



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta dopravní  
Ústav dopravní telematiky**

Využití GNSS při zajišťování přesné polohy ropných plošin

**Bakalářská práce**

Jiřina Lucia Varon Izová

Studijní program: Technika a technologie v dopravě a strojích

Studijní obor: Inteligentní dopravní systémy

Vedoucí práce: Ing. Petr Bureš, Ph.D.

---

**Praha 2020**

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

Fakulta dopravní

děkan

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



**K620..... Ústav dopravní telematiky**

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Jiřina Lucia Varon Izová**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**B 3710 – ITS – Inteligentní dopravní systémy**

Název tématu (česky): **Využití GNSS při zajišťování přesné polohy ropných plošin**

Název tématu (anglicky): **Use of GNSS in Precise Positioning of Offshore Drilling Platforms**

**Zásady pro vypracování**

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Analýza metod a techniky určování přesné polohy a navigace na moři
- Analýza používaných map pro určování přesné polohy a navigace na moři
- Vymezení problematiky ropných plošin a jejich prostředků a potřeby určování polohy
- Studie použití navigačních, polohových technik v případě zvolené plošiny
- Zhodnocení použitých technik určení / udržení polohy s ohledem na dostupné možnosti



- Rozsah grafických prací: podle potřeby, případně do přílohy
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Laik S. Offshore Drilling and Production Platforms/Units. In: 1st ed. Routledge; 2018. p. 107-222  
Andreas, Heri et al. (2018). The Use of GNSS GPS Technology for Offshore Oil and Gas Platform Subsidence Monitoring. 10.5772/intechopen.73565.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Bureš, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce: **10. září 2019**  
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **10. srpna 2020**  
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia  
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

L. S.

.....  
Ing. Zuzana Bělinová, Ph.D.  
vedoucí  
Ústavu dopravní telematiky

.....  
doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.  
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

.....  
Jiřina Lucia Varon Izová  
jméno a podpis studenta

V Praze dne .....

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně a využila k tomu pouze literaturu uvedenou v seznamu zdrojů na konci práce.

Jsem obeznámena se zákonem č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zmíněného zákona.

V Praze dne:

Podpis:

## Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu své bakalářské práce Ing. Petru Burešovi, Ph.D., za vedení při práci na tomto projektu a za vstřícné jednání

Dále děkuji všem, kteří mi umožnili studovat a podporují mě na cestě studiem i v osobním životě.

## Abstrakt

Práce se věnuje Globálnímu družicovému polohovému systému (GNSS) a tématu určení a udržení polohy. V první části se zabývá mapami a systémy pro určení přesné polohy. Nadcházející část popisuje ropné plošiny a nastíní potřebu určování polohy a její udržování. Následuje charakteristika polohové a navigační techniky vybrané plošiny. V závěru práce jsou zmíněny autonomní plovoucí přistávací plošiny v souvislosti s udržením polohy.

## Klíčová slova

GNSS, ropná plošina na moři, drillship, určení přesné polohy, dynamické polohování, autonomní plovoucí přistávací plošina

## Abstract

The bachelor thesis deals with the Global Navigation Satellite System (GNSS) and the topic of positioning and position keeping. It starts with maps and systems for determining precise positioning. The following section describes oil platforms and outlines the need for positioning and position keeping. This is followed by a characterization of the positioning and navigation techniques of the selected platform. The paper concludes with a discussion of autonomous floating landing platforms in relation to station keeping.

## Key words

GNSS, offshore oil platform, drillship, precise positioning, dynamic positioning, autonomous spaceport drone ship

# 1 Obsah

<b>2</b>	<b>ÚVOD</b>	<b>- 9 -</b>
<b>3</b>	<b>MAPY A INFORMAČNÍ SYSTÉMY</b>	<b>- 10 -</b>
<b>3.1</b>	<b>OBSAH MAP</b>	<b>- 10 -</b>
<b>3.2</b>	<b>DRUHY MAP</b>	<b>- 10 -</b>
3.2.1	NÁMOŘNÍ ANALOGOVÁ MAPA	- 11 -
3.2.2	NÁMOŘNÍ DIGITÁLNÍ MAPA	- 12 -
<b>3.3</b>	<b>INFORMAČNÍ SYSTÉM ELEKTRONICKÉHO ZOBRAZENÍ MAPY (ECDIS)</b>	<b>- 13 -</b>
<b>3.4</b>	<b>ZAŘÍZENÍ A NÁSTROJE PRO NAVIGACI A URČENÍ POLOHY</b>	<b>- 13 -</b>
<b>4</b>	<b>SYSTÉMY URČENÍ POLOHY</b>	<b>- 16 -</b>
<b>4.1</b>	<b>ABSOLUTNÍ SYSTÉMY URČENÍ POLOHY</b>	<b>- 16 -</b>
4.1.1	PRECISE POINT POSITIONING (PPP)	- 17 -
4.1.2	ZDROJE CHYB GNSS	- 17 -
<b>4.2</b>	<b>RELATIVNÍ ZPŮSOBY URČENÍ POLOHY</b>	<b>- 19 -</b>
4.2.1	DIFERENCIÁLNÍ GNSS (DGNSS)	- 19 -
4.2.2	WIDE AREA DGNSS (WADGNSS)	- 20 -
4.2.3	REAL TIME KINEMATIC (RTK)	- 20 -
4.2.4	POST-PROCESSED POSITIONING	- 20 -
4.2.5	DRUŽICOVÉ ZPŘESŇUJÍCÍ SYSTÉMY	- 21 -
<b>5</b>	<b>ROPNÉ PLOŠINY</b>	<b>- 22 -</b>
<b>5.1</b>	<b>ZÁKLADNÍ TYPY ROPNÝCH PLOŠIN</b>	<b>- 22 -</b>
5.1.1	PEVNÉ PLOŠINY	- 22 -
5.1.2	KOMPATIBILNÍ PLOŠINA	- 23 -
5.1.3	MOBILNÍ JEDNOTKY	- 24 -
<b>5.2</b>	<b>DYNAMICKÉ URČOVÁNÍ POLOHY</b>	<b>- 26 -</b>
5.2.1	TŘÍDY DP	- 26 -
5.2.2	FUNKCIONALITA DP	- 27 -
<b>5.3</b>	<b>ANALÝZA DYNAMICKÉHO POLOHOVÁNÍ U MOBILNÍ PLOŠINY TYPU DRILLSHIP</b>	<b>- 29 -</b>
5.3.1	POPIS ROPNÉ PLOŠINY TYPU DRILLSHIP	- 29 -
5.3.2	DYNAMICKÉ POLOHOVÁNÍ U LODI S VRTNOU SOUPRAVOU	- 30 -
5.3.3	STENAFORTH	- 31 -
<b>6</b>	<b>AUTONOMNÍ PLOVOUCÍ PŘÍSTÁVACÍ PLOŠINA</b>	<b>- 34 -</b>
<b>7</b>	<b>ZÁVĚR</b>	<b>- 38 -</b>

<b><u>8</u></b>	<b><u>ZDROJE</u></b>	<b><u>- 39 -</u></b>
<b><u>9</u></b>	<b><u>SEZNAM OBRÁZKŮ</u></b>	<b><u>- 43 -</u></b>
<b><u>10</u></b>	<b><u>SEZNAM TABULEK</u></b>	<b><u>- 43 -</u></b>



## Seznam použitých zkratk

AIS	Automatic Identification Systém
m n. m.	metrů nad mořem
ČR	Česká republika
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System, Globální navigační systém
GT	Gross Tonnage, Váha lodi
DGPS	Diferenciální GPS
ENC	Electronic Navigation Chart, Elektronická navigační mapa
EDIS	Electronic Chart Display and Information Systém, Elektronický informačníva mapový systém
DP	Dynamic Positioning, Dynamické určování polohy
ARPA	Automatic Radar Plotting Aid, Automatická podpora radarového vykreslování
IMO	The International Maritime Organization, Mezinárodní námořní organizace
VKV	Velmi Krátké Vlny
DGNSS	Diferenciální GNSS
WADGNSS	Wide Area DGNSS
PPP	Precise Point Positioning
PPK	post-processed kinematic
RTK	Real-Time Kinematics
E&P	Exploration and Production sectors of the hydrocarbon (oil and gas) industry
IALA	Navigation and Lighthouse Authorities
AIS	Automatic Identification System for Ship
VHF	Very High Frequency
IMO	International Maritime Organization
ECDIS	Systém k zobrazování elektronických plavebních map a informací (Electronic Chart Display and Information System)
ENC	Elektronická navigační mapa
MODU	Mobile offshore drilling unit
IGS	International GNSS Service
CORS	Continuously Operating Reference Stations
ASDS	Autonomous Spaceport Drone Ship, Autonomní plovoucí přistávací plošinu

## 2 Úvod

Bakalářská práce „Využití GNSS při zajišťování přesné polohy ropných plošin“ má za cíl osvětlit téma určování a udržení polohy v mořském prostředí, seznámit s ropnými plošinami a představit systém udržení polohy na ropných plošinách. Téma mě zaujalo tím, že v českém prostředí je problematika téměř nepopsána, proto bych tímto ráda alespoň nastínila toto obsáhlé téma.

Práce začíná kapitolou mapy, která zahrnuje základní rozdělení map používaných při námořních operacích. Věnuje se také Informačnímu systému elektronického zobrazení mapy (Electronic Chart Display Information System, ECDIS), kde se uvádí, jaká zařízení a nástroje se na plavidle používají pro určení polohy a navigace. Data ze zmíněných zařízení se do elektronické mapy pak integrují a ECDIS zobrazuje podrobná data o poloze. V další kapitole jsou rozebírány systémy určení polohy, kam spadají absolutní a relativní systémy určení polohy. Práce se poté přesouvá k tématu ropných plošin, kde jsou ropné plošiny kategorizovány. Práce se nadále věnuje systému dynamického určování polohy. V kapitole jsou popsány jeho třídy a funkcionality dynamického polohování. Dále je poskytnuta analýza dynamického určování polohy u vybrané ropné plošiny, v tomto případě se jedná o tzv. loď s vrtnou soupravou, neboli drillship. V kapitole je popis zvolené ropné plošiny, systém dynamického polohování a je zakončena příkladem lodi s vrtnou soupravou s názvem StenaForth, kde jsou pro představu uvedeny jednotlivé parametry ropné plošiny typu drillship. V závěru práce jsem si dovolila ještě nastínit jiný druh plošin - autonomní plovoucí přistávací plošiny. V kapitole jsou popsány přistávací plošiny firmy SpaceX a jejich způsob udržení polohy. Práce je ukončena zhodnocením.

## 3 Mapy a informační systémy

Téma mapy a informační systémy jsou základem pro navigaci a určení polohy. V této kapitole jsou popsány mapy a jejich základní rozdělení. V souvislosti s elektronickým mapovým podkladem je zde popisován Informační systém elektronického zobrazení mapy, kterému jsou dodávány data z jednotlivých zařízení a nástrojů plavidla.

### 3.1 Obsah map

Mapa má matematický základ jako je měřítko, průběh zkraslení a souřadný systém. Mohou být různě podrobné a přesné.

Objekty v mapě jsou zmenšené a zjednodušené, dochází tedy ke generalizaci. Obsah mapy tvoří výškopis, polohopis a popis mapy. Výškopis zobrazuje výškovou členitost reliéfu (povrchu) a udává nadmořskou výšku objektu zkratkou m n. m. = „metrů nad mořem“. Znázorňuje se pomocí kót, vrstevnic a barev. Polohopis znázorňuje to, co vidíme v terénu – řeky, přístavy, města apod. Čím je mapa podrobnější, tím je zobrazeno více objektů. Vyjadřují se pomocí smluvených značek uvedených v legendě mapy či vysvětlivkách. Popisem se rozumí názvy objektů v mapě, ty jsou pak přehlednější. Jejich význam se vyjadřuje velikostí či tvarem písma.

Obsah mapy lze také rozdělit na prvky matematické, fyzicko-geografické, socioekonomické a doplňkové a pomocné. Matematické prvky formují konstrukční základ mapy. Zahrnují měřítko mapy, souřadnice, geodetické podklady, kartografická zobrazení a kompozici mapy. Fyzicko-geografické prvky tvoří vodstvo (řeky, jezera, moře, oceány), vegetace, reliéf (výškopis) a obecně přírodní složky. Socioekonomické prvky jsou pozemní, námořní a letecké komunikace, sídla, hranice apod. Doplňkové a pomocné prvky je například legenda, vysvětlivky nebo popis. [1]

**Námořní mapy** jsou mapy pobřežních a mořských oblastí sloužící k navigaci. Obsahují křivky hloubky vody či měření hloubky vody olovnici, popřípadě obojí; pomůcky pro navigaci jako jsou bóje, značení průlivů, navigační světla, majáky; ostrovy, skály, vraky, útesy a jiné nebezpečné překážky; a významné rysy pobřežních oblastí jako například skalní ostrohy, vodárenské věže, kostelní věže, budovy a další prvky užitečné při určování pozice z pobřežních území. [2]. Jsou tam také zaznamenány stupně zeměpisné délky a šířky, topografické prvky a magnetické informace.

### 3.2 Druhy map

Existují různé druhy map.

Dělí se například podle měřítka. Měřítko mapy udává poměr zmenšení mapy proti skutečnosti a může být číselné či grafické. Existují mapy velkých měřítek, které zobrazují malá území, velmi podrobné, od podrobných plánů po mapy v měřítku 1:200 000. Měřené vzdálenosti odpovídají skutečnosti (například plány, turistické mapy, katastrální mapy 1:1000). Pak jsou mapy středních měřítek, což jsou mapy od měřítka 1:200 000 do 1:1000 000 (např. autoatlasy států, ČR). Nakonec existují mapy malých měřítek, což jsou mapy nad 1:1000 000. Jsou velmi zkraslené, málo podrobné a znázorňují obrovská území (kontinenty, svět).

Dělení může být i podle obsahu na mapy topografické, to jsou mapy místopisné, podrobné, zobrazující zejména geografickou realitu co nejpodrobněji; pak na mapy tematické, katastrální a všeobecné zeměpisné. Ty obrazují rozsáhlé geografické celky s vysokou mírou generalizace.

Klasifikovat mapy lze i podle rozsahu zobrazeného území. Existují mapy světa, zemských polokoulí, mapy moří, oceánů a mapy států či jiných vybraných částí.

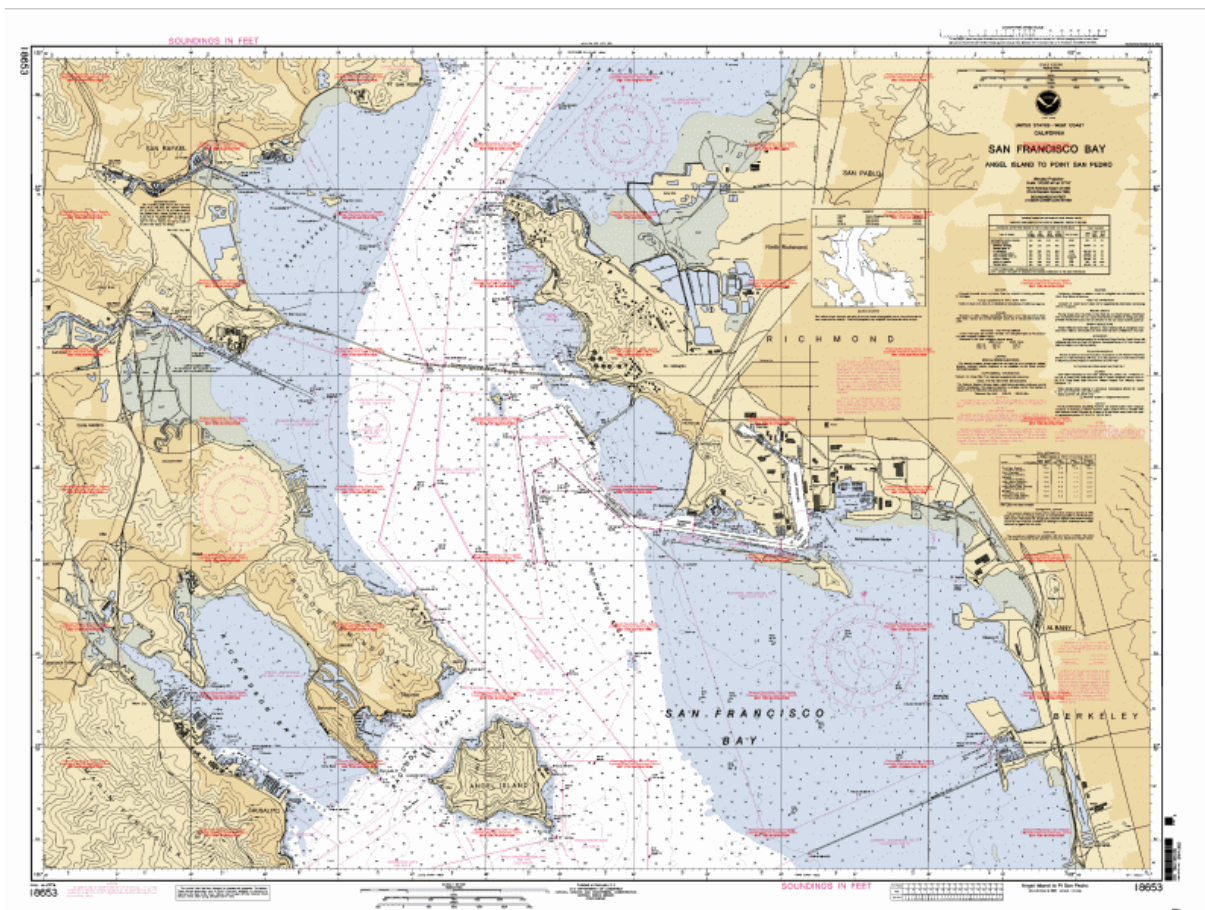
Mapy se také dělí podle účelu. Mohou to být mapy pro výzkum, pro dopravu, pro územní plánování, pro orientaci nebo například pro meteorologii či vodní hospodářství.

V neposlední řadě se dělí i na mapy podle formy záznamu. Jsou to buď mapy analogové, digitální, reliéfní či mapové transparenty (diamapy, mapy určené pro promítání). [1]

### 3.2.1 Námořní analogová mapa

Námořní mapy jsou běžně tištěny ve velkém formátu, mezinárodně uznaná maximální velikost je udávána 70 centimetrů na 1 metr (Obrázek č. 1). Mapy musí být uchovávány vždy tak, aby s nimi navigátor mohl kdykoliv efektivně pracovat a zároveň se musí dbát na kvalitu papíru a opatrné zacházení. Aby bylo možné s mapou v praxi zacházet, platí určitá omezení týkající se barev. Navigátoři v noci zkoumají mapy pod červeným světlem, tudíž jsou barvy jako právě červená, oranžová a žlutá nahrazeny fialovou, magentou a šedou. Tento typ navigační mapy se užívá především u menších plavidel. [2]

Námořní mapy mají různá měřítka podle toho, k čemu slouží. Oceánské plavební mapy jsou zakresleny v měřítku 1:5 000 000 a menším, využívají se k plánování dlouhých plaveb nebo k vyznačení postupu plavidla. Pro námořní plavbu se využívají také mapy s měřítkem v rozmezí 1:600 000 až 1:5 000 000, které zobrazují generalizovanou linii pobřeží. Obecnější mapy, které zobrazují oblasti mimo útesy a mělčiny, mají měřítka v rozmezí 1:50 000 až 1:100 000. V oblasti přístavů se používají obvykle mapy s měřítkem větším než 1:50 000. [2]



Obrázek 1: Námořní analogová mapa [3]

### 3.2.2 Námořní digitální mapa

V dnešní době se papírové mapy téměř nevyužívají. Rychlému nárůstu moderní informační techniky a navigační techniky se přizpůsobily i mapové podklady. Digitální mapy mořského prostoru představující geografické informace a informace o námořním provozu se staly technickou revolucí v odvětví námořní navigace a určování přesné polohy. Námořní digitální mapa a její aplikační systémy se staly klíčovou součástí integrované navigaci lodí a řízení námořního provozu. Informační systém integrující mapová data a data okolí a poloze lodí se nazývá EDCIS (Electronic Chart Display Information Systém) a popisujeme je dále v následující kapitole.

Z pohledu mapového díla jsou využívány dva typy map – rastrové a vektorové. Rastrová mapa je přímá kopie nebo sken papírových map. Vypadá stejně jako papírová mapa, protože všechny zobrazené informace jsou součástí rastrového obrazu (bitová mapa). Mapa umožňuje pouze omezené zvětšení a neposkytuje informace o objektech na mapě. Vektorová mapa je počítačově generovaná na základě digitální mapy. Podrobnosti mapy lze zapnout a vypnout v závislosti na požadavcích uživatele a na objekty ve vektorové mapě lze kliknout pro zobrazení více podrobností, či tyto podrobnosti dále využít (poloha lodí v souvislosti s hloubkou mořského dna). [4]

V posledních letech se digitální mapa moře široce využívá v oblasti námořní dopravy, kontroly dopravy, námořním inženýrství apod. [5]

### 3.3 Informační systém elektronického zobrazení mapy (ECDIS)

Dle nařízení Mezinárodní námořní organizace (IMO) musí každé plavidlo obsahovat ECDIS (Obrázek č. 2). Informační systém elektronického zobrazení mapy (Electronic Chart Display Information System, ECDIS) se stal průlomem ve vývoji navigačních map používaných v námořních plavidlech a lodích. S využitím elektronického navigačního zařízení lze přesně určit polohu. Systém ECDIS je nejen dostupný, ale i rychlý a přesný. S ECDIS jako primárním zdrojem navigace může navigační důstojník naplánovat plavbu mnohem rychleji než za použití papírových map. Většina jednotek ECDIS má nástroj, kterým lze trasové body importovat do tabulkového procesoru Microsoft Excel, což usnadňuje ruční zadávání trasových bodů při sestavování plánu cesty. Ze systému ECDIS lze snadno exportovat data pro denní hlášení, jako je zbývající vzdálenost, ujetá vzdálenost, průměrná rychlost apod. Zatímco před příchodem elektronické navigace byla největší část pracovní doby navigačního důstojníka zaměřena na opravu map, nyní plavidlo dostává týdenní aktualizaci elektronických map pomocí e-mailu, který si musí stáhnout na jednotku zip a nahrát ji do ECDIS.



Obrázek 2: ECDIS [6]

Dále jsou uvedena vybraná zařízení a nástroje pro sledování polohy a okolí, které jsou systémem ECDIS vyhodnocována a zobrazována a následně použita pro určení polohy a navigaci.

### 3.4 Zařízení a nástroje pro navigaci a určení polohy

Ke zjištění a udržení polohy u plavidel se využívá mnoho navigačních nástrojů.

Plavidla jsou vybavena i nástroji včetně námořních radarů, sonarů, GPS plotterů a kompasů, aby bylo zajištěno spolehlivé povědomí o situaci a bezpečnosti za všech okolností. V následujících odstavcích jsou vybraná zařízení představována.

Mezi nejzákladnější nástroje pro navigaci lze zařadit **navigační světla**. Jsou jimi vybavena veškerá plavidla a slouží jako součást navigačních systémů používaných za obtížných

viditelných podmínkách. Navigační světla jsou jedním z nejdůležitějších navigačních zařízení potřebných pro plavbu na volném moři. Dále se používá zvuková pomůcka – klakson, sloužící jako varování pro nedaleká plavidla.

**Gyrokompas** slouží k nalezení správného směru. Na rozdíl od magnetického kompasu nemá gyroskop problém s vnějším magnetickým polem. Používá se k nalezení správné severní polohy, která je také osou otáčení Země, aby poskytla stabilní směrový zdroj.

Neméně dobře slouží na lodi **magnetický kompas**. Magnetický kompas pracuje ve spojení s magnetickým polem Země a je základním prostředkem zařízení pro indikaci směru. Je používán k získání plánovaného kurzu na cestu. Magnetický kompas je začleněn tak, že je výstup zobrazen na můstkovém panelu.

Plavidla jsou závislá především na frekvenčním radarovém systému v pásmu S a X, protože dokáže detekovat cíle a zobrazit na obrazovce informace, jako je vzdálenost lodi od pevniny, či jakékoli plovoucí objekty (skály, ledovec, ostrov...), další plavidla a překážky tak, aby nedošlo ke kolizi. **Radar** funguje jako rotující anténa, která zaznamenává okolní oblast lodi. S radarem souvisí Automatická podpora radarového vykreslování (Automatic Radar Plotting Aid, ARPA), která zobrazuje polohu lodi a dalších plavidel v okolí. Podle toho se pak vybírá směr plavidla tak, aby nedošlo ke kolizi. Toto navigační zařízení neustále sleduje okolí lodi a zakresluje jak stacionární, tak plovoucí objekty s jejich rychlostí a kurzy jako vektory na obrazovce displeje. Parametry jsou neustále aktualizovány při každém otočení antény výpočtem jejich nejbližších bodů přiblížení k vlastní lodi a také času, než k tomu dojde. [7]

Jedním z prostředků, které se využívají k určení polohy je **Systém automatické identifikace** (Automatic Identification system, AIS), který je také jedním z typů navigačního systému. Pomáhá přesně určit polohu a další navigační parametry lodí. AIS využívá rádiové kanály VKV jako vysílače a přijímače k odesílání a přijímání zpráv mezi loděmi. Podle váhy lodi (Gross tonnage, GT), kterou udávají nařízení od Mezinárodní námořní organizací (International Maritime Organisation, IMO), musí mít lodě od roku 2000 AIS přijímač dané třídy, který umí, jak přijímat informace z ostatních plavidel, tak vysílá vlastní údaje o lodi. [8] Data zahrnují jak dynamické informace týkající se kurzu, polohy, rychlosti, destinace, tak informace statické jako jméno plavidla, rozměry apod. Problém je, že tato strategická data pochází z externích senzorů, a ne z nezávislých pozorování prováděných majitelem plavidla jako v případě sledovacího radaru. Tím mohou vznikat chybná data (špatně podaná informace o poloze, rychlosti atp.). [9] Sloučení dat ze sledovacího radaru a AIS pomáhá předcházet kolizním situacím a slouží jako základ pro systémy podpory navigačního rozhodování. [10]

Důležité navigační zařízení je také **zařízení pro záznam rychlosti a vzdálenosti**, které se používá k měření rychlosti a vzdálenosti uražené plavidlem od stanovené hodnoty.

Jako další se využívá například **indikátor úhlu kormidla**, který udává úhel kormidla a napomáhá k řízení rychlosti otáčení kormidla a určení úhlu kormidla. Podobně užitečný je ukazatel rychlosti otáčení, který ukazuje, jak rychle se plavidlo otáčí ustálenou rychlostí a obvykle se zobrazuje jako počet otočených stupňů. Slouží pro bezpečné řízení kurzu. [7]

Existuje rozdíl mezi navigací na pobřeží a navigací na volném moři a jejich rozdílnost se projevuje právě v používaných nástrojích. V případě navigace na pobřeží se využívá funkce ARPA Echo Referencing která slouží právě pro nepřetržité sledování polohy během pobřežní navigace. To se provádí získáním pevného neboli stacionárního cíle, jako je malý ostrov, maják, skála atd. na radaru, a pak se aktivuje ARPA na ECDIS. Dalším krokem v procesu je zrušení výběru sekundárního zdroje polohy na ECDIS přes GPS a místo toho se vybere Echo Reference. Jakmile je tato funkce povolena, poskytuje uživateli vizuální vyznačení minulých poloh jak v primárním (GPS) režimu opravující polohu, tak v režimu sekundárním (Echo Reference). [8]

Jednou z největších výhod systému ECDIS oproti papírovým mapám je jeho schopnost umožnit uživateli vidět polohu plavidla v reálném čase bez zásahu uživatele. ECDIS je propojen s dvěma nezávislými systémy určení polohy na základě signálů z GNSS, takže systém ECDIS funguje, i když jeden selže. Systémy určení polohy GNSS mohou mít výpadky a jsou náchylné k chybám. Tento problém lze překonat pomocí nástrojů nazvaných Radar Overlay a Echo Reference, které jsou součástí ECDIS a zařízení Radar. Tyto doplňkové systémy propojují systém ECDIS se zdroji radarového signálu, který umožňuje zvýšit spolehlivost a přesnost systému (zejména relativní polohy ve vztahu k okolním objektům).

ECDIS umožňuje pracovat s různou hloubkou vod. Systém označí a zvýrazní minimální hloubku potřebnou k tomu, aby plavidlo zůstalo bezpečně ve vodě. Vyznačuje i mělkou hladinu vody a označuje nesplavnou oblast a hranici, mimo kterou může plavidlo bezpečně navigovat. Překročením této hranice by plavidlo najelo na mělčinu. Obvykle je označena tmavě modrou barvou, která označuje nesplavnou oblast. V potaz se bere hodnota současného nejhlubšího ponoru plavidla. Zahrnuje i bezpečnostní obrys, který vyhodnocuje situační okolnosti a podmínky. Vody, s hloubkou nižší, než je bezpečnostní obrys, se na ECDIS zobrazují šedě zbarvenou oblastí. [11]

Zařízení, které je na scéně již desítky let, a přesto se stále využívá, je takzvaný **echolot**. Používá se k měření hloubky vody pod dnem lodi pomocí zvukových vln, které fungují na principu přenosu zvukových vln a zvukového pulzu, který se bude odrážet od reflexní vrstvy a vrací se jako ozvěna ke zdroji. Mezi další zařízení patří systém příjmu zvuku. Jedná se o akustický systém, který umožňuje naslouchat zvukovým signálům z okolí či od jiných plavidel (jako je například klakson). [4]

Jeden z nejužitečnějších nástrojů je GPS přijímač. Přijímač globálního pozičního systému (Global positionig systém, GPS) je zobrazovací systém používaný k zobrazování polohy lodi pomocí satelitu na oběžné dráze Země. Ze záznamu pozic lodi lze vypočítat rychlost, směr a čas potřebný k překonání vzdálenosti mezi pozicí A a B. [7] Systémy námořní GPS přicházejí s ochrannou hydroizolací, mají tlačítka a číselníky, které lze ovládat i přes rukavice, a nabízí snadnou použitelnost pro všechny druhy cest po moři. [12] Systému GNSS se věnuje další kapitola.

Veškeré údaje o plavbě jsou zaznamenána tzv. plavebním datovým záznamníkem (angl. Voyage data recorder). Jedná se o klíčový nástroj mezi lodním navigačním zařízením, který je instalován na lodi pro nepřetržité zaznamenávání důležitých informací souvisejících



s provozem plavidla. Obsahuje systém nahrávání hlasu po dobu alespoň posledních 12 hodin. Následný záznam je obnoven a použit pro vyšetřování v případě nehod. [7]

## 4 Systémy určení polohy

Součástí ECDIS jsou systémy pro určování absolutní a relativní<sup>1</sup> polohy včetně informačních systémů a zpřesňování. Do systémů určování absolutní polohy patří rádiové satelitní navigační systémy (GNSS). Do systémů určování relativní polohy patří všechny ostatní systémy, které umožňují lodi vnímat svoje okolí (vzdálenost od, tvar, rychlost, vektor). Do kategorie relativních systémů také řadíme systémy zpřesňující polohu určenou systémem GNSS na základě porovnání s referenční stanicí.

### 4.1 Absolutní systémy určení polohy

Hlavním představitelem absolutních systémů určení polohy je Globální družicový polohový systém (GNSS). Systém GNSS poskytuje prostorovou polohu, popřípadě čas. Představiteli GNSS jsou NAVSTAR GPS (USA), GLONASS (Rusko, SSSR), Galileo (Evropa) a Compass (Čína). Existují i další satelitní navigační systémy, které ovšem fungují jen na lokální či regionální úrovni.

GNSS systémy se skládají ze tří segmentů:

- Kosmický segment – představuje družice na oběžné dráze kolem Země
- Řídící segment – reprezentuje kontrolní a monitorovací stanice na Zemi
- Uživatelský segment – tvořen GNSS přijímače uživatelů [13]
- 

Určení polohy vychází z principu tzv. „laterace“, tedy způsobu měření přesné vzdálenosti satelitů systému od přijímače a nalezení průsečíků těchto vzdáleností vůči skutečným polohám satelitů v době vyslání signálu. Pro určení vzdálenosti, resp. doby šíření signálu je možné použít tzv. fázové, resp. kódové měření (či jejich kombinaci).

- Fázové měření obnáší počet cyklů neboli vlnových délek nosné frekvence mezi satelitem a přijímačem. Přijímač zvládne měřit zlomek cyklů s vysokou přesností, nicméně není schopen určit, ve kterém cyklu se měření provádí.
- Kódové měření obnáší korelaci mezi 2 stejnými ale časově posunutými signály v přijímači a přijímaném signálu. Posun, kromě vzdálenosti, ovlivňuje i neznámý posun mezi hodinami přijímače a systémovým GNSS časem. Tato problematika je součástí řešení polohy.

Při určení výšky n.m. je zapotřebí vycházet z odhadované výšky antény a uplatnit vhodný odhad chyby na základě očekávaných přílivů a odlivů a tuto chybu v průběhu času kontrolovat. Monitorováním této hodnoty se zohledňují změny v terénu a příliv a odliv na moři. [14]

Metoda nevyžaduje kontrolní stanici se známou polohou, používá pro samostatné GNSS přijímače. Touto metodou jsou zpracována data z jednoho přijímače pro stanovení trojrozměrných kartézských souřadnic v příslušném referenčním rámci. [17] Jakmile se použije GNSS rozšíření, tak není potřeba lokální referenční stanice k určení diferenčních korekcí, na

---

<sup>1</sup> Členění na absolutní a relativní je arbitrární a souvisí s referenčním rámcem vůči kterému je určována poloha.

rozdíl od relativní techniky. Místo toho se používají techniky, které používají data ze sítě GNSS referenčních stanic k modelování a opravování chyb v družicových navigačních datech. [14]

### 4.1.1 Precise Point Positioning (PPP)

Výraz Precise Point Positioning představuje absolutní GNSS techniku která využívá přesné informace o satelitní oběžné dráze a o satelitních hodinách. Tato data, odvozená z globální sítě sledovacích GNSS stanic, zpřesňují standardní navigační zprávy vysílané satelitem. Pro celou GNSS konstelaci je generován jeden soubor globálně platných korekcí hodin a oběžné dráhy a jsou poskytována všem uživatelům techniky PPP. Z tohoto důvodu nelze použít prostorová dekorelace.

Pro usnadnění výpočtu lokální ionosférického zpoždění se vyžaduje dvoufrekvenční vysílač, který vede k řešení s vysokou přesností. Systém lze tedy použít ve všech oblastech, nevyjímaje ty s vysokou ionosférickou aktivitou. Účinky vícecestného šíření a šumu GNSS přijímače jsou zredukovány použitím dvoufrekvenčních pozorovatelných složek nosné fáze. Troposférická chyba se odhaduje použitím troposférického modelu a jakýkoli zbytkový efekt je modelován jako část řešení. PPP může poskytovat horizontální přesnost určení polohy lepší než 15 cm a vertikální přesnost mezi 15–25 cm.

Technika PPP vyžaduje krátkou dobu inicializace. Od úplného startu je konvergence k plné PPP přesnosti typicky menší než 20 minut s přesností cca 25 cm dosaženou během 10 minut. [14]

Hlavní výhoda PPP spočívá v tom, že na rozdíl od jiných metod pro přesné určení polohy nevyžaduje víc než jeden přijímač, což činí tento postup určení přesné polohy méně nákladný. [15]

### 4.1.2 Zdroje chyb GNSS

Měření polohy jsou ovlivněna mnohými zdroji chyb. Některé výsledné chyby mohou být odhadnuty pomocí modelů nebo odhadnuty z pozorování GNSS, zatímco některé požadují pečlivý výběr umístění antény tak, aby byl minimalizován jejich efekt.

V Tabulce 1 můžeme vidět typické zdroje chyb a jejich typickou velikost.

Tabulka 1: Zdroje chyb [14]

Zdroje chyb	Typická velikost [m]
Ionosféra	5 m – 20 m
Troposféra	2,5 m – 15 m
Hodiny satelitu	1,5 m
Šum z měřícího přijímače (kódová měření)	0,5 m
Oběžná dráha	1,5 m
Vícecestné šíření	1 m – 5 m
Geofyzikální efekty	0,5 m
Šum z měřícího přijímače (fázová měření)	0,003 m

#### Ionosféra

Ionosféra je ionizovaná nejvyšší část atmosféry, s rozsahem od 50 km do 1 000 km nad povrchem Země. Úroveň ionizace závisí primárně na sluneční aktivitě. Ionosférické poruchy se zvyšují během období zvýšené sluneční aktivity, což ústí v nepříznivý účinek na GNSS. [14] Ve vertikálním směru může chyba vznikající cestou signálu ionosférou nabýt až 30 m.

V horizontálním směru se tato chyba může až ztrojnásobit. Ionosférické zpoždění je proměnlivé v čase i prostoru. [16]

Ionosférické efekty se dotýkají celé planety, přesto hlavními zasaženými oblastmi jsou polární oblasti a pásmo sahající do cca 15–20 ° severně a jižně od geomagnetického rovníku. Pro odstranění ionosférické chyby lze aplikovat ionosférický korekční model, jelikož zpoždění signálu v ionosféře závisí na frekvenci procházejících vln. [16] Zpoždění může být tedy eliminováno vytvořením lineární kombinace pozorování rozsahu při dvou frekvencích. To je i důvod, proč GPS satelity vysílají na dvou nosných frekvencích L1 (1 575,42 MHz) a L2 (1 227,60 MHz). [14]

### **Troposféra**

Troposféra je vzduch bezprostředně kolem Země do cca 40 km od povrchu. [14] Troposférická chyba závisí na výšce satelitu a při zenitu nabývá hodnoty až 2,3 m, v horizontálním směru je chyba až desetkrát větší. Chybu lze eliminovat troposférickým modelem s přesností na centimetry, když jsou známé atmosférické podmínky v místě měření. [16]

### **Hodiny satelitu**

Každý satelit disponuje vlastními hodinami, které se synchronizují s GNSS časem. Satelit poskytuje každých 15 minut navigační zprávu, která obsahuje korekční parametry, aby se synchronizoval čas satelitu s časem GNSS. Tyto parametry nejsou dokonalé a platí jen pro určitou dobu.

### **Oběžná dráha**

V satelitní zprávě, kterou satelit vysílá, se nachází i parametry efemeridy. Ani tyto parametry nejsou ideální a platí jen omezenou dobu.

### **Vícecestné šíření**

Multipath neboli vícecestné šíření signálu se týká GNSS signálů, který se dostává k anténě přijímače ne přímo ze satelitu, ale odráží se od reflektivního povrchu, jako je například mořská hladina, skleněná plocha či kovová struktura nacházející se v blízkosti antény. Kombinace přímých a nepřímých (odražených) GNSS signálů způsobuje chybu kódových pozorování v přibližném rozmezí 1–5 m nebo i větší. Chyba fázového měření se pohybuje v rozmezí prvních centimetrů. Vícecestné šíření signálu se těžko detekuje. Ve statické situaci se určení polohy rozeznává v pravidelném vzorci, zatímco na pohybující plošině jako je průzkumná loď se vícecestné šíření projevuje jako náhodný šum. Jedna z indikací vícecestného způsobu šíření je destruktivní interference mezi přímým a odraženým signálem, která se projevuje nízkým či proměnným poměrem mezi signálem a šumem (S/N ratio).

Vícecestnému šíření lze zamezit pečlivým výběrem umístění přijímací antény tak, aby měla otevřený výhled na oblohu a v okolí se nenacházely reflektivní plochy.

### **Geofyzikální efekty**

Mezi geofyzikální efekty patří slapové jevy. Takzvaný příliv Země (Earth tide) záleží na poloze Slunce a Měsíce a ovlivňují především vertikální část polohy, kdy chyba může být až 0,3 m. Oceánský příliv je výsledkem přílivu a odlivu oceánu na spodní kůře a ve vertikálním směru ovlivňuje přesné určení polohy o 0,01–0,02 m, s možným přesahem 0,05 m. [14]

V dnešní době mohou být GNSS systémy využívány pro celou řadu úkolů, díky zlepšení přijímacích technologií, vyšší dostupnosti signálů a výraznému pokroku, co se ceny a použitelnosti týče. Samostatné polohy odvozené pomocí jednotlivých GNSS přijímačů většinou neposkytují dostatečnou přesnost, proto se pro určování polohy a navigaci v E&P používají rozšířená data z lokálních či globálních systémů pro zlepšení kvality dat a získání vyšší přesnosti než u samostatného určování polohy. [14] Vysoce přesná řešení založená na bázi GNSS našla uplatnění v rozličných odvětví a používají se pro přesné určení trojrozměrné polohy bodů, vzdáleností mezi nimi a odpovídajících úhlů. Uplatňují se dvě techniky – relativní určení polohy a absolutní určení polohy.

## 4.2 Relativní způsoby určení polohy

Relativní určení polohy zahrnuje příjem signálů z běžných satelitů, které se zaznamenají současně na dvou nebo více kontrolních stanicích pomocí vysoce přesných GNSS přijímačů. Zpracování těchto měření buď v reálném čase nebo po zpracování (post-processing) umožňuje odvodit jejich vzdálenost GNSS, které se používají k odhadu trojrozměrné polohy, zdrojů chyb a nejistoty pro každou kontrolní stanici. To dovoluje, aby se atmosférické účinky na šíření signálu ze satelitu do přijímače efektivně rušily. Relativní určení polohy lze provést pouze v případě, že existují referenční stanice se známými souřadnicemi. Ty jsou poskytovány stanicemi zřízenými na národní úrovni (Continuously Operating Reference Stations (CORS)) nebo se využívají data z mezinárodní GNSS služby (International GNSS Service (IGS)) nebo se používají komerční nebo veřejné DGNSS/RTK sítě a nebo v případě, že není nic z výše uvedeného dostupné, vytvořením DGNSS/RTK referenční stanice pro daný projekt. [17]

Účinnost relativní techniky vychází z předpokladu, že chyby pozorování v místě uživatele se podobají chybám na referenční stanici. S rostoucí vzdáleností mezi uživatelem a referenční stanicí se tento předpoklad stává méně validním a přesnost určení polohy se zmenšuje. Pro tento jev se používá termín prostorová dekorelace (spatial de-correlation). Pro zvýšení robustnosti lze použít data z více referenčních stanic. [14]

### 4.2.1 Diferenciální GNSS (DGNSS)

Diferenciální GNSS metoda má několik různých implementací, od nichž se odvíjí přesnost. Záleží především na GNSS měřeních (jednoduchá nebo duální frekvence) a na typu pozorování. DGNSS systémy disponují přesností v rozsahu 0,5–5 m.

Jednofrekvenční řešení obvykle používá kódové observace a uplatňuje model, který kompenzuje ionosférické zpoždění. Tento model ovšem pokulhává v případě, že aktivita ionosféry vzroste zásluhou zvýšené sluneční činnosti, tímto může dojít méně přesným predikcím, což zkresluje určování polohy. Přesnost lze také ovlivnit fázovým měřením, která jsou přesnější a méně náchylná k vícecestnému šíření.

Co se týče dvoufrekvenčního řešení, používají se pozorování na dvou frekvencích, a tak se přímo měří ionosférické zpoždění bez nutnosti spoléhání na model. Stejně jako u jednofrekvenčního řešení se přesnost může zvýšit fázovým měřením.

## 4.2.2 Wide Area DGNS (WADGNSS)

Metoda WADGNSS používá síť referenčních stanic, které se používají k odhadnutí tří hlavních zdrojů chyb – chyba satelitní dráhy, chyba hodin satelitu a ionosférické zpoždění, a tyto parametry jsou opravovány. Parametry satelitní dráhy a hodin satelitu jsou přenášeny jako korekce parametrů vysílaných satelitem, zatímco ionosférické zpoždění je přenášeno jako korekční mřížka.

Výhoda této metody spočívá v tom, že prostorová dekorelace není problémem, takže uživatel není omezován vzdáleností od referenční stanice. Navíc v případě jednofrekvenčního uživatele není potřeba spoléhat na ionosférický model.

Přesnost WADGNSS je konstantní, když se WADGNSS uplatňuje uvnitř sítě referenčních stanic, ale s odstupem se zhoršuje.

## 4.2.3 Real Time Kinematic (RTK)

Metoda Real Time Kinematic zahrnuje přenos rádiových vln L1 a L2 z referenční stanice známých souřadnic do přijímače, kde je stanovena poloha. Dvojité diferencování (double differencing) měření a vyřešení počtu celých vln (fázová ambiguita) udává relativní přesnost určení polohy na úrovni centimetrů.

Rozsah, ve které je metodě RTK umožněno pracovat, je limitován často na 20 km nebo méně, jelikož chybová dekorelace ovlivňuje odvození fázových ambiguit a limituje rádiový přenos. Rozsah může být rozšířen nevyřešením ambiguit, čímž se ale sníží přesnost. Toto řešení je nazýváno float solution.

Alternativou k jedné RTK stanici je použití síťové RTK (Network RTK). Tato metoda je založena na využití sítě trvalých GNSS přijímačů, kde jsou data ze všech stanic kombinována a používána ke generování RTK korekcí nebo surových dat pro mobilní uživatele. Mobilní přijímač se připojí k síťovému RTK serveru prostřednictvím jednosměrného nebo dvousměrného komunikačního spojení tak, aby byla získána RTK korekční data. Jakmile získá přijímač tato data, je vypočítána pozice o centimetrové přesnosti v závislosti na počtu a distribuci stanic.

## 4.2.4 Post-Processed Positioning

Statické určení polohy je vybudováno na základě nepřetržitých a souběžným pozorování fázových dat (někdy také kódových dat) na dvou či více stacionárních GNSS přijímačů tak, aby se mezi nimi odvodila 3D baseline. Alespoň jedny souřadnice umístění přijímače jsou známy, ostatní souřadnice vyžadovány. Během post-procesování se tyto parametry polohy spolu s fázovými ambiguitami odhadují. Data z pozorování se obvykle zaznamenávají po 15 či 30 sekundách. Požadovaná pozorovací doba pro statické GNSS se odvíjí od délky baseline. Pro krátké baselines se parametry odhadnou rychle, takže pozorovací doba pro dosažení vysoké přesnosti může být kratší. Pro delší baselines se často dané náležitosti řeší obtížněji, což v praxi znamená, že pozorovací doby trvá nejméně jednu hodinu. Obvykle se přesnost pro statické baselines řádově pohybují v rozmezí 3–10 mm v každé složce (X, Y, Z) plus 1–2 ppm délky baseline.

Určování polohy pomocí post-processed kinematic (PPK) se také spoléhá na shromažďování kontinuálních kódových a fázových dat k určení polohy pohybujícího se přijímače. Stejně tak je známá poloha alespoň jednoho přijímače. Na rozdíl od předchozí metody jsou data z pozorování zaznamenána mnohem rychleji, než je tomu u statické metody, obvykle jednou za sekundu. [14]

## 4.2.5 Družicové zpřesňující systémy

Existuje několik zdrojů zpřesňujících dat.

Satellite Based Augmentation Systems (SBAS) označuje systémy, které dodávají GNSS uživatelům zpřesňující data na regionální úrovni. Mezi augmentační systémy patří:

- WAAS (Wide Area Augmentation System) – pokrývá území USA
- EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) - zřízený Evropskou vesmírnou agenturou (ESA)
- MSAS (Multi-functional Satellite Augmentation System) – provozován Japonskem pro oblast Východní Asie
- GAGAN – spravován Indií

Vyskytují se i poskytovatelé komerčních služeb, které nabízejí přístup prostřednictvím pronajatých komunikačních satelitních kanálů nebo prostřednictvím rádiového vysílání. Zásadní aspekt je nadbytečnost, která je velmi důležitá u E&P (Exploration and Production sectors of the hydrocarbon (oil and gas) industry) operací.

Pro účely pobřežní navigace se využívá volný přenos pomocí rádiových majáků místních námořních středních frekvencí (MF). Tato služba je pod záštitou asociace International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities (IALA). Korekční signály jsou vysílány ve vyhrazeném pásmu pro námořní radionavigaci. Síť místních rádiových majáků jsou řízeny přístavními úřady, úřady spravující majáky nebo úřady pobřežní stráže. IALA garantuje jen zákonnou přesnost 8 m, ale ve skutečnosti je obvykle přesnost lepší než 5 m na intervalu přesnosti 95 % v případě, že není aplikována selektivní dostupnost. Pokrytí se pohybuje obvykle v rozmezí 200–350 km v závislosti na výkonu vysílání a na sezóních a environmentálních změnách.

V případě, že není možné využít předchozí metody, lze eventuálně naistalovat lokální referenční stanici. Takové stanice je možné vybavit GNSS přijímačem, který je nakonfigurovaný pro přenos DGNS korekcí nebo RTK observací prostřednictvím rádiového spojení či mobilního přijímače. [14]

## 5 Ropné plošiny

K těžbě zemního oleje a zemního plynu uprostřed moře či oceánu je potřeba plošiny, na kterých je umístěno nutné těžební zařízení a ostatní příslušenství, aby bylo možné provádět těžbu.

### 5.1 Základní typy ropných plošin

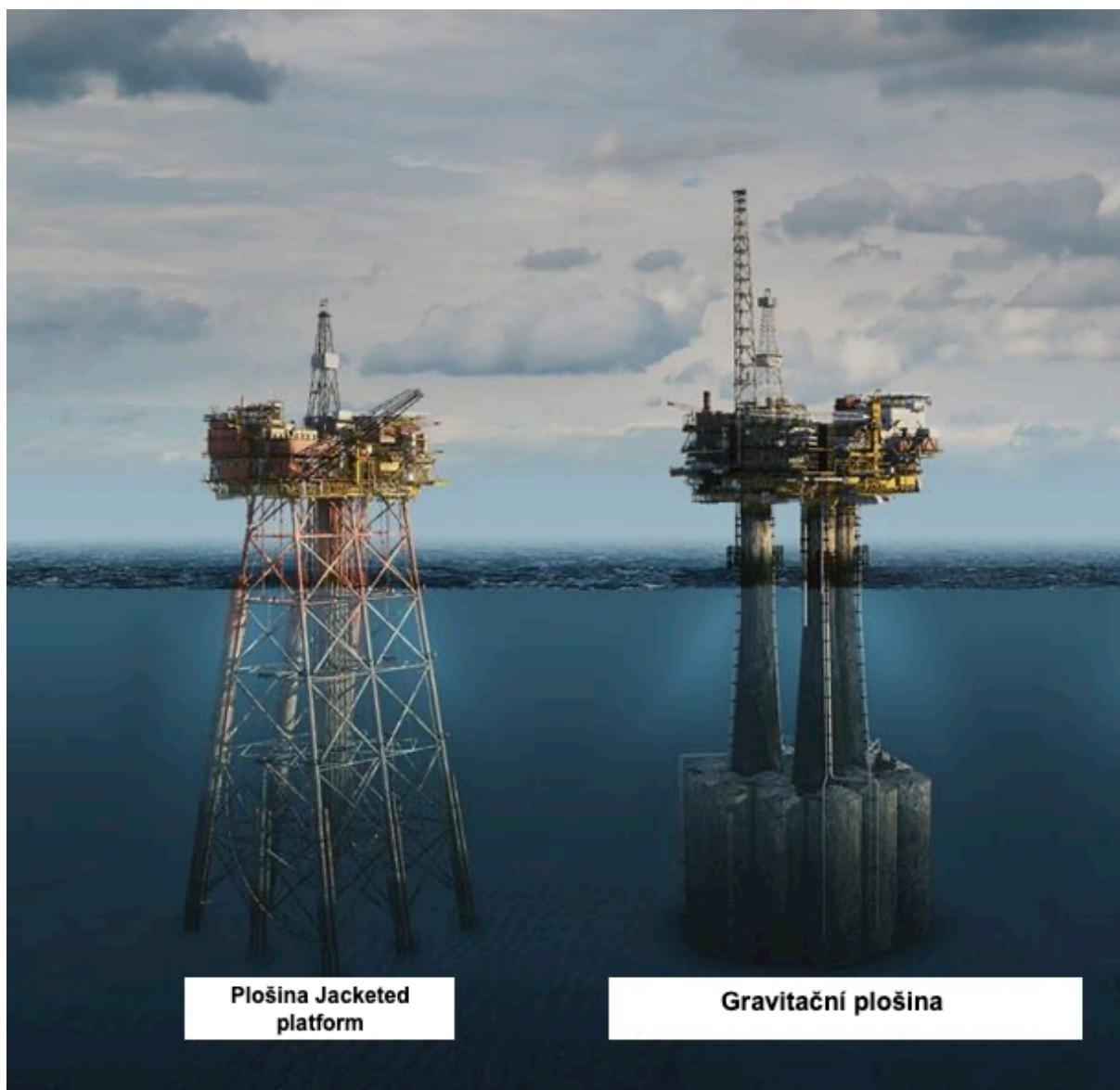
Ropné plošiny se dělí do tří kategorií – pevné, kompatibilní a mobilní plošiny.

#### 5.1.1 Pevné plošiny

Pevné plošiny jsou navždy připevněny nohou či základnou k mořskému dnu buď pronikáním do mořského dna, nebo vlastní hmotností. Zůstávají pevně na svém místě bez možnosti přesunu, podpírajíc palubu s místem pro vrtné soupravy, výrobní zařízení a ubikaci posádky. Využívají se do hloubky 520 m.

Typ pevné plošiny nazývaný jacketed platform (Obrázek č. 3) je postaven na ocelové konstrukci, která stoupá z mořského dna až nad vodní hladinu. Trubkové ocelové prvky tvořící konstrukci vyvíjí menší odpor vůči vlnám a proudům, čímž je snižováno množství oceli a tím i celková hmotnost a náklady. Jacketed platform může být buď menších rozměrů obsahující jen nezbytnosti k těžbě či k jiným účelům, nebo disponuje dostatečným místem a potřebnou pevností k pojmnutí celé vrtné soupravy s veškerým pomocným zařízením spolu s obytnými místnostmi pro posádku a dalšími zařízeními. Tato plošina bývá obvykle víceposchodová a musí být dostatečně zaopatřena v případě, že panuje špatné počasí a není možné plošinu zásobovat.

Další typ je gravitační plošina. Betonové gravitační konstrukce spočívají přímo na dně oceánu díky jejich vlastní tíze jako alternativa k ocelovým konstrukcím. V betonových konstrukcích se mohou nacházet úložné nádrže. Výhodou je, že konstrukce mohou být stavěny na pevnině nebo v chráněných vodách, vlečeny na dané místo a pak v krátké době instalovány tak, že se pouze zaplaví mořskou vodou. Mezi další přednosti patří eliminace ocelových pilířů, eliminace tradičních stavebních prací a metod, tolerance k přetížení a vysoká trvanlivost materiálů.



Obrázek 3: Fixní platformy [18]

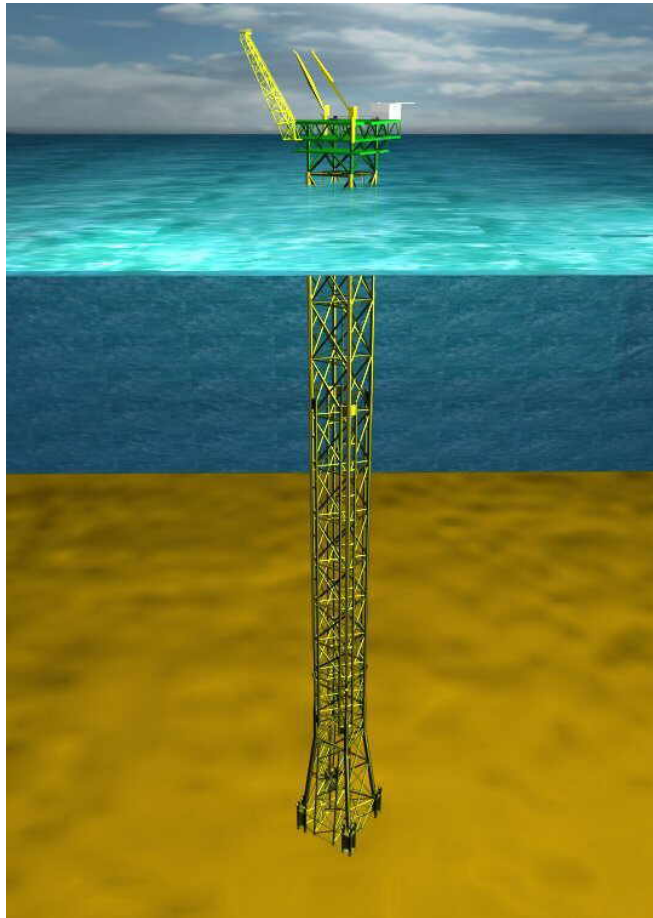
## 5.1.2 Kompatibilní plošina

Betonové gravitační konstrukce spočívají přímo na dně oceánu díky jejich vlastní tíze jako alternativa k ocelovým konstrukcím. V betonových konstrukcích se mohou nacházet úložné nádrže. Výhodou je, že konstrukce mohou být stavěny na pevnině nebo v chráněných vodách, vlečeny na dané místo a pak v krátké době instalovány tak, že se pouze zaplaví mořskou vodou. Mezi další přednosti patří eliminace ocelových pilířů, eliminace tradičních stavebních prací a metod, tolerance k přetížení a vysoká trvanlivost materiálů.

Poddruhem kompatibilní plošiny je kompatibilní věž (Obrázek č. 4). Kompatibilní věž je konstrukce, která je pevně spojená s mořským dnem. Využívají se v hloubce v rozmezí 400–900 m. Plošina se sestává z pilotového základu podpírající palubu a úzkých kompatibilních věží. Konstrukce je podobná fixní jacketed platform, nicméně na kompatibilní věž je použito mnohem méně oceli. Nemají stejnou stabilitu jako fixní platformy, v extrémních případech se pohybují s mořským proudem, vlnami a větrem až do vzdálenosti 3–5 m od středu. Kompatibilní věže jsou navrženy tak, aby se ohnuly působením vln, větru a proudu.



V typickém 10–15 s vlnovém cyklu projde vlna skrze strukturální rám bez jakékoliv problémové reakce. [14]



Obrázek 4: Kompatibilní plošina [14]

### 5.1.3 Mobilní jednotky

Mobilní jednotky se využívají při průzkumných vrtech či při operacích v hlubokých vodách. První skupina mobilních jednotek jsou jednotky podepřené zespodu (bottom-supported units). Ty se nadále dělí na ponorné a jack-up plošiny.

Ponorné jednotky jsou v podstatě čluny se sloupy, které podporují plošinu v bezpečné vzdálenosti nad vodou, zajišťující stabilitu. Tento typ se používá v mělkých vodách obvykle do 15 m, jako jsou řeky a zátoky. Ponorná jednotka má dva trupy. Zatímco ten horní slouží jako obytné prostory a jako místo pro vybavení posádky, dolní trup je zátěžová plocha a také základem používaným k vrtání.

Jack-up plošina (Obrázek č. 5) se samy postaví na mořské dno a pomocí vysouvací nohy dostanou svou palubu nad hladinu. Mohou být přemístěny pomocí tažných lodí z místa na místo, kde setrvávají pomocí kotev.



Obrázek 5: Jack-up plošina [19]

Druhou skupinou jsou plovoucí jednotky. Plovoucí jednotky jsou schopny plout nejen při přepravě, ale i při provozu na ropném poli, jako je vrtání nebo těžba. Existuje několik typů plovoucích jednotek, které se dělí podle toho, zda jsou použity k vrtání či k těžbě.

Jeden z typů plovoucích jednotek jsou mobilní vrtné jednotky (Mobile offshore drilling unit (MODU)). Se zvyšující se hloubkou vody se použití fixních či kompatibilních konstrukcí stávalo mnohem obtížnější jak technicky, tak ekonomicky. Plovoucí vrtné plošiny se tak staly populárnější. Základní rozdíl mezi fixní a plovoucí konstrukcí spočívá v tom, že v případě fixní plošiny je zatížení paluby přímo přenášeno na základový materiál pod mořským dnem prostřednictvím typicky dlouhých, štíhlých ocelových konstrukcí. Naopak u plovoucích plošin je zatížení paluby podporováno vztlakovými silami trupu podpírajících palubu. MODU může být buď v podobě poloponorné plošiny či jako vrtná souprava přímo na lodi.

Poloponorná plošina je plavidlo stabilizované sloupem, které se skládá z hlavní paluby připojené k podvodnímu trupu nebo oporám sloupu. Sloupy jsou velmi těžké a samy o sobě nemají potřebný vztlak. Spodní trupy či opory jsou obvykle umístěny ve spodní části sloupků pro dodatečný vztlak. Na hlavní palubě jsou umístěna vrtací zařízení, bahenní systémy, obytné části apod. Podvodní trupy skrývají balastové nádrže, čerpadla mořské vody a lodní šrouby. [20]

Dalším typem je drillship, neboli vrtná jednotka na mobilní jednotce. Loď s vrtnou soupravou bude popsána dále v kapitole 5.3.

## 5.2 Dynamické určování polohy

Systém Dynamic Positioning (DP) udržuje požadovanou polohu a/nebo směr plavidla pomocí řídicího počítače DP, který automatizuje řízení síly a pohonných systémů tak, aby ovládal tři ze šesti os pohybu plavidla:

- posun v ose zádi a přídi
- houpání se ze strany na stranu
- zatačení, neboli směr.

Systém DP, neboli dynamického určování polohy, se skládá se tři subsystémů:

- Napájecí systém
- Propulzní systém
- Kontrolní systém [21]

Napájecí systém napájí systém DP. Skládá se z hlavních pohonů, generátorů, rozvaděčů, distribučních systémů s příslušnou kabeláží, zdrojů nepřerušovaného napájení a baterií a systému řízení napájení. [21]

Propulzní systém je systém, který se skládá z komponentů a jiných systémů, které dodávají systému DP tažnou sílu a určují směr tahu. Je složen z tryskových motorů s hlavními pohony, k čemuž se vážou i nezbytné pomocné systémy, jako je například potrubí. Dále sem spadají hlavní propulzní systémy, lodní šrouby a kormidla, Z-pohony, azipody, vodní trysky, pomocné trysky, azipody, tunelové trysky, řídicí systémy trysek, ruční ovládání trysek, kontrolní elektroniku trysek a kabeláž. [20] [21]

Řídicí systém DP je složen z veškerých řídicích komponentů a souvisejících systémů, hardwaru a softwaru využívaných pro spolupráci s ostatními subsystémy k udržování polohy. Sestává se z počítačového systému, systému joysticků, systému senzorů, řídicí stanice a zobrazovacího systému, které se skýtají v operátorských panelech, referenční systémy polohy, sítě a související kabeláž. [21]

### 5.2.1 Třídy DP

Systém DP je rozdělen do tří kategorií podle redundance a ochrany. Kategorizace je udávána organizací IMO, přesněji jsou definovány v dokumentu IMO MSC.1/Circ. 1580. Úroveň nadbytečnosti systému se udává podle důsledku ztráty polohy plavidla a/nebo kurzu.

#### **Třída 1**

Pro třídu 1 platí, že ke ztrátě polohy a/nebo kurzu může dojít v případě jediné poruchy.

#### **Třída 2**

Třída 2 udává, že ke ztrátě polohy a/nebo kurzu nedojde v případě jediné poruchy jakékoli aktivní součásti nebo systému. Kritérium pro jedinou poruchu zahrnuje například veškerá aktivní součásti či systémy, jako jsou generátory, rozvaděče, komunikační sítě, propelery či dálkově ovládané ventily, dále pak veškeré statické složky, k nimž se řadí kabely, ruční ventily či potrubí, které mohou během poruchy okamžitě ovlivnit schopnost udržet polohu, popřípadě nejsou součástí ze strany ochrany řádně zdokumentovány. Běžné statické součásti

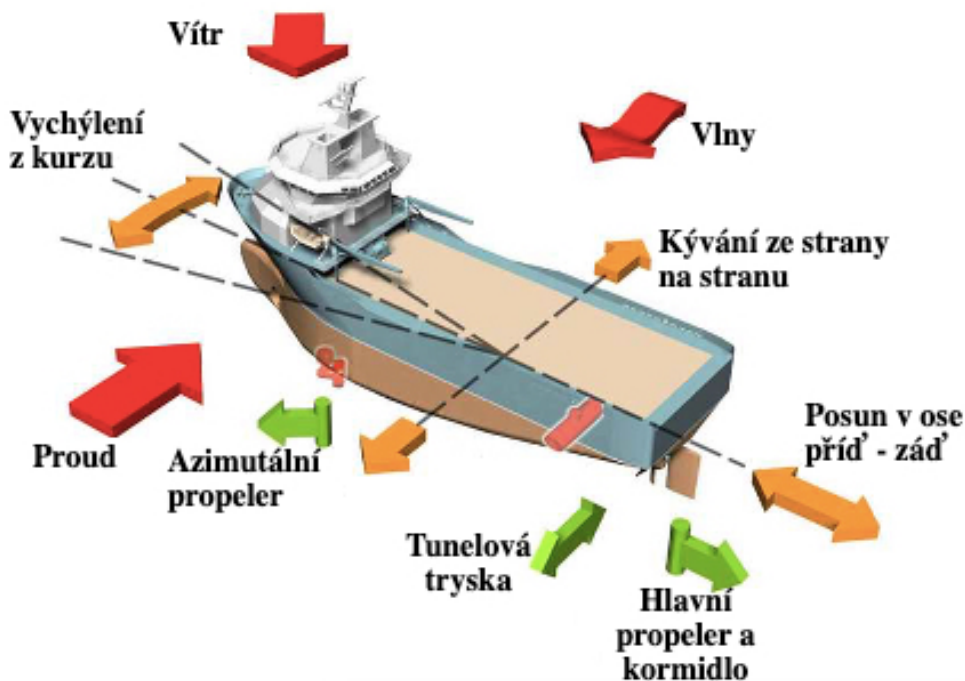
mohou být uznány v systémech, které při závadě ovšem hned nezapůsobí na schopnost udržování polohy – mezi běžné statické komponenty se řadí například ventilační systémy a chladicí systémy mořské vody, které se nepoužívají k přímému chlazení běžících strojních zařízení. Pokud tedy tyto statické komponenty mají prokázanou ochranu před poškozením, nejsou považovány za závadné.

### Třída 3

Co se týče třídy 3, ke ztrátě polohy a/nebo kurzu nedojde v případě jediné poruchy či selhání. Jediná porucha obsahuje položky zahrnuté v třídě 2 a veškeré normálně statické součásti, u nichž se předpokládá, že selžou, dále sem patří veškeré prvky v jakékoliv vodotěsné sekci v důsledku zaplavení či požáru a v neposlední řadě veškeré komponenty v jakémkoliv požárním podsystému opět v důsledku zaplavení či požáru. [21]

## 5.2.2 Funkcionalita DP

Systém dynamického polohování udržuje požadovanou polohu a/nebo kurz pomocí řídicího počítače systému DP, který automatizuje řízení důležitých pohonných a propulzních systémů s cílem ovládat tři ze šesti os pohybu plavidla. Tyto tři osy jsou následující: posun v ose před – zád, kývání ze strany na stranu a vychýlení kurzu (Obrázek č. 6). [21]



Obrázek 6: Stupně volnosti u plavidla [21]

Systém DP je komplikovaným řešením, které je založeno na zkoordinování softwaru, hardwaru, strojního zařízení a lidského rozhraní tak, aby se plavidlo udrželo ve své správné stálé poloze. Důsledky selhání jednoho či více systémů mohou být katastrofické, pro to je potřeba, aby zodpovědní pracovníci byli znalí a rozuměli systému jako celku.

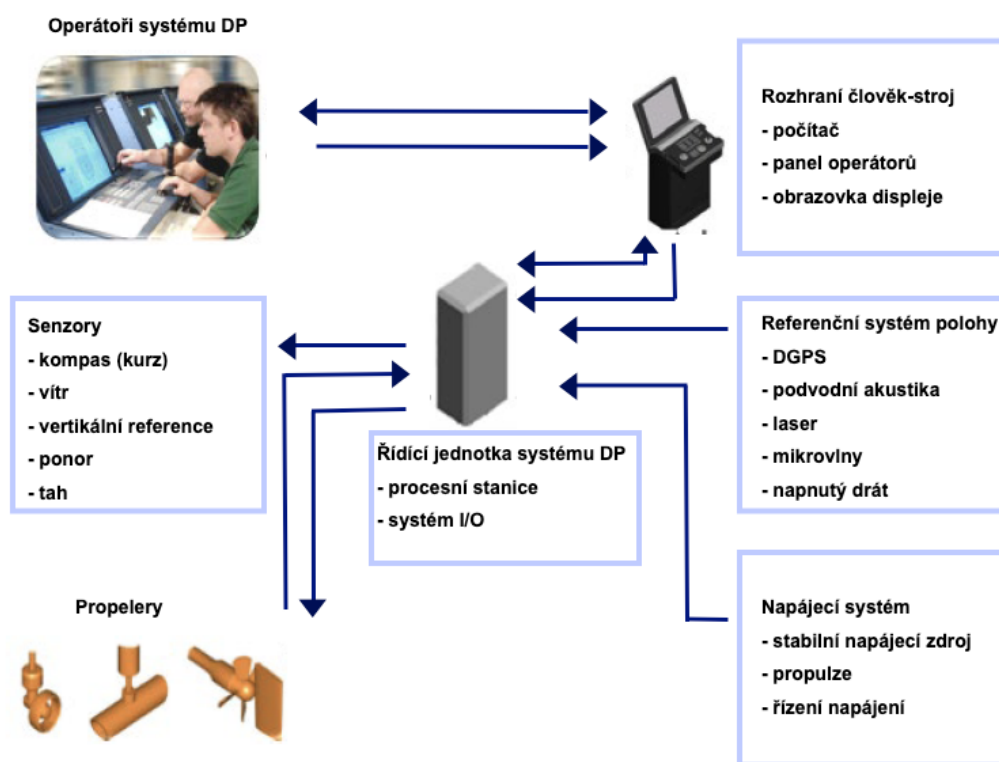
Aby systém DP udržel plavidlo v požadované poloze, musí využívat systém referenční polohy (Position Reference Systém, PRS). PRS identifikuje aktuální polohu plavidla. Referenční pozice je buď absolutní, tj. geografická poloha, nebo relativní, tzn. pozice vzhledem k cíli.

Relativní pozice se zjišťuje pomocí laseru nebo mikrovlnného záření. Absolutní pozice se zajišťuje pomocí družicové navigace či pomocí podvodní akustiky.

Aby DP systém reagoval správně, je potřeba, aby bylo plavidlo vybaveno senzory pro měření kurzu, pohybu plavidla a rychlosti a směru větru. K tomu se používá například sensor větru, který podává řídicí jednotce informace o účincích větru. Mezi další sensor patří gyrokompas, který neustále poskytuje počítači DP aktuální údaje o kurzu plavidla, aby udržoval a kontroloval směr plavidla. Dále se používají senzory pohybu měřící tři stupě pohybu, které nejsou kontrolované, ale je potřeba na ně taktéž brát ohled, protože přispívají k lepší přesnosti referenčních systémů polohy. K zmíněným třem stupňům volnosti patří:

- otáčení se kolem kolmé osy na osu vedoucí z přídi na zád'
- otáčení se kolem osy vedoucí z přídi na zád'
- posun zezdola nahoru

V následujícím obrázku č. 7 můžeme vidět, jak systém DP funguje a jaké vztahy mezi jednotlivými subsystémy existují. Všechny systémy se pozorují ze stanoviště obsluhy DP, kde se zobrazují informace z napájecího systému, propulzního systému a řídicího systému, aby se zajistilo správné fungování komplexního DP systému. [21]



Obrázek 7: Funkcionalita systému DP [21]

Co se týče napájecího systému, napájení musí být spolehlivé a zároveň ho musí být dostatek, aby poskytovalo kontinuální napájení propelerům a propulzním systémům, řídicímu systému DP a ostatním provozním procesům tak, aby systém DP mohl udržovat požadovanou polohu a/nebo kurz plavidla. V případě třídy 1 není potřeba mít redundantní napájecí systém. U třídy 2 a 3 již je požadavek na rozdělení na dva a více systémů tak, aby v případě poruchy byl k dispozici alespoň jeden automatický systém řízení napájení k udržení polohy. V momentech po selhání by nemělo dojít k nedostatku napájení a zároveň jakékoliv nečekané změny by neměly způsobit výpadek proudu. [21]

## 5.3 Analýza dynamického polohování u mobilní plošiny typu drillship

Analýza bude zkoumat vrtnou soupravu na lodi neboli drillship, znázorněná obrázkem č. 8.



Obrázek 8: Vrtná souprava na lodi – drillship [22]

### 5.3.1 Popis ropné plošiny typu drillship

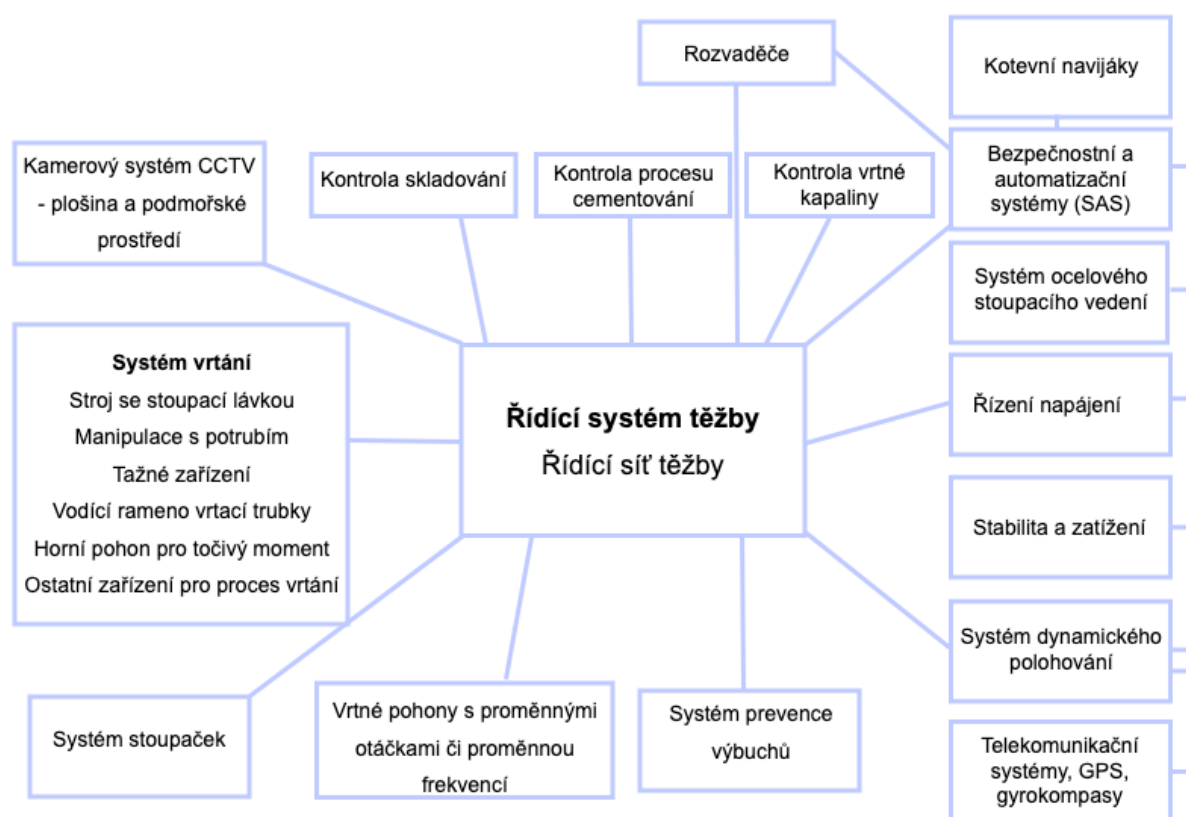
Nejprve bych chtěla hlouběji popsat toto plavidlo. Drillship je námořní loď, která je upravená do takové podoby, že může vrtat ropné a plynové vrty. Jsou vybaveny vrtným jeřábem a takzvaným moon pool, což je otevřený prostor ve středu lodi, který je používán k spouštění vrtných tyčí na dno moře. Drillships bývají navíc vybaveny kotvicím zařízením (mooring) a polohovacím zařízením, obvykle dynamickým polohovacím systémem (dynamic positioning systém, DPS). Najdeme zde i helipad, kde jsou přijímány zásoby a přepravuje se odsud personál. Vrtné lodě se používají v hlubokých a ultra hlubokých vodách v rozsahu od 610 – 3 048 m. Drillships se snadno pohybují, na rozdíl od jiných ropných plošin. Mohou se bez obtíží přemístit z jednoho ropného vrtu na druhý, aniž by potřebovali externí dopravní plavidlo. Na druhou stranu vrtné lodě nejsou příliš odolné vůči vnějším vlivům, jako jsou vlny, vítr a mořské proudy. Způsobuje to komplikace především ve chvíli, kdy se vrtá, jelikož loď je připojena k zařízení, které se nachází stovky metrů pod mořem. Proto je důležitý správný kotvicí systém, který udržuje loď na místě. V menších hloubkách se kotví k mořskému dnu šesti až dvanácti kotvami. Jakmile je voda příliš hluboká, přichází na řadu dynamický polohovací systém (DPS), který udržuje loď na místě. DPS je tvořen několika propelery, které jsou umístěny na přední, střední a zadní části lodi a jež jsou aktivovány palubním počítačem. [22]

### 5.3.2 Dynamické polohování u lodi s vrtnou soupravou

Lod' s vrtnou soupravou má dvě možnosti udržení polohy. První z nich je udržení polohy pomocí kotevního systému, což má ovšem svá omezení, jako je například omezená hloubka vody. Primárně využívaný je tedy využit druhý systém – dynamické polohování, který je popsán v kapitole 6.4.

Systém DP je na lodi s vrtnou soupravou jeden z nejdůležitějších technologických systémů. Plavidlo se spoléhá na propelery řízené komplikovaným počítačovým systémem, jenž udržuje plošinu na požadovaném místě, tedy konstantně ve velmi malé oblasti. Čím je hloubka vody vyšší, tím se rozměr oblasti zmenšuje a úkol udržení polohy ještě více ztěžuje. Systém DP interaguje s ostatními technologickými systémy na vrtné plošině a právě správné fungování všech těchto procesů jsou pro plošinu ještě více kritičtější. [23]

Na obrázku č. 9 níže je zobrazené schéma systémů na plošině typu drillship, které vyjadřuje, jak spolu souvisí jednotlivé systémy.



Obrázek 9: Schéma řídicího systému těžby [23]

Safety & Automation system, neboli Bezpečnostní a automatizační systém (SAS), je norma, která udává funkční a technické požadavky a tím utváří podmínky pro inženýrskou činnost v návrzích bezpečnostních a automatizačních systémů. [24]

Ocelové stoupací vedení je způsob připojení podmořského potrubí k plovoucí ropné plošině za účelem těžby ropy. Slouží k přenosu kapalin z potrubí na plošinu, jako je například ropa, plyn, či voda pro vstřikování. [25]

Systém prevence výbuchů (Blowout preventer, BOP) spočívá v zabránění nekontrolovanému úniku ropy a/nebo zemního plynu z ropného, resp. plynového vrtu. Únik je důsledkem selhání systémů regulace tlaku. Proto se systém prevence implementuje, aby se zabránilo těmto nehodám, které mohou mít katastrofický následek v podobě požáru daným tekutin. [26]

Při implementaci systému DP je důležité, aby fungovalo nejen samotné dynamické polohování, ale i ostatní důležité operace a procesy, které na vrtné soupravě probíhají. Zodpovědní pracovníci musí vědět, jaké operace právě probíhají, musí proto znát nejen systém DP, ale i interagující vrtné systémy. Důležitý je například systém řízení napájení, jelikož je úzce spojen se systémem DP. Systém řízení napájení obsahuje na vrtné lodi systém algoritmů, které určují, jak se zachovat při různých situacích, například při náhlé změně třímetrových vln na vlny osmimetrové. [23] V tomto případě je třeba počítat s tím, že se voda přehoupne do tzv. moon poolu, tedy bazénu uprostřed lodi, a narazí tak do korunového bloku, což jsou stacionární kladky, jejichž ocelová lana jsou připevněná k pojezdovému bloku a umožňují zvedat velmi těžká závaží. [20] [23] V tuto chvíli je třeba většinu výkonu poskytnout propelerům, aby udrželi polohu a nedošlo k vytržení systému prevence výbuchů ze dna oceánu a k následné nehodě. [23]

Jako další příklad interakce systému DP je systém ocelového stoupacího vedení. Systém ocelového stoupacího vedení disponuje tenzometry, které neustále monitorují napětí. Data z tenzometru jsou každých pár minut posílány ven, kde se následně analyzuje, jaký je moment otáčení a jestli probíhá vše správně. Tento systém je třeba kontrolovat a vzhledem k dynamickému polohování určovat, jak může dynamické polohování ovlivnit. [23]

Systém na lodi s vrtnou soupravou je velmi komplexní s odlišnými přístupy k různým oblastem, což je potřeba vzít v potaz ve vztahu k dynamickému polohování. [23]

### 5.3.3 StenaForth

Jako příklad mobilní jednotky s vrtnou soustavou je plavidlo StenaForth.

Lod' s vrtnou soupravou StenaForth (Obrázek č. 10) je dynamicky polohovatelná plošina, konstruována firmou Samsung Heavy Industries. Je šestou generací Generation Harsh Environment. Do provozu byla uvedena roku 2009 a je pod vlajkou Spojeného království Velké Británie. Je registrována pod IMO číslem 9428932.





Obrázek 10: Mobilní jednotka StenaForth [27]

V tabulce č. 2 níže jsou uvedené hlavní parametry StenaForth.

Tabulka 2: parametry StenaForth [28]

Parametry lodi s vrtnou soustavou StenaForth	
Parametr	Hodnota
Délka	228 m
Šířka	42 m
Výška	19 m
Ponor	12 m při operaci, 8,5 m při tranzitu
Hrubá tonáž	58 294 t
Posádka	220 osob
Rychlost	12 uzlů, tj. 22 km/h
Maximální hloubka vody	3 000 m
Maximální vrtná hloubka	10 700 m

Pohonný systém se skládá ze šesti Wartsila 16V32C dieselových motorů o výkonu 7,68 MW a šesti ABB AMG 1120MR10 LSE alternátorů o výkonu 7,4 MW. Jako nouzové napájení slouží šest hlavních generátorů energie, z nichž každý je schopen vydat výkon 7,4 MW s automatickou změnovou funkcí z hlavních rozvaděčů k nahrazení ABB Unigear 11 kV nouzového rozvaděče. Distribuce energie probíhá díky třem ABB Unigear 11 kV rozvaděčům s AB REM 543 ochrannými relé poskytující 690 V, 440 V a 220 V distribučních sítí a s ABB ACS800 klimatizovanými vrtnými pohony s proměnnou rychlostí.

Poloha se na StenaForth udržuje pomocí propulzního systému. Ten se skládá z následujících zařízení:

- Lodní vrtule: šest Rolls Royce UUC-455 360° azimutálních propelerů, které mají proměnlivou rychlost a fixní umístění a jsou poháněny šesti ABB ACS6000 5,5 MW pohony, které jsou chlazeny vodou a opět mají proměnlivou rychlost.
- Dynamicky polohovatelný systém stupně 3: Kongsberg K-Pos DP-32 dvojí redundantní kontrolní systém a K-Pos DP-12 zálohový kontrolní systém s dvěma HiPAP, jedním HAIN a třemi DGPS pozičními referenčními systémy.
- Kotvící systém: dvě kotvy o hmotnosti 12 675 Mt [28]

## 6 Autonomní plovoucí přistávací plošina

Určení polohy a její udržení se netýká jen ropných plošin. Ráda bych využila příležitosti a zmínila i autonomní plovoucí přistávací plošiny, které systémy určení a udržení také využívají.

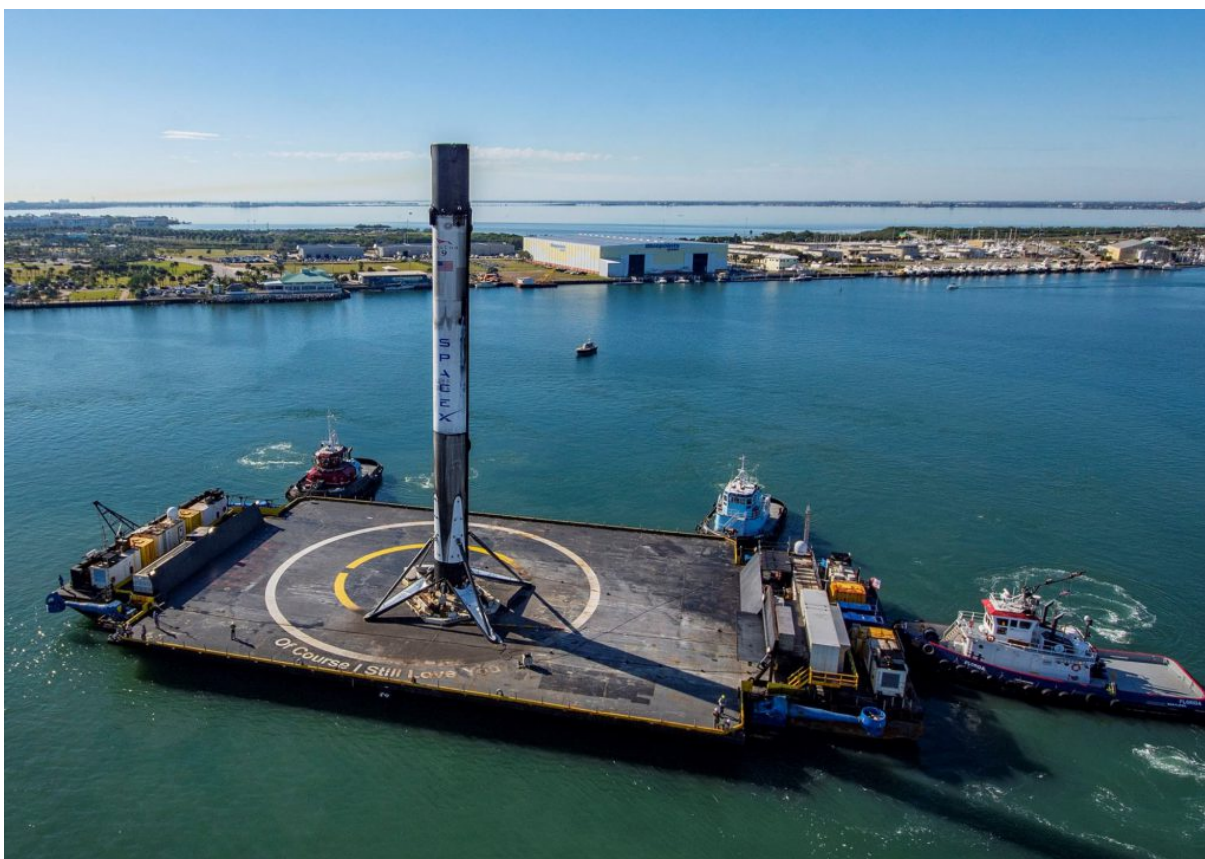
Autonomní plovoucí přistávací plošinu (z angl. *autonomous spaceport drone ship, ASDS*) lze popsat jako speciálně přizpůsobené zaoceánské plavidlo, které bylo vytvořeno na základě pontonu. [29] Pontony se běžně na moři používají pro přepravu těžkých a rozměrných nákladů. Obvykle nemá vlastní pohon, je tažen jiným plavidlem. V případě ASDS se jedná o pontony s velkou přistávací plochou a se čtyřmi lodními šrouby pro udržení polohy. Schopnost udržení polohy je podstatná, jelikož mezi raketou a ASDS neprobíhá žádná komunikace a nelze tedy případně polohu upravovat. Princip je tedy ten, že ASDS i raketa obdrží přesné GPS souřadnice, na kterých se ASDS musí pomocí lodních šroubů udržovat a na druhé straně na ně přistává raketa. [31] Speciálně upravená plošina vznikla na základě poptávky ze strany aerokosmické technologické společnosti SpaceX. Důvodem bylo umožnění přistávání raket prvního stupně, které nedisponují dostatkem paliva k návratu na místo startu. Přistávací plošiny jsou významným prvkem v kosmických operacích, které se v duchu SpaceX zaměřují na rychlou a kompletní znovupoužitelnost s cílem snížení financí v odvětví cest do vesmíru. [29] Poprvé byla přistávací plošina na moři využita v lednu 2015 při pokusech o návrat prvního stupně průkopnické rakety Falcon 9 v1.1, avšak nutno podotknout, že první kompletně úspěšné opětovné přistání se podařilo až s raketou Falcon 9 v1.2 (FT) na pevninu v prosinci 2015. První zdařilé přistání na moři se podařilo o pár měsíců později, v dubnu 2016. [30]

ASDS má rozměry 91 x 52 metrů. Na palubě se nachází speciální robot OctaGrabber, který zajišťuje stupeň k palubě po přistání. [31] Slouží ke stabilizaci raket po přistání na ASDS a znemožňuje jejich pohyb po palubě. Zaručuje bezpečnější a rychlejší manipulaci než v případě manuálního zajištění stupně rakety s obslužným personálem, protože je dálkově ovládaný. [32] Přistávací plošina je vybavena různými kamerami, senzory a měřicím zařízením, což umožňuje sbírat a zaznamenávat data týkající se přistání. S kamerami lze i na dálku pohybovat a přenastavovat tak, aby poskytovaly co nejlepší výsledky. Obsahuje také dvě antény sloužící k odesílání dat k satelitu a pro přeposílání telemetrie z přistávajícího prvního stupně. Plošina by měla být schopna udržet pomocí GPS dat svojí cílovou pozici s přesností do tří metrů i za ztížených povětrnostních podmínek. [33]

SpaceX vlastní tři přistávací plošiny – Just Read the Instructions (JRTI), Of Course I Still Love You (OCISLY) a A Shortfall of Gravitas (ASOG). Nacházejí se v Atlantském oceánu, kde slouží pro starty z mysu Canaveral. [29]

První originální přistávací plošina byla Just Read the Instructions (JRTI) z roku 2015, která se použila jen dvakrát a byla založena na pontonu Marmac 300. Navázaly na ní novější plošiny JRTI a OCISLY. [714] Novější JRTI, postavená na základě pontonu Marmac 303, byla v letech 2016-2019 umístěna v Tichém oceánu pro starty z Vandenbergovy letecké základny. [29] V roce 2019 byla přemístěna na Floridu pro mise z mysu Canaveral. Je vybavena čtyřmi propulzními motory k udržení polohy s odchylkou do tří metrů pomocí GPS. Nacházejí se zde senzory a kamery pro zaznamenávání dat.

Plošina Of Course I Still Love You (OCISLY) se nachází v Atlantském oceánu, viz Obrázek č. 11. Je v provozu od roku 2015 a od té doby sloužila pro více jak 35 přistávacích pokusů. OCISLY je postavena na základě pontonového plavidla Marmac 304, který prošel modifikací, jako je zvětšení paluby pro rozšíření přistávací plochy, byly mu naistalovány čtyři propulzní motory s lodním šroubem k udržení polohy a vysokopevnostní kryt pro ochranu elektrického a motorového vybavení na palubě. Svoji polohu udržuje buď autonomně či pomocí dálkového ovládní operátory na podpůrné lodi. OCISLY je doprovázeno lodí GO Quest, která přepravuje personál. Na obrázku č. 12 je zachycen moment přistání na plošinu OCISLY. [34]



Obrázek 11: Přistávací plošina Of Course I Still Love You s raketou Falcon 9 [34]



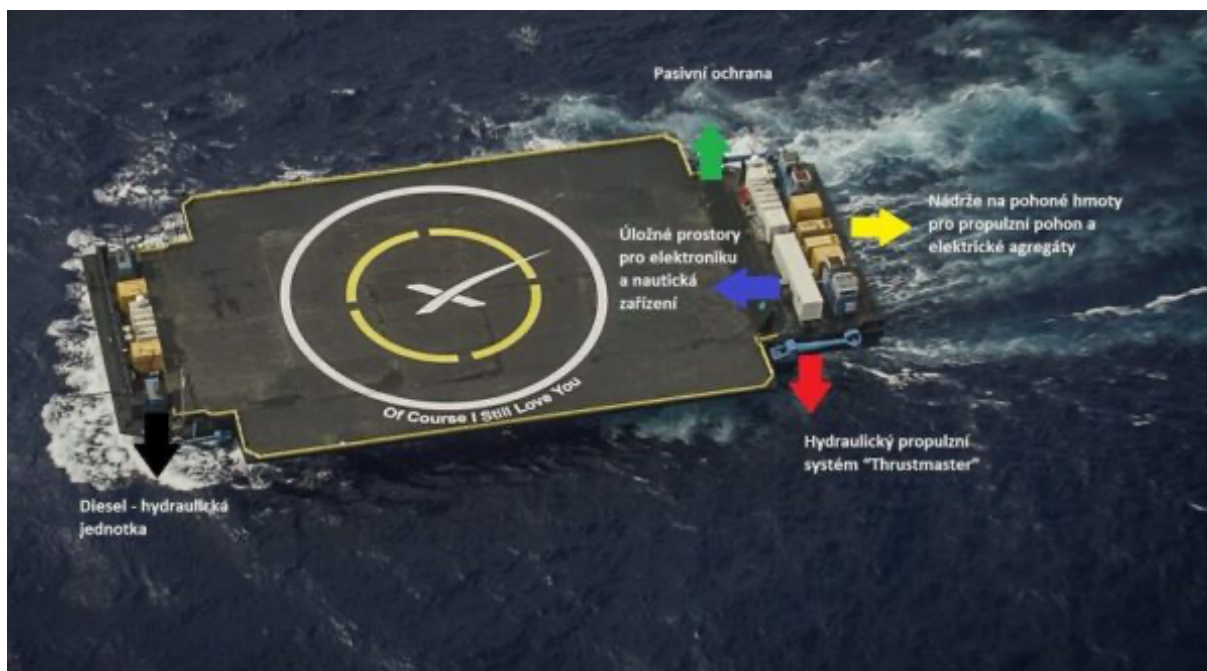
Obrázek 12: Moment přistání na plovoucí plošinu OCLIS [35]

Nejnovější plošinou je A Shortfall of Gravitas (ASOG) (Obrázek č. 13), která je již díky technologickému vylepšování přistávacích plošin v plně autonomním režimu. Plně autonomní plošina přináší velkou změnu do celého odvětví, jelikož ještě neexistují podrobná pravidla pro kategorii plavidel MASS (Maritime Autonomous Surface Ships, MASS). Předností plošiny ASOG může být i skutečnost, že nepotřebuje zařízení AIS a nedají se tedy sledovat běžným způsobem. Přestože se jedná o autonomní plošinu, ASOG budou stále doprovázet plavidla, například při vplutí či vyplutí z přístavu. [35] ASOG byla dokončena z pontonu Marmac 302 začátkem července 2021 a přistavena do přístavu Port Canaveral. [31]



Obrázek 13: Plošina A Shortfall of Gravitas [31]

Autonomní přistávací plošina obsahuje čtyři dieselové motory a je ovládána pomocí azimutálních lodních šroubů [36], což je typ lodního pohonu, který nepotřebuje kormidlo a lze s ním snadno manévrovat. S lodními šrouby situovanými do takzvaných lusků lze otočit do jakéhokoliv horizontálního úhlu (azimutu) a právě proto se stává kormidlo zbytečným a plavidlo je snadněji ovladatelné, než by bylo s pevnou vrtulí a kormidlovacím systémem. [37] ASDS používá hydraulický propulzní systém společnosti Thrustmaster. Stejné stabilizační systémy jsou využívány ropnými plošinami. Pomocí GPS lokace tak udržuje automaticky vyžádanou polohu s přesností na 3 metry navzdory vnějším vlivům, jako je vítr či mořské proudy. Firma Thrustmaster má propulzní systém pojmenovaný Portable Dynamic Positioning System (PDPS). Jedná se o přenosnou jednotku, která zvyšuje variabilitu a možnost použití. Jak již bylo řečeno, každá plošina má čtyři propelery – dva na zádi, dva na přídi. Potřebnou energii dodávají diesel-hydraulické agregáty. Jak můžeme vidět na obrázku č. 14, na palubě jsou umístěny v modrých kontejnerech v blízkosti každého propeleru. Ve žlutých nádržích je skladováno palivo. Jako úložné prostory pro elektroniku, nautické vybavení a podpůrná zařízení zde slouží kontejnery bílé. Poté, co je plošina pomocí remorkéru dotažena na místo určení, udržuje polohu pomocí GPS a telemetrie. Pokud jsou lodě s plošinami v pohybu, lze je pomocí systému AIS sledovat. [38]



Obrázek 14: Plošina OCISLY s popisky [38]

## 7 Závěr

Tato bakalářská práce nabízí přehled metod a technik určování polohy na moři spolu s informacemi o mapovém podkladu, rozbor ropných plošin a způsob udržování polohy. Nakonec se zabývá i autonomními plovoucími přistávacími plošinami.

Mapový podklad je pro určení polohy zásadní, proto je popsán hned v začáteční kapitole. Hlavní důraz je kladen na Informační systém elektronického zobrazení mapy (ECDIS), bez kterého se dnes plavidla téměř neobejdou. Jednou z největších výhod systému ECDIS oproti papírovým mapám je zprostředkování polohy plavidla v reálném čase bez zásahu uživatele. ECDIS je propojen s nástroji určení polohy a jinými zařízeními, díky nimž je schopen poskytnout kompletní informace. Systém ECDIS zobrazuje informace například z gyrokompasu, magnetického kompasu, radaru, který je podporován systémem ARPA. Dále ECDIS spolupracuje se Systémem automatické identifikace, indikátorem úhlu kormidla či s echolotem. Veškerá data jsou zaznamenána plavebním datovým záznamníkem, který nepřetržitě zaznamenává informace ohledně provozu plavidla. ECDIS je napojen také na systémy GNSS. S tím souvisí nadcházející kapitola zabývající se systémy pro určování absolutní a relativní polohy. Mezi absolutní systémy určení polohy se řadí Globální družicový polohový systém, ke kterému se váže absolutní technika Precise Point Positioning. V souvislosti se systémem GNSS jsou zde popsány i zdroje chyb měření. Podmínkou relativních systémů určení polohy je existence referenční stanice se známými souřadnicemi. Do relativních technik spadá Diferenciální GNSS, Wide Area GNSS, Real Time Kinematic, Post-Processed Positioning a družicové zpřesňující systémy.

Ve druhé polovině se práce věnuje ropným plošinám. Uvádí základní rozdělení ropných plošin na plošiny pevné, kompatibilní a mobilní. Navazuje na kapitolu věnující se dynamickému určování polohy, který pomáhá udržet plošinu na požadovaném místě. Dynamické polohování se skládá ze tří subsystémů - napájecího, propulzního a kontrolního systému. V další části je popsána mobilní plošina typu drillship, neboli loď s vrtnou soupravou. Drillship pomáhá k udržení polohy taktéž dynamické polohování, kdy propelery ovládá řídicí jednotka za pomoci napájecího systému. Jako příklad plavidla drillship je uvedena StenaForth společnosti Samsung Heavy Industries.

V poslední části práce jsou nastíněny autonomní plovoucí přistávací plošiny společnosti SpaceX, jako příklad plavidel, které jsou unikátní a u nichž je potřeba udržení polohy velmi důležitá. Autonomní plovoucí přistávací plošiny využívají také dynamického polohování, jsou proto vybaveny propulzním systémem. Tato problematika se objevuje až v posledním desetiletí, ale díky rychlému technologickému vývoji se jedná o rozrůstající se, slibné odvětví.

Vybrané téma je velmi obsáhlé, bakalářská práce proto jen nastiňuje, jak to v případě určení a udržení polohy na moři a v případě ropných a autonomních plovoucích přistávacích plošin funguje.

## 8 Zdroje

[1] Mapa. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-12-20]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Mapa>

[2] Map. *Encyclopædia Britannica* [online]. Encyclopædia Britannica, 2019 [cit. 2020-07-20]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/map>

[3] NOAA Is Phasing Out Paper Nautical Charts and Seeking Public Comment. *Latitude 38* [online]. Mill Valley: Latitude 38 Media, 2020 [cit. 2021-7-2]. Dostupné z: <https://www.latitude38.com/lectronic/noaa-phasing-paper-nautical-charts/>

[4] What is Electronic Chart Display and Information System (ECDIS)? *Marine Insight* [online]. Bangalore: Marine Insight, 2020 [cit. 2021-2-17]. Dostupné z: <https://www.marineinsight.com/marine-navigation/what-is-electronic-chart-display-and-information-system-ecdis/>

[5] Navigation chart. *Encyclopædia Britannica* [online]. Encyclopædia Britannica, 2017 [cit. 2020-07-20]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/technology/navigation-chart>

[6] OCIMF: Guidance on safe use of ECDIS. *SAFETY4SEA* [online]. Falling Waters: OCS NCOE, 2020 [cit. 2021-7-1]. Dostupné z: <https://safety4sea.com/ocimf-guidance-on-safe-use-of-ecdis/>

[7] 30 Types of Navigation Equipment and Resources Used Onboard Modern Ships. *Marine Insight* [online]. Bangalore: Marine Insight, 2020 [cit. 2021-4-16]. Dostupné z: <https://www.marineinsight.com/marine-navigation/30-types-of-navigational-equipment-and-resources-used-onboard-modern-ships/>

[8] Automatic Identification System (AIS): Integrating and Identifying Marine Communication Channels. *Marine Insight* [online]. Bangalore: Marine Insight, 2020 [cit. 2021-4-16]. Dostupné z: <https://www.marineinsight.com/marine-navigation/automatic-identification-system-ais-integrating-and-identifying-marine-communication-channels/>

[9] Pros and Cons of ECDIS Or Paperless Navigation Of Ships. *Marine Insight* [online]. Bangalore: Marine Insight, 2020 [cit. 2021-4-13]. Dostupné z: <https://www.marineinsight.com/marine-navigation/pros-and-cons-of-ecdis-or-paperless-navigation-of-ships/>

[10] Radar and Automatic Identification System Track Fusion in an Electronic Chart Display and Information System. *THE JOURNAL OF NAVIGATION*. 2015, **68**(6), 1141–1154. DOI: doi:10.1017/S0373463315000405.

[11] Pros and Cons of ECDIS Or Paperless Navigation Of Ships. *Marine Insight* [online]. Bangalore: Marine Insight, 2020 [cit. 2021-4-19]. Dostupné z: <https://www.marineinsight.com/marine-navigation/pros-and-cons-of-ecdis-or-paperless-navigation-of-ships/>



- [12] Revolutionising Marine Travel: Marine VHF Radios, Marine GPS and Marine Autopilots. *Marine Insight* [online]. Bangalore: Marine Insight, 2019 [cit. 2021-4-16]. Dostupné z: <https://www.marineinsight.com/marine-navigation/revolutionising-marine-travel-marine-vhf-radios-marine-gps-and-marine-autopilots/>
- [13] Satellite navigation. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-07-11]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Satellite\\_navigation](https://en.wikipedia.org/wiki/Satellite_navigation)
- [14] *Guidelines for GNSS positioning in the oil and gas industry*. London, 2021. Dostupné také z: <https://www.imca-int.com/product/guidelines-for-gnss-positioning-in-the-oil-and-gas-industry/>
- [15] Usability of the GPS Precise Point Positioning Technique in Marine Applications. *Journal of navigation*. Cambridge University Press, 2013, **66**(4), 579 - 588.
- [16] RAPANT, Petr. *Družicové polohové systémy*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2002. ISBN 80-248-0124-8.
- [17] *Surveying User Needs and Requirements* [online]. 2019 [cit. 2020-07-20]. Dostupné z: [https://www.gsc.europa.eu/sites/default/files/sites/all/files/Report\\_on\\_User\\_Needs\\_and\\_Requirements\\_Mapping\\_Surveying.pdf](https://www.gsc.europa.eu/sites/default/files/sites/all/files/Report_on_User_Needs_and_Requirements_Mapping_Surveying.pdf)
- [18] Piled Offshore Platform Structures – Offshore Structure Series. *DrillingFormulas.Com* [online]. Grapevine: Drillingformulas.com, 2017 [cit. 2021-7-9]. Dostupné z: <https://www.drillingformulas.com/piled-offshore-platform-structures-offshore-structure-series/>
- [19] Rack and Pinion Jacking System Bearings on Jack-up Rigs. *BearingNEWS* [online]. BEARING NEWS, 2020 [cit. 2021-6-6]. Dostupné z: <https://www.bearing-news.com/rack-and-pinion-jacking-system-bearings-on-jack-up-rigs/>
- [20] BABICZ, Jan. *WÄRTSILÄ ENCYCLOPEDIA OF SHIP TECHNOLOGY* [online]. 2nd ed. Helsinki: WÄRTSILÄ CORPORATION, 2015 [cit. 2020-07-25]. ISBN 978-952-93-5536-5. Dostupné z: [www.shippingencyclopedia.com](http://www.shippingencyclopedia.com)
- [21] Introduction to Dynamic Positioning (DP) Systems. *SAFETY4SEA* [online]. Falling Waters: OCS NCOE, 2019 [cit. 2021-5-26]. Dostupné z: <https://safety4sea.com>
- [28] *StenaForth*. Aberdeen, 2020. Dostupné také z: <https://www.stena-drilling.com/our-fleet/stena-forth/>
- [22] LAIK, Sukumar. *Offshore Petroleum Drilling and Production* [online]. 2018. CRC Press, 2018 [cit. 2020-07-11]. ISBN 9781498706124, 1498706126. Dostupné z: [https://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpOPDP0001/viewerType:toc/root\\_slug:offshore-petroleum-drilling?kpromoter=federation](https://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpOPDP0001/viewerType:toc/root_slug:offshore-petroleum-drilling?kpromoter=federation)

- [23] DP integration illustrates larger need. *Offshore* [online]. Nashville: Endeavor Business Media, LLC., 2021 [cit. 2021-6-22]. Dostupné z: <https://www.offshore-mag.com/business-briefs/equipment-engineering/article/16763601/dp-integration-illustrates-larger-need>
- [24] I-002 Safety and automation systems (SAS) (Rev. 2, May. 2001). *Standards Norway* [online]. Oslo: Standard Online AS [cit. 2021-7-12]. Dostupné z: <https://www.standard.no/en/sectors/energi-og-klima/petroleum/norsok-standard-categories/i-scd-syst-contr-diag/i-scd-syst-contr-diag/>
- [25] Steel catenary riser. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-7-12]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Steel\\_catenary\\_riser](https://en.wikipedia.org/wiki/Steel_catenary_riser)
- [26] Blowout (well drilling). *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-7-13]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Blowout\\_\(well\\_drilling\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Blowout_(well_drilling))
- [27] A SELECTION OF OFFICIAL STENA DRILLING IMAGES. *StenaDrilling* [online]. Aberdeen: Stena Drilling [cit. 2021-7-9]. Dostupné z: <https://www.stena-drilling.com/image-library/>
- [29] Autonomous spaceport drone ship. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-3-10]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Autonomous\\_spaceport\\_drone\\_ship](https://en.wikipedia.org/wiki/Autonomous_spaceport_drone_ship)
- [30] Falcon 9 v1.1. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-4-15]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Falcon\\_9\\_v1.1](https://en.wikipedia.org/wiki/Falcon_9_v1.1)
- [31] VŠE O AUTONOMNÍCH PŘISTÁVACÍCH PLOŠINÁCH ASDS. *ElonX* [online]. ElonX, 2021 [cit. 2021-7-20]. Dostupné z: <https://www.elonx.cz/autonomni-pristavaci-plosiny/>
- [32] Vše o OctaGrabberu. *ElonX* [online]. ElonX, 2021 [cit. 2021-7-1]. Dostupné z: <https://www.elonx.cz/vse-o-octagrabberovi/>
- [33] Přehled plavidel a lodí SpaceX. *ElonX* [online]. ElonX, 2019 [cit. 2021-7-1]. Dostupné z: <https://www.elonx.cz/prehled-plavidel-a-lodi/>
- [34] Of Course I Still Love You. *SpaceXFleet.com* [online]. Pier Six Media, 2021 [cit. 2021-4-19]. Dostupné z: <https://spacexfleet.com/of-course-i-still-love-you>
- [35] Moderní přistávací plošina A Shortfall of Gravitás dorazila na Canaveral, má být plně autonomní. *ElonX* [online]. ElonX, 2021 [cit. 2021-7-20]. Dostupné z: <https://www.elonx.cz/moderni-pristavaci-plosina-a-shortfall-of-gravitás-dorazila-na-canaveral-ma-byt-plne-autonomni/>

[36] Floating launch vehicle operations platform. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Floating\\_launch\\_vehicle\\_operations\\_platform](https://en.wikipedia.org/wiki/Floating_launch_vehicle_operations_platform)

[37] Azimuth thruster. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Azimuth\\_thruster](https://en.wikipedia.org/wiki/Azimuth_thruster)

[38] PlavidloX. *Kosmonautix.cz* [online]. kosmonautix.cz, 2016 [cit. 2021-7-1]. Dostupné z: <https://kosmonautix.cz/2016/02/plavidlox/>

## 9 Seznam obrázků

OBRÁZEK 1: NÁMOŘNÍ ANALOGOVÁ MAPA [3].....	- 12 -
OBRÁZEK 2: ECDIS [6].....	- 13 -
OBRÁZEK 3: FIXNÍ PLATFORMY [18].....	- 23 -
OBRÁZEK 4: KOMPATIBILNÍ PLOŠINA [14].....	- 24 -
OBRÁZEK 5: JACK-UP PLOŠINA [19].....	- 25 -
OBRÁZEK 6: STUPNĚ VOLNOSTI U PLAVIDLA [21].....	- 27 -
OBRÁZEK 7: FUNKCIONALITA SYSTÉMU DP [21].....	- 28 -
OBRÁZEK 8: VRTNÁ SOUPRAVA NA LODI – DRILLSHIP [22] .....	- 29 -
OBRÁZEK 9: SCHÉMA ŘÍDÍCÍHO SYSTÉMU TĚŽBY [23] .....	- 30 -
OBRÁZEK 10: MOBILNÍ JEDNOTKA STENAFORTH [27].....	- 32 -
OBRÁZEK 11: PŘÍSTÁVACÍ PLOŠINA OF COURSE I STILL LOVE YOU S RAKETOU FALCON 9[34]-	- 35 -
OBRÁZEK 12: MOMENT PŘÍSTÁNÍ NA PLOVOUCÍ PLOŠINU OCLIS [35] .....	- 36 -
OBRÁZEK 13: PLOŠINA A SHORTFALL OF GRAVITAS [31] .....	- 36 -
OBRÁZEK 14: PLOŠINA OCISLY S POPISKY [38].....	- 37 -

## 10 Seznam tabulek

TABULKA 1: ZDROJE CHYB [14] .....	- 17 -
TABULKA 2: PARAMETRY STENAFORTH [28].....	- 32 -