safety of dynamic positioning operations on mobile offshore drilling units“, 2008.
- [35] International Patent Classification 6, B63B, 35/44 35/50 – US. Military patent
- [36] Internation Lloyd travel organization - [www. ilo.org](http://www.ilo.org) – (8.9.2013)
- [37] Kongsberg K-Pos Dynamic positioning instructional flyer, 2012
- [38] Website o morskim strujama i tokovima - <http://oceanmotion.org>– (8.9.2013)
- [39] Stephen C. , Daniel M. Empey, William C. Webster, „Design and characterization of a small-scale azimuthing thruster for a mobile offshore base module“, 2001.
- [40] Portal o nacionalnoj sigurnosti američkih voda - [www.sinodefenceforum.com](http://www.sinodefenceforum.com)– (8.9.2013)
- [41] Patent US5037241 - Method and apparatus for setting a superstructure onto an offshore platform, 2008
- [42] Portal o pomorstvu - [www.maritimenews.com](http://www.maritimenews.com)– (8.9.2013)
- [43] D.V. Ramsamooj, T.A. Shugar, „Reliability analysis of fatigue life of the connectors for the US Mobile Offshore Base“, 2002
- [44] J. Alme, „Autotuned Dynamic Positioning for Marine Surface Vessels“, NTNU, 2012
- [45] Bang S., Preber T., Thomason J., Karnoski S.R., Taylor R.J., „Suction piles for mooring of mobile offshore bases“, Marine Structures 13, 2000
- [46] Website Inovative Electrotechnics - [www.innelect.com](http://www.innelect.com)– (8.9.2013)
- [47] Ured US Patenata - <http://www.freepatentsonline.com>– (8.9.2013)
- [48] Jalitha Wills „Dynamic Positioning Simulator, Delft - Rotterdam, 2007
- [49] Kongsberg TM instructional and promotive flyer, 2011
- [50] Adria LNG – Brošura za informacije, 2010
- [51] Lokalne novine - <http://www.novolist.hr>– (8.9.2013)

- [52] Google Earth, 2010
- [53] Website energetika.com, obnovljivi izvori - [www.energetika-net.com](http://www.energetika-net.com)– (8.9.2013)
- [54] Hidrometeorološki zavod, Zagreb, 2013, [meteo.hr/](http://meteo.hr/), - (1.9.2013)
- [55] Generalni web portal za vijesti - [www.braneweb.net](http://www.braneweb.net)– (8.9.2013)
- [56] Web site magazina LA Times - [www.articles.latimes.com](http://www.articles.latimes.com)– (8.9.2013)
- [57] Launch Project magazine, „No National Security Breach In Satellite-Launching Program", The Seattle Times.
- [58] Službena stranica Sea Launch tvrtke - <http://www.sea-launch.com>, (1.9.2013)
- [59] Wilson J., " J.Knoop, R.EatockTaylor, „Real Time Estimation of Waves and Drift Forces“
- [60] Department of MechanicalEngineering, University of College London, London, United Kingdom, 1999
- [61] Military Joint Mobile Offshore Base", Popular Mechanics, 2003
- [62] J. G. Snijders, „Wave Filtering and Thruster Allocation for Dynamic Positioned Ships“, Elsevier, 2005
- [63] Ministarstvo zaštite okoliša, Objava za medije o LNG Terminalu na Omišlju, Zagreb, 25. ožujka 2010.
- [64] Website o vjetroelektranama - [seasteading.org](http://seasteading.org) – (8.9.2013)
- [65] B. Nadilo, Magazin Građevinar, Vjetroelektrane i ostali izvori energije „Gradnja vjetroelektrana u „Jadranskom moru?, Zagreb, , 2013.
- [66] European Wind Energy Conference (EWEC), „Phase IV Results Regarding Floating Wind Turbine Modeling“, Warsaw, 2010
- [67] Jonkman, J.M. "Dynamics Modeling and Loads Analysis of an Offshore Floating Wind Turbine" ,USA, 2007.
- [68] Website o revolucionarnim tehnologijama - <http://assets.inhabitat.com>– (8.9.2013)
- [69] K. H. Lee, P. Sclavounos, E. Wayman, „Floating wind turbines“, Cambridge, 2012
- [70] Website o tehnologijama - <http://cdn.ubergizmo.com>– (8.9.2013)
- [71] Website o ekologiji - <http://insideclimatenews.org>– (8.9.2013)
- [72] Website otoka Krka - [www.otokkrk.hr](http://www.otokkrk.hr) – (8.9.2013)

## Popis Slika

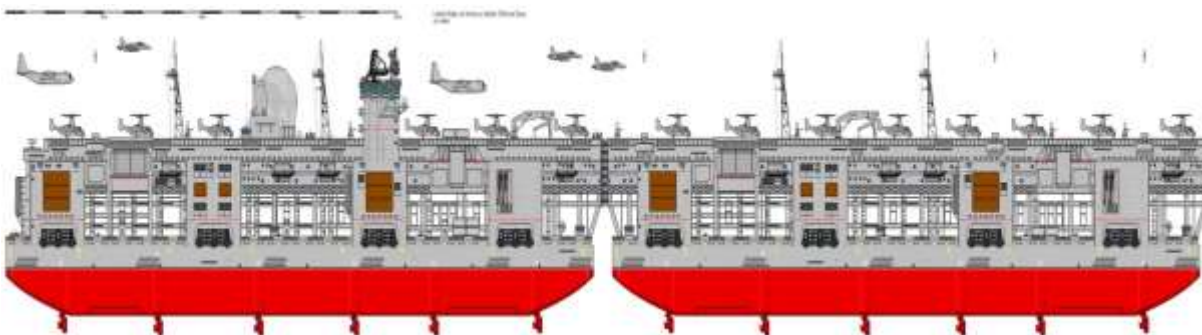
Slika 1: Prikaz stupnjeva slobode i vanjskih poremećaja na plovilima .....	3 -
Slika 2: Prikaz održavanja stupnja slobode poniranja plovila korištenjem statičkih balastnih sustava .....	6 -
Slika 3: Prikaz poremećaja djelovanja stupnja slobode ljučenja pri valovima .....	6 -
Slika 4: Prikaz statičkih i dinamičkih stabilizatora – Anti Roll sustavi.....	7 -
Slika 5: Prikaz raznih vrsta sidriranja odobalnih platformi .....	8 -
Slika 6: Prikaz korištenja dinamičkog pozicioniranja pri transferu između baza.....	9 -
Slika 7: Prikaz samo održavajuće platforme – generalna primjena .....	10 -
Slika 8: Prikaz azimutnog potisnika na krmi broda .....	11 -
Slika 9: Prikaz azimutnih potisnika u paru sa fiksnim krmenim potisnicima.....	12 -
Slika 10: Prikaz energetskog sustava dinamičkog pozicioniranja .....	12 -
Slika 11: Presjek azimutnog potisnika .....	13 -
Slika 12: Prikaz bočnog potisnika smještenog na pramcu .....	14 -
Slika 13: Način determiniranja lokacije koristeći GPS sustave i satelite .....	14 -
Slika 14: Prikaz sustava za mjerenje brzine i snage vjetrova – Anemometar .....	15 -
Slika 15: Prikaz upravljačko informativnog sustava dinamičkog pozicioniranja.....	16 -
Slika 16: Prikaz energetskog sustava dinamičkog pozicioniranja .....	17 -
Slika 17: Primjena dinamičkih pozicioniranih sustava – Transport osjetljive opreme. -	19 -
Slika 18: Primjena dinamičkih pozicioniranih sustava na baržama.....	20 -
Slika 19: Mobilna odobalna baza (primjer aerodroma) .....	22 -
Slika 20: Bazna jedinica Mobilne odobalne baze .....	25 -
Slika 21: Azimutni potisnik sa motorom iznad razine mora.....	27 -
Slika 22: Prikaz konektora mobilne odobalne baze .....	29 -
Slika 23: Prikaz konektora „Kugla i ležaj“ .....	29 -
Slika 24: Prikaz čeličnih kabela konektora za uzdužne sile .....	30 -
Slika 25: Prikaz Mobilne odobalne baze u budućnosti, Vojna primjena .....	32 -
Slika 26: Prikaz primjene mobilne odobalne baze, Civilna primjena.....	33 -
Slika 27: Prikaz primjene mobilne odobalne baze, Trgovačka primjena .....	33 -
Slika 28: Model dinamičkog pozicioniranja MOB-a.....	35 -
Slika 29: Niz etapa proizvodnje mobilnih odobalnih baza .....	37 -
Slika 30: Utjecaj valova na plovilo .....	40 -
Slika 31: Prikaz morskih struja u svjetskim morima .....	41 -
Slika 32: Podtrup Bazne jedinice Mobilne odobalne baze .....	43 -
Slika 33: Podtrupni dio mobilne odobalne baze .....	44 -
Slika 34: Primjer gradnje nadgrađa mobilnih odobalnih baza i platformi .....	45 -
Slika 35: Primjer gradnje nadgrađa mobilnih odobalnih baza i platformi – instalacija-	46 -
Slika 36: Transport elemenata nadgrađa mobilnih odobalnih baza i platformi .....	47 -
Slika 37: Prikaz konektora mobilne odobalne baze .....	48 -
Slika 38: Prikaz konektora „Kugla i ležaj“ .....	49 -
Slika 39: Prikaz čeličnih kabela konektora za uzdužne sile .....	49 -
Slika 40: Prikaz energetskog sustava dinamičkog pozicioniranja .....	50 -
Slika 41: Primjer integriranih sustava za dinamičko pozicioniranje u ECDIS sustav ..	51 -

Slika 42: Prikaz sustava za dinamičko pozicioniranje, izvršnih organa i mjernih senzora mobilne odobalne bazne jedinice.....	52 -
Slika 43: Prikaz Energetske stanice, mjernih senzora i izvršnih organa sustava dinamičkog pozicioniranja sa tri redundancije .....	53 -
Slika 44: Trenutni izgled LNG Omišalj na Otoku Krk.....	55 -
Slika 45: Trenutni prikaz LNG terminala Omišalj .....	56 -
Slika 46: Izgled LNG terminala Omišalj nakon konverzije u mobilni LNG odobalni terminal .....	57 -
Slika 47: Izgled konverzije LNG Omišalj u 3d .....	59 -
Slika 48: Ruža vjetrova .....	61 -
Slika 49: Prikaz mogućih strateških lokacija distribuiranih mobilnih odobalnih LNG terminala .....	63 -
Slika 50: Prikaz mobilne baze za lansiranje raketa.....	65 -
Slika 51: „Sea Launch“ mobilna odobalna baza za lansiranje svemirskih raketa ...	66 -
Slika 52: Prikaz farme vjetroelektrana na mobilnom odobalnim bazama .....	67 -
Slika 53: Plutajuća odobalna farma vjetroelektrana .....	69 -
Slika 54: Primjer mobilne odobalne baze koja se koristi kao vjetroelektrana.....	70 -
Slika 55: Prikaz farme vjetroelektrana na moru .....	71 -
Slika 56: Trend porasta izgradnje Vjetroelektrana u Europskoj uniji.....	72 -
Slika 57: Prikaz ogoljenost i otoka uslijed snage naleta vjetra .....	72 -
Slika 58: Prva i druga bazna jedinica mobilne odobalne baze(primjer) .....	79 -
Slika 59: Treća i četvrta bazna jedinica mobilne odobalne baze(primjer).....	79 -
Slika 60: Kontrolna bazna jedinica mobilne odobalne baze(primjer) .....	79 -

## Popis tablica

Tablica 1: Stupnjevi slobode gibanja.....	-7-
---	-----

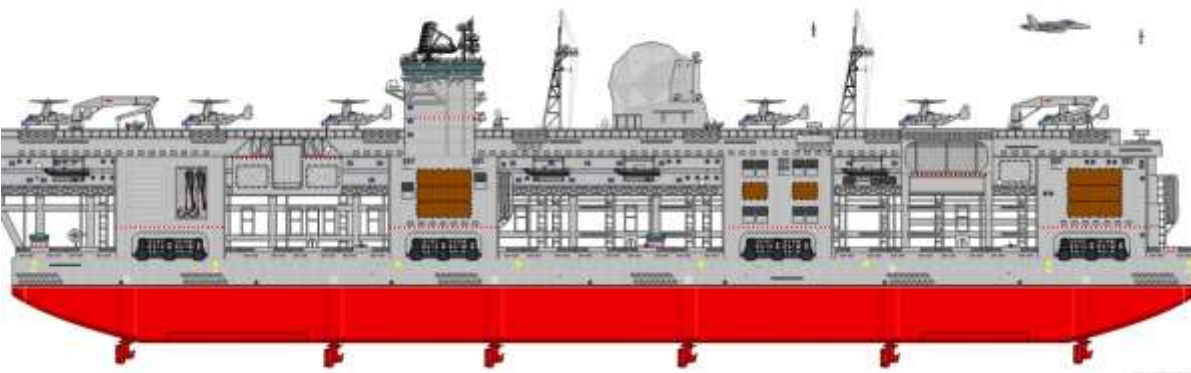
## Prilog 1.



Slika 58: Prva i druga bazna jedinica mobilne odobalne baze(primjer)



Slika 59: Treća i četvrta bazna jedinica mobilne odobalne baze(primjer)



Slika 60: Kontrolna bazna jedinica mobilne odobalne baze(primjer)