



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

## DESIGN PLAVIDLA PRO SBĚR OCEÁNSKÉHO ODPADU

DESIGN OF A VESSEL FOR OCEAN WASTE COLLECTION

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. et Bc. Petr Šnajdr

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD.

BRNO 2024



## Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav konstruování
Student:	<b>Bc. et Bc. Petr Šnajdr</b>
Studijní program:	Průmyslový design ve strojírenství
Studijní obor:	bez specializace
Vedoucí práce:	<b>doc. akad. soch. Ladislav Křenek, ArtD.</b>
Akademický rok:	2023/24

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

### Design plavidla pro sběr oceánského odpadu

#### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Nadměrné užívání plastového materiálu a jeho problematická likvidace společně s nedokonalým odpadovým hospodářstvím vede k rychlému znečištění naší planety. V průběhu posledních desítek let došlo k výraznému nárůstu odpadu v oceánech, které ho vlivem svých proudů koncentrují do několika velkých odpadových skvrn. Odpad následně ohrožuje vodní a přímořské živočichy. Velké plastové kusy navíc pomalu degradují na mikroplasty, které se dostávají do potravního řetězce zvířat a lidí, což způsobuje vážná zdravotní rizika. Pro snížení těchto důsledků je zapotřebí snížit množství odpadu v mořích a oceánech. Řešením zmírňující dopady tohoto problému může být plavidlo sbírající odpad z míst zvýšené koncentrace plovoucího odpadu.

Typ práce: vývojová – designérská

Výstup práce: aplikovaný výsledek (Fužit, Fprum, Gprot, Gfunk, R)

Projekt: specifický vysokoškolský výzkum

#### Cíle diplomové práce:

Cílem práce je navrhnout koncepční design plavidla určeného pro sběr plovoucího odpadu z moří a oceánů. Návrh by měl ukázat možnosti progresivního řešení této problematiky.

Díličí cíle diplomové práce:

- analyzovat současný stav a vize v oblasti řešené problematiky,
- navrhnou originální design a technicky progresivní koncepci,
- zpracovat prostorový model navrženého designu.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, sumarizační poster, technický poster, ergonomický poster, designérský poster, fotografie modelu, fyzický model.

Rozsah práce: cca 72 000 znaků (40 – 50 stran textu bez obrázků).

Časový plán, struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

<http://www.ustavkonstruovani.cz/texty/bakalarske-studium-ukoncení/>

**Seznam doporučené literatury:**

DREYFUSS, Henry. Designing for people. New York: Allworth Press, 2003. ISBN 1581153120.

FIELL, Charlotte a Peter FIELL (eds.). Designing the 21st century: design des 21. Jahrhunderts Le design du 21 siècle. Köln: Taschen, c2001. ISBN 3-8228-5883-8.

LIDWELL, William. a Gerry. MANACSA. Deconstructing product design: exploring the form, function, usability, sustainability, and commercial success of 100 amazing products. Beverly, Mass.: Rockport Publishers, c2009. ISBN 1592533450.

NORMAN, Donald A. Emotional design: why we love (or hate) everyday things. New York: Basic Books, 2005. ISBN 0-465-05136-7.

PELCL, Jiří. Design: od myšlenky k realizaci = from idea to realization. V Praze: Vysoká škola uměleckoprůmyslová v Praze, c2012. ISBN 978-80-86863-45-0.

THOMPSON, Rob. a Young Yun. KIM. Product and furniture design. New York: Thames & Hudson, 2011. Manufacturing guides. ISBN 0500289190.

KULA, Daniel, Elodie TERNAUX a Quentin HIRSINGER. c2012. Materiology: průvodce světem materiálů a technologií pro architekty a designéry. Praha: Happy Materials. ISBN 978-80-260-0538-4.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2023/24

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.  
děkan fakulty

## ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá problémem exponenciálně narůstajícího množství plastového odpadu ve světových mořích a oceánech. V textu jsou rozebrány příčiny tohoto problému a jeho současné snahy řešení, včetně jejich analýzy na jejímž základě jsou identifikovány a navrženy nové možnosti řešení.

Cílem práce je návrh plavidla včetně jeho systému provozu, které umožní sběr plovoucího odpadu z rozsáhlých vodních ploch a zároveň bude maximálně udržitelné.

Navržené plavidlo přistupuje k problematice systémovým řešením, které neřeší pouze koncový problém, ale i jeho příčiny. K tomu využívá svého konfigurovatelného designu mezi pracovní a obytnou verzi. Plavidlo v obou případech sbírá plovoucí odpad unikátním systémem dvou oddělitelných motorových plováků, které směřují odpad k plavidlu, kde je následně nabírán a zpracováván pyrolýzou přímo na palubě. Kromě toho obytná verze plavidla umožňuje ubytování veřejnosti na palubě, což finančně podpoří provoz a zároveň mediálně a zážitkově edukuje společnost o globálním problému plastového znečištění. Provoz plavidla je díky využití obnovitelných zdrojů energie a semiautonomnímu řízení v maximální možné míře ekologický a soběstačný. V rámci toho bylo navrženo inovativní zařízení kombinující vertikální křídla pohánějící plavidlo, která zároveň integrují rotační turbínu generující elektřinu z větrné energie.

Výsledky práce přináší systémové řešení problematiky plastového znečištění oceánů, které může být nejenom ekonomicky a environmentálně udržitelné, ale navíc má společenský přesah. Kromě toho nabízí řadu inovativní technických a designových řešení, které mohou být aplikovány i v jiných technologiích.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Plastové znečištění oceánů, design plavidla, sběr oceánského odpadu, mikroplasty, udržitelnost

## ABSTRACT

The thesis deals with the problem of the exponentially increasing amount of plastic waste in the world's seas and oceans. The text discusses the causes of this problem and current efforts to address it, including an analysis of these efforts, on the basis of which new solutions are identified and proposed.

The aim of the thesis is to design a vessel, including its operating system, that will enable the collection of floating waste from large bodies of water while being as sustainable as possible.

The proposed vessel approaches the problem with a systemic solution that addresses not only the end problem but also its causes. To do this, it uses its configurable design between working and living versions. In both cases, the vessel collects floating waste through a unique system of two separable motorised floats that direct the waste to the vessel, where it is then scooped and processed by pyrolysis on board. In addition, the residential version of the vessel allows public accommodation on board, which will financially support operations while educating the community about the global problem of plastic pollution through media and experience. The operation of the vessel is as environmentally friendly and self-sufficient as possible through the use of renewable energy and semi-autonomous steering. Within this framework, an innovative device combining vertical wings propelling the vessel while integrating a rotating turbine generating electricity from wind power has been designed.

The results of the work provide a systemic solution to the problem of plastic pollution in the oceans, which can not only be economically and environmentally sustainable, but also has a social impact. In addition, it offers a number of innovative technical and design solutions that can be applied in other technologies.

## KEYWORDS

Ocean plastic pollution, design of a vessel, ocean waste removal, microplastics, sustainability

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠNAJDR, Petr. *Design plavidla pro sběr oceánského odpadu*. Brno, 2024. Dostupné také z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/157691>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Vedoucí práce Ladislav Křenek





## PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu práce panu doc. akad. soch. Ladislavu Křenkovi, ArtD. za věcné připomínky, odborné rady a tipy v průběhu zpracování této práce. Také bych rád poděkoval své rodině za podporu v průběhu celého mého studia.

## PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, pod odborným vedením doc. akad. soch. Ladislavem Křenkem, ArtD. Současně prohlašuji, že všechny zdroje obrazových a textových informací, ze kterých jsem čerpal, jsou řádně citovány v seznamu použitých zdrojů.

.....

Podpis autora



# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ</b>	<b>15</b>
2.1	Rešeršní metody	15
2.1.1	Vyhledávání a filtrace zdrojů	15
2.2	Plastové znečištění světových moří a oceánů	16
2.2.1	Great Pacific Garbage Patch (GPGP)	18
2.2.2	Dopady znečištění hydrosféry	20
2.3	Rešerše na stav techniky	20
2.3.1	Odpadové hospodářství a zpracování odpadu	20
2.3.2	Hydrodynamika a mechanika plavby lodí	24
2.3.3	Trup lodí a plavidel	26
2.3.4	Konstrukce lodí a plavidel	34
2.3.5	Materiály používané pro stavbu lodí	35
2.3.6	Technologie výroby a stavby lodí	36
2.3.7	Komponenty lodí a plavidel	38
2.3.8	Bezpečnostní prvky lodí	40
2.3.9	Technologie obnovitelných zdrojů energie	41
2.3.10	Technologie zachytávání plovoucího odpadu	46
2.3.11	Designérská analýza	47
2.4	Výletní lodě a plavby	54
2.5	Shrnutí hlavních zjištění	55
2.6	Identifikace novosti a příležitostí	56
2.7	Uživatelský průzkum	57
<b>3</b>	<b>CÍLE PRÁCE</b>	<b>59</b>
3.1	Vymezení problému	59
3.1.1	Klasifikace produktu	59
3.1.2	Specifikace zákazníka	59
3.1.3	Specifikace spotřebitele	59
3.1.4	Specifikace trhu, ceny a použitých výrobních technologií	60
3.1.5	Vymezení problémové situace a atributů produktu	60
<b>4</b>	<b>CÍLE VÝVOJE</b>	<b>62</b>
<b>5</b>	<b>KONCEPČNÍ NÁVRH</b>	<b>63</b>

5.1	Analýza cílů a specifikace omezení	63
5.1.1	Analýza cílů	63
5.1.2	Specifikace omezení	65
5.2	Návrh systémového řešení a provozu plavidla	66
5.2.1	Systémové řešení	66
5.2.2	Provoz plavidla	68
5.3	Technická funkční analýza	69
5.4	Návrh alternativních řešení	70
5.5	Analýza alternativních řešení a výběr nejlepšího	77
<b>6</b>	<b>PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH</b>	<b>79</b>
6.1	Matematický model	79
6.1.1	Zpracování odpadu	79
6.1.2	Dimenzování plavidla	80
6.1.3	Energetická bilance	83
6.1.4	Doprava na plavidlo	83
6.1.5	Doba čištění Velké tichomořské odpadové skvrny	83
6.2	Určení tvarů, rozměrů a materiálů	84
6.2.1	Základní tvarování	84
6.2.2	Předběžné rozměry	86
6.2.3	Použité materiály	86
6.3	Odhad výrobních nákladů a objemu výroby	87
6.3.1	Lokalizace působnosti vyrobených plavidel	87
6.3.2	Finanční bilance	88
<b>7</b>	<b>DETAILNÍ NÁVRH</b>	<b>91</b>
7.1	Tvarové řešení	91
7.1.1	Obytná verze plavidla	91
7.1.2	Pracovní verze plavidla	100
7.2	Konstrukčně-technologické řešení	102
7.2.1	Základní rozměry	102
7.2.2	Vnitřní uspořádání komponent	102
7.2.3	Proces sběru, zpracování a přepravy odpadu	105
7.2.4	Využití obnovitelných zdrojů energie	108
7.2.5	Hydrostatika a hydrodynamika trupu	110
7.2.6	Shrnutí základních parametrů plavidla	111
7.3	Ergonomické řešení, bezpečnost a hygiena	111

7.3.1	Vnitřní uspořádání místností	111
7.3.2	Bezpečnostní prvky	115
7.3.3	Údržba	117
7.3.4	Záchranné čluny	118
7.3.5	Osvětlení plavidla	118
7.4	Barevné a grafické řešení	119
7.4.1	Barevné řešení	119
7.4.2	Název	121
7.4.3	Logotyp a symbol	121
7.5	Udržitelnost produktu	122
7.6	Hodnocení klíčových parametrů	123
<b>8</b>	<b>ZÁVĚR</b>	<b>125</b>
<b>9</b>	<b>VÝSLEDEK VÝZKUMU PODLE RIV</b>	<b>127</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b>	<b>128</b>
<b>11</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN</b>	<b>137</b>
<b>12</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ</b>	<b>140</b>
<b>13</b>	<b>SEZNAM TABULEK</b>	<b>144</b>
<b>14</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH</b>	<b>145</b>
<b>15</b>	<b>ZMENŠENÉ POSTERY</b>	<b>146</b>

# 1 ÚVOD

Polymerní materiály se v posledních letech staly nedílnou součástí lidské společnosti. Jejich výhodné vlastnosti s kombinací rychlé a levné produkce umožňují výrobu tisíců tun plastových výrobků ročně. Jejich likvidace je však podstatně náročnější, což vlivem nadměrného užívání a špatného odpadového hospodářství vede k rychlému znečišťování naší planety. V mnoha případech končí plastový odpad na skládkách či ve volné přírodě, odkud se následně dostává až do hydrosféry, kde se rozkládá stovky let a nakonec končí stejně jako ještě nebezpečnější mikroplasty. Ty následně požívají živočichové a potravním řetězcem se dostávají až do lidského organismu, což způsobuje vážná zdravotní rizika.

Právě exponenciální růst plastového odpadu v mořích a oceánech je v současnosti globálním problémem, který lze velmi těžce řešit. Odpad se totiž rozkládá na stovkách tisících kilometrů čtverečních, který se navíc vlivem mořských proudů neustále pohybuje, což velmi komplikuje jeho účinný sběr. Oceánské proudy ale také akumulují odpad ve velkých odpadových skvrnách, kde by se nabízel potenciál k jeho vyzvednutí. Jejich problémem však je velká vzdálenost od pobřeží, což nejen komplikuje logistiku, ale navíc zařazuje oblasti do mezinárodních vod, které oficiálně nespádají pod žádný stát, tudíž nikdo nebere zodpovědnost za jejich likvidaci.

Existuje řada iniciativ, které se snaží problém řešit jak už prevencí nebo přímo sběrem plovoucího odpadu. Jejich zásadním problémem je však financování, které je závislé na dotacích a darech, což limituje jejich technologický vývoj a udržitelnost samotného projektu. Z toho důvodu je zapotřebí navrhnout systém, který bude ekonomicky i environmentálně udržitelný.

Právě tímto se zabývá tato práce, kde je cílem návrh plavidla, které neřeší pouze koncový problém plovoucího odpadu, ale snaží se k problematice přistupovat systémově a řešit i důsledky znečištění hydrosféry. Návrh plavidla se tak zaměřuje nejenom na sběr plovoucího odpadu a jeho zpracování, ale zároveň na zapojení veřejnosti do procesu, což podpoří financování provozu a zároveň edukuje společnost o významnosti problému plastového odpadu. Design inovativního plavidla se tak zaměřuje nejenom na technologicky progresivní koncepci využívající unikátního systému sběru a zpracování odpadu, ale také na společenský přesah, který zajistí svou funkci a systémem provozu.

## 2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

### 2.1 Rešeršní metody

Základ současného stavu poznání byl zpracován pomocí systematické rešerše, která umožnila efektivní vhled do problematiky a následnou formulaci zpřesněných cílů a specifikací navrhovaného plavidla. Rešerše byla zaměřena na tři hlavní části. V první části byl kladen důraz na seznámení s problematikou znečištění světových moří a oceánů a technologie zpracování odpadu. Druhá část byla zaměřena na konstrukci a mechaniku plavby lodí a třetí část se zabývala průzkumem současně vyvíjených či realizovaných plavidel, určených pro sběr plovoucího odpadu na širém oceánu. V každé z těchto částí byly definovány výzkumné otázky pro rychlejší vyhledávání relevantní odborné literatury. Otázky vycházely z definovaných požadavků práce a jejich znění bylo následovné:

- Jak se dostává plastový odpad do moří a oceánů?
- Jaký typ polymerního materiálu se nachází v oblasti Velké tichomořské odpadové skvrny?
- Jaký typ plastu lze zpracovat pyrolýzou?
- Jak probíhá sběr odpadu uprostřed oceánu?

#### 2.1.1 Vyhledávání a filtrace zdrojů

Pro nalezení odpovědí k definovaným otázkám byly vybrány z každé otázky klíčová slova, která sloužila pro stavbu rešeršního dotazu. Ten byl následně laděn dle rešeršních strategií a zadáván do vědeckých a patentových databází Scopus, Web of Science, Google Scholar a Google Patents nebo Espacenet. Kromě vyhledávání odborných publikací bylo využito také jednoduchého vyhledávání na webovém prohlížeči. Tímto přístupem bylo možno získat širokou škálu literárních pramenů, které posloužily jako vstupní bod pro zodpovězení položených otázek.

Na začátku vyhledávání bylo nalezeno 86 zdrojů, které byly dále vyfiltrovány podle duplicity, irelevance, staří publikace či kvality. Celkový počet zdrojů, které byly podrobněji rozebrány, byl zredukován na 28 pramenů. Ty se skládaly především z vědeckých článků, odborných knih, norem a firemních dokumentů. Díky této kombinaci literatury bylo možno obsáhnout komplexnost problematiky a najít odpovědi k vytyčeným otázkám.

Vyfiltrované zdroje byly však pouze základním vhledem do problematiky. Rešerše a použité informační prameny se dále rozšiřovaly podle potřeby po celou dobu zpracovávání práce.

## 2.2 Plastové znečištění světových moří a oceánů

Společnost vyprodukuje ročně až 460 milionů tun plastů, což je pro představu přibližná hmotnost celé lidské populace. Z toho 50-60 % je tvořena jednorázovými plasty. Množství produkce navíc každým rokem narůstá a jen odhadováno, že plasty jsou zodpovědné za 3,4 % globálních emisí skleníkových plynů [1].

Celosvětově je pouze 9 % plastového odpadu recyklováno, 19 % je spáleno, 50 % končí na skládce a 22 % není zpracováno vlivem špatného odpadového hospodářství. Těchto 22 % plastového odpadu následně končí na nekontrolovaných skládkách, jsou nevhodně spalovány nebo unikají do podzemních a povrchových vod, a to především v chudších a rozvojových zemích [1]. Právě poslední zmíněná kontaminace vody plastovým odpadem je globální problém s dalekosáhlými následky.

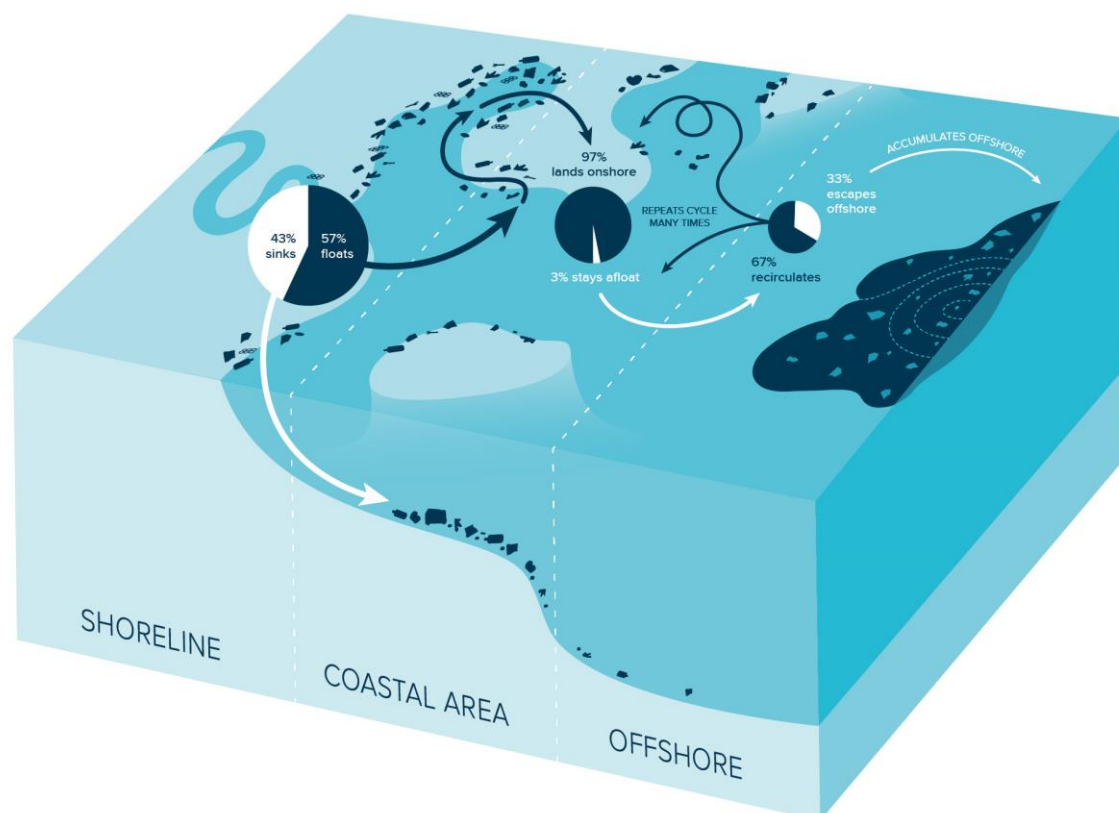
Z 22 % nezpracováno odpadu však pouze 2 % končí v hydrosféře a asi 0,5 % se dostane do oceánů [2]. Odhaduje se, že v roce 2019 uniklo do hydrosféry 6,1 milionů tun plastového odpadu a z toho 1,7 milionů tun se dostalo až do odlehlých míst oceánů. Dle studií je v mořích a oceánech v současnosti až 30 milionů tun plastového odpadu a dalších 109 milionů tun je nashromážděno v řekách. Vlivem této vysoké akumulace odpadu v řekách je pravděpodobné, že v dalších desítkách let bude plastový odpad unikat do oceánů i přesto, že dojde ke zlepšení odpadového hospodářství na pevnině [1]. Dle studie z roku 2021 pochází 80 % oceánského plastového odpadu z 1000 nejvíce znečištěných řek na světě, které jsou červeně zvýrazněny na Obr. 2-1 [3]. Z obrázku lze vidět, že nejvíce znečištění pochází z pobřežních měst a řek v zemích s nízkou ekonomikou.



Obr. 2-1 Červeně vyznačené nejvíce znečištěné řeky na světě [4]

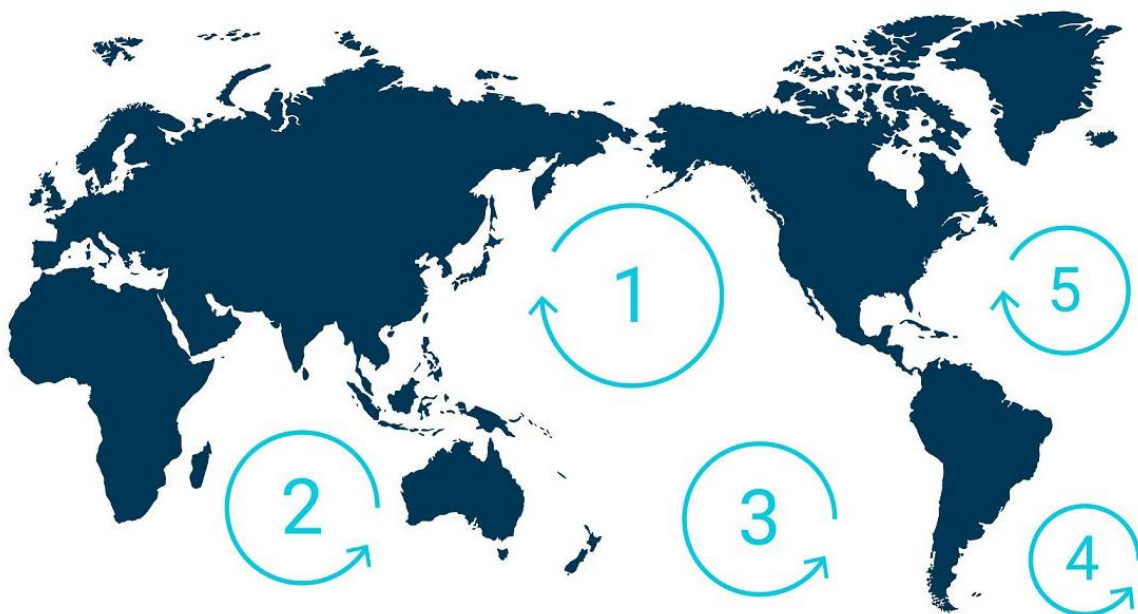


Na Obr. 2-2 lze vidět cestu plastového odpadu z řek až na o širý oceán. Téměř polovina tohoto odpadu se potopí na dno řek vlivem vysoké hustoty [5]. Druhá polovina následně pluje na hladině až do ústí řek a moří. Kolem 80 % plovoucího odpadu se však během jednoho měsíce vrátí zpět na pobřeží vlivem mořských proudů a vln [6]. Nejčastěji se jedná o LDPE a PP plasty ve formě plastových tašek, PET lahví, cigaretových filtrů, polystyrenů, brček, syntetického textilu atd. [7]. Zbylá část odpadu včetně toho, který se z pobřeží vlivem vodních vln vrátí zpět do moře, cirkuluje v pobřežních vodách, než unikne mimo recirkulační zóny na odlehlé moře. Tento proces může trvat i několik let [2].



Obr. 2-2 Cesta odpadu z ústí řek až na odlehlé moře [2]

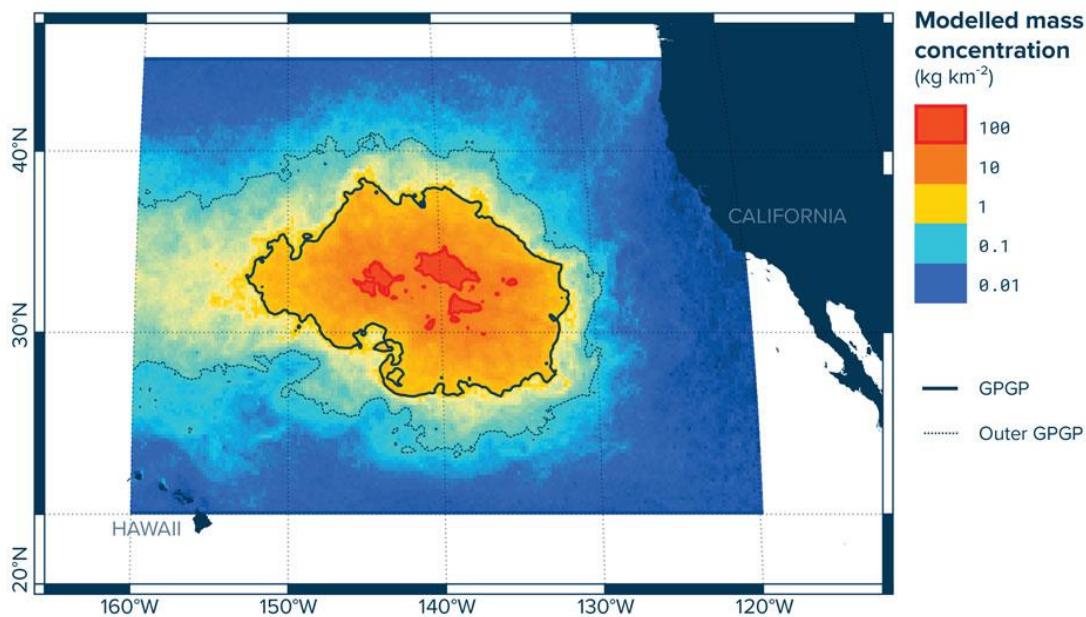
Plovoucí plastový odpad, který se dostal mimo recirkulační pobřežní zóny je následně vlivem oceánských proudů směřován do velkých koncertovaných odpadových skvrn, které se nachází daleko od pobřeží. Ve světových oceánech je celkem pět velkých proudových zón viz Obr. 2-3, z nichž každá akumuluje odpad do několika velkých skvrn. Největší je Velká tichomořská odpadová skvrna, anglicky Great Pacific Garbage Patch (dále jen GPGP), která se nachází v severním Tichém oceánu mezi Havají a Západním pobřežím USA [2].



Obr. 2-3 Pět oceánských akumulčních zón plastového odpadu [8]

### 2.2.1 Great Pacific Garbage Patch (GPGP)

GPGP je rozložen na rozloze 1,6 milionu kilometrů čtverečních, což je přibližně trojnásobná rozloha Francie. Vlivem počasí, povětrnostních podmínek a oceánských proudů není lokace GPGP stálá a během roku se neustále pohybuje okolo souřadnic 32°N a 145°W [8]. Jedná se tedy o mezinárodní vody, které nespádají pod žádný stát.



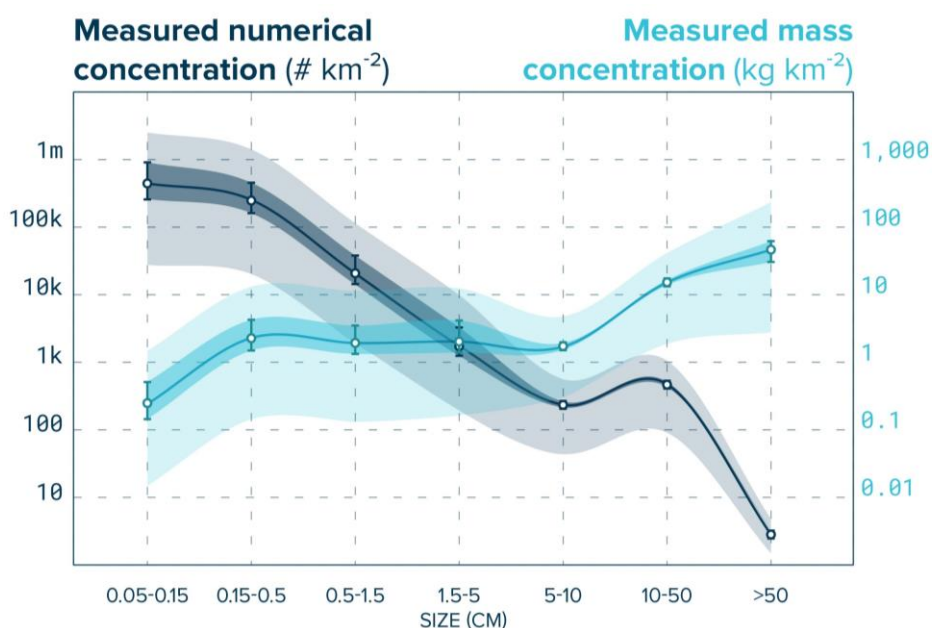
Obr. 2-4 Počítačově modelovaná koncentrace odpadu ve Velké tichomořské odpadové skvrně [8]

Studie zpracované na základě rozsáhlého výzkum a počítačového modelování odhadují, že je ve Velké tichomořské odpadové skvrně více než 1,8 trilionu kusů plastového odpadu o váze 100 000 tun. Nejvyšší koncentrace se nachází ve středu skvrny, kde přesahuje 100 kg/km<sup>2</sup> a od středu pozvolna klesá k okrajovým oblastem s koncentrací okolo 10 kg/km<sup>2</sup>, viz Obr. 2-4 [8]. Přestože se jedná o vysokou koncentraci odpadu, tak nelze hovořit o skvrně jako o ostrově z odpadu, ale spíše se dá přirovnat k polévce z odpadků [9]. Odpad navíc z velké části nepluje na hladině, ale i několik metrů pod hladinou. Nejvíce odpadu se nachází do hloubky 3 metrů pod hladinou [8]. Proto plastový odpad mnohdy nelze spatřit pouhým pozorováním vodní hladiny a vlivem jeho složení a pomalé degradace nezapáchá.

Měření koncentrace plastového odpadu v GPGP prokazuje, že velké plastové kusy zůstávají v oblasti desítky let a postupně se rozkládají vlivem působení mořských organismů povětrnostních podmínek, UV záření atd. na mikroplasty. Data měřena od 70. let minulého století ukazují exponenciální růst mikroplastů v této oblasti [8]. Dle počítačových modelů může do roku 2030 koncentrace odpadu vzrůst až na 200 kg/km<sup>2</sup> [9].

Nejčastějším typem plastů nacházejících se v GPGP jsou HDPE a PP ve formě víček z lahví, hraček, přepravních beden, zubních kartáčků, kosmetických lahví atd [7]. Dalším typem odpadu jsou i několikametrové polyamidové rybářské sítě a lana. Výzkumy ukazují, že až 80 % plastového odpadu v GPGP je způsobeno rybářskými aktivitami přímo na moři. Odpad odhozený uprostřed oceánu má následně větší tendenci akumulace v odpadových skvrnách než navrácení na pobřeží [8].

Na obrázku Obr. 2-5 je zobrazena závislost počtu a hmotnosti plastových kusů odpadu vzhledem k jejich velikosti. Odpad větší než 0,5 cm zastupuje 92 % celkové hmotnosti a 75 % hmotnosti tvoří makro a mega plasty o velikosti větší než 5 cm. Naproti tomu 94 % odpadu z hlediska počtu kusů je tvořeno mikroplasty, které lze odstranit jen velmi těžce [8].



Obr. 2-5 Závislost počtu a hmotnosti plastových kusů vzhledem k jejich velikost [8]

## 2.2.2 Dopady znečištění hydrosféry

Plastové díly se pod vlivy mořských organismů, povětrnostních podmínek, teploty UV záření a dalších rozkládají na mikroplasty. Kompletní rozložení plastového materiálu trvá více než 450 let a dle studií ovlivňuje až 900 druhů živočichů [10] [2]. V oblasti GPGP je na vodní hladině až 180krát více plastu než potravy, což vede k tomu, že si živočichové pletou mikroplasty s potravou a dostávají se do jejich těl, kde se akumuluje. Koloběhem potravního řetězce se tak mikroplasty obsažené v mořských živočiších dostanou až do lidských těl, kde působí jako toxická látka [2].

Polymerní materiály pod expozicí UV záření taky uvolňují skleníkové plyny včetně metanu, který má významný vliv na globální oteplování [10]. Hladina znečištěná plasty snižuje schopnost fytoplanktonu transformovat CO<sub>2</sub> na kyslík až o 40 %, což má za následek vyšší koncentraci CO<sub>2</sub> v ovzduší a potenciálně i vyšší teplotu [8]. Vyšší teplota následně urychluje rozpad plastového materiálu, což má za následek neustálý koloběh negativních efektů [10].

Kromě výše zmíněných má plastové znečištění negativní dopad na ekonomiku v hodnotě až 19 miliard amerických dolarů. Tato hodnota zahrnuje dopady na rybolov, zemědělství, turismus, čistící operace atd [2].

## 2.3 Rešerše na stav techniky

### 2.3.1 Odpadové hospodářství a zpracování odpadu

Odpadové hospodářství má každá země vedené jiným způsobem, které obvykle podléhá legislativním předpisům, technologickým možnostem, ekonomické situaci a také edukaci obyvatel dané země. Nejdůležitější je odpadům předcházet a snížit jeho produkci. Pokud odpad již vznikne, tak je ve vyspělých evropských zemích svážen popelářskými auty z místa produkce na místa zpracování. Vzniklý odpad lze zpracovat několika způsoby, jejíž hierarchie je zobrazena na Obr. 2-6. Jedná se o opětovné využití, recyklaci, energetické využití např. spalováním nebo pyrolýzou a v poslední řadě uložení na skládku [11].



Obr. 2-6 Hierarchie nakládání s odpadem [12]

### Skládkování odpadu

Skládkování je nejjednodušší a nejlevnější, ale i jeden z nejhorších způsobů nakládání s odpadem. Odpad je odložen na velké shromaždiště, kde se nechá ležet ladem, než dojde k jeho přirozenému rozkladu. V průběhu let dochází k degradaci materiálu vlivem povětrnostních podmínek, což má za následek uvolňování do ovzduší velké množství skleníkových plynů, především metanu. Kromě toho skládky zabírají půdu, která již nelze využít a v neposlední řadě může dojít k úniku nebezpečných skládkových vod či kontaminaci podzemních vod [12].

### Recyklace odpadu

Recyklace je opětovné využití materiálu ve výrobním procesu, se odpad transformuje na druhotnou surovinu, která je využita k výrobě nových komponent. Díky tomu je snížena těžba nových surovin, objem skládkovaného odpadu a v konečném důsledku šetření životního prostředí. Recyklovat lze však pouze některé materiály, proto tomuto procesu předchází třídění odpadu podle materiálového složení. Celý proces recyklace je však mnohdy finančně nákladný, což je taky jeden z důvodů, proč se recykluje celosvětově pouze 9 % plastového odpadu [1] [13]. Ekonomicky je výhodnější vyrobit produkt z nové suroviny než se snažit zpracovat již použitý materiál na výrobu druhotné suroviny, která poslouží jako vstupní materiál pro výrobu nových produktů [13].

### Spalování odpadu

Spalování odpadu je fyzikálně-chemický proces, při kterém za přístupu oxidačních plynů dochází k přeměně odpadního materiálu na tepelnou energii a další formy pevných či plyných látek. Vzniklé teplo lze využít k produkci přehřáté vodní páry, která je využita k dodávkám tepla do domácností či pohonu turbíny a produkci elektrické energie. Spalováním lze snížit objem odpadu na 10 % a hmotnost na 25-30 % původní hodnoty [14]. Technologie a provoz spalovny odpadu je však velmi drahý, a to především kvůli pouhým 17-22 % zhodnocené energie uložené v materiálu [15]. Odhaduje se, že ročně musí spalovna

zpracovat až 100 000 tun odpadu, aby tato likvidace odpadu byla ekonomicky výhodná [12]. V okolí spaloven navíc dochází k uvolňování skleníkových a toxických plynů do ovzduší i přesto, že využívají pokročilé technologie filtrací. Vyprodukované toxické látky se nedostávají do ovzduší pouze prostřednictvím spalin, ale také odpadní vodou využívanou ve filtrech, či popelem, který obsahuje těžké kovy [15]. Proto se ke spalování přiřklání až v případě nemožné recyklace odpadového materiálu.

### Pyrolýza odpadu

Pyrolýza je termochemický proces, při kterém dochází v reakční komoře k rozkladu vysokomolekulárního organického materiálu na nízkomolekulární látky. Proces probíhá v inertní atmosféře, tedy bez přístupu kyslíku a jiných zplyňovacích látek. Pyrolýza se dle dosahovaných teplot uvnitř reakční komory dělí na nízkoteplotní, která probíhá do 500 °C, středněteplotní s pracovní teplotou 500-800 °C a vysokoteplotní, kde teplota přesahuje 800 °C [16]. Pyrolýzou lze zpracovávat polymerní materiály, uhlí, biomasu či dřevo nadrcené na rovnoměrné kusy o velikostech od 0,2-50 mm [17].

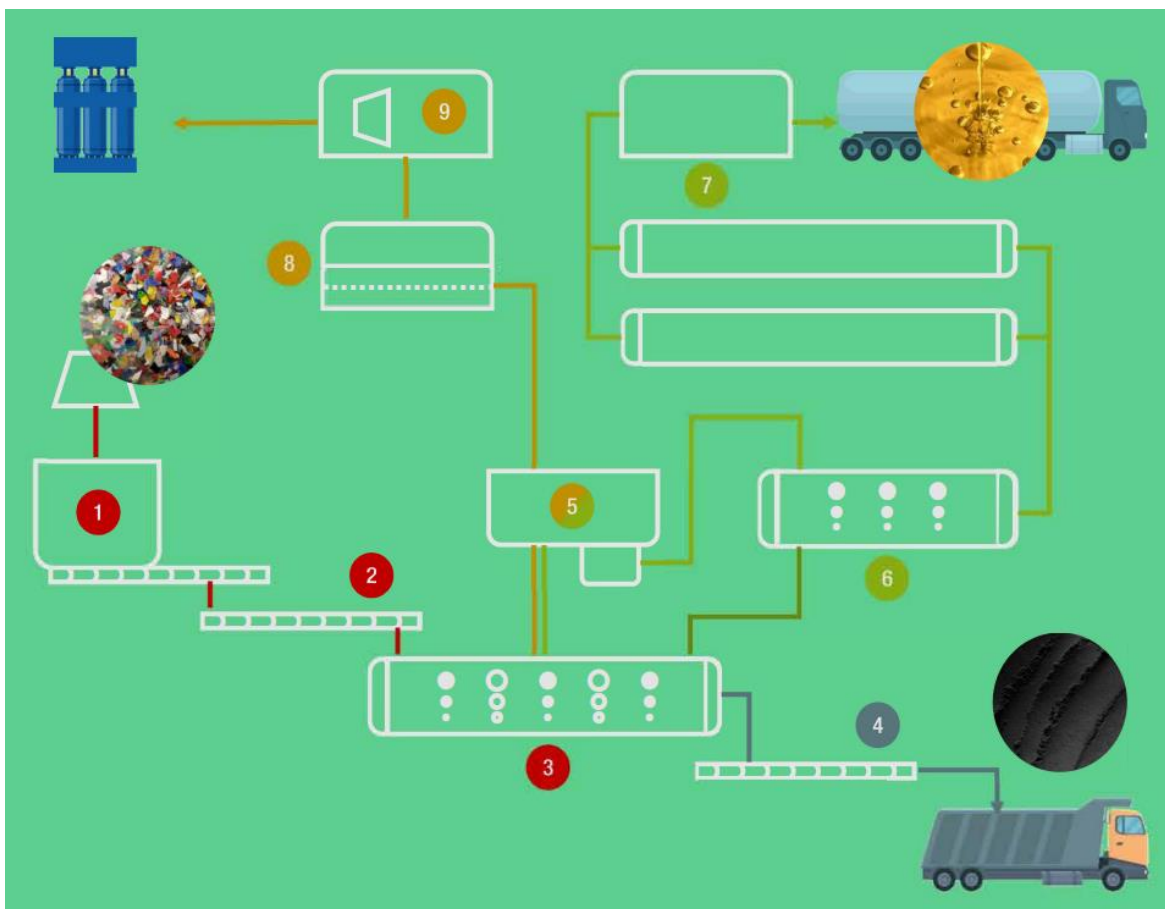
Během pyrolýzy vznikají znovuvyužitelné produkty ve formě tuhého uhlíkatého prášku a pyrolýzního oleje a plynu. Uhlíkatý prášek podobný aktivnímu uhlí lze dále využít například ve stavebnictví jako příměs stavebních materiálů nebo jak půdní příměs pro zadržování vody. Pyrolýzní olej je velmi podobný ropě a dá se využít pro výrobu plastů či paliv. Poslední plynnou složku lze dále energeticky využít pro ohřev reakční komory, výrobu tepla či elektřiny. Poměr vyprodukovaných složek závisí na vstupní surovině a druhu pyrolýzy, která se dále dělí na rychlou, bleskovou, střední a pomalou. Jednotlivé typy se liší provozní teplotou, tlakem, rychlostí ohřevu, velikostí částic vstupní suroviny atd [16].

Rychlá a blesková pyrolýza pracuje v rozmezí 450-900 °C a tlaku 0,1 MPa. Tento druh pyrolýzy se využívá k maximální produkci olejové složky [16]. Vyžaduje vysokou rychlost ohřevu a velikost částic vstupní suroviny do 3 mm [17].

Pomalá pyrolýza pracuje v rozmezí teplot 400-600 °C a tlaku 0,001-0,1 MPa. Její hlavní výtěžek je uhlíkový prášek [16]. K provozu nevyžaduje vysokou rychlost ohřevu a vstupní surovina může být o velikosti až 50 mm [17]. Je potřeba poznamenat, že technologie pyrolýzy se neustále vyvíjí a výše zmíněné parametry nelze brát jako definitivní, protože každá studie či společnost uvádí mírně odlišné hodnoty.

Výhodou této technologie je kombinuje pozitivních stránek recyklace a spalování odpadu. Při pyrolýze je odpad rozložen na základní složky, ze kterých lze dále vyrobit stejně kvalitní výrobky jako z nově vytěžené suroviny. Během procesu navíc vzniká teplo a plyn, které lze využít k ohřevu domácností či produkci elektřiny.

Společnost Green-Future vyvinula pyrolýzní jednotku ENRESS TDU2000 zpracovávající všechny druhy polymerních materiálů včetně směsných plastů, kromě PVC a PET [18]. Schéma pyrolýzní jednotky je zobrazeno na Obr. 2-7.



Obr. 2-7 Schéma pyrolýzní jednotky ENRESS TDU2000 [18]

Plastový odpad je nejdříve nadrcen na částice o velikosti do 35 mm, které jsou uskladněny v zásobníku (1), odkud jsou postupně šnekovým dopravníkem (2) tlačeny do reakční komory (3), kde dochází při teplotě 380-460 °C k rozkladu materiálu na pevné, kapalně a plynné složky. Pevné uhlíkaté částice jsou z reaktoru šnekovým dopravníkem (4) vytlačeny a uskladněny. Kapalně a plynné složky jsou následně od sebe odděleny v kondenzátoru (5). Plyn prochází několikanásobným čištěním (8), kde jsou pomocí sorbentů odstraněny škodliviny v podobě chloru nebo síry. Čistý energetický plyn je nakonec stlačen (9) a uskladněn v tlakových lahvích. Kapalná složka po oddělení od plynu putuje do druhého stupně reaktoru (6), kde dochází za přesných teplot a tlaků k zušlechtnění kapaliny na čistý olej podobný benzínu či naftě. Kapalně zbytek ve formě těžkých olejových frakcí z druhého stupně reaktoru (6) putuje zpět do prvního stupně (3), kde je podroben opětovné termochemické reakci. Čistý olej je nakonec přečerpán a uskladněn (7) [18].

Společnost uvádí, že pyrolýzní jednotka ENRESS TDU2000 je zcela bezemisní a bez zápachu, protože nemá komín a nevypouští žádné plyny z procesu.

Celý systém je plně automatický o hlučnosti pouze 60 dB. Jednotka je umístěna v šesti dvanácti metrových lodních kontejnerech a dokáže zpracovat až 17 tun odpadu za den. Výstupem z procesu je až 90 % oleje, 5 % plynu a 5 % uhlíkatého zbytku [18]. Všechny tyto výstupní produkty mají hodnotu až 200 000 Kč [19]. Celá jednotka včetně tepelného reaktoru je poháněna elektrickou energií o příkonu 600 kW [18].

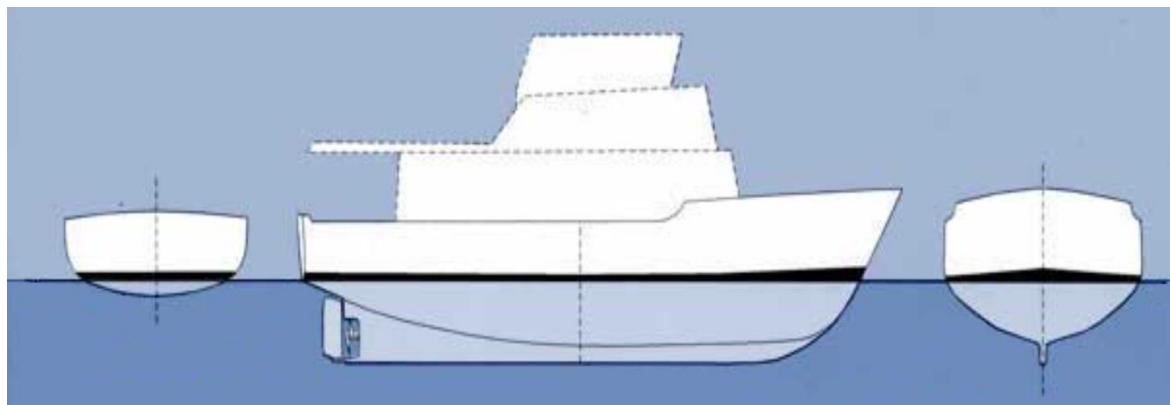
### 2.3.2 Hydrodynamika a mechanika plavby lodí

#### Režim plavby

Standardní lodě plují na vodních plochách buď ve skluzovém, anebo ve výtlačném režimu plavby. Každý režim je charakterizován několika parametry a tvarem trupu.

#### Výtlačný režim plavby

Všechny lodě se v nízkých rychlostech pohybují ve výtlačném režimu plavby. Tato plavba vychází z Archimedova zákona, kdy hydrostatická vztlaková síla nadnášející těleso se rovná hmotnosti tekutiny o objemu ponořené části tělesa. Trup při tomto režimu plavby rozděluje vodu svou přídílí a vytlačuje ji do všech stran. Rozdělené proudy vody následně obtékají trup a v jeho zadní části se opět spojí. Jedná se o klidný režim plavby, při kterém nedochází ke změně ponoru ani náklonu lodi a při němž není vyžadován vysoký výkon motoru. Tímto způsobem se nejčastěji pohybují velké nákladní lodě, rybářské čluny, plachetnice atd. Typický tvar výtlačného trupu je půdorysně podobný aerodynamickému profilu s oblým dnem, které plynule přechází do bočnic, viz Obr. 2-8. Poloha těžiště by měla být v tomto režimu plavby na jedné ose s působícím výtlakem, případně mírně před ním [20].



Obr. 2-8 Příklad tvarování trupu určeného pro výtlačný režim plavby [21] (upraveno)

Výtlačný režim plavby je charakteristický tím, že může dosáhnout pouze určité mezní rychlosti, která je dána vzorcem [20]:

$$v = 6 \cdot \sqrt{L}$$

kde  $L$  je délka ponořené části trupu v metrech a  $v$  je rychlost v km/h.

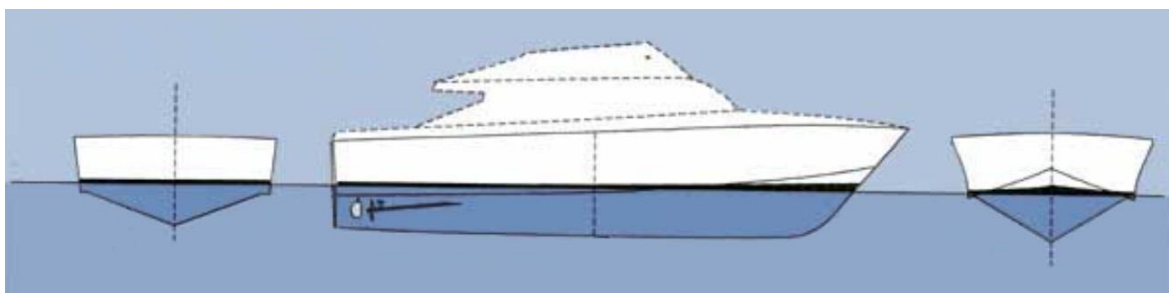


Rychlost je omezena z důvodu velikosti vlny, kterou generuje příď trupu. Při mezní rychlosti je velikost příďové vlny rovna dvojnásobku délky trupu. Trup v tomto případě leží v důlku půlvlny a pluje jakoby do kopce, což vyžaduje vyšší výkon pro udržení rychlosti. Při zvyšování výkonu však dojde ke zvětšování příďové vlny, a ještě většímu náklonu lodě. Vhodným umístěním těžiště a tvarováním trupu může plavidlo přejít v této situaci do skluzového režimu plavby [20].

### Skluzový režim plavby

Skluzový režim plavby je charakteristický vysokou rychlostí, kdy loď po hladině klouže vlivem, působícího hydrodynamického vztlaku, který je dominantní v tomto případě oproti hydrostatickému vztlaku. K dosažení skluzového režimu musí loď mít vhodně tvarovaný trup, nízkou hmotnost, vysoký výkon motoru a optimalizovanou podélnou polohu těžiště [22].

Nejúčinnější klouzavý trup má široké rovné dno s ostrou hranou k bočnicím a zrcadlu a úhel náběhu 4-6° vůči hladině. Díky tomuto tvarování dochází při pohybu lodi k vytlačování většiny vody na dno trupu, což následně způsobí vlivem třetího Newtonova zákona akce a reakce, vztlakovou sílu působící vzhůru na dno trupu. Z důvodu vysoké nestability tohoto tvarování je dno trupu často optimalizováno do tvaru V, pro zajištění vhodného poměru účinnosti, stability a ovladatelnosti, viz Obr. 2-9 [22].



Obr. 2-9 Příklad tvarování trupu určeného pro skluzový režim plavby [21] (upraveno)

Plavidlo přechází z výtlačného režimu plavby do klouzavého při splnění těchto podmínek rychlosti a hmotnosti [22]:

$$v = 8 \cdot \sqrt{L}$$

$$m = \left(\frac{v}{34}\right)^6$$

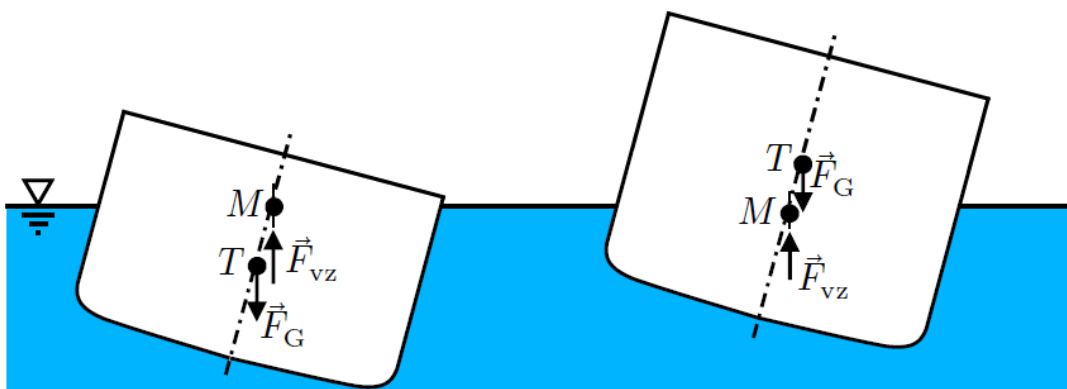
kde  $L$  je délka ponořené části trupu v metrech,  $v$  je rychlost lodi v km/h a  $m$  je hmotnost plavidla v tunách.

Současně musí být splněna podmínka na výkon motoru 1 HP / 30 kg. Na jednu koňskou sílu motoru by teda mělo případnou maximálně 30 kg hmotnosti [22].

## Stabilita plavidel

Stabilita plavidel je významný faktor, který určuje bezpečnosti proti převržení a odolnosti proti vychýlení z rovnovážné polohy vlivem působení vnějších sil. Vyšší stabilita zajišťuje klidnější a pohodlnější plavbu pro posádku.

Stabilita tělesa vychází z polohy těžiště, kde působí tíhová síla a polohy těžiště ponořeného objemu tělesa, kde působí vztlaková síla. Při rovnoměrném vyvážení stran a neexistenci externích sil obě tyto síly leží na stejné nositelce, tzv. ose plování. Při vychýlení tělesa vlivem změny váhového rozložení nebo působení externích sil v podobě větru či vln dochází k posunu působiště vztlakové síly, čímž vzniká moment působící na těleso. Pokud průsečík nositelky vztlakové síly a osy plování tzv. metacentrum, leží nad hmotným těžištěm tělesa, tak vzdálenost mezi těžištěm a metacentrem tzv. metacentrická výška je kladná a jedná se o stabilní plování. V opačné případě jde o nestabilní plování a těleso se může převrhnout, viz Obr. 2-10 [23].



Obr. 2-10 Stabilní plování (vpravo) a nestabilní plování (vlevo) [23]

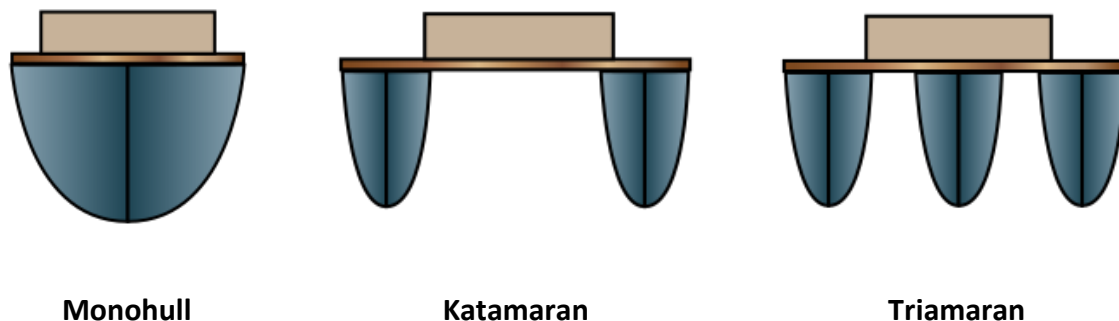
Při návrhu lodí se nejčastěji řeší příčná stabilita, kde metacentrická výška se pohybuje v rozmezí 0,2-0,5. Naproti tomu metacentrická výška v podélné směru je často 100-110krát větší než v příčném, což značí, že jsou lodě v podélném směru vysoce stabilní [24].

### 2.3.3 Trup lodí a plavidel

Výchozí kategorie dělení trupů je dle režimu plavby na výtlačný a klouzavý trup. Každý trup má své typické specifikace, které jsou popsány v předchozí kapitole. Současné moderní lodě však využívají kombinace různého tvarování trupu dle účelu, funkce, typu a velikosti plavidla pro zajištění optimálních vlastností. V následujících podkapitolách je popsáno základní tvarování a konfigurace lodních trupů.

## Konfigurace trupu

Podle počtu trupů lze rozdělit jejich konfiguraci na jednotrupé a vícetrupé. V případě vícetrupých jsou nejčastější se dvěma trupy tzv. katamarány, případně se třemi trupy tzv. trimarany, viz Obr. 2-11.



Obr. 2-11 Typy konfigurace trupu [25] (upraveno)

Jednotrupá (monohull) konfigurace je nejvíce využívána z důvodu jednoduché konstrukce, vysokého výtlačku, nosnosti, a velkorozměrného úložného prostoru. Nevýhodou je nižší příčná stabilita a menší stavební prostor na palubě. Tuto konfiguraci využívají velké nákladní a výletní lodě, parníky, plachetnice, jachty, rybářské čluny atd [26].

Dvoutrupá (katamaran) konfigurace je složena ze dvou trupů, které jsou navzájem příčně spojeny nosnou konstrukcí, což zajišťuje jejich nespornou výhodou vyšší stability a velké stavební plochy mezi trupy. Nevýhodou je naopak složitější a nákladnější konstrukce spojená s malým úložným prostorem v podpalubí a nižší nosností a výtlakem, což ji předurčuje pro přepravu lehčích nákladů. Čím je rozteč mezi oběma trupy větší, tím je loď stabilnější, nesmí však dojít k nadnesení žádného z trupů nad hladinu. V takovém případě hrozí převrácení celé lodi. Dvojice trupů může být díky rozložení váhy užší, čímž dochází ke snížení odporu a navýšení rychlosti, což je s výhodou využíváno u rekreační jachet či přepravních lodí [26].

Třítrupá (trimaran) konfigurace paralelně orientovaných trupů kombinuje předchozí dvě konfigurace. Prostřední trup je osově orientovaný a objemově největší, čímž využívá výhody jednotrupé konfigurace. Po obou stranách jsou v několikametrovém rozpětí umístěny menší trupy podobné katamaranu. Tyto trupy slouží především pro zvýšení stability a stavební plochy paluby. Trimaran využívá výhod předchozích konfigurací a minimalizuje jejich nevýhody v podobě vysokého odporu a nízké stability u monohull lodi a nízké nosnosti, výtlačku a malých rozměrů v podpalubí u katamaranu. Nevýhodou tohoto řešení je komplikovanost konstrukce, která může navýšit náklady na výrobu a následnou údržbu [26].

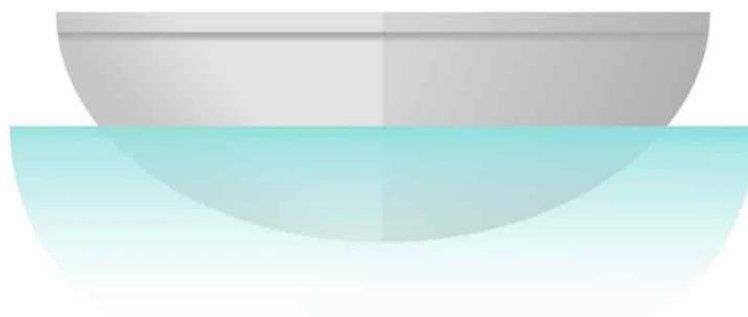
## Tvar trupu

Trup je komplexně tvarován ve všech třech rozměrech pro optimalizaci nedůležitějších parametrů jako je odpor prostředí, stabilita, údržba a technologie výroby.

### Tvarování dna

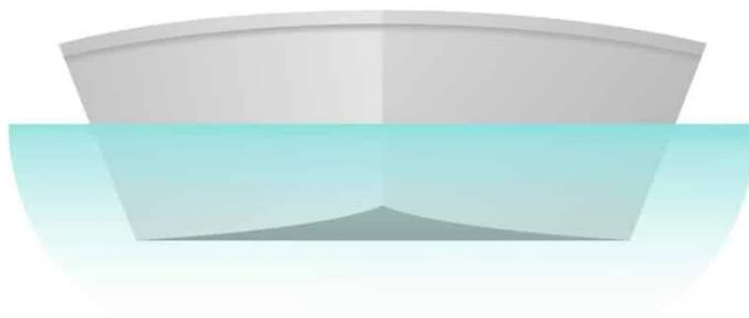
Dno trupu může být kulaté, ploché do tvaru V nebo S, případně jejich kombinace.

Kulaté dno, viz Obr. 2-12, je typické pro lodě plující ve výtlačném režimu plavby. Trup s kulatým dnem dosahuje nízkého odporu, poskytuje velký vnitřní prostor a je určen především pro nízké až střední rychlosti. Nevýhodou tohoto dna je nízká stabilita [26].



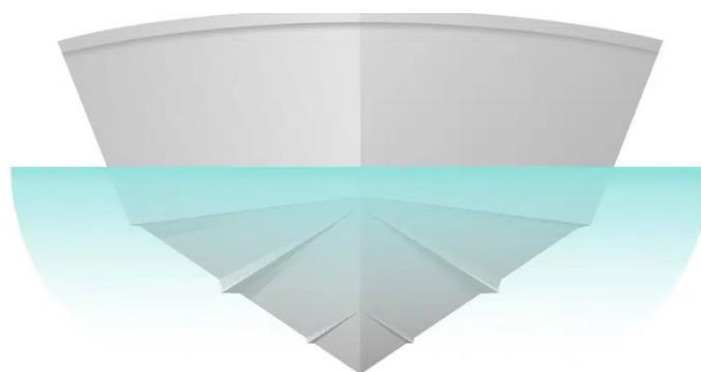
Obr. 2-12 Trup s kulatým dnem [27]

Ploché dno, viz Obr. 2-13, používají především menší lodě a čluny v klidných vodách. Je určeno jak pro výtlačný režim plavby, tak i plavbu ve skluzovém režimu. Loď s plochým dnem dosahuje při klidné přímé plavbě dobré stability, kterou však může náhle ztratit při zatáčení ve vyšších rychlostech. Nevýhodou trupu s plochým dnem je vysoký odpor, horší ovladatelnost a tvrdý chod ve vlnách projevující se boucháním a tlučením do dna [26].



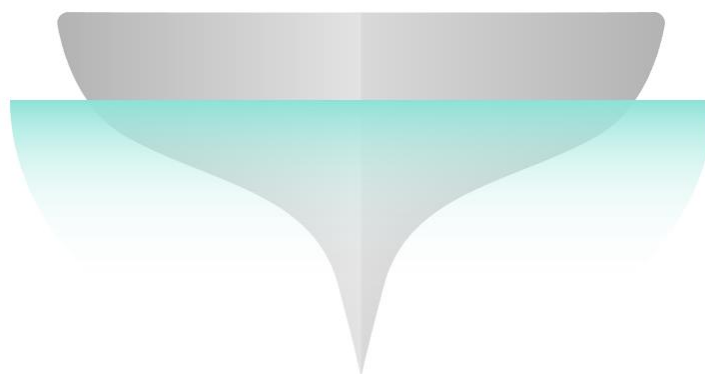
Obr. 2-13 Trup s plochým dnem [27]

Trup se dnem ve tvaru V nemá v podstatě žádné dno, protože se boční stěny trupu spojují na ose symetrie do ostré hrany, viz Obr. 2-14. Dno tvaru V má dobré hydrodynamické a prorážecí schopnosti ve vlnách. Díky tomu dosahuje vysokých rychlostí a je určen především pro plavbu ve skluzovém režimu. Nevýhodou trupu s V dnem je malý prostor pod palubou a nižší stabilita při manévrování a zatáčení ve vysokých rychlostech [26].



Obr. 2-14 Trup se dnem ve tvaru V [27]

Trup ve tvaru S kombinuje kulaté dno s dnem ve tvaru V. Zakulacené boky plynule přechází do dna odkud se opět zaoblují směrem od středu a spojují se na ose symetrie do ostré hrany, viz Obr. 2-15. Profil každé strany trupu připomíná písmeno S. Výběžek dna do tvaru V funguje jako kýl, a proto se tento typ používal především u starších plachetnic. Dno ve tvaru S má velmi podobné vlastnosti jako trup s kulatým dnem s tím rozdílem, že má integrovaný kýl do dna, který zajišťuje směrovost plavby u plachetnic [26].



Obr. 2-15 Trup se dnem ve tvaru S

V současnosti se často využívá kombinace trupu s kulatým a plochým dnem. Podle počtu segmentů přechodu a jejich svěrných úhlů může být spojení mezi boky a dnem trupu ostré nebo plynulé [26].

#### Tvarování příďe

Při navrhování příďe lodí se klade důraz na to, aby měla nízký odpor, dobrou průraznost ve vlnách, minimální akceleraci ve vertikálním směru, minimální rozstřík vody, docházelo k minimálnímu nabírání vody na palubu a aby pohyb příďe následoval pohyb velkých vln [28].

Obecně se příď dá rozdělit na část nad vodou a pod vodou. U ponořené části se klade důraz především na optimalizaci odporové síly. Většina lodí má na přídi ostrou hranu, která efektivně proráží vodu a směřuje ji kolem boků a dna trupu. Velké nákladní lodě naopak často využívají na přídi tzv. bulbous bow, což je zakulacený výběžek předsazený před příďovou hranu, viz Obr. 2-16. Jeho funkcí je vytvářet vlnu, která eliminuje velikost hlavní příďové vlny. Jejím zmenšením dojde ke snížení odporové síly, na kterou má významný vliv. Bulbous bow je navržený pouze pro konkrétní plavební podmínky. Proto jakákoliv změna v rychlosti, ponoru či povětrnostních podmínkách může mít opačný vliv a odpor naopak zvýšit. V případě jeho integrace je potřeba vždy pečlivě zvážit, zda je pro dané plavidlo vhodný a provést CFD simulace pro jeho optimalizaci [29] [30].



Obr. 2-16 Příď trupu vybavena tzv. bulbous bow konstrukčním prvkem [31]

Část příďe nacházející se nad vodní hladinou může mít několik různých podob vyznačující se specifickými vlastnostmi. Zde bude popsána pouze příď s pozitivním sklonem, příď s negativním sklonem a příď s kolmou hranou ve tvaru sekery.

Příď s pozitivním sklonem se směrem k palubě rozšiřuje ve všech směrech, viz Obr. 2-17. Díky tomu loď rychle reaguje na vlny a je odolná proti ponoření hlavní paluby. Tato příď navíc roztříští vodu do okolí, čímž brání její vniknutí na palubu a okna kormidelny. Okamžitá reakce na pohyby vln však přináší i nevýhody v podobě trhavých a prudkých zrychlení způsobující nepohodlí pro posádku. Ve velkých vlnách navíc roste odpor plavidla [28].



Obr. 2-17 Konvenční příď s pozitivním sklonem [32]

Negativní sklon příďe zobrazena na Obr. 2-18 má dobrou průraznost vln přinášející hladkou plavbu bez trhavých a prudkých pohybů. To však přináší i nevýhody v podobě hlubokých ponorů příďe a velkého množství vody dostávající se na palubu lodi. Pro zamezení těchto negativních jevů se tak příď včetně kormidelny vyvyšuje. Tím se však může mírně zhoršit příčná stabilita vlivem zvětšení opěrné plochy větru [28].



Obr. 2-18 Příď s negativním sklonem [33]

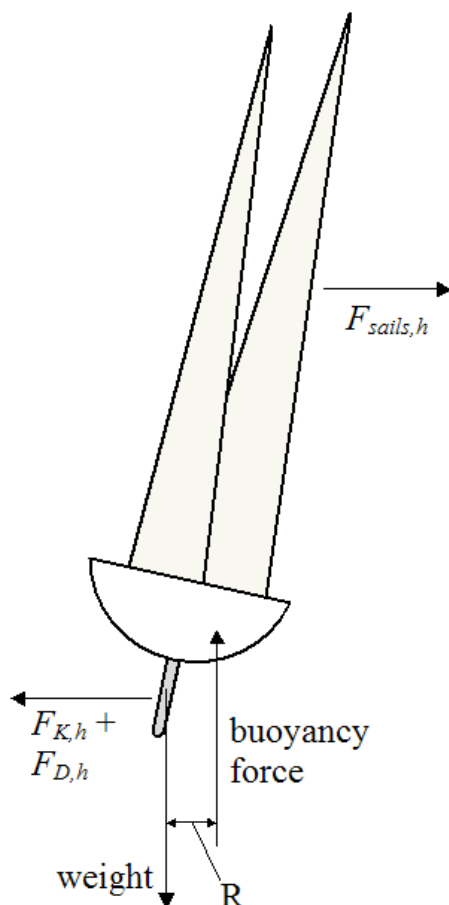
Příď ve tvaru sekery lze vidět na Obr. 2-19. Má kolmou hranou a stejně jako příď se negativním sklonem dobrou průraznost ve vlnách, což dává opět výhody v podobě hladké plavby bez náhlých změn vertikálního pohybu. Loď s kolmou přídí netrpí hlubokými ponory ve vlnách, avšak délka přední paluby by měla být delší a neměla by být příliš zatížena [28].



Obr. 2-19 Příď sekerovitého typu tzv. Axe bow [34]

## Typy kýlu

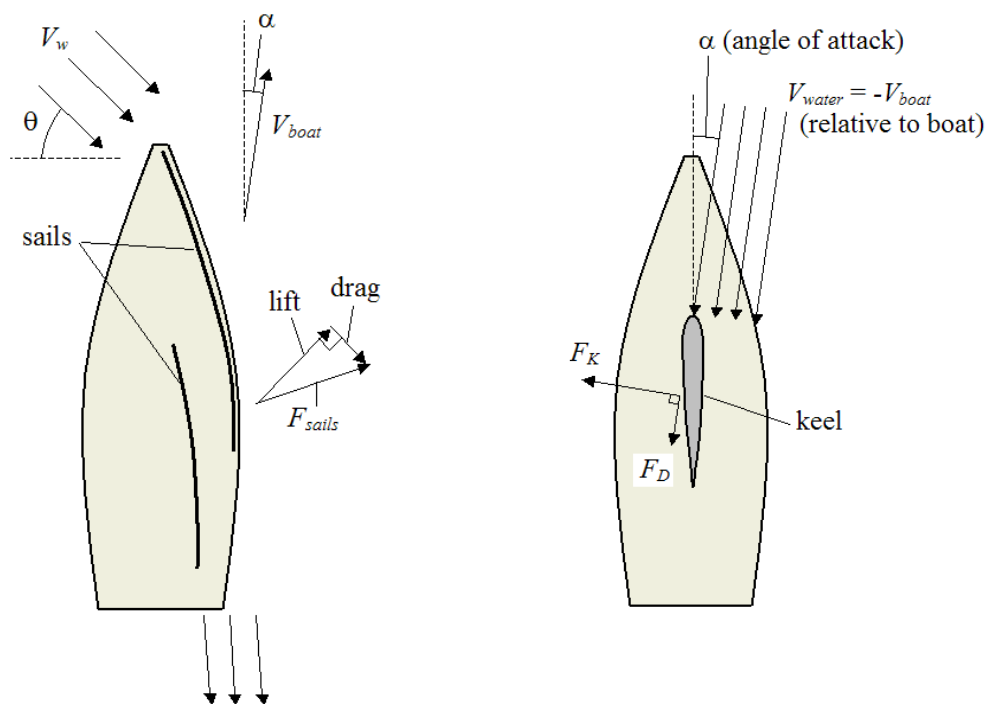
Kýl je důležitá konstrukční součást, která spojuje nosné prvky trupu na půdorysné ose symetrie. Kromě strukturální funkce však má především u plachetnic i stabilizační a řídicí funkci. Vítr opírající se do plachet naklání loď kolem podélné osy. Kýl ležící pod vodní hladinou vytváří moment působící opačným směrem proti momentu vyvolaným větrem v plachtách, čímž vyvažuje loď a brání ji proti převrácení, viz Obr. 2-20 [35].



Obr. 2-20 Momenty působící na plachetnici s kýlem [35]

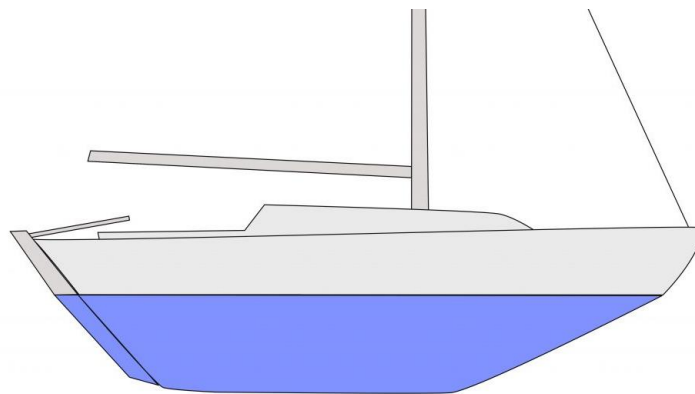
Kýl taky zajišťuje, aby plachetnice plula rovně. Boční vítr vyvolává na plachtě vztlakovou sílu, která působí kolmo na povrch plachty. Směrnice síly tedy působí pod úhlem směru plavby. Pro vyrovnání boční vztlakové síly slouží kýl, na který působí opačná síla od obtékající vody, viz Obr. 2-21. Voda má vyšší hustotu než vzduch, a proto plocha kýlu může být významně menší než plocha plachet [35].





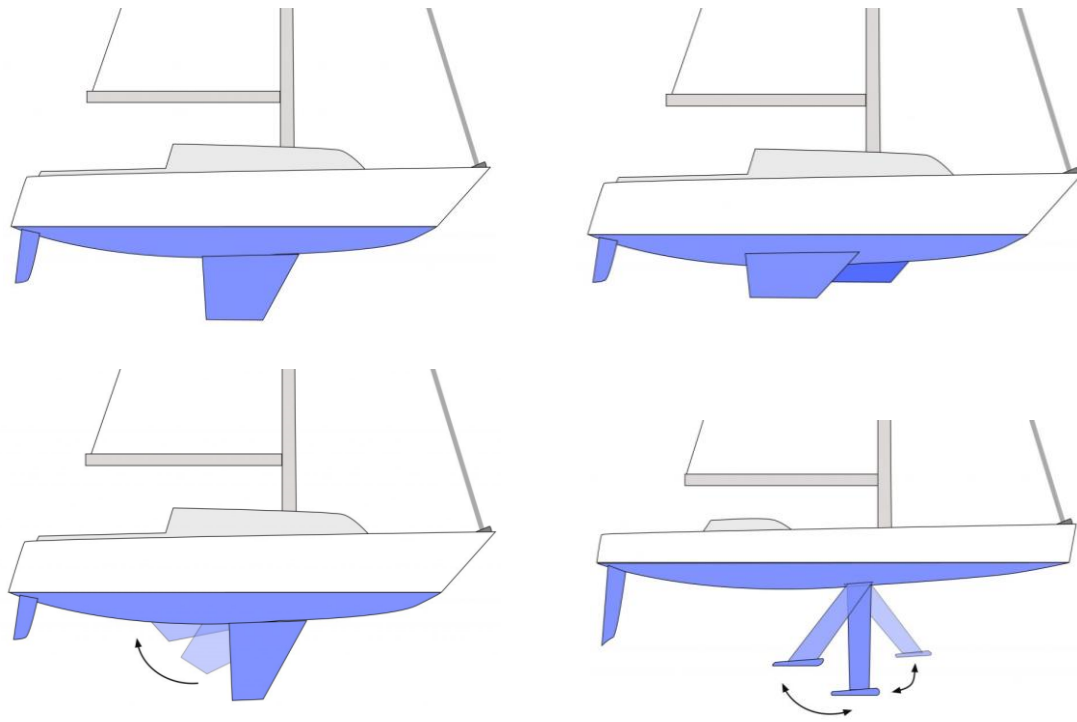
Obr. 2-21 Síly působící na plachetnici s kylem [35]

Kýl může být přímo integrován do trupu jako je tomu v případě tvarování trupu do S. V tomto případě je kýl konstruován po celé délce trupu, což zjednodušuje technologii výroby a snižuje těžiště lodi, a tím zvyšuje stabilitu. Součástí kýlu je také kormidlo. Trup pnoucí se po celé délce, Obr. 2-22, přináší velkou plochu, což umožňuje jeho snížení hloubky [36].



Obr. 2-22 Kýl integrovaný po celé délce trupu [37]

Další typ kýlu je tzv. ploutvový, viz Obr. 2-23, který je upevněn na dno trupu pouze v konkrétní části. Z tohoto důvodu je složitější jeho integrace a výroba. Z důvodu kratší délky navíc musí být hlubší, což limituje plavbu v mělkých vodách. Je výhodou je však oddělení od kormidla, které může být na úplném konci trupu, kde je nejúčinnější vzhledem k ose otáčení lodi. Tento kýl může být v určitých modifikacích také otočný či výsuvný, což umožňuje regulovat jeho hloubku a regulovat tak stabilitu a rychlost plavby [36].



Obr. 2-23 Různé typy a modifikace ploutvového kýlu [37]

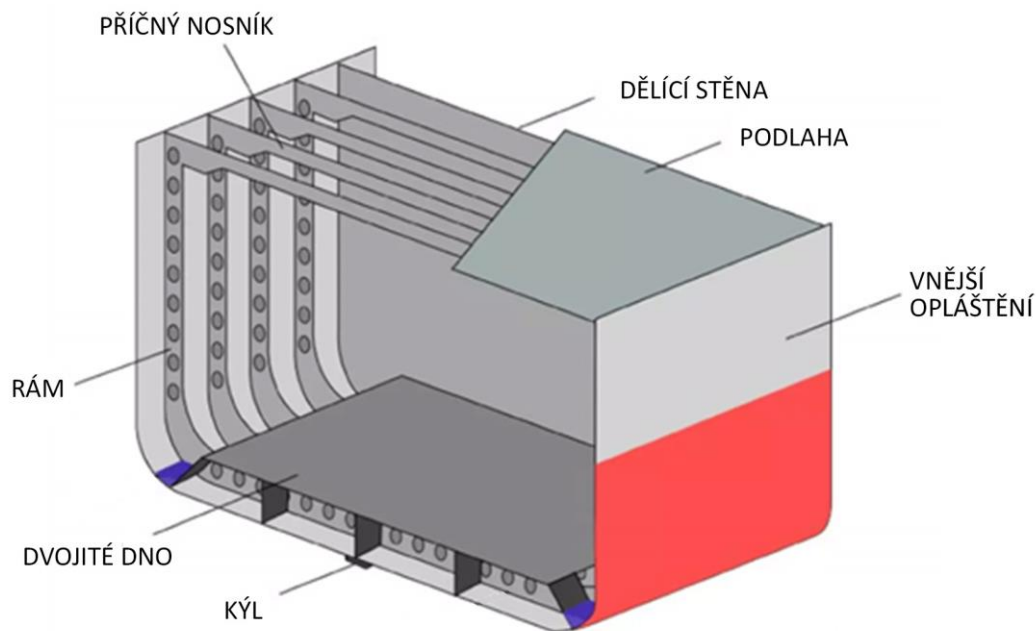
### 2.3.4 Konstrukce lodí a plavidel

Nosná konstrukce lodí je tvořena sérií nosníků a ráků o různých průměrech a velikostech, které jsou navzájem svařeny, sešroubovány či snýtovány.

Nejdůležitějším konstrukčním prvkem je kýl. Jedná se o nejnižší položenou středovou část lodí, pnoucí se přes celou délku trupu, do něhož je distribuováno zatížení od ostatním nosných prvků [38].

Vnější plášť trupu je tvořen plochými či ohýbanými plechy o tloušťce 10-15 mm, které jsou svařeny k nosníkům, které vyztužují opláštění [38]. Nosníky jsou pravidelně rozloženy v podélném i příčném směru tak, aby zajistili dostatečnou tuhost konstrukce při zatížení. Kromě výztužných nosníků jsou v pravidelných intervalech rozmístěny příčné rámy, které velikostí a tvarem kopírují celý profil trupu. Trup je dále dělen na menší prostory pomocí plechových stěn a podlah, které jsou opět vyztuženy v podélném i příčném směru profilovými nosníky. Na horní palubu je přivařena nástavba pro posádku, která je konstrukce řešena podobně jako samotný trup. Příklad nosné konstrukce trupu je zobrazen na Obr. 2-24.

Trup velkých lodí může být konstruován jako jednostěnný nebo dvoustěnný. U jednostěnných trupů je užitný prostor hned za vnějším pláštěm. Naproti tomu dvoustěnný trup má za vnějším pláštěm meziprostor oddělený ještě jednou voděodolnou stěnou od užitného prostoru, čímž je zajištěna vyšší bezpečnost v případě poškození vnějšího pláště [38].



Obr. 2-24 Ilustrace nosné konstrukce trupu s dvojitým dnem [39] (upraveno)

### 2.3.5 Materiály používané pro stavbu lodí

Materiály používané pro stavbu lodí se liší podle druhu a užití plavidla. V této kapitole budou shrnuty pouze ty nejpoužívanější materiály v lodním průmyslu aplikované na hlavní komponenty plavidel.

#### Ocel

Velké nákladní lodě jsou nejčastěji stavěny z měkké oceli obsahující 0,15-0,23 % uhlíku. Ocel nabízí dobrý poměr pevnosti, houževnatosti a ceny, avšak za cenu vysoké hustoty [40]. Pro zamezení koroze se na vnější trup lodí aplikují nátěry, které zabraňují jejímu vzniku. Na vysoce namáhané části se používá vysoce pevná ocel, či nerezová ocel, která je odolnější vůči korozi, avšak hůře svařitelná a cenově nákladnější.

#### Hliníkové slitiny

Dalším často používaným materiálem jsou hliníkové slitiny, které jsou výhodné především z důvodu nízké hustoty, vyšší odolnosti vůči korozi a nižšími náklady na údržbu. Jejich typické užití je na lodní nástavby pro posádku. V lodním průmyslu jsou obvykle využívány hliníkové slitiny 5083 a 6082. Cena hliníkových slitin je však oproti uhlíkové oceli 8-10krát dražší a při spojení s uhlíkovou ocelí tvoří galvanickou korozi. Proto musí být tyto materiály od sebe velmi dobře izolovány [40].

Použitím hliníkových slitin pro nástavbu zvýší stabilitu lodí, díky celkovému snížení polohy těžiště. Nižší hmotnost vyžaduje také nižší výtlak, což zajistí nižší ponor, a tedy i nižší odpor, což vede ke snížení spotřeby paliva a potřebného výkonu motoru.

## Mosaz

Lodní šrouby jsou vyráběny z mosazi nebo jiných měděných slitin, které odolávají korozi a degradaci vlivem kavitace způsobené rotací vrtulemi šroubu [41].

## Kompozity

Malé lodě jsou vyráběny ze sklenovláknových kompozitních materiálů z důvodu lehkosti, odolnosti, tvárnosti, dostatečné pevnosti a cenové dostupnosti. U výkonnostních člunů jsou na konstrukci také využívány uhlíkové kompozity, které jsou pevnější avšak značně nákladnější. Velké lodě využívají sklenovláknové kompozity k tepelné izolaci vnějších stěn, z důvodu nízké teplotní vodivosti, lehkosti, odolnosti proti vznícení, odolnosti proti škůdcům a odolnosti proti absorpci vlhkosti [40].

## Sklo, dřevo, plast

Kromě výše zmíněných materiálů je využíváno také sklo či plexisklo jako výplně okenních otvorů či dřevo v interiérech obytných prostor.

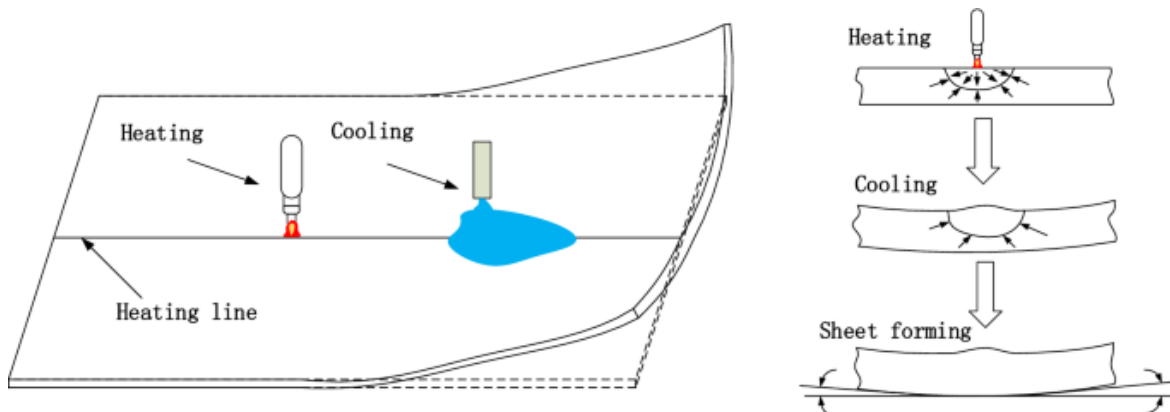
## Nátěry

Nátěry jsou nezbytnou součástí povrchové úpravy lodí pro zajištění vyšší životnosti a odolnosti vůči korozi a usazování nečistot. Nejčastěji jsou využívány barevné pigmenty v kombinaci s olejovým a pryskyřičným nosičem. Na podvodní části jsou nanášeny také nátěry s obsahem měděných oxidů, teflonu či silikonu, které zabraňují usazování nečistot na povrchu trupu [40]. Měděné oxidy propůjčují nátěru charakteristickou červeno-hnědou barvu, které je typická na podvodních částech trupu pro většinu nákladních lodí, viz Obr. 2-16. V dnešní době je však nátěr zbarvit téměř do jakékoliv barvy [42].

## 2.3.6 Technologie výroby a stavby lodí

### Výrobní technologie

Výrobní technologie se odvíjí od použitého materiálu. V případě kompletace velkých ocelových lodí je hlavní výrobní metodou svařování. Nosné ocelové profily a vnější plechy jsou nejdříve připraveny laserovým, plazmovým či vodním řezáním na požadované rozměry a následně tvářeny za tepla nebo studena. V případě tváření za studena se využívá hydraulického lisování a válcování, při kterém dochází mezi válci zařízení k plastické deformaci materiálu, která způsobuje roztahování a následně ohýbání dílu do požadovaného tvaru. V případě tváření za tepla se často využívá nahřívání konkrétní liniové nebo bodové oblasti, čímž vzniknou v materiálu rozdíly tahových a tlakových pnutí, které následným manuálním či strojním ohýbáním trojrozměrně zakříví díl, viz Obr. 2-25 [43].



Obr. 2-25 Tepelné tváření třírozměrně zakřiveného dílu [44]

Menší kompozitní lodě jsou vyráběny laminováním do vyfrézovaných negativních forem. Po vytvrzení kompozitu je součást vyndána z formy a ořezána. Připravené laminátové díly jsou následně slepeny do jednoho celku [45].

### Technologie stavby lodí

Stavba velkých lodí je realizována po částech. Na začátku je loď rozdělena do několika bloků, které jsou samostatně sestaveny svařováním jednotlivých předpřipravených dílů. Po jejich kompletaci dojde k přepravě všech hotových bloků do jedné loděnice, kde se svaří k sobě. Jakmile je trup spojen, dochází k implementaci vnitřních zařízení a komponent [43]. Na Obr. 2-26 je vidět způsob přivařování vnějších ocelových plechů na nosnou konstrukci trupu.



Obr. 2-26 Přivařování ocelových plechů na nosnou konstrukci trupu [46]

### 2.3.7 Komponenty lodí a plavidel

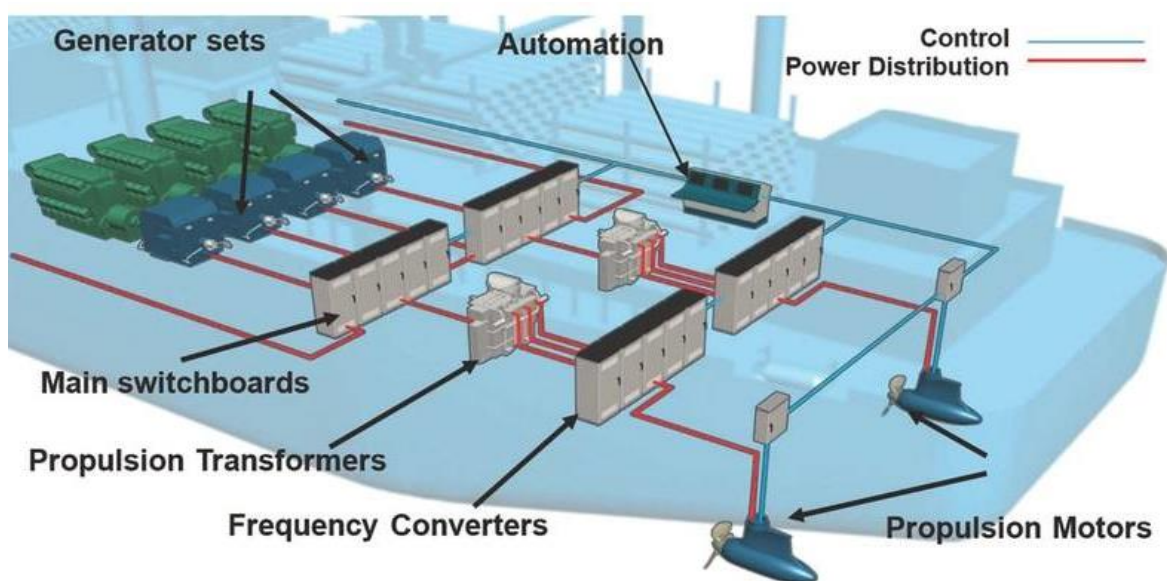
Funkční vybavení lodí se liší podle typu a účelu použití plavidla. Jedná se o komplexní systému skládající se z desítek přístrojů a zařízení. V této kapitole budou zmíněny pouze nejčastěji používané komponenty, které zajišťují důležité funkce jako je pohyb, komunikace a řízení.

#### Pohonné ústrojí

Pohonné ústrojí lodí může obsahovat řadu různých zařízení, mezi nejobvyklejší však patří motor převádějící tepelnou energii z paliva na energii mechanickou, lodní šroub transformující mechanickou energii na energii kinematickou a převodovka sloužící pro redukci otáček motoru přenášené na lodní šroub.

V průběhu vývoje lodě využívaly řadu různých typů motorů od turbínových a pístových poháněných parním motorem či jaderným reaktorem až po v současnosti nepoužívanější diesellové či diesel-elektrické motory. Diesellové motory se staly standardem u menších i větších lodí především díky jejich jednoduchosti, spolehlivosti, bezpečnosti a relativně nízkým provozním nákladům. Lodní pístové motory mohou být konstruovány jako multipalivové, což jim umožňuje spalovat různá paliva od lodní nafty přes topný olej až po alternativní paliva jako je LNG, methanol či biopaliva [47].

V současnosti jsou aplikovány i hybridní diesel-elektrické pohony, viz Obr. 2-27, které využívají diesellové generátory k produkci elektřiny a elektromotory k roztáčení lodního šroubu. Jejich výhodou je vyšší flexibilita dodávané energie, snížení vibrací a hluku, možnost dodávek elektřiny i pro jiná lodní zařízení a v neposlední řadě není potřeba převodové ústrojí [47].



Obr. 2-27 Komponenty diesel-elektrického pohonu lodí [48]

Menší lodě určené na krátké vzdálenosti jsou poháněny taky elektřinou. Jednou z možností je vybavení plavidla elektrickými akumulátory, které zásobují elektromotor dodávkou elektrické energie. Z důvodu nízké energetiky hustoty akumulátorů však nelze tuto technologii aplikovat na velké zaoceánské lodě. Některá elektrická plavidla naopak využívají elektřinu přímo z pobřežních napájecích kabelů, které jsou nataženy nad vodní hladinou či ponořeny pod ni. Tato plavidla tak mohou být vysoce efektivní a bezemisní, avšak jejich pracovní rozsah je omezen na prostor v dosahu napájecího kabelu [47].

V lodní dopravě je možností využít i bezemisní vodík jako palivo, který může být v kapalně fázi spalován v konvenčních pístových motorech a v případě plynné fáze převáděn pomocí palivových článků na elektřinu. Jeho nevýhodou je vysoká hořlavost a nízká energetická hustota oproti fosilním palivům, což vyžaduje mnohem větší palivové nádrže [47].

### Navigační a komunikační zařízení

Plavidla jsou vybavena množstvím různých navigačních a komunikačních zařízení určených pro orientaci a bezpečnost posádky na moři. Použité přístroje se liší dle druhu plavidel, jejich účelu a funkce. Mezi nejpoužívanější zařízení moderních lodí patří radar, satelit, GPS, gyrokompas, rádio, autopilot atd.

Radar je rotující anténa detekující objekty nacházející se na hladině v okolí několika kilometrů. Lodě pomocí něj dokáží rozpoznat objekt v jejich blízkosti i za zhoršených viditelných podmínek a nepříznivého počasí [49].

Satelit slouží k vysílání a přijímání dat skrze orbitální satelity. Tato technologie umožňuje internetové připojení a komunikaci v reálném čase [49].

GPS je satelitní navigační systém poskytující vysoce přesnou polohu objektu na zemském povrchu. Kromě přesné pozice umožňuje určit také rychlost a směr pohybu a prostřednictvím definovaného cíle navigovat loď správným směrem [49].

Autopilot ovládá řídicí mechanismus pomocí automatického řídicího systému, který kooperuje s GPS a gyrokompasem ukazující přesnou polohu severního pólu. Loď díky němu udržuje stanovený kurz, bez nutnosti zásahu posádky [49].

Na Obr. 2-28 jsou zobrazeny příklady některých vnějších komunikačních zařízeních používaných na lodích.



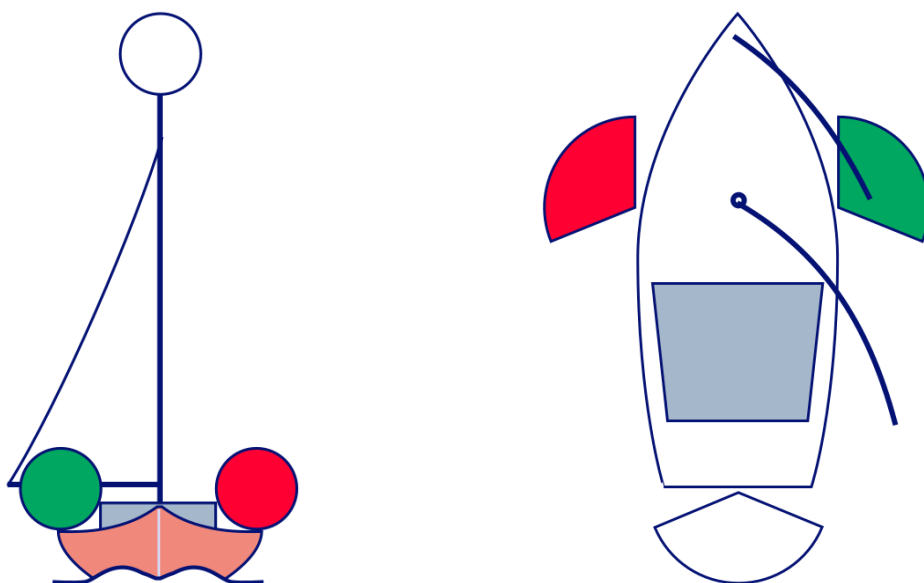
Obr. 2-28 Příklady možného vizuálního řešení radaru (vlevo), satelitu (uprostřed) a GPS (vpravo) [49]

## 2.3.8 Bezpečnostní prvky lodí

### Osvětlení plavidel

Plavidla využívají světla pro navigační a komunikační účely, které informují okolí o jejich stavu. Existuje řada typů světel a jejich konfigurací, které se používají podle motorizace a velikosti plavidla a jeho aktuální činnosti jako je plavba, kotvení, rybaření, vlečení atd. Světla se umísťují na nejvíce viditelná místa, která jsou dána legislativou.

Motorová plavidla nebo plachetnice vybavené vlastním motorem jsou osvětlena dle Obr. 2-29.



Obr. 2-29 Čelní (vlevo) a půdorysný (vpravo) pohled na osvětlení motorových lodí a plachetnic s motorem [50]

Na nejvyšším osovém bodě stěžně je umístěno bílé nepřerušované světlo svítící dopředu pod úhlem  $225^\circ$ . Na pravé straně se nachází zelené nepřerušované světlo a na levé červené. Obě osvětlují úhel  $112,5^\circ$  měřený od přední osy plavidla. Osová linie zádě je doplněna bílým nepřerušovaným světlem osvětlující  $135^\circ$  [50].

Pokud délka plavidla je menší než 20 metrů, je možné boční a zadní světla zkombinovat do jedné svítilny, která bude umístěna na nejvyšším bodě lodi [50].

### Záchranné čluny

Dle nařízení výletní lodě musí mít na každé straně záchranné čluny pro 37,5 %, celkem tedy pro 75 %, kapacity posádky lodě. Zbýlých 25 % může být v případě nouze zachráněno pomocí záchranných nafukovacích raftů [51].



## Heliport

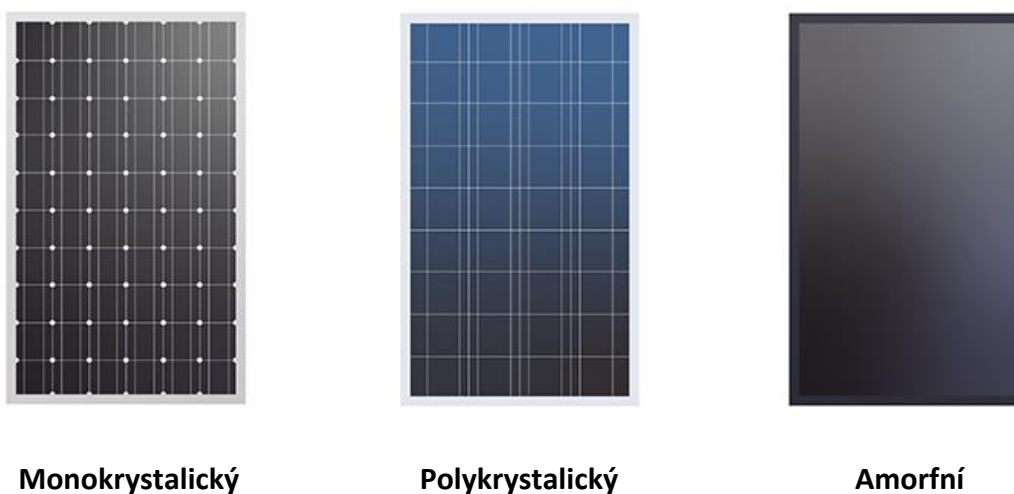
Lodě jsou v některých situacích k opatření rychlé přepravy na její palubu či z ní vybaveny heliportem. Nejčastěji se jedná se o rovnou kruhovou nebo šestiúhelníkovou podložku o průměru devět metrů. Tyto rozměry se však mohou lišit v závislosti na typu helikoptéry pro kterou je určen a taky podle legislativních předpisů konkrétní země [52]. Přistávací plocha je obvykle označena písmenem H orientovaným očekávaným směrem přístupu helikoptéry. Písmeno H je často navíc ohraničeno kruhem. Přesné podmínky značení je však opět specifikováno legislativou dané země [53].

### 2.3.9 Technologie obnovitelných zdrojů energie

Z důvodu stále se zvyšující nároků na snižování emisí z dopravy včetně lodní je snahou přecházet na ekologičtější alternativy paliv či využívat kombinaci fosilních paliv a obnovitelných zdrojů energie.

#### Fotovoltaické články

Fotovoltaické články se dle velikosti použitých křemíkových krystalů dělí na monokrystalické, polykrystalické a amorfní, viz Obr. 2-30 [54].



Obr. 2-30 Typy fotovoltaických článků [55]

Monokrystalické články dosahují účinnosti 14-18 % a jsou ze všech tří typů neúčinnější. Panely jsou zbarveny tmavým odstínem do hněda až černa. Pro zajištění vysoké efektivity jsou vyžadovány dobré světelné podmínky a optimální orientace vůči slunci [54].

Polykrystalické články mají účinnost mezi 12-17 %. Jsou jednodušší na výrobu, díky složení z většího počtu krystalů. Panely jsou charakteristické modrým odstínem. Polykrystalické panely nevyžadují optimální orientaci vůči slunci a dodávají rovnoměrnější výkon i při bočním a rozptýleném osvětlení [54].

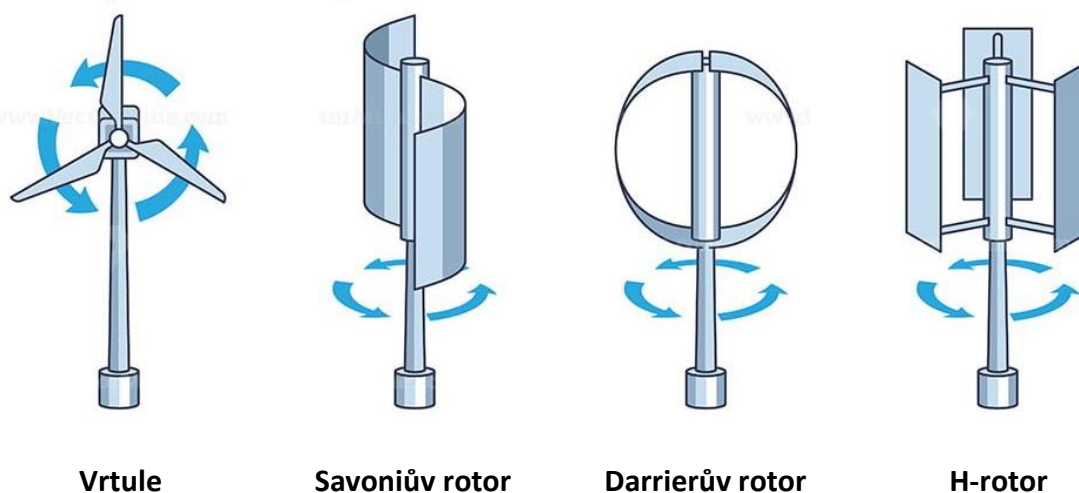
Amorfní články dosahují účinnosti 7-9 % a u speciálních případů i 13 % [56]. Oproti předchozím typům je křemíková vrstva napařena na sklo či polymerní fólii, což jim dodává charakteristické vlastnosti. Amorfní panely jsou tenké, lehké, flexibilní a ohybné, tudíž jsou aplikovatelné i na nerovné a zakřivené plochy. V některých případech jsou dokonce pochozí, což jim dodává ideální využití na lodích a jachtách [57]. Jsou citlivé i na rozptýlené světlo, při kterém jsou schopny udržet napětí, a proto jsou vhodné pro místa s nízkou intenzitou záření. Amorfní články jsou zbarveny do modré nebo černé barvy. Jejich nevýhodou je nižší životnost [54] [58].

## Hydrogenerátory

Hydrogenerátory jsou zařízení podobné lodnímu šroubu, které však mají tvarově optimalizované lopatky určené k roztáčení rotoru při pohybu kapalinou. Rotor s takto osazenými lopatkami je připojen přes hřídel na generátor produkující elektřinu. Některé plachetnice jsou dokonce vybaveny hydrogenerátorem, který dokáže měnit úhel natočení lopatek. To nejenom zvyšuje efektivitu produkce elektřiny při různých podmínkách plavby, ale navíc umožňuje hydrogenerátor využít podobně jako lodní šroub k pohonu lodi [59].

## Větrné turbíny

Větrná turbína využívá kinetickou energii větru k roztáčení rotoru, který je připojen přes hřídel na elektrický generátor. Teoreticky maximální dosažitelná účinnost větrné turbíny je dána tzv. Betzovým pravidlem na 59,3 %. Prakticky dosažitelná účinnost zařízení potom závisí na mnoha faktorech, z nichž nevýznamnější jsou povětrnostní podmínky a typ použitého rotoru. Mezi nepoužívanější typy rotorů patří vrtule, Savoniův rotor, Darrierův rotor a H rotor, viz Obr. 2-31 [60].



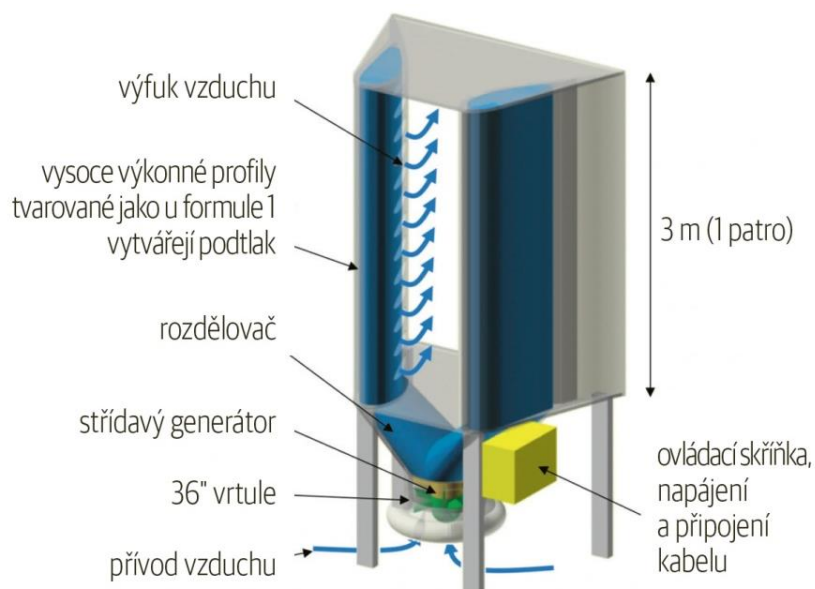
Obr. 2-31 Nejpoužívanější větrné turbíny [61]

Vrtule je nejpoužívanější rotor pracující na vztakovém principu s účinností kolem 45 %. Lopatky jsou po délce tvarově optimalizovány do několika aerodynamických profilů pro maximální generování vztakové síly, čímž dochází k roztáčení rotoru. Nejčastěji jsou využívány třílísté vrtule s náběhovou rychlostí 3-6 m/s [60]. Vrtule je orientována horizontálně, což vyžaduje konstrukční nároky na umístění stroje generátoru do několikametrové výšky a natáčecí mechanismus pro orientaci rotoru proti směru proudění větru.

Savoniův rotor pracuje na odporovém principu s účinností kolem 20 %. Rotor je vybaven dvěma půlkruhovými lopatkami, které využívají rozdílného odporu vypuklé a vyduté plochy, čímž dochází k rotaci při působení proudící tekutiny. Rotor dosahuje náběhové rychlosti 2-3 m/s a jeho vertikální orientace zajišťuje nezávislost na směru proudění [60].

Darrierův rotor pracuje stejně jako vrtule na vztakovém principu s účinností 38 %. Rozdíl oproti vrtuli je vertikální orientace turbíny osazena dvěma až třemi listy aerodynamicky tvarovanými listy. Náběhová rychlost Darrierova rotoru je 5-8 m/s, a proto se v praxi často kombinuje se Savoniovým rotorem, který slouží k jeho rozběhu [60]. Vertikální orientace turbíny zajišťuje nezávislost na směru proudění a umožňuje umístit stroj generátoru na zemi, což snižuje nároky na konstrukci, údržbu i použité materiály.

Nevýhodou výše zmíněných typů turbín je jejich hluchost a nebezpečí úrazu ptáků, vlivem rychlé rotace rotoru. Proto společnost Aeromine Technologies vyvinula zařízení produkující elektřinu z kinetické energie vzduchu bez viditelně rotujících částí, viz Obr. 2-32. Zařízení je vybaveno čtyřmi vertikálními aerodynamickými profily symetricky orientovanými vypouklou stranou k sobě. Uvnitř křídel je vloženo potrubí, které spojuje turbínu nacházející pod křídly a sérii malých děr na vypouklé straně aerodynamických profilů. Proudící vítr vytváří na vypouklé straně křídel podtlak, který nutí vzduch o vyšším tlaku nacházející se pod zařízením proudit přes turbínu skrze potrubí a malé díry do nízkotlaké oblasti. Kinematická energie proudícího vzduchu vyvolaná rozdílem tlaků roztáčí turbínu připojenou na generátor produkující elektřinu. Celé zařízení je díky bočnímu krytování turbíny téměř bezhlučné. Zařízení však není vybaveno natáčecím mechanismem, tudíž dokáže pracovat pouze v jednom směru proudění větru [62].

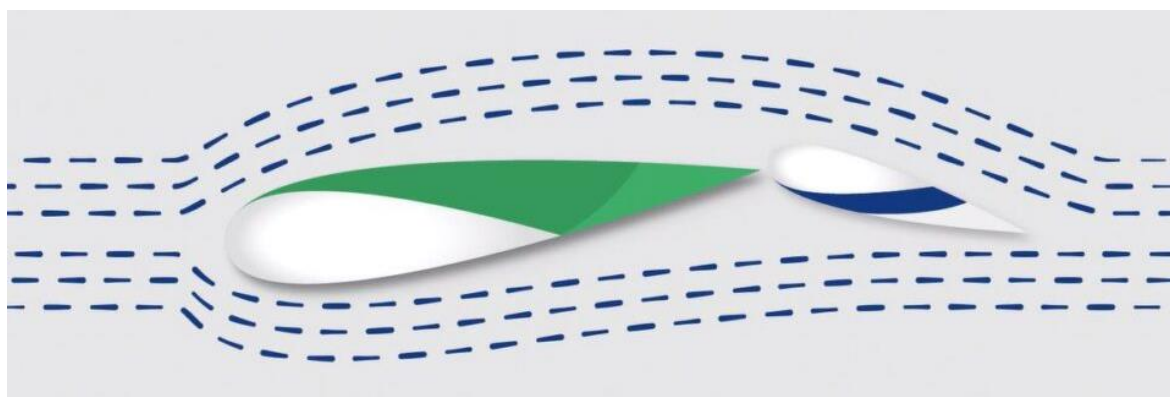


Obr. 2-32 Větrná elektrárna společnosti Aeromine Technologies [63]

### Plachty a křídla

Plachty využívající vítr jako obnovitelný zdroj energie k pohonu lodí je znám již tisíce let. Dnes je využívají pouze plachetnice určené pro rekreační plavbu. U komerčních lodí se nevyužívají především z důvodu nestálosti povětrnostních podmínek, nízké efektivity a složité manipulaci. Zvyšující se nároky na snižování emisí z lodní dopravy však přináší nové technologie využívající větrnou energii k pohonu plavidel.

Společnost Oceanbird vyvíjí od roku 2021 zařízení Oceanbird Wing 560 skládající se ze dvou vertikálních křídel podobných leteckým křídílům, která jsou však určena pro lodní průmysl. V přední části je umístěno hlavní křídlo a za ním druhé menší, které slouží jako natáčecí klapka vytvářející vyklenutí soustavy křídel, čímž je zvýšena velikost generované vztlakové síly, viz Obr. 2-33. Aerodynamické profily křídel jsou symetrické, aby zařízení fungovalo při proudění větru ze všech stran [64].



Obr. 2-33 Soustava dvou křídel zařízení Oceanbird Wing 560 tvořící vyklenutí [65]

Princip funkce je stejný jako u leteckých křídel. Proudící vzduch obtékající aerodynamický profil zrychluje na vyklenuté ploše a na vypouklé zpomaluje, tím vzniká na vypouklé straně přetlak působící na plochu křídla, čímž dochází k rozpohybování lodi [65]. Stejný princip využívají i tradiční plachty. Díky tomuto principu může loď plout rychleji, než je rychlost proudícího větru. V případě plavby přímo po směru proudění se vítr opírá kolmo do plachet či křídel a plavidlo může vynaložit pouze rychlost ekvivalentní rychlosti větru. Proto je snahou plout vždy pod úhlem ke směru proudění.

Zařízení Oceanbird Wing 560 měří na výšku 40 m a na šířku 14 m. Efektivní plocha jedné soustavy křídel dosahuje 560 m<sup>2</sup>. Zařízení je vyrobeno z vysokopevnostní oceli, skelných vláken a recyklovaných PET. Pro zajištění bezpečnosti zařízení i posádky v případě bouře nebo při průjezdu pod mostem se zadní klapka složí k hlavnímu křídlu a celé zařízení se sklopí o 90 ° do horizontálního směru, viz Obr. 2-34. Společnost uvádí, že série takových zařízení může sloužit jako hlavní pohon lodi. V případě jednoho či dvou pak jakou doplňkový pohon k hlavnímu motoru [64].

Společnost Oceanbird taky představila svůj vlastní koncept prvního větrem poháněného plavidla Orcelle Wind přepravující automobily o kapacitě až 7100 vozidel. Plavidlo o rozměrech 217 m na délku a 39 m na šířku má pohánět šest zařízení Oceanbird Wing 560, což má snížit emise nejméně o 50-60 % oproti tradičním motorovým plavidlům stejné velikosti [66].



Obr. 2-34 Vizualizace sklápění vertikální křídel Oceanbird Wing 560 [67]

## Flettnerovy rotory

Flettnerův rotor je vertikální rotující válec využívající magnusův jev jako doplňkový pohon lodí. Na rotující válece obtékaný proudem vzduchu působí síla vlivem rozdílu tlaků na přední a zadní straně válce. Principiálně tedy funguje podobně jako lodní plachty, avšak bez nutnosti složité manipulace. Výhodou Flettnerových rotorů je 3-15% úspora paliva spotřebovaná hlavním motorem pohánějící lodní šroub [68]. V praxi se však moc nepoužívají, protože každý rotor vyžaduje svůj vlastní motor, což navyšuje konstrukční a finanční nároky na stavbu lodí. U velkých lodí je navíc potřeba série rotorů, které zabírají jinak využitelné místo na palubě, viz Obr. 2-35.



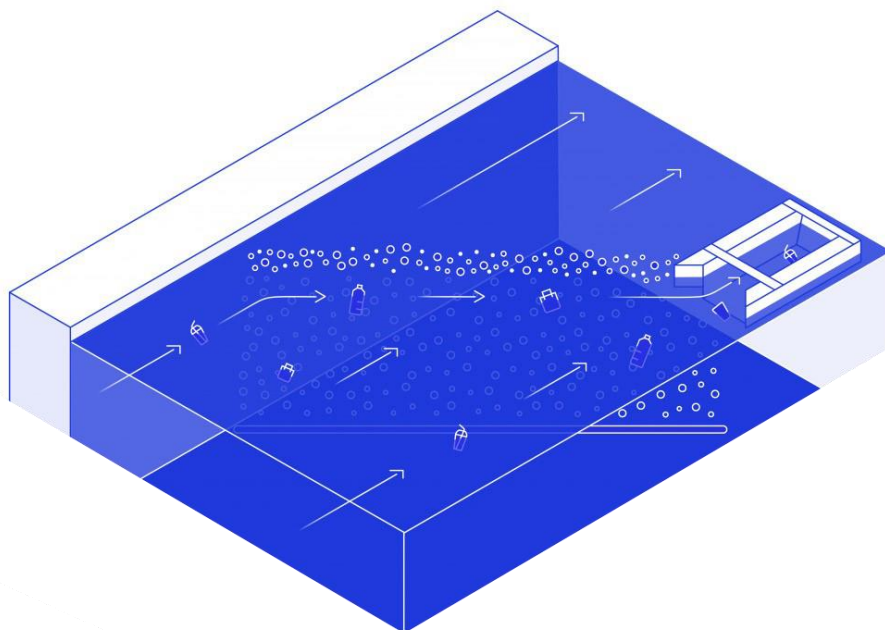
Obr. 2-35 Flettnerovy rotory instalované na palubu nákladní lodi [68]

### 2.3.10 Technologie zachytávání plovoucího odpadu

Vývoj v oblasti sběrných systémů odpadu na vodní ploše začal teprve v posledních desetiletích, kdy se začaly více projevovat negativní následky konzumního života společnosti.

Nejpoužívanější a také nejspolehlivější řešení je sběr pomocí plovoucí bariéry na kterou je připevněna síť sbírající či směřující odpad do definované oblasti, odkud je odpad následně odvezen. Nevýhodou plovoucí bariéry je omezení pohybu po hladině, zachycení odpadu pouze do určité hloubky či ohrožení vodních organismů, které nemohou přes ni přeloučit a jsou zachyceni společně s odpadem. Proto je důležitá optimalizace velikosti síťových ok, sběrné hloubky, rychlosti sběru atd.

Další možností sběru menších a lehčích kusů odpadu je bublinová clona představená organizací The Great Bubble Barrier. Technologie se skládá z jednoduchého děrovaného potrubí, které je diagonálně ponořeno na dno řeky. Do potrubí je vháněn stlačený vzduch, který při výstupu z děr potrubí vytváří bubliny. Tyto bubliny stoupají vzhůru a vlivem jejich kinematické energie nadzvedávají odpad na hladinu. Diagonální orientace potrubí a proud řeky odpad směřuje po vodní hladině k břehu, kde je nabírán do kontejnerů pro další zpracování, viz Obr. 2-36. Výhodou tohoto řešení je možnost přeplout přes bublinovou bariéru jak na hladině, tak po ní, což neomezuje provoz a neohrožuje vodní živočichy. Nevýhodou je naopak nutnost energie a zařízení stlačující vzduch [69].



Obr. 2-36 Schéma funkce bublinové bariéry [69] (upraveno)

### 2.3.11 Designérská analýza

Tato kapitola pojednává o současně vyvíjených nebo již realizovaných konkurenčních řešeních zabývajících se sběrem plovoucího odpadu na mořích a oceánech. V analýze jsou rozebrány jak konstrukční, technologické a materiálové řešení, tak i výtvarně estetické, ergonomické a finanční aspekty jednotlivých návrhů.

#### The Manta

The Manta je pokročilý návrh lodi sbírající plovoucí odpad z vodních hladin, viz Obr. 2-37. Loď je vyvíjena neziskovou organizací The Sea Cleaners a má sloužit především ke sběru koncertovaného odpadu kolem pobřeží a v ústích velkých znečištěných řek. Celý koncept plavidla však není založen pouze na sběru odpadu, ale také na jeho zpracování a transformaci k energetickému využití přímo na palubě. Kromě toho má loď sloužit jako pojízdná laboratoř a edukativní platforma v místech, kde bude aktuálně působit [70].

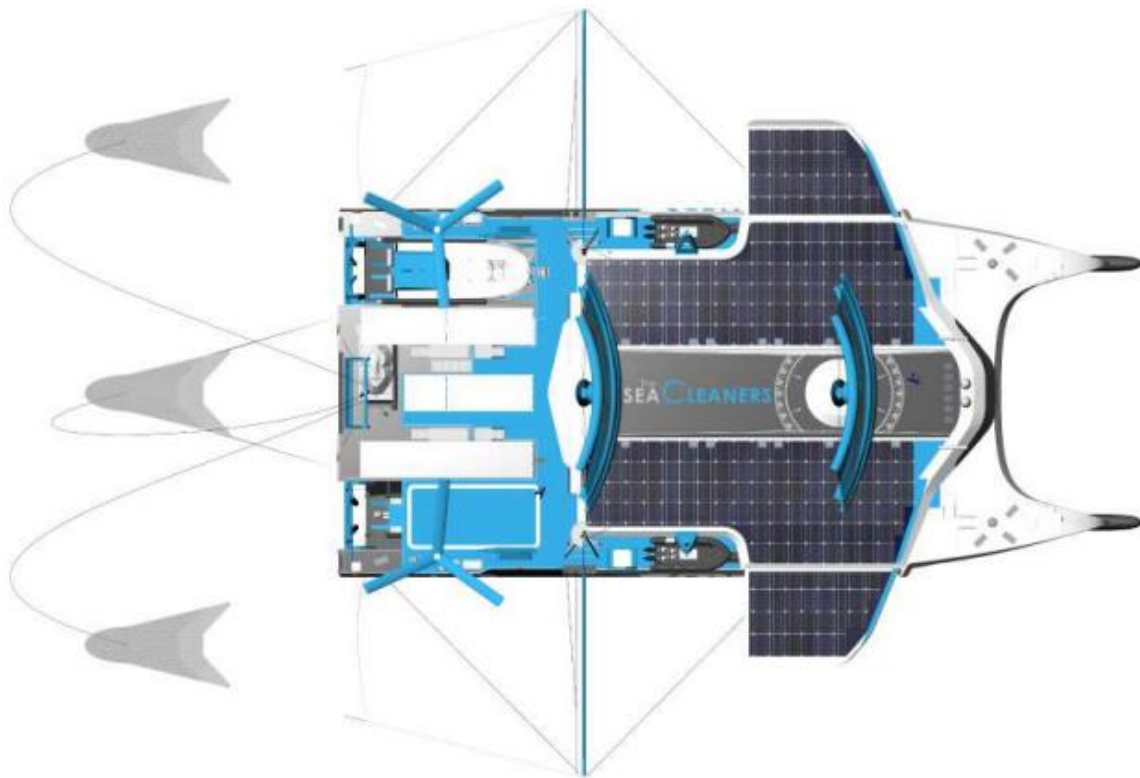


Obr. 2-37 The Manta – loď sbírající a zpracovávající plovoucí odpad

Konfigurace lodi je typu katamaran, která zajišťuje stabilitu posádky a velkou užitnou plochu paluby. Konstrukce trupu je z uhlíkové oceli a horní paluba z hliníkové slitiny pro optimalizaci vhodného poměru pevnosti a hmotnosti. Při vývoji byl kladen důraz na nízkou hmotnost, která umožní menší rozměry trupů, a tedy i nižší odpor vody a spotřebu paliva. Rozměry lodi jsou 56,5 m na délku, 26 m na šířku a s plachtami 62 m na výšku. Její celková hmotnost činí 1800 tun [70].

Sběr odpadu je zajištěn dvěma velkými pásovými dopravníky umístěnými mezi trupy. Kromě toho jsou v zadní části plavidla na výložných stěžních napnuté tři sítě o hloubce 1 m, které zajišťují 66m efektivní sběrnou šířku, viz Obr. 2-38 [71] [70]. Sítě jsou po naplnění odpadem vyzvednuty jeřábem na palubu, kde dochází k jeho následnému rozřídění a zpracování. Plavidlo disponuje také dvěma malými čluny, které jsou umístěny na rampě v zadní části trupů. Tyto čluny slouží ke sběru odpadu v mělkých vodách a úzkých částech pobřeží, kde by se velká loď nedostala. Odpad následně převezou ke zpracování zpět na hlavní plavidlo [70].





Obr. 2-38 Půdorysný pohled na plavidlo The Manta [72]

Sesbíraný materiál je na palubě manuálně roztříděn třemi pracovníky na zpracovatelný odpad (plasty) a nezpracovatelný odpad (kovy, sklo atd.), který je uložen v kontejnerech pro následnou recyklaci na pevnině. Zpracovatelný odpad je následně obsluhováno dvěma pracovníky rozdrcen, vysušen, slisován a tepelně rozložen pomocí pyrolýzy, ze které vzniknou znovuvyužitelné složky, které jsou uskladněny pro opětovné využití na pevnině. Vysokoteplotní plyn z procesu pyrolýzy je převeden na elektřinu, která je uložena do baterií a slouží k napájení všech elektrických zařízení lodi [70].

Pohyb lodi o maximální rychlosti přes 12 knotů zajišťují dvě velké plachty o ploše 1500 m<sup>2</sup> v kombinaci se dvěma elektrickými motory umístěnými v trupech [71]. Samotný sběr odpadu však probíhá pouze při rychlosti 2-3 knotů z důvodu bezpečnosti mořských živočichů. Střecha plavidla je vybavena 500 m<sup>2</sup> solárních panelů, v zadní části se nachází dvě větrné turbíny a na každém trupu je umístěn hydrogenerátor generující elektřinu při plachtění.

Díky této kombinaci obnovitelných zdrojů energie společně s energií generovanou z odpadu je plavidlo z 50-75 % energeticky soběstačné. K dodání chybějící energie jsou využity dva diesellové agregáty [70]. Komplexní energetický mix tak umožňuje lodi být vysoce energeticky efektivní s nízkou produkcí emisí.

Na palubě se nachází laboratoře o ploše 50 m<sup>2</sup> přístupné pro výzkumné pracovníky z celého světa, kteří mají zájem provádět výzkum v oblasti znečištění světových moří a oceánů [70]. Zabudováním laboratoří tak může být prováděn určitý výzkum přímo v místě aktuálního sběru a vzorky nemusí být přepravovány do vybavených laboratoří daleko od místa znečištění. Plavidlo disponuje celkem čtyřmi místnostmi určenými pro výzkum s možností práce 6-10 vědců naráz. Celková kapacita lodi včetně posádky je 34 osob [71].

Kromě vědeckých laboratoří je plavidlo vybaveno také konferenční místností s kapacitou 80 osob určenou pro edukativní účely a zvýšení povědomí veřejnosti o problému znečištění mezinárodních vod [70]. Konferenční místnost by měla být využívána pro přednášky a konference především při zastávkách v přístavech určených pro vyložení nezpracovaného odpadu a načerpání nových zásob. Průměrná doba jedné sběrné operace by měla trvat kolem tří týdnů [71].

Z čelního perspektivního pohledu The Manta působí futuristickým a svým způsobem atraktivním dojmem. Předsazená před' plováků od hlavní paluby dodává plavidlu pocit jistoty, stability a odráží vizuálně jeho funkci sběru dopadu, kdy plováky jakoby znázorňují ústa velkého tvora polykající nežádoucí odpad. Solární panely umístěné na střeše a výsuvných plošinách plavidlo sjednocují do kompaktní hmoty. Stěžně s plachtami vystupující z hlavního těla lodi sice umožňují bezemisní provoz jejich vzhled však dodává plavidlu mírně archaický výraz a zdánlivě s tělem plavidla nesouvisí. Zadní část lodi je čistě technologická, tvarově komplikovaná a z estetického hlediska nepůsobí příliš atraktivně a příjemně, viz Obr. 2-39. Vizuálně je tak plavidlo rozděleno na tři sektory (přední část s hlavní palubou, stěžně s plachtami a zadní technologická část), které nejsou vizuálně příliš provázané. Na síle vizuální nesourodost ještě přidává barevné řešení, které je rozděleno na přední bílou část, působící lehčím a svěžím dojmem, oproti šedo-modré zadní části působící těžce a mohutně.



Obr. 2-39 Zadní perspektivní pohled na loď The Manta [72]

Nezisková organizace The Sea Cleanres vyvíjející plavidlo je finančně závislá na darech a dotacích od firemních sponzorů a široké veřejnosti. Náklady na stavbu lodi The Manta by se měli pohybovat kolem 35 milionu euro a její předpokládané zahájení stavby je naplánováno na rok 2024 s dokončením v roce 2025 [73].

The Manta je technologicky inovativní plavidlo, které se snaží řešit globální problém znečištění světových moří a oceánů efektivním a bezemisním provozem. Jeho řešení je však v některých aspektech zbytečně překombinované a nepraktické, což zvyšuje jeho náklady na provoz. Jedním z nich jsou například čluny určené pro sběr odpadu v mělkých vodách. Pokud se tyto čluny oddělí od hlavní lodi, tak dojde k přerušení provozu nebo zpomalení sběru odpadu hlavním plavidlem, protože bude muset čekat, než čluny sesbírají odpad u mělkých pobřeží a vrátí se zpět na palubu. Odpad v blízkosti pobřeží může být sbírán organizovanými aktivitami přímo z pobřeží a nemusí být řešen pomocí separátní funkce velkého nákladního plavidla, které je určené primárně k jinému účelu. Dalším nedostatek samotného plavidla je malá sběrná šířka o rozměru pouhých 66 m a nutnost přepravovat sesbíraný odpad ze sítě na palubu pomocí jeřábu. Kromě toho jsou dva pásové dopravníky umístěné mezi trupy zbytečné, protože plavidlo má také středovou síť na zádi, která chytá odpad, který projde právě mezi dopravníky a trupy. Dopravníky tak nejen zvyšují náklady, ale navíc spotřebují velké množství elektrické energie. Mírným nedostatek může být také nutnost manuálního třídění odpadu, což značně zvýší náklady na obsluhu celého plavidla. Náklady a financování jsou jedním z dalších problémů tohoto projektu. Přestože je loď vysoce energeticky efektivní, tak jeho výrobní cena a následné náklady na provoz budou vyžadovat velké finanční položky, což z dlouhodobého hlediska není udržitelné pouze pomocí dotací a darů od sponzorů na nichž je nezisková organizace závislá.

### The Ocean Cleanup – System 03

Organizace The Ocean Cleanup vyvíjí systém sběru plovoucího odpadu určený pro oblast GPGP již od roku 2012 a za tuto dobu přišla s několika nápady a prototypy. Na začátku byl nápad vytvoření velké bariéry ve tvaru V, která by směřovala odpad k ukotvenému zařízení k mořskému dnu, kde by se odpad pomocí pásového dopravníku nabíral a uskladňoval. Tato myšlenka však nebyla příliš praktická vzhledem k tomu, že odpad je rozložen na velké ploše, která se neustále pohybuje. Následně byly testovány prototypy volně plujících pasivních systémů, které vyživaly rozdílné rychlosti proudu vody na hladině a v hloubce několika metrů [74]. Pasivní systém tvořila bariéra zachytávající odpad, ke které byla upevněna kotva o velké ploše sahající do hloubky několika metrů. Vlivem pomalejších proudů vody v několikametrové hloubce, tak měla být bariéra pomocí kotvy brzděna a odpad měl být vlivem rychlejších proudů na hladině zachytáván v bariéře [75]. Tento systém však nebyl efektivní a nefungoval dle představ, a proto bylo od něho upuštěno. V roce 2018 přišla organizace s návrhem velké plovoucí bariéry tažené za lodí. Tento koncept se osvědčil jako doposud nejvíce efektivní a funkční, tudíž jeho vývoj a testování neustále pokračuje.

Aktuálně nejpokročilejší a funkční zařízení představené v roce 2023 je System 03 o efektivní sběrné šířce 2,2 km. Systém 03 je plovoucí umělá bariéra ve tvaru U o hmotnosti 60 tun tažena dvěma multifunkčními loděmi, viz Obr. 2-40 [74] [76].



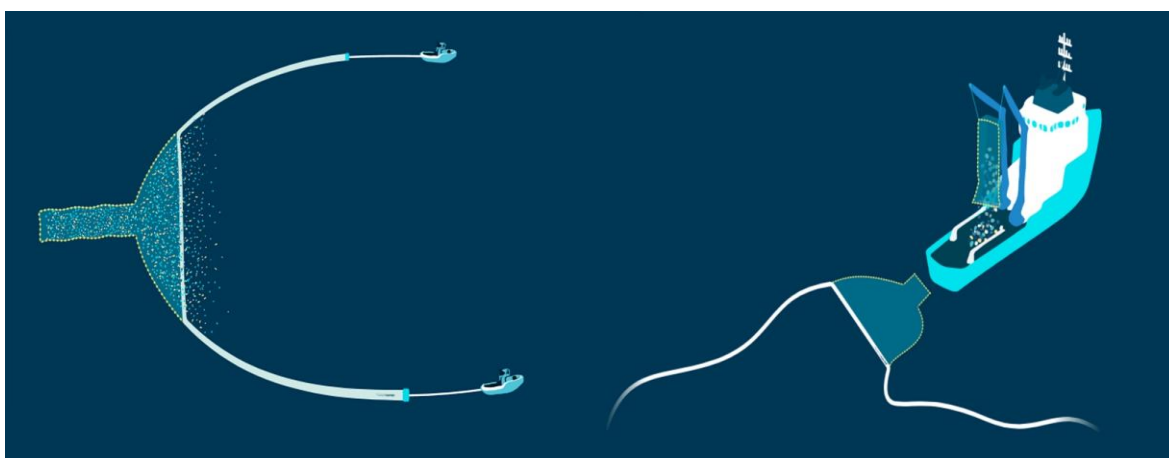
Obr. 2-40 System 03 při sběru odpadu v oblasti GPGP [74]

Skládá se ze sběrných ramen, které směřují odpad tažením bariéry do tzv. retenční zóny, kde je odpad akumulován, viz Obr. 2-41. Ramena jsou tvořena čtyřmi metry hlubokou polymerní sítí upevněné na sérii plastových bójek, které drží celé zařízení na hladině. Ve středu bariéry je k ramenům upevněna retenční zóna, což je v podstatě velký síťový uzavřený koš vybavený kamerami sledující dění uvnitř něj a pohyblivým systémem umožňující jeho částečné otevření pro únik vodních živočichů v případě jejich zachycení. System 03 je také vybaven snímači zatížení, které monitorují síly působící na bariéru a v případě nepříznivých podmínek a rozbouřených vod, je nutno zařízení nalodit pro snížení rizika jeho poškození [74].



Obr. 2-41 Vizualizace retenční zóny Systemu 03 [77]

System 03 je určen především pro sběr plovoucího oceánského odpadu o velikosti 15+ mm [78]. Oceánské proudy a povětrnostní podmínky akumulují odpad do vysocekoncentrovaných míst, jejichž konkrétní lokaci lze pomocí predikce počasí a počítačového modelování do značné míry předpovědět. Dvě velké multifunkční lodě následně plují do této oblasti, kde napnou bariéru mezi sebe a rychlostí 1,5 knotů, tedy necelé 3 km/h, ji táhnou za sebou, čímž směřují plovoucí odpad do retenční zóny [74]. Rychlost sběru je optimalizována pro neporušení bezpečnosti vodních živočichů. Po 3-4 dnech pomalé plavby dojde k naplnění retenční zóny o kapacitě až 18 tun plastového odpadu [79]. Plavidla se následně přiblíží k sobě a jedno z nich převezme oba konce sběrného zařízení a na palubě vysype sesbíraný odpad, který je roztříděn do velkých pytlů. Takto se celý proces opakuje, dokud nedojde k naplnění kapacit obou plavidel. Po naplnění kapacit je odpad odvezen na pevninu a recyklován [74]. Ilustrace systému fungování je zobrazena na Obr. 2-42.



Obr. 2-42 Princip funkce Systemu 03 [74] (upraveno)

Jedná se o celkem jednoduchý systém sběru, který již prokázal svou funkčnost. Jeho zásadní nevýhodou je komplikovaná nakládka, třídění a odvoz odpadu zpět na pevninu, což snižuje jeho efektivitu a zvyšuje provozní náklady. Kromě toho tažení zařízení pomocí dvou diesellových lodí nejenom vyžaduje několikačlennou obslužnou posádku, ale navíc lodě spotřebují velké množství fosilních paliv, což vede k produkci emisí a v konečném důsledku opět k navýšení nákladů na celou sběrnou operaci. Přestože zařízení má velkou účinnou sběrnou plochu, tak dle organizace bude potřeba na vyčištění GPGP do roku 2040 flotila alespoň deseti takových zařízení. Cílem Systemu 03 je ověření, zda to bude technologicky možné a z finančního hlediska životaschopné [74]. Nezisková organizace The Ocean Cleanup je stejně jako dříve zmíněná organizace, finančně závislá na dotacích a darech od komerčních sponzorů a široké veřejnosti. Dle finančního výkazu z roku 2022 organizace obdržela za rok 2022 na darech cca 54,4 milionů euro a vlastním prodejem recyklovaných produktů generovala zisk pouze okolo 144 tisíc euro. Samotné náklady na činnost a vývoj organizace v roce 2022 činil cca 45,6 milionů euro [80]. Při těchto provozních nákladech, které v případě flotily podobných zařízení budou značně vyšší, lze jen těžce očekávat, že projekt bude po dobu dvaceti let životaschopný, než dojde k odstranění odpadu z GPGP

## 2.4 Výletní lodě a plavby

Výletní lodě jsou velkokapacitní plavidla, která slouží především k rekreačním účelům. Jejich primární funkcí je několikadenní plavba mezi sérií přístavů, kde mají pasažéři možnost na několik hodin vysednout a prohlédnout si místní památky a kulturu. Výletní plavba průměrně trvá osm a půl dne. Většinu výletní lodí lze svou kapacitou a komplexností vybavení přirovnat k malým městům. Největší výletní loď na světě s délkou 363 m Icon of the Seas má na 20 palubách včetně posádky kapacitu až 7960 osob. K zajištění zábavy cestujících během plavby se na palubě nachází restaurace, lázně, venkovní i vnitřní bazény, sportoviště, zábavní kluby, divadelní sály, kasina, fitness centra, obchody atd [81].

Na konci roku 2024 bude v provozu celkem 360 výletních lodí s kapacitou 673 tisíc pasažérů [82]. Od roku 1990 do roku 2024 je průměrný meziroční nárůst přepravených pasažérů 5,9 % a v roce 2023 bylo přepraveno celkem 28,8 milionů cestujících [83]. V současnosti je odhadovaná hodnota trhu s výletními loděmi a plavbami 66,2 miliard amerických dolarů s meziročním nárůstem 13,8 % v roce 2023 [84]. Náklady na jeden den plavby na jednu osobu se v průměru pohybují kolem 5100 Kč a palubní lístek vyjde na cca 4300 Kč s tím, že cestující na palubě utratí kolem 1900 Kč za den [85]. Ceny jsou tedy optimalizovány tak, aby plavby byly pro společnosti profitové. Na Obr. 2-43 lze vidět nejoblíbenější destinace výletních plaveb pro rok 2022. Nejoblíbenější destinací je Karibik následovaný Středoziemním mořem. Na třetí a čtvrté příčce se umístila Severozápadní Evropa a Jihovýchodní Asie.



Obr. 2-43 Nejoblíbenější destinace výletních plaveb pro rok 2022 [86]

## 2.5 Shrnutí hlavních zjištění

Špatné odpadové hospodářství, neohleduplný rybolov a přístup lidí k životnímu prostředí jsou hlavní příčiny znečišťující hydrosféru plastovým odpadem. Odpad dostávající se do moří z řek zůstává z velké části v blízkosti pobřeží. Jedná se především o LDPE plasty. Pouze malá část plastového opadu se dostane na širý oceán, odkud se prostřednictvím proudů dostává do akumulčních zón. Většina plastového opadu v oblasti GPGP pochází z rybářské činnosti. Nejvíce opadu je zde ve formě HDPE a polyamidových sítí. Plastový odpad v oblasti GPGP je rozprostřen na ploše o rozloze 1,6 milionu km<sup>2</sup> a v nejvíce znečištěných místech dosahuje koncentrace až 150 kg/km<sup>2</sup>. Nejvíce opadu se nachází do hloubky 3 metrů pod hladinou. Proto plastový odpad mnohdy nelze spatřit pouhým pozorováním vodní hladiny a vlivem jeho složení a pomalé degradace nezapáchá. Pod vlivem povětrnostních podmínek se plastový odpad pomalu rozkládá na mikroplasty, které se dostávají do potravního řetězce a odtud až do lidského organismu, což může způsobovat vážná zdravotní rizika. Kromě toho má znečištění moří a oceánů dalekosáhlé následky v oblastech ekonomicky, cestovního ruchu atd.

Pyrolýza plastů je jednou z nejekologičtějších likvidací plastového opadu. Technologie umožňuje zpracovat veškerý plast kromě PVC a PET. Teoreticky lze tedy pyrolýzou zpracovat všechny odpad nacházející se v oblasti GPGP. Plastový odpad je v tepelném reaktoru rozložen na olej, energetický plyn a uhlíkatý prášek. Plynné produkty lze využít k výrobě energie, olej pro výrobu nových plastů nebo paliv a uhlíkatý prášek může být využit ve stavebnictví či zemědělství. Jedná se tak o ideální technologii podporující cirkulární ekonomiku.

Nezisková organizace The Ocean Cleanup čistí oblast GPGP pomocí velké síťové bariéry tažené dvěma dieselovými loděmi. Loď plující rychlostí pouze 2-3 knoty pro zajištění bezpečnosti vodních živočichů následně sesbíraný odpad převáží zpět na pevninu k jeho recyklaci, což je velmi neefektivní proces sběru vzhledem ke vzdálenosti GPGP od pobřeží. Všechny neziskové organizace čistící moře a oceány od plastového opadu jsou financovány především z dotací a darů od velkých komerčních společností a široké veřejnosti, což vzhledem k nízké efektivitě sběru opadu je dlouhodobě ekonomicky neudržitelný proces. Nezáměr většího investování do iniciativ čistících oceány je způsoben také tím, že se jedná o oblasti mezinárodních vod, které oficiálně nespádají pod žádný stát a nikdo tedy za ně nebere zodpovědnost.

V současnosti jsou velmi populární výletní plavby, což dokazuje neustálý růst tohoto trhu. Každým rokem přibývá nejen počet přepravených pasažérů, ale i počet výletních lodí v provozu. Velmi oblíbenou destinací je Karibik a v posledních letech také jihovýchodní Pacifik, kde se kromě toho nachází nejvíce znečištěných řek a pobřeží.

Moderní velké lodě plují ve výtlačném režimu plavby, kde tvoří hlavní vztlakovou sílu hydrostatický vztlak, čemuž i odpovídá tvarování podobné kapkovitému tvaru s oblým dnem, které zároveň má za cíl snadno prorážet vodu a tím snížit odpor prostředí. Stavěny jsou především z uhlíkové oceli anebo hliníku, který je využíván v případech potřeby snížit hmotnost. Nejvyužívanějšími motory jsou multipalivové diesellové nebo diesel-elektrické motory, které dokáží spalovat lodní naftu, topný olej, ale i LNG, metan nebo biopaliva, což jim dává širokou škálu využitelnosti dle aktuální ekonomické a legislativní situace.

## 2.6 Identifikace novosti a příležitostí

Jak vyplynulo z analýzy rešerše, hlavními důvody způsobující znečištění moří a oceánů jsou nedostatečně rozvinuté odpadové hospodářství v rozvojových zemích, nevzdělanost společnosti a příliš vysoká produkce plastů. Tyto faktory následně vedou k akumulaci plastového odpadu v hydrosféře. Jeho sběrem začneme řešit koncový problém, který ale bude přetrvávat, dokud nedojde k vyřešení i jeho příčin. Pro řešení této problematiky je tedy potřeba se podívat na situaci systémově a neřešit pouze následky jako je tomu v případě neziskových organizací The Sea Cleaners nebo The Ocean Cleanup.

Proto je zapotřebí vyvolat ve společnosti veřejné debaty, edukovat ji a změnit celospolečenské chování a životní styl moderní civilizace, což je možné jak individuálním chováním každého jedince, tak nařízenými a zákony. Potřebné zákony a nařízení, které budou mít celoplošný dopad však zajdou v platnost až v případě, kdy společnost vyvine dostatečný tlak a zájem o daném tématu diskutovat a hledat jeho možné řešení.

Komplexním řešením problému plastového znečištění, které by řešilo jak jeho následky, tak i příčiny by mohlo být plavidlo, které by sbíralo a zpracovávalo plovoucí odpad přímo na palubě pomocí pyrolýzy. Kromě toho by však poskytovalo rekreační pobyt na palubě široké veřejnosti, která by tak mohla být přímo součástí čištění oceánů v místě sběru odpadu a zároveň podpořila financování provozu plavidla. Jednalo by se tak o sběrné plavidlo, které využívá potenciálu rostoucího trhu výletních plaveb. Systém financování plavidla by tedy byl zajištěn jak prodejem ZSO ze zpracování odpadu, tak prostřednictvím pobytů, čímž by byla značně zvýšena ekonomická udržitelnost projektu. Poskytnutím veřejnosti rekreačně-edukativní dovolené podpoří nejen samotný provoz plavidla, ale zajistí i celospolečenskou pozornost a osvětu, kterou budou šířit i samotní účastníci pobytu. Na plavidle by také mohli být pořádány různé akce nebo dokonce televizní pořady ve stylu reality show, což by zajistilo nejenom vysoký příjem, ale i rozsáhlou pozornost a reklamu zvyšující zájem o pobyt. Kromě toho by na palubě mohli mít zázemí vědci a výzkumní pracovníci, kteří by prováděli výzkum přímo v aktuálním místě působnosti.



Plavidlo by tak fungovalo na dvojím principu. V první řadě by sbíralo a zpracovávalo plovoucí odpad, jako následek konzumního života společnosti a v druhé řadě jako prevence a edukativní platforma pro širokou veřejnost, což by v konečném důsledku mělo snížit vznik nového plastového odpadu končícího v hydrosféře.

Zajištění kapacity pro více osob však přinese a vyšší náklady na stavbu a provoz plavidla. Přestože o výletní plavby je velmi vysoký zájem, tak v tomto případě se jedná o zcela nový segment trhu, u kterého nelze predikovat výši zájmu. Proto by bylo vhodné, aby plavidlo mělo konfigurovatelnou konstrukci, umožňující rozšíření plavidla o obytnou nástavbu. Základní verze plavidla by tedy zajišťovala jeho primární funkci v podobě sběru a zpracování odpadu přímo na palubě a v případě zájmu investora by se tato verze dala rozšířit o obytnou nástavbu pro pobyt veřejnosti a tím rozšířit funkcionalitu plavidla, poskytované služby a teoreticky i zvýšit investiční návratnost.

## 2.7 Uživatelský průzkum

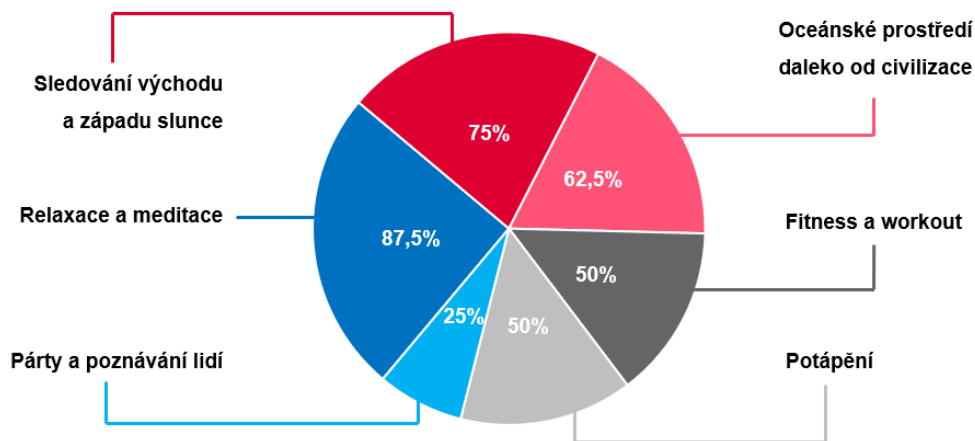
K ověření myšlenky spojení sběru plovoucího odpadu s výletním pobytem byl zpracován uživatelský průzkum zájmu, který měl za cíl zjistit, jak se lidé k takovému nápadu staví a jestli by měli o takovou službu zájem.

Dotazník byl zpracován online formou a obsahoval otevřené otázky i otázky s možností výběru předdefinovaných odpovědí. Formulář byl rozeslán na několik mezinárodních webů a sociálních sítí. Cílem bylo získat odpovědi od lidí, kteří neznají autora práce, a tedy nemohou být touto vazbou ovlivněni při vyplňování dotazníku. Kromě toho bylo potřeba získat odpovědi od lidí z různých národností a tím ověřit, zda se jejich pohled na věc liší.

Celkem byly získány informace od 19 respondentů ve věku 15-40 let z osmi národností. Konkrétně se jednalo o respondenty z Německa, USA, Francie, Portugalska, Česka, Slovenska, Lotyšska a Slovinska. Z odpovědí vzešly následující informace:

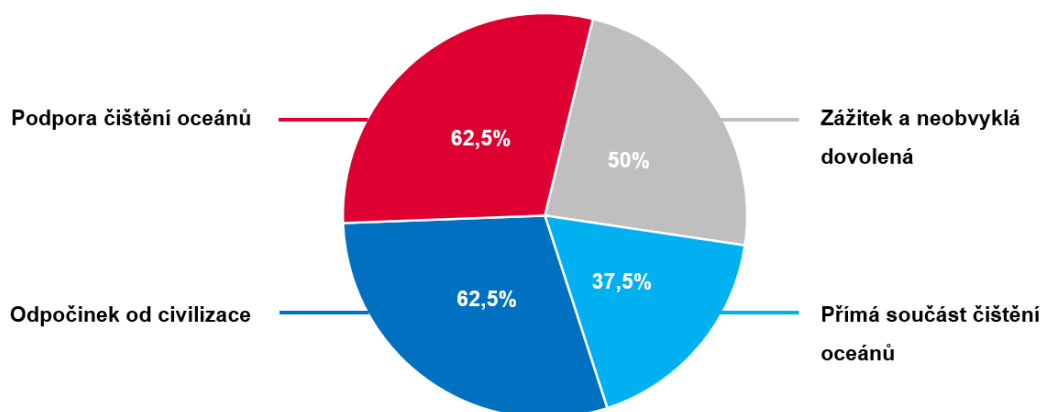
- 36 % spatřilo velké množství plovoucího odpadu v moři nebo oceánu,
- 82 % již slyšelo o GPGP,
- 100 % dotázaných by pomohlo s čištěním oceánů,
- 80 % by mělo zájem o pobyt na plavidle s délkou pobytu 1-3 týdnů,
- 25 % z nich by zaplatilo více než 100 000 za měsíční pobyt,
- 75 % respondentů by preferovalo pobyt zaměřený na konkrétní činnost či workshop.

Mezi nejčastější aktivity, které by respondenti ocenili při pobytu je relaxace a meditace, pozorování východu a západu slunce, užívání oceánského života daleko od civilizace, fitness, potápění či párty a poznávání nových lidí, viz Obr. 2-44.



Obr. 2-44 Aktivita, které by uživatelé preferovali při pobytu na plavidle

Důvodem pobytu byl většinou odpočinek od civilizace, podpora a přímá součást čištění oceánů a v neposlední řadě zážitek a neobvyklá dovolená. Poměr jednotlivých odpovědí je zobrazeno na Obr. 2-45.



Obr. 2-45 Důvody pobytu respondentů na plavidle

Mezi nejčastější důvody nezájmu o pobyt na plavidle ve 20 % odpovědí patřila nelibost lodí či odtržení od rodiny a přátel.

Z dotazníku také vyplynulo, že národnost respondenta nemá zásadní vliv na množství financí, které by byli ochotni za pobyt zaplatit, přestože každá země má rozdílně silnou ekonomiku. Vzhledem k tomu, že nebyl zkoumán příjem a ekonomická situace dotázaných, tak nelze toto tvrzení však zaručeně potvrdit.

Přestože uživatelský průzkum zájmu o spojení rekreačně-edukativního pobytu na plavidle sbírající odpad z moří a oceánů byl provedený pouze v malém měřítku a bez hlubší analýzy respondentů, tak pro tuto práci je dostačující a na základě odpovědí lze říci, že spojení sběrného plavidla s pobytem by si z největší pravděpodobností našlo svou cílovou skupinu, která by byla za pobyt ochotna zaplatit i vyšší sumu, a má tedy smysl se zaměřit na jeho vývoj.

## 3 CÍLE PRÁCE

Cíle vývoje práce byly stanoveny na základě kritické rešerše stávajících produktů a technologií zabývajících se odstraňováním odpadu z moří a oceánů. Byly analyzovány možné směry novostí a příležitostí, které by mohly posunout vývoj v této oblasti a následně sloužily jako východisko pro specifikaci cílů. Jasně vymezení problému a celkový přehled stanovených cílů, specifikací a klasifikaci produktu shrnuje tato kapitola.

### 3.1 Vymezení problému

#### 3.1.1 Klasifikace produktu

Tématem diplomové práce je design plavidla pro sběr oceánského odpadu. Jedná se o plavidlo, které má sloužit k odstranění plovoucího odpadu z hladin moří a oceánů. Klasifikovat ho můžeme jako průmyslový výrobek spadající do kategorie stroj.

#### 3.1.2 Specifikace zákazníka

Konkrétní zákazník není ze zadání definován. Iniciativa vývoje vychází především z potřeby řešit danou problematiku s tím, že navržené řešení může posloužit jako výchozí bod pro další vývoj již specifické společnosti či organizace. Charakterem produktu by však zákazníkem mohly být neziskové organizace a technologické společnosti zabývajících se ochranou životního prostředí či vývojem inovativních produktů. Případným zákazníkem by také mohly být komerční společnosti zabývajících se výletními a zážitkovými plavbami, jelikož by plavidlo mělo umožnit ubytovat širokou veřejnost za účelem poskytnutí netradiční dovolené a zapojení do procesu čištění světových moří a oceánů.

#### 3.1.3 Specifikace spotřebitele

Spotřebitel, tedy uživatel přicházející do styku s plavidlem může mít dvě roviny – pracovní a rekreační. Předpokládá se vývoj dvou verzí plavidla, a to konkrétně čistě pracovní verze semiautonomně řízené a druhé obytné verze určené pro ubytování široké veřejnosti. V případě pracovní verze plavidla jde o pracovní styk, kdy pracovníci kontrolují chod a údržbu zařízení. V případě obytné verze půjde především o uživatele využívající plavidlo k rekreaci, edukaci a zábavě. Příkladový uživatel je ve věku 18-70 let s vyššími finančními příjmi, který si chce odpočinout od ruchu města, nebojí se vystoupit z komfortní zóny, rád zkouší nové věci a není mu lhostejná budoucnost přírody a způsob života moderní civilizace.

### 3.1.4 Specifikace trhu, ceny a použitých výrobních technologií

Výrobní cena plavidla není předem stanovena nebo omezena. Jedná se o zcela nový produkt, který doposud neexistuje, tudíž nelze jednoznačně stanovit výrobní náklady a vzhledem k rozsahu problematiky ani v této fázi omezovat finanční náklady. Cena stavby by se však měla pohybovat v rozmezí od 800 milionů Kč do 1 500 milionů Kč v závislosti na verzi plavidla. Tato suma vychází z odhadovaných výrobních nákladů na loď The Manta organizace The Sea Cleaners, která využívá technologie, které z velké části budou součástí i navrhovaného plavidla v této práci.

Na základě lokací s vysokou koncentrací odpadu v oceánech lze předpokládat, že plavidlo bude určeno pro globální trh. V počáteční fázi provozu se předpokládá výroba pouze jednotek kusů a v případě rentability a efektivity by byla navýšena i na nižší desítky kusů. Tato strategie je dána především vysokými pořizovacími náklady a vysokou nejistotou spolehlivosti a investiční návratnosti.

Nosná konstrukce plavidla včetně vnějšího krytování bude vyrobena především z oceli a hliníku. Dle toho se i odvíjí použití výrobních technologií. Hlavní technologií bude svařování součástí do jednoho celu. Předcházet tomu bude příprava dílů technologií řezání, stříhání, ohýbání a lisování.

### 3.1.5 Vymezení problémové situace a atributů produktu

Hlavním problémem je velké množství malých plovoucích odpadků rozkládajících se na velké vodní ploše daleko od pevniny. To přináší vysoké technologické a ekonomické nároky na jejich odstranění. Současné technologicky funkční řešení od organizace The Ocean Cleanup je založeno na principu sběru pomocí velkých sítí tažených konvenčními loděmi. Odpad je následně vyzvednut na palubu lodí a odvezen ke zpracování na vzdálenou pevninu. Toto řešení je nejenom neefektivní z důvodu přerušované činnosti, ale i velmi ekonomicky nákladné při plavbě stovek kilometrů k pevnině a zpět. Lepší řešení, které využívá loď The Manta je zpracovávat odpad přímo na palubě lodi a nepřetržitě provozovat plavidlo v chodu. Tato loď však využívá záchytný systém s malým rozpětím a záběrná plocha je oproti řešení od organizace The Ocean Cleanup mnohem nižší. Problémem je také financování těchto neziskových organizací, které jsou závislé pouze na dotacích a darech. Vzhledem k tomu, že se jedná o vysoce technologicky a ekonomicky náročný proces, tak je takové řešení dlouhodobě neudržitelné. Proto byly na základě těchto zjištění stanoveny atributy a cíle, kterých by mělo navrhované plavidlo dosáhnout pro zajištění vysoké efektivity a rentability projektu.

<b>Charakteristika</b>	<b>Cíle</b>	<b>Omezení</b>	<b>Funkce</b>
Zajistit vysokou stabilitu plavidla	✓		✓
Energetická soběstačnost a využití obnovitelných zdrojů energie	✓		✓
Maximální automatizace procesu	✓		✓
Zajistit efektivitu sběrného mechanismu	✓		✓
Zamezit nebezpečným situacím úrazu a pádu přes palubu		✓	
Dodržení legislativních norem námořní dopravy		✓	
Jednoduchá přestavba z pracovní na obytnou verzi	✓		
Snadná údržba a udržitelnost zařízení		✓	
Zakomponování záchranných člunů a heliportu	✓	✓	
Zajistit dostatečně velké zásoby živin pro posádku	✓	✓	
Jednoduchý odvoz znovuvyužitelného odpadu	✓		✓
Odolná konstrukce při bouřích	✓	✓	
Optimální velikost soukromých a společenských prostor	✓		
Dostatečný přísun přírodního světla do obytných prostor	✓	✓	
Automatizovat údržbu solárních panelů od soli	✓	✓	
Optimalizovat financování a udržitelnost provozu	✓		
Zajistit dostatek variabilních prostor	✓		
Zajistit zpracování odpadu přímo na plavidle	✓		✓
Maximální pokrytí solárními panely	✓		✓
Optimalizovat konstrukci pro nízký odpor prostředí	✓	✓	
Zajistit šetrnost k životnímu prostředí	✓	✓	

## 3.2 Cíle vývoje

Cílem práce je navrhnout koncepční design plavidla určeného pro sběr plovoucího odpadu z moří a oceánů. Plavidlo by mělo umožnit zpracování odpadu přímo na palubě a zároveň poskytnout rekreační pobyt pro veřejnost. Důraz by měl být kladen na technické a vizuálně-estetické pojetí návrhu.

Dílčí cíle:

- Maximální využití obnovitelných zdrojů energie k provozu
- Jednoduchá modifikovatelnost z pracovní verze na obytnou
- Efektivní a nízkoúdržbový provoz
- Stabilní a odolná konstrukce
- Návrh systému provozu

## 4 KONCEPČNÍ NÁVRH

### 4.1 Analýza cílů a specifikace omezení

Cíle a omezení z přehledové tabulky atributů produktu byly kategorizovány a rozšířeny o konkrétní specifika. Tyto cíle následně posloužili jako kritéria hodnocení jednotlivých alternativních řešení na jejímž základě bylo vybráno nejlepší řešení, které bylo rozpracováno do detailního návrhu.

#### 4.1.1 Analýza cílů

Využití obnovitelných zdrojů energie

- Maximalizace pokrytí konstrukce solárními panely
- Využití větrné energie k pohonu
- Využití energie ze zpracovávaného odpadu
- Využití energie z vln

Design a konstrukce

- Stabilní konstrukce pro minimalizaci houpání ve vlnách
- Konstrukce zajišťující jednoduchou údržbu a přístup ke všem zařízením
- Hydrodynamické tvarování s minimálním odporem prostředí
- Maximální automatizace provozu a odvozu znovuvyužitelných složek odpadu
- Odolná a spolehlivá konstrukce nejen při bouřích zajišťující dlouhou životnost
- Design odpovídající funkci jak pracovního plavidla, tak obytného pro rekreaci
- Jednoduchost nasedání, vysezení a pohybu na plavidle
- Vhodné zakomponování záchranných člunů k celkovému designu
- Automatizace čištění solárních panelů od slané vody
- Umožnit připojení zásobovací lodi, případně lodi vyzvedávající znovuvyužitelné složky zpracovaného odpadu
- Modifikovatelnost plavidla
  - Jednoduchá modifikovatelnost ze základní pracovní verze na verzi s obytnou nástavbou sloužící pro edukativní a rekreační účely
  - Pracovní verze plavidla
    - Plně autonomní provoz či semiautonomní provoz
    - Možnost přespání a ubytování až 8 vědecko-technických pracovníků
    - Zajištění všech nutných potřeb pro dlouhodobý pobyt
    - Zabudování heliportu zajišťující rychlou dopravu na plavidlo

- Obytná nástavba
  - Optimalizace prostor a kapacity osob dle délky pobytu a zásob
  - Variabilita prostor a aktivit
  - Dostatečný přísun přírodního světla ve vnitřních prostorech
  - Dostatečná velikost soukromých i společenských prostor
  - Oddělení rekreačních prostor od prostor zpracovávající odpad
  - Zajištění bezpečnosti před vypadnutím osob z paluby
  - Umožnit sběr dešťové vody
  - Umožnit odejmutí a znovuvyužitelnosti obytné nástavby po skončení funkce plavidla

#### Vyrobitelnost a náklady na výrobu

- Snadná a nenákladná výroba

#### Systém sběru a zpracování odpadu

- Efektivita sběru odpadu
- Jednoduchost dopravy plovoucího odpadu na palubu plavidla
- Jednoduchý transport znovuvyužitelných složek odpadu (ZSO) a nezpracovatelného odpadu na pevninu
- Celý systém provozu plavidla a znovuvyužití odpadu by měl být šetrný k životnímu prostředí
  - Minimalizace narušení podvodního života
  - Minimalizace využití fosilních paliv a produkce CO<sub>2</sub>

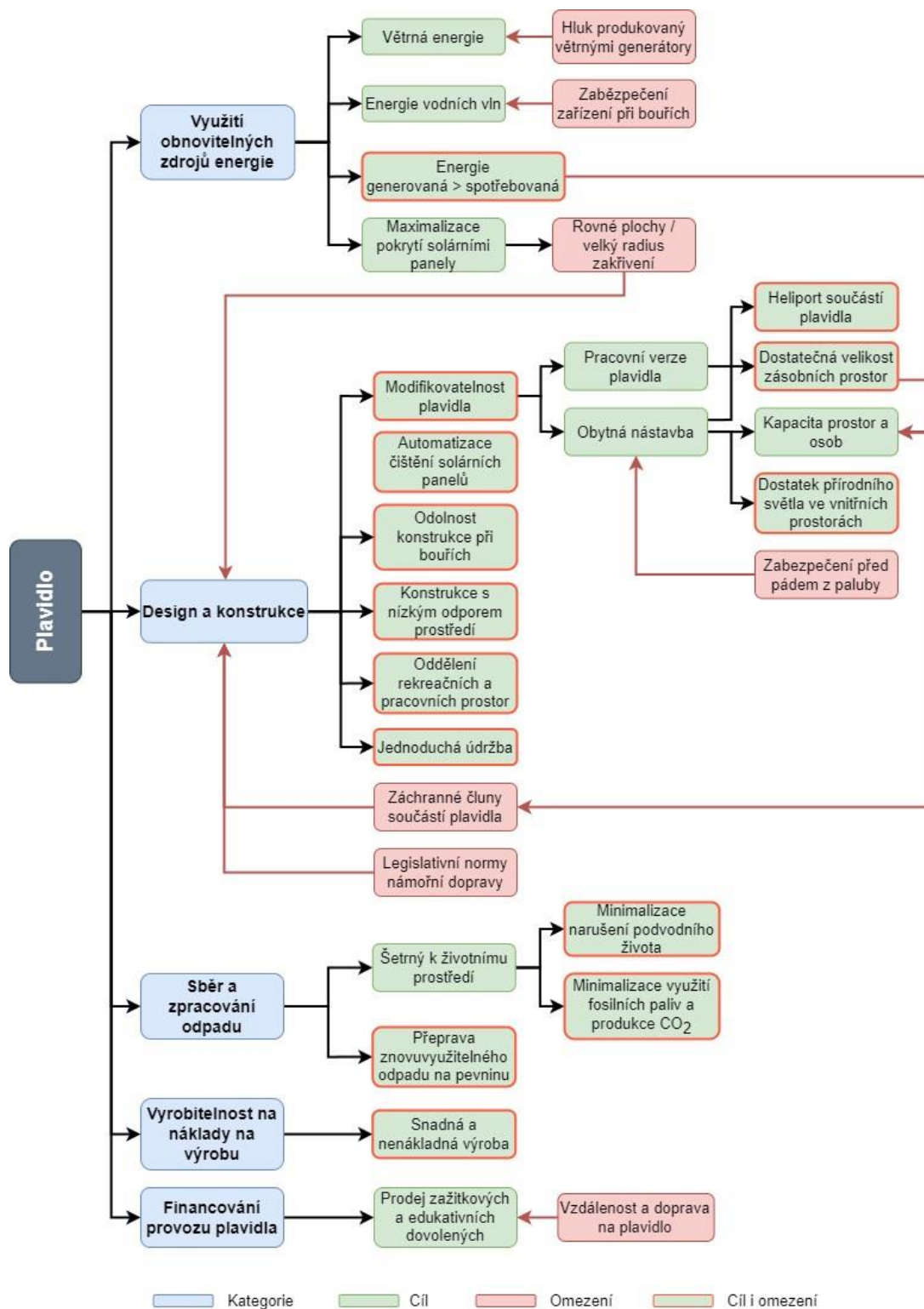
#### Financování provozu plavidla

- Umožnit prodej znovuvyužitelných složek zpracovaného odpadu
- Umožnit prodej zážitkových a edukativních dovolených



## 4.1.2 Specifikace omezení

Vybrané kategorizované a upřesněné cíle, ke kterým se vztahuje nějaké omezení, byly graficky zpracovány do hierarchického stromu, viz Obr. 4-1, k nimž byly následně specifikovány omezení, které je potřeba brát v úvahu při návrhu.



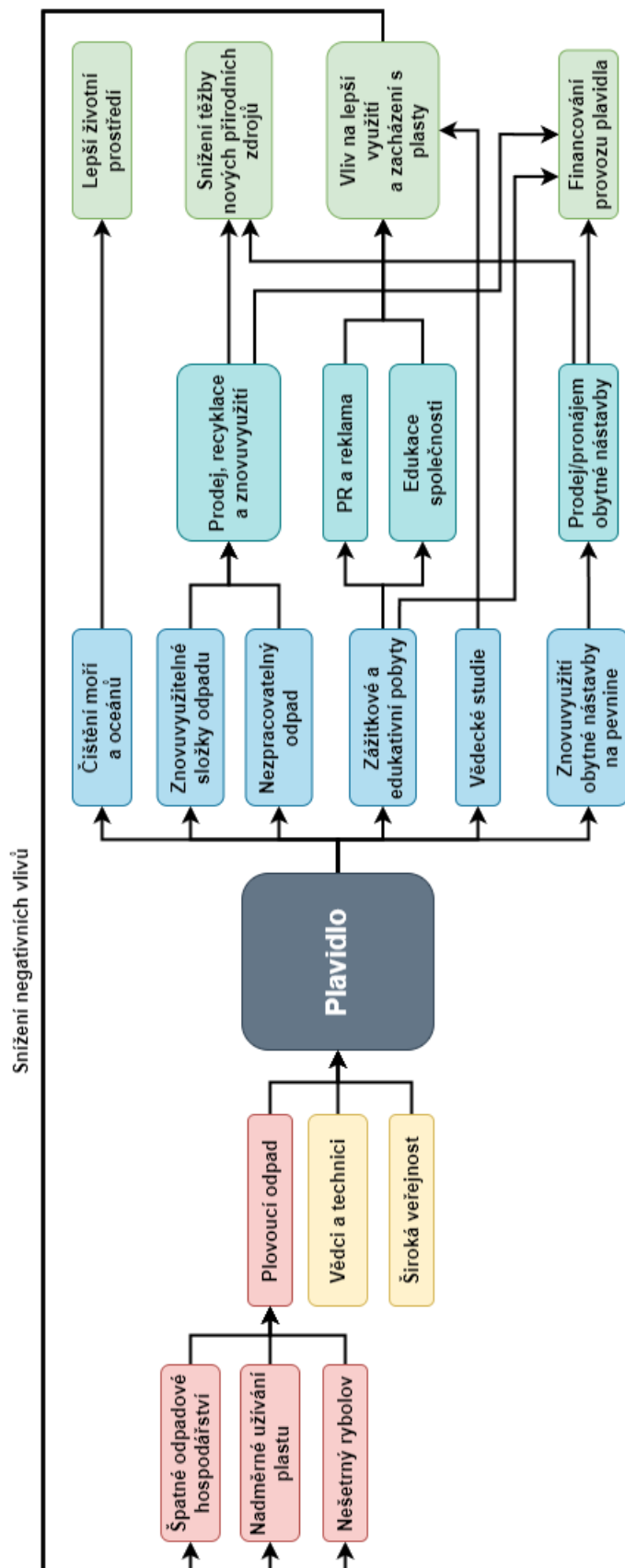
Obr. 4-1 Strom cílů a omezení

## 4.2 Návrh systémového řešení a provozu plavidla

### 4.2.1 Systémové řešení

Práce se nesnaží řešit pouze sběr plastového odpadu z oceánů, ale přistupovat k problematice systémově a řešit i její příčiny. To by mělo být zajištěno spojením sběrného plavidla s výletním pobytem pro veřejnost. Samotné plavidlo je tak centrem systému, do kterého vstupuje plovoucí odpad, vědecko-techničtí pracovníci a veřejnost, viz Obr. 4-2.

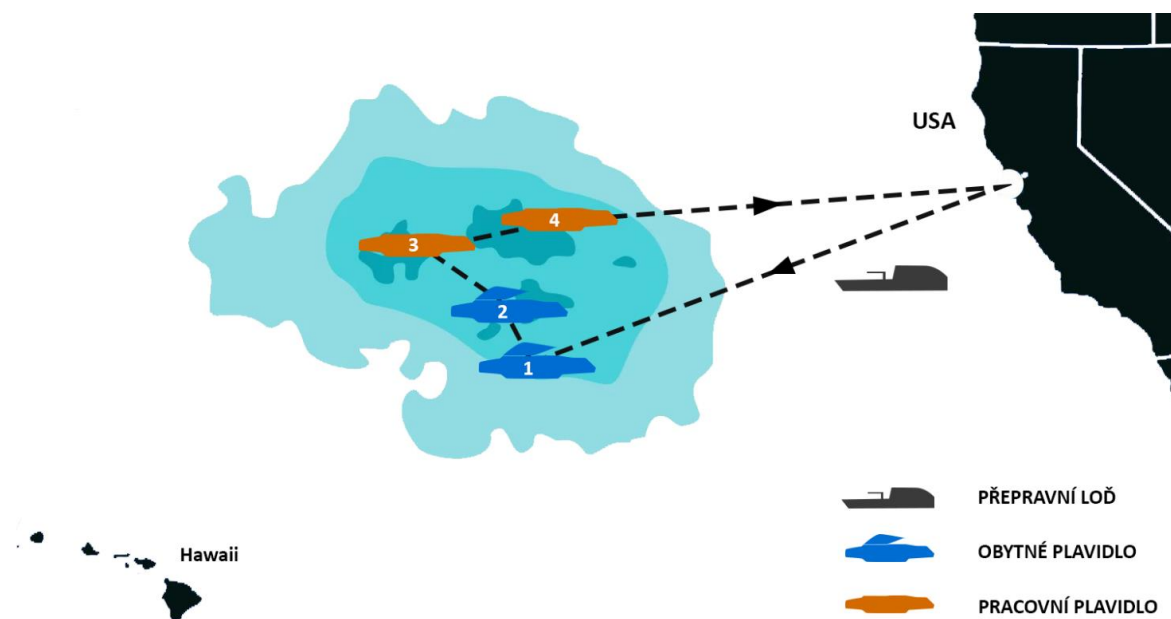
Plavidlo následně zprostředkovává činnosti nebo služby, které z něj vystupují a v určitém ohledu mají pozitivní vliv na společnost, planetu či jeho provoz. Jako první a primární činnost z něj vystupuje čištění oceánu, což má přímý vliv na lepší životní prostředí. Dále produkty z pyrolýzního procesu, které prodejem a znovuvyužitím snižují těžbu nových zdrojů a finančně podporují provoz plavidla. Poskytování zážitkových a edukativních pobytů pro veřejnost financuje plavidlo, vytváří potřebnou reklamu a PR, což informuje a edukuje společnost o dopadech moderní civilizace, a nakonec má podnítit společenskou diskusi a mezinárodní spolupráci o lepším využití a zacházení s plastovým odpadem. Zázemí pro vědeckou činnost na palubě a její následné výsledky zlepšují současný stav poznání o plastovém znečištění moří a oceánu, což pomůže efektivnějšímu čištění a prevenci dalšího znečištění. Nakonec obytná nástavba po ukončení funkce plavidla může být využita na pevnině k ubytování či přestavbě na muzeum atd., což opět podpoří financování plavidla a sníží těžbu nových surovin. To vše by mělo nejen zredukovat současný odpad v oceánech, ale zároveň přímo či nepřímo snížit vznik nového.



Obr. 4-2 Systémové schéma řešení problematiky plovoucího plastového odpadu v oceánech

## 4.2.2 Provoz plavidla

Plastový odpad sesbíraný a zpracovaný pyrolýzou na palubě lodi je transformován na znovuvyužitelné produkty, které bude potřeba z plavidla po naplnění skladových nádob přepravit na pevninu včetně lidí, kteří budou na plavidle trávit rekreační pobyt. Konkrétní způsob provozu plavidla se tedy bude odvíjet od lokace působnosti, jelikož bude určeno pro činnost jak na odlehlém oceánu v oblastech velkých odpadových skvrn, tak v blízkosti vysoce znečištěných pobřeží. Jako modelovou situaci pro představení možného způsobu fungování můžeme vzít oblast GPGP, kde je nejvíce akumulovaného odpadu, viz Obr. 4-3.



Obr. 4-3 Schéma možné přepravy lidí a ZSO pomocí přepravní kyvadlové lodi

V oblasti by operovali např. čtyři plavidla v konfiguraci dvou pracovní verzí a dvou obytných. Plavidla by byla autonomně naváděna do míst s největší koncentrací odpadu dle počítačového modelování zahrnující pohyb oceánských proudů a poryvy větru. Jakmile by došlo k naplnění skladovacích nádob ZSO, připlula by přepravní loď od západního pobřeží USA, která by fungovala na principu kyvadlové dopravy. V pravidelných intervalech by docházelo k nalodění pasažérů na pobřeží, kteří by lodí připluli ke sběrnému plavidlu, kde by po připojení došlo mezi palubami k přesunu cestujících, ZSO a doplnění zásob. Kyvadlová loď by následně pokračovala k dalšímu plavidlu, kde by se proces opakoval tak, aby loď maximálně využila svou kapacitu pro přepravu osob a k umístění ZSO při jedné výpravě. Nakonec by se loď vrátila zpět na pobřeží USA, kde by došlo k vylodění cestujících a produktů ZSO, které by pokračovaly k dalšímu zpracování či přímému využití.

Tento systém provozu zajistí maximální efektivitu sběrného plavidla, jelikož bude neustále plnit činnost, pro kterou bylo sestrojeno a nebude muset převážet ZSO stovky kilometrů k pobřeží. Kyvadlovou lodí by mohli cestující přeplovat mezi jednotlivými plavidly, které by mohly být zaměřeny na konkrétní program a lidé by tak pokaždé zažili novou zkušenost a pobyt s novými lidmi.

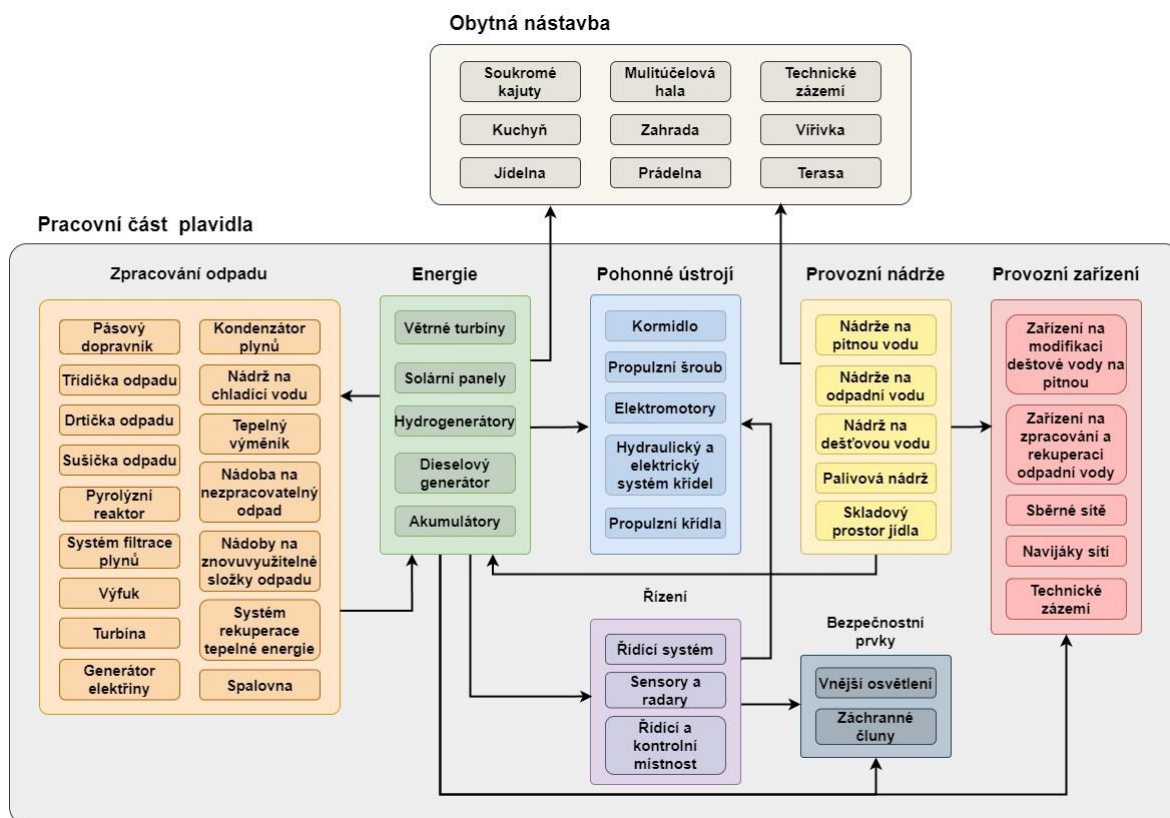
Jako příklad pro použití přepravní kyvadlové lodi může být loď společnosti Aranui, která má kapacitu až 230 osob a zároveň dokáže na přední palubě přepravovat nákladní kontejnery, viz Obr. 4-4. Paluba je navíc vybavena jeřábem, který umožní snadný přesun nádob s obsahem ZSO. Díky využití již existující lodi nebude muset být vyvíjena zcela nová, která by plnila funkci vyzvedávání ZSO a přepravy rekreačních cestujících.



Obr. 4-4 Ukázka možné přepravní lodi ZSO a rekreačních pasažérů [87]

### 4.3 Technická funkční analýza

Nejdůležitější komponenty plavidla, které je potřeba zakomponovat do návrhu jsou zobrazeny v průhledovém schématu tzv. glass boxu na Obr. 4-5. Komponenty jsou rozděleny do dvou primárních bloků zastávající pracovní část plavidla a obytnou nástavbu. Pracovní část dále obsahuje sedm bloků, které sdružují zařízení sloužící ke konkrétnímu účelu. Šipky propojující jednotlivé bloky znázorňují jejich vzájemné ovlivnění.



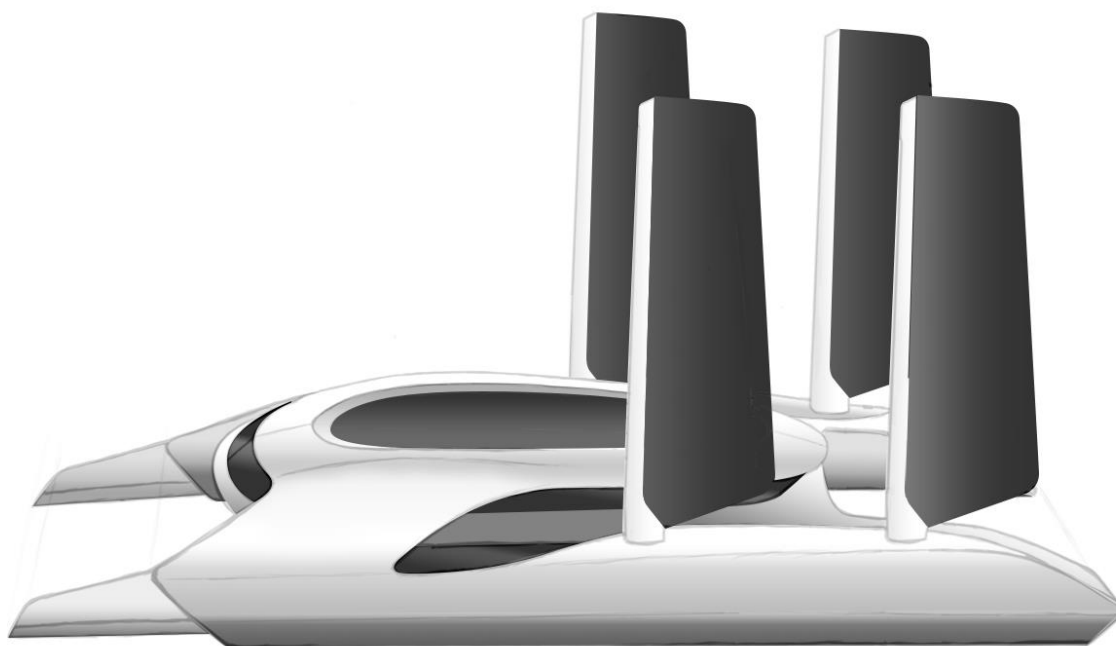
Obr. 4-5 Průhledové schéma plavidla

## 4.4 Návrh alternativních řešení

Tato kapitola pojednává o začátku návrhového procesu. Již v průběhu definování konkrétních cílů byly vytvářeny jednoduché volné skici, jejichž smyslem bylo nezaujaté definování základního tvarování, které by přineslo inovativní řešení. Na základě těchto volných skic byly následně vybrány možné směry vývoje, které posloužili jako podklad pro konkretizování tří alternativních návrhů detailně popsanych a zhodnocených na následujících stranách.

## Varianta I

První varianta využívá katamaran konstrukci zajišťující vyšší stabilitu. Organické tvarování plavidla je inspirované mořským světem a vlnami oceánu. Charakteristickým znakem je přední zešikmená plocha symbolizující rozevřenou náruč, která sbírá plovoucí odpad, viz Obr. 4-6. Tyto zešikmené plochy přechází ze sběrných radlic směrem na střechu, kde obepíná celou konstrukci, čímž působí sjednoceně a kompaktně. Mírný estetický nesoulad může být v dynamickém výrazu, který nemusí být patřičný pro plavidlo dosahující rychlostí pouze do 3 uzlů. Dynamičtější výraz však v tomto případě neznázorňuje svižnost pohybu, ale spíše ladnost a schopnost plout ve vlnách s lehkostí. Vzhledem k oblým a komplexním tvarům je nižší možnost pokrytí vnějšího pláště solárními panely. Samotná komplexnost navíc způsobuje složitější a nákladnější výrobu celého plavidla.

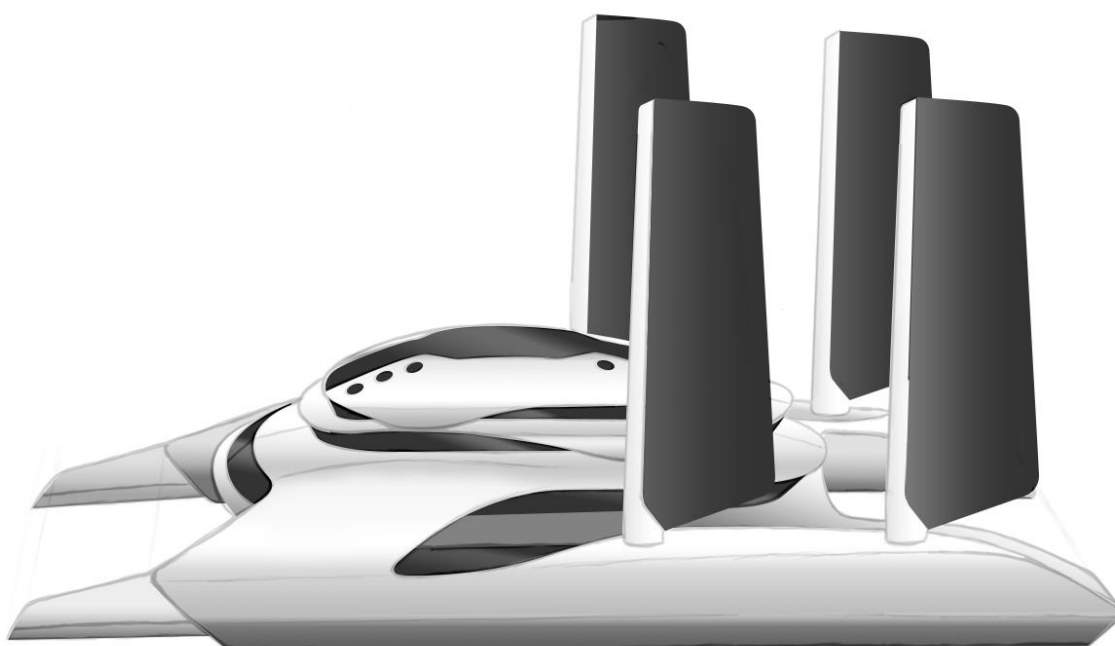


Obr. 4-6 Skica pracovní verze varianty I

Rovná střecha umožňuje snadnou modifikovatelnost z technické verze na obytnou určenou pro rekreaci. V případě technické verze však může být využita jako heliport pro zajištění rychlé dopravy osob či zásob na plavidlo nebo jako variabilní zábavní prostor pro vědecko-technické pracovníky. Díky velké rozměrnosti může být střecha využita i pro umístění dalších zařízení generujících energii z obnovitelných zdrojů.

Pohon plavidla je řešen pomocí vertikálních křídel, které fungují na principu rozdílného tlaku na jednotlivých stranách jako v případě letadlových křídel. Křídla jsou otočné pro zajištění maximální efektivity při proudění větru z různých stran. Jejich umístění na samotném konci plavidla však není zcela praktické, protože všechna síla bude působit v zadní části, což bude způsobovat nestabilitu a napětí konstrukce. Křídla jsou navíc pokryta solárními panely, což díky jejich velké ploště značně zvyšuje využití obnovitelných zdrojů energie.

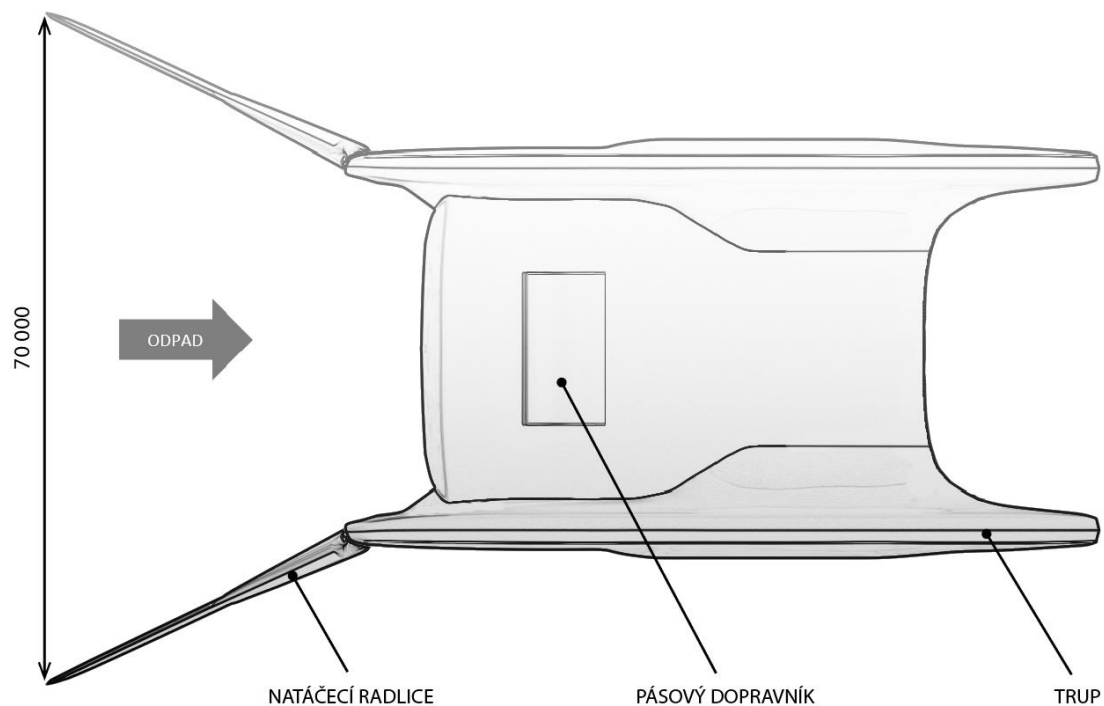
Obytná verze plavidla je zobrazena na Obr. 4-7. Jedná se pouze o doplnění pracovní verze o třípodlažní oválnou konstrukci upevněnou na střeše pracovní verze, která organickým tvarováním koresponduje se spodní částí a propojuje plavidlo do jednoho stejnorodého celku.



Obr. 4-7 Skica varianty I s obytnou nástavbou

Sběr plovoucího odpadu je řešen pomocí natáčecích radlic nacházejících se v přední části dvou nosných trupů, viz Obr. 4-8. V případě sběru odpadu dojde k natočení radlic, které rozšíří sběrnou šířku a směřují odpad do meziprostoru trupů, kde je nabírán pásovým dopravníkem na palubu. Prostor mezi trupem a dopravníkem musí být ještě vyplněn bariérou, která nasměruje odpad k dopravníku, který by jinak musel být příliš široký. Sesbíraný odpad je na palubě tepelně zpracován pyrolýzou plastu a uskladněn do nádob, které jsou následně vyzvednuty kyvadlovou lodí, která zakotví v zadní části mezi trupy plavidla. Zde následně dojde k propojení lodi a plavidla rampou a přesunu lidí a ZSO mezi palubami.

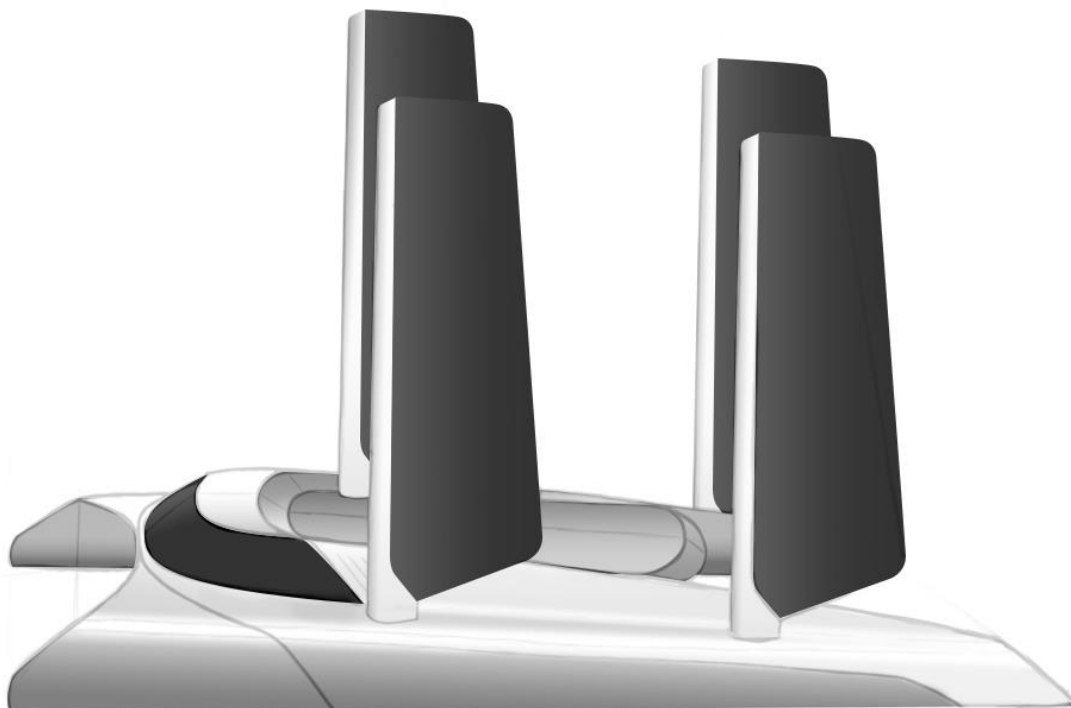




Obr. 4-8 Spodní pohled na mechanismus sběru odpadu Varianty I

#### Varianta II

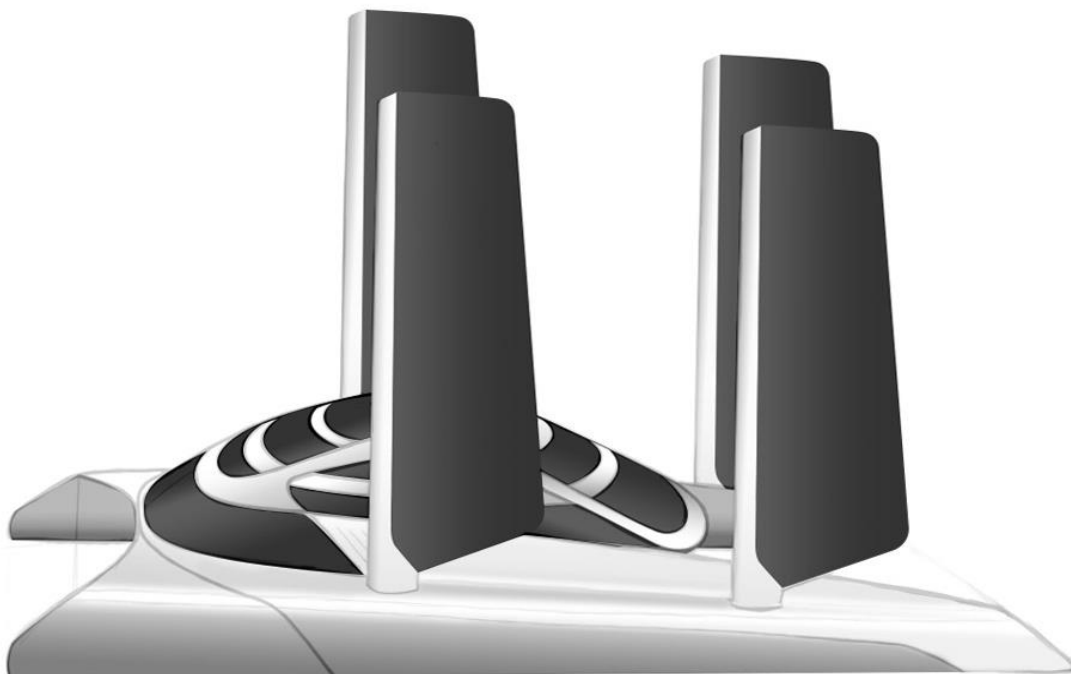
Druhá varianta, viz Obr. 4-9, využívá stejně jako první katamaran konstrukci zvyšující příčnou stabilitu. Tvarové řešení je v tomto případě jednoduché a čisté odpovídající funkci technického plavidla, což přináší i řadu výhod v podobně snadnější výroby a údržby a také možností pokrytí větší plochy konstrukce solárními panely.



Obr. 4-9 Skica pracovní verze varianty II

V přední části paluby se nachází vyvýšená kormidelna pro obsluhu plavidla. Za ní je rovný multifunkční prostor určený pro přidání obytné nástavby, heliportu či rekreační aktivity posádky plavidla. Pohon je opět řešen vertikálními křídly, které jsou rovnoměrněji rozmístěny kolem středu na vnějších plochách trupu.

Obytná nástavba, viz Obr. 4-10, je oválného tvaru členěna na tři patra. Umístěna je na volné palubě s přesahem nad kormidelnu, což komplikuje její umístění a výrobu. Vizually členitá nástavba příliš nekoresponduje se spodní jednoduše tvarovanou částí. Kromě komplikovaného spojení nástavby s plavidlem je zároveň nevýhodou katamaran konstrukce, u níž dochází při položení nástavby na horní palubu k vysokému zatížení příčných nosníků spojující oba trupy. Nosníky by museli být předimenzované pro pracovní verzi tak, aby umožnili jednoduchou konfiguraci bez zásahu do konstrukce. Horší modifikace je v tomto případě umocněna limitujícím úhlem otáčení předních křídel zamezující kolizi s obytnou nástavbou.



Obr. 4-10 Skica varianty II s obytnou nástavbou

Způsob sběru a dopravy odpadu pásovým dopravníkem na palubu, včetně vyzvedávání ZSO, je stejný jako u první varianty s tím rozdílem, že zde nelze radlici natáčet a rozšířit tak její účinnou sběrnou šířku.

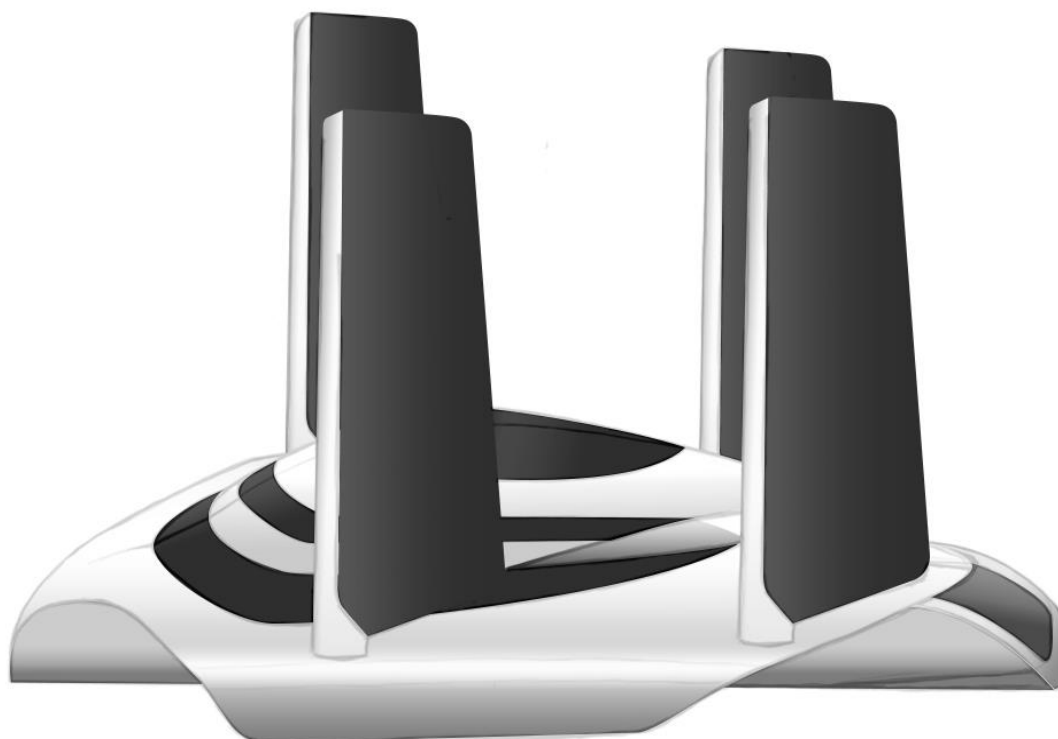
### Varianta III

Třetí varianta zobrazena na Obr. 4-11 využívá trimaran konfiguraci, tedy trojici trupů, čímž je konstrukce ještě stabilnější oproti předchozím variantám a navíc, odpadá problém s vysokým zatížením příčných nosníků, jelikož hlavní vztlakovou sílu tvoří středový trup, působící proti tíhové síle plavidla, tedy nevzniká tak vysoký ohybový moment na nosnou konstrukci. Nevýhodou trimaran konstrukce může náročnější výroba a údržba. Tvarování je řešeno jednou hlavní plynulou plochou, která propojuje všechny tři trupy do jednoho celku a tím mu dává jedinečnou kompaktnost. Tato plocha se zužuje z centrálního trupu směrem k bočním, čímž dodává plavidlu jedinečnou lehkost při zachování velkých celkových rozměrů. Před trupu plynule přechází do horní rozšiřující se plochy, která plynule obepíná technické prostory pro zpracování odpadu a následně se plynule zužuje k zadní části. Toto tvarové pojetí dodává plavidlu moderní a inovativní výraz ukazující schopnost plavidla čelit nepříznivým podmínkám se zachováním elegance. Díky jednoduchosti tvarování je možné velkou část konstrukce pokrýt solárními panely a využít tak obnovitelných zdrojů energie.



Obr. 4-11 Skica pracovní verze varianty III

Modifikovatelnost na obytné plavidlo je v tomto případě jednoduchá díky rovné střeše. Samotná nástavba však neumožní velkou variabilitu prostor a činnosti vzhledem k celkové koncepci tvarování plavidla. Samotná obytná nástavba tvarovaná do kapkovitého půdorysného tvaru po vzoru technické části však může přinést zcela nové pojetí celého tvarového výrazu. V tomto případě se jedná o poměr mezi užitností a inovativností tvarového řešení. Samotná rozšiřitelnost zásobních prostor je vzhledem k menším krajním trupům také omezena, což limituje kapacitu obytné nástavby.

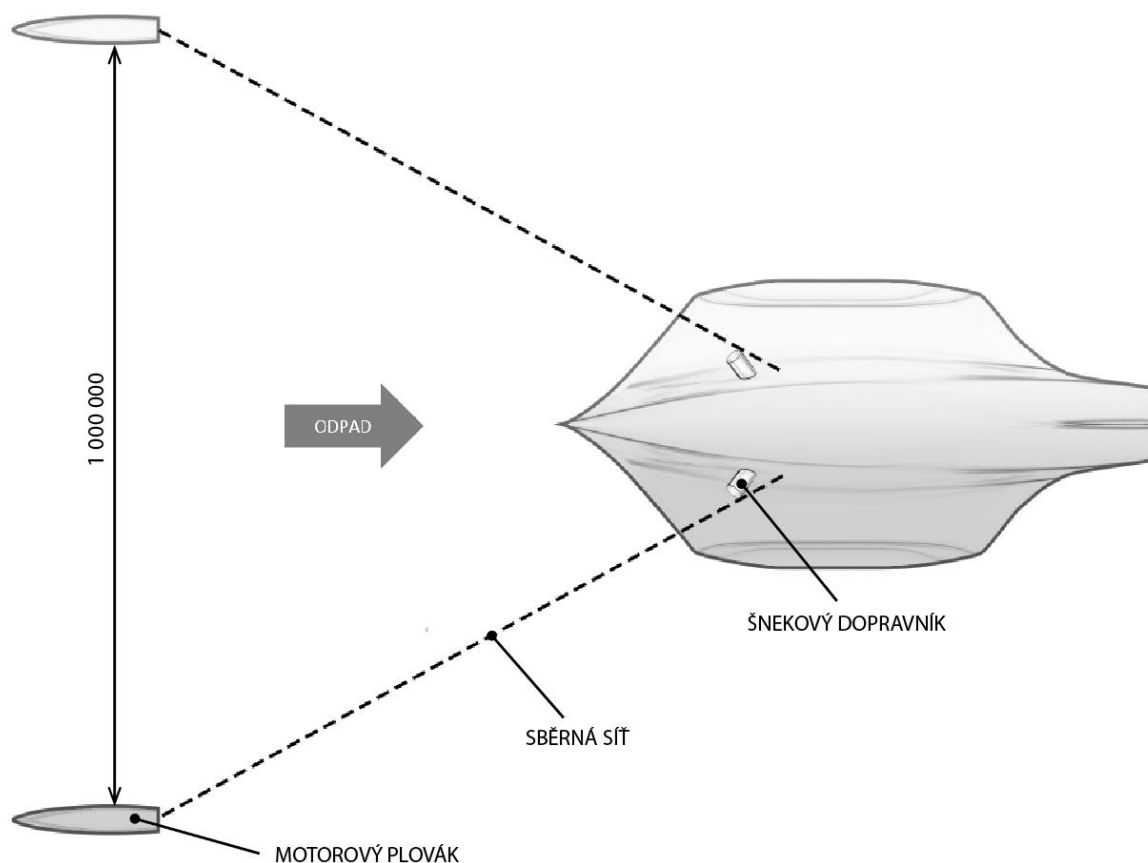


Obr. 4-12 Skica varianty III s obytnou nástavbou

Pohon je řešen stejně jako u předchozích variant vertikálními křídly, které je možné natáčet a sklápět v případě nepříznivého počasí.

Sběr odpadu probíhá odpojením dvou motorových plováků umístěných mezi trojicí trupů, které natáhnou síť mezi nimi a plavidlem, čímž vznikne velká bariéra směřující odpad ke středovému trupu plavidla, kde dojde k jeho nabrání na palubu pomocí dvou šnekových dopravníků, viz Obr. 4-13. V případě bouří se plováky vrátí a opět spojí s plavidlem a vytvoří kompaktní tuhou konstrukci zabezpečující sběrný mechanismus proti poškození.

Připojení kyvadlové lodi vyzvedávající ZSO z pyrolýzního procesu zpracování odpadu je v tomto případě řešeno ze zadní strany, kde dojde k připojení lodi k plavidlu. Ze zadní strany středového trupu dojde ke sklopení rampy, která umožní bezpečný přesun lidí a ZSO.



Obr. 4-13 Spodní pohled na mechanismus sběru odpadu Varianty III

## 4.5 Analýza alternativních řešení a výběr nejlepšího

V Tab. 4-1 jsou sepsána kritéria hodnocení jednotlivých variant, která vychází ze stanovených cílů. U každého parametru je v závorce uveden maximální počet bodů, které mohou být variantám přiděleny, čímž je reflektována jeho důležitost. Součet všech bodů pro každou variantu ukazuje celkové hodnocení dané varianty.

Tab. 4-1 Hodnocení alternativních návrhů

Kritérium hodnocení	Varianta I	Varianta II	Varianta III
Využití obnovitelných zdrojů energie (10)	6	7	8
Odolná a stabilní konstrukce (10)	7	7	9
Jednoduchá výroba (8)	5	7	6
Inovativní design (10)	7	6	9
Efektivita sběru a zpracování odpadu (10)	5	3	8

Jednoduchá modifikovatelnost (9)	6	4	8
Zakomponování záchranných člunů a heliportu (7)	5	3	5
Jednoduchá údržba (6)	4	5	5
Přísun přírodního světla do vnitřních prostor (5)	4	3	4
Variabilita prostor a možných činnosti (5)	4	3	4
Způsob odvozu ZSO (8)	5	5	7
Adekvátní tvarování pro prac. i obyt. verzi (7)	6	5	6
<b>Celkem</b>	<b>64</b>	<b>58</b>	<b>79</b>

Nejvyšší celkové hodnocení vyšlo pro Variantu III. To je dáno především díky trimaran konfiguraci trupu, která zajišťuje nejen potřebnou stabilitu a odolnost plavidla, ale navíc umožňuje jednoduchou konfigurovatelnost mezi pracovní a obytnou verzí bez zásadních zásahů do konstrukce. Pro kritéria sběru odpadu, zpracování a vyzvedávání je tato varianta nejefektivnější a nejpraktičtější. Další výhodou oproti předchozím variantám je inovativní design, který umožňuje pokrytí velké plochy solárními panely a svým vizuálním pojetím zapadá do pracovního prostředí moří a oceánů. Tato varianta tedy byla vybrána za nejlepší a je rozpracována do detailního řešení v následujících kapitolách.

## 5 PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH

### 5.1 Matematický model

V této kapitole jsou provedeny předběžné výpočty, které jsou zásadní pro určení základních rozměrů plavidla, odhadu energetické bilance a ověření finanční návratnosti celé navrhované koncepce. Výpočty jsou modelově realizovány pro oblast působnosti v GPGP, pro kterou je publikováno nejvíce dat a je zde největší koncentrace plovoucího odpadu. Plavidlo však může působit i na jiných místech. Rozdíl bude pouze v množství zpracovávaného odpadu, generované energie a vhodnosti užití pracovní či obytné verze. Pro každou oblast působnosti by tedy v ideálním případě měla být provedena vstupní analýza, jestli je plavidlo pro danou oblast vhodné.

#### 5.1.1 Zpracování odpadu

Množství posbíraného odpadu

Ze studií vyplývá, že v místech nejvyšší koncentrace odpadu ve Velké tichomořské odpadové skvrně se nachází přes  $150 \text{ kg/km}^2$  plastového odpadu. Oceánské proudy odpad neustále přesouvají, proto bude plavidlo autonomně navigováno a dle predikce matematických modelů působit pouze v lokacích s maximální koncentrací odpadu. Pro účely výpočtu budeme však uvažovat konzervativnější hodnotu koncentrace odpadu na  $100 \text{ kg/km}^2$ . Šířka sběrného mechanismu by měla být 1000 m a rychlost plavby kolem 3 km/h. Tato rychlost vychází z rychlosti, jakou sbírá odpad nezisková organizace The Ocean Cleanup. Díky nízké rychlosti není zapotřebí vysoké množství energie k pohonu, na sběrné síti nepůsobí vysoké síly a mořští živočichové mohou snadno vyplout v případě zachycení. Dle určených hodnot lze tedy předpokládat množství posbíraného odpadu následovně:

$$m_{Od/h} = m_{Od/km^2} \cdot v_p$$

$$m_{Od/h} = 100 \cdot 3 = 300 \text{ kg}$$

$$m_{Od/d} = 300 \cdot 24 = 7\,200 \text{ kg}$$

$$m_{Od/r} = 3600 \cdot 365 = 2\,592\,000 \text{ kg}$$

kde  $m_{Od/h}$ ,  $m_{Od/d}$ ,  $m_{Od/r}$  je množství posbíraného odpadu za hodinu, den a rok v kg,  $v_p$  je rychlost plavidla v km/h a  $m_{Od/km^2}$  je množství odpadu na  $\text{km}^2$  v  $\text{kg/km}^2$ .

Množství znovuvyužitelných složek odpadu (ZSO)

Posbíraný plastový odpad bude zpracováván pyrolyzní jednotkou podobnou ENRESS TDU2000, která rozkládá plast na základní složky v poměru 90 % olej, 5 % uhlíkové částice a 5 % plyn. Z toho tedy vyplývá, že roční produkce ZSO při nepřetržitém provozu bude:

$$m_{ol/r} = 0,9 \cdot m_{od/r}$$

$$m_{ol/r} = 0,9 \cdot 2\,592\,000 = 2\,332\,800 \text{ kg}$$

$$V_{ol/r} = \frac{m_{ol/r}}{\rho_{ol}}$$

$$V_{ol/r} = \frac{2\,332\,800}{900} = 2\,592 \text{ m}^3$$

kde  $m_{ol/r}$  je hmotnost oleje za rok v kg,  $m_{od/r}$  je hmotnost posbíraného odpadu za rok v kg,  $V_{ol/r}$  objem oleje za rok v  $\text{m}^3$  a  $\rho_{ol}$  je hustota oleje v  $\text{kg}/\text{m}^3$ .

$$m_{Uh/r} = 0,05 \cdot m_{od/r}$$

$$m_{Uh/r} = 0,05 \cdot 1\,314\,000 = 129\,600 \text{ kg}$$

$$V_{Uh/r} = \frac{m_{Uh/r}}{\rho_{Uh}}$$

$$V_{Uh/r} = \frac{129\,600}{1750} = 75 \text{ m}^3$$

kde  $m_{Uh/r}$  je hmotnost uhlíkových částic za rok v kg,  $m_{od/r}$  je hmotnost posbíraného odpadu za rok v kg,  $V_{Uh/r}$  objem uhlíkových částic v  $\text{m}^3$  a  $\rho_{Uh}$  je hustota uhlíkových částic v  $\text{kg}/\text{m}^3$ .

### 5.1.2 Dimenzování plavidla

Pro určení základní rozměrů plavidla je zapotřebí odhadnout hmotnost a následně nutnou vztlakovou sílu pro udržení plavidla na hladině. Na začátek lze hmotnost plavidla odhadnout z podobně zaměřené lodi The Manta, která by dle tvůrců měla vážit okolo 1800 tun. Hmotnost navrhovaného plavidla tedy odhadem může být 2000 tun. Potřebná vztlaková síla při uvažování bezpečnostního koeficientu 1,3 tedy je:

$$F_{vz} = F_{gPl} \cdot 1,3$$

$$F_{vz} = m_{Pl} \cdot g \cdot 1,3$$

$$F_{vz} = 2\,000\,000 \cdot 9,81 \cdot 1,3 = 25\,506\,000 \text{ N}$$

kde  $m_{Pl}$  je hmotnost plavidla v kg a  $g$  gravitační zrychlení v  $\text{m}/\text{s}^2$ .



## Trup

Na základě potřebné vztlakové síly určíme objem ponořené části trupu:

$$V_{Trp} = \frac{F_{vz}}{\rho_v \cdot g}$$
$$V_{Trp} = \frac{25\,506\,000}{1024 \cdot 9,81} = 2539 \text{ m}^3$$

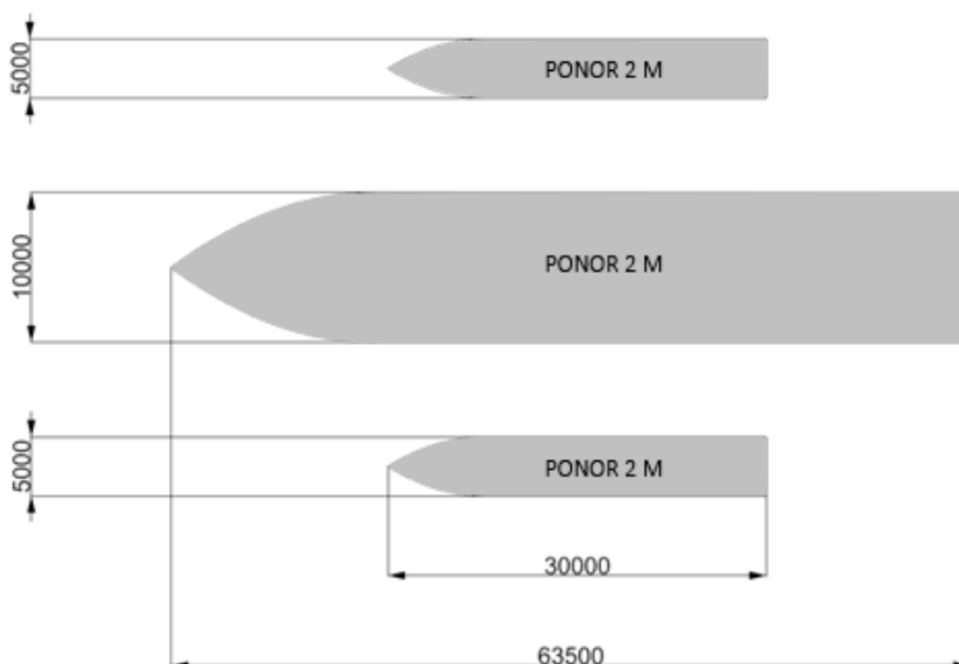
kde  $F_{vz}$  je vztlaková síla působící na plavidlo v kg,  $\rho_v$  je hustota vody v kg/m<sup>3</sup> a  $g$  je gravitační zrychlení m/s<sup>2</sup>.

Z objemu ponořené části trupu určíme rozměry trupů. Budeme uvažovat dva totožné trupy, tedy katamaran konstrukci a jeden trup následně rozdělíme na dva menší a tím dostaneme rozměry trimaran konstrukce vycházející z vybrané Varianty III. Nejdříve určíme dva rozměry trupu a třetí vypočítáme. Šířka trupu je 10 m a ponor 2 m. Délka trupu tedy bude:

$$L_{Trp} = \frac{\frac{V_{Trp}}{2}}{b_{Trp} \cdot h_{Trp}}$$
$$L_{Trp} = \frac{\frac{2539}{2}}{10 \cdot 20} = 63,47 \text{ m}$$

kde

Hlavní středový trup tak vychází cca 63,5 m na délku, 10 m na šířku a ponor 2 m. Rozdělením středového trupu na dva menší vychází boční trupy na cca 30 m na délku, 5 m na šířku a ponor 2 m. Výchozí rozměry jsou zobrazeny na Obr. 5-1.



Obr. 5-1 Výchozí rozměry trupů

## Vertikální křídla

Velikost křídel určíme na základě potřebné síly působící proti odporu vody. Odpor vody proti pohybu plavidla při rychlosti 3 km/h a koeficientu hydrodynamického odporu trupu 0,15 bude:

$$F_D = \frac{1}{2} C_{D\_Pl} \cdot \rho_v \cdot 2 \cdot S_{Trp} \cdot v_{Pl}^2$$

$$F_D = \frac{1}{2} C_{D\_Pl} \cdot \rho_v \cdot 2 \cdot b_{Trp} \cdot h_{Trp} \cdot v_{Pl}^2$$

$$F_D = \frac{1}{2} 0,15 \cdot 1024 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 0,8 = 1966,08 \text{ N}$$

kde  $C_{D\_Pl}$  je koeficient hydrodynamického odporu [-],  $\rho_v$  je hustota vody v  $\text{kg/m}^3$ ,  $S_{Trp}$  je čelní plocha trupu v  $\text{m}^2$  a  $v_{Pl}$  je rychlost plavidla v m/s.

Síla působící na vertikální křídla ve směru pohybu by měla být vyšší nebo rovna odporu prostředí pro zajištění rychlosti alespoň 3 km/h. Křídla budou mít profil NACA 0015, který je vhodný pro nízké rychlosti proudění. Jeho koeficient aerodynamického vztlaku při úhlu náběhu  $20^\circ$  dosahuje okolo 1. Síla působící kolmo na křídlo při tomto úhlu náběhu bude:

$$F_K = \frac{F_D}{\cos 20^\circ}$$

$$F_K = \frac{1966,08}{\cos 20^\circ} = 5748,43 \text{ N}$$

kde  $F_D$  je odporová síla odpovídající pohonné síle v N.

Potřebná velikost jednoho křídla při uvažování rychlosti proudění větru 3 m/s a koeficientu vztlaku 1 vychází:

$$S_{Kr} = \frac{2 \cdot \frac{F_k}{4}}{C_{L\_Kr} \cdot \rho_o \cdot v_o^2}$$

$$S_{kridlo} = \frac{2 \cdot \frac{5748,43}{4}}{1 \cdot 1,29 \cdot 3^2} = 247,56 \text{ m}^2$$

kde  $F_k$  je síla působící kolmo na křídlo v N,  $C_{L\_Kr}$  je koeficient vztlaku křídla [-],  $\rho_o$  je hustota vzduchu v  $\text{kg/m}^3$  a  $v_o$  je rychlost vzduchu v m/s.

### 5.1.3 Energetická bilance

#### Solární panely

Přesné údaje slunečního záření v oblasti GPGP není známo, proto výpočet solárního výkonu bude vycházet z oblasti San Franciska, které leží ve stejné zeměpisné šířce. Průměrný roční solární výkon se pohybuje okolo  $500 \text{ W/m}^2$  a průměrný počet slunečního záření je okolo 3000 h ročně. Při 10 % účinnosti solárních panelů a  $1000 \text{ m}^2$  pokrytí plavidla solárními panely dostaneme roční výkon:

$$P_{sol/r} = S_{Pan} \cdot P_{sol\_zar} \cdot \eta_{sol\_Pan} \cdot t_{svit/r}$$
$$P_{sol/r} = 400 \cdot 500 \cdot 0,2 \cdot 3000 = 150\,000 \text{ kWh}$$

kde  $S_{Pan}$  je plocha solárních panelů v  $\text{m}^2$ ,  $P_{sol\_zar}$  je solární výkon v  $\text{W/m}^2$ ,  $\eta_{sol\_Pan}$  je účinnost solárních panelů [-] a  $t_{svit/r}$  je průměrná roční doba slunečního svitu v h.

Při uvažování průměrné roční spotřeby elektrické energie na osobu 800 kWh, která s elektřinou pouze svítí a napájí běžné spotřebiče, vychází roční generovaný výkon ze solárních panelů na pokrytí roční spotřeby až 187 osob.

### 5.1.4 Doprava na plavidlo

Velká tichomořská odpadová skvrna má rozlohu okolo 1,6 mil  $\text{km}^2$ . Pokud však budeme uvažovat, že plavidlo bude operovat přibližně uprostřed této oblasti, vzdálené cca 1500 km od západního pobřeží USA, tak lze předpokládat dobu dopravy na plavidlo pomocí víceúčelové přepravní lodi s rychlostí 40 km/h asi okolo 37,5 h.

### 5.1.5 Doba čištění Velké tichomořské odpadové skvrny

Při rychlosti 3 km/h a šířce sběrného mechanismu 1000 m bude 80 % GPGP aktuálně obsahující 80 000 tun plastu čištěna jedním plavidlem cca 50 let a to pouze za předpokladu, že již do ní žádný další odpad nepřipluje.

## 5.2 Určení tvarů, rozměrů a materiálů

### 5.2.1 Základní tvarování

Celkové tvarování plavidla, viz Obr. 5-2, se snaží vycházet z prostředí mořského světa a jeho živočichů. Tvar je inspirován Rejnokem orlím, viz Obr. 5-3, a to především v přední části přecházející do oblé nástavby a trupu, který se rozšiřuje do stran jako ploutve a následně se v zadní části plynule vrací ke středu podobně jako ocasní ploutev rejnoka.



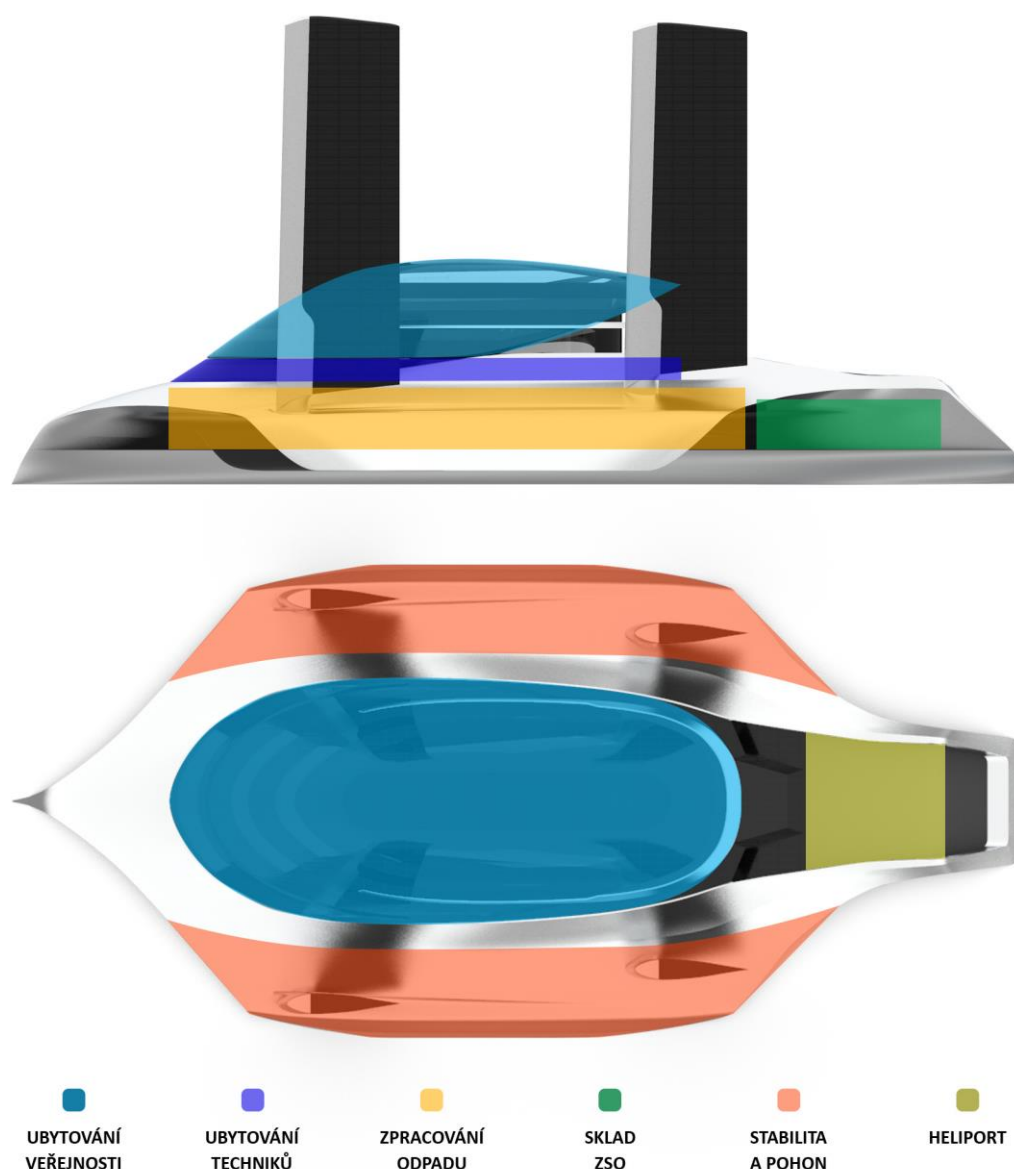
Obr. 5-2 Předběžný návrh sběrného plavidla



Obr. 5-3 Rejnok orlí [88]

Varianta III je trimaran konstrukce, kde středový trup je hlavním nosným trupem, který zajišťuje většinou vztlakovou sílu. Boční trupy napomáhají zvyšovat vztlak plavidla, ale především zajišťují stabilitu a rozšiřují užitnou plochu paluby, která je využita pro umístění sklápěcích křídel a solárních panelů. Ve středovém trupu se nachází hlavní technologická část zpracování odpadu a zázemí pro techniky. V zadní části trupu je sklad ZSO a rampa, kde dojde k připojení kyvadlové lodi a přesunu ZSO. Nad hlavní palubou je rovna plocha umožňující upevnění obytné nástavby pro pobyt veřejnosti. V případě pracovní verze je využita pro umístění solárních panelů.

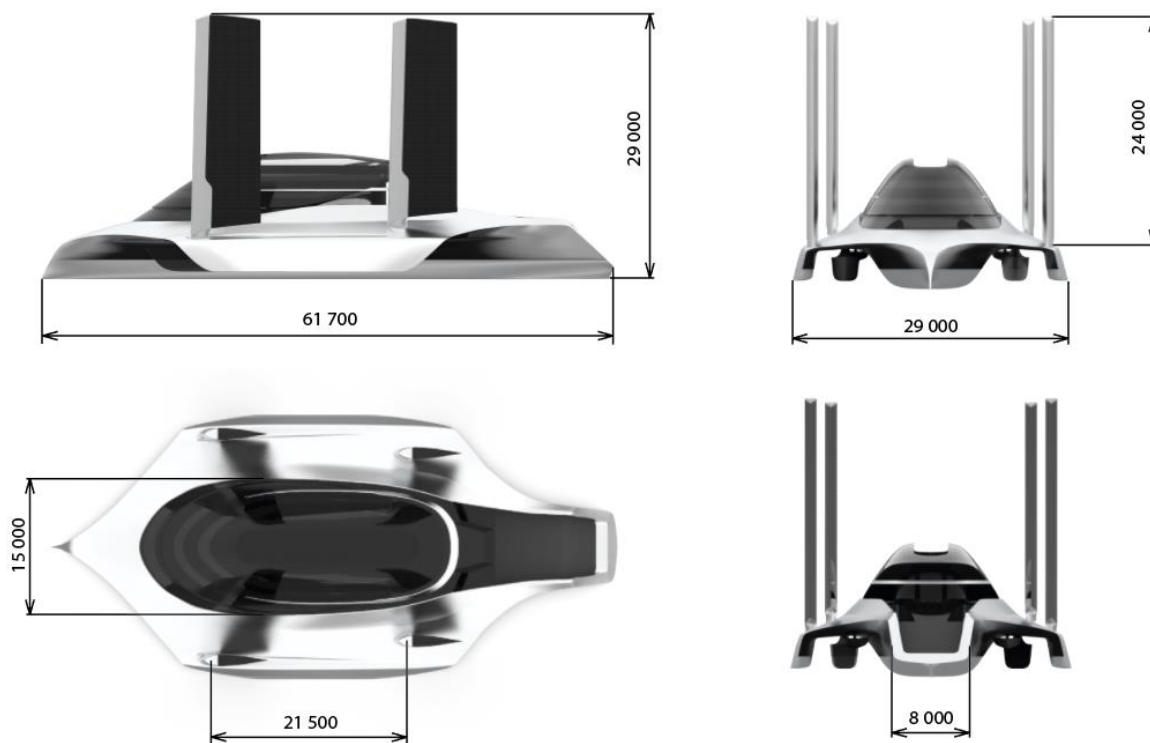
Na Obr. 5-4 je plavidlo graficky rozdělena do bloků, kde je znázorněno k čemu daný konstrukční prvek slouží.



Obr. 5-4 Funkční blokové schéma předběžného návrhu

## 5.2.2 Předběžné rozměry

Předběžné rozměry plavidla jsou na Obr. 5-5. Vychází z matematických výpočtů trupů, kde bylo potřeba zajistit potřebnou vztlakovou sílu pro udržení plavidla na hladině. Dle toho byly následně odvozeny i další rozměry.



Obr. 5-5 Předběžné rozměry plavidla

## 5.2.3 Použité materiály

Celá pracovní verze plavidla bude vyrobena z nízkouhlíkové oceli, z důvodu dobré svařitelnosti a nízké ceny. Na ni následně bude nanesena protikorozní ochrana pro zamezení koroze a zvýšení životnosti plavidla. Obytná nástavba musí být co nejlehčí pro umožnění zvednutí jeřábem a upevnění předpřipravené nástavby na plavidlo. Z toho důvodu je nejvhodnější v poměru cena/hmotnost hliníková slitina. Ta při kontaktu s nízkouhlíkovou ocelí tvoří napěťový člunek a vzniká galvanická koroze. Zamezit tomu lze použitím nerezové oceli na podstavu obytné nástavby a hliníkovou slitinu na stěny a střechu. Nerezová ocel tak zamezí vzniku galvanické koroze, a navíc je dobře svařitelná jak s nízkouhlíkovou ocelí, tak hliníkovou slitinou. Okna budou vyrobena z plexiskla a křídla ze sklolaminátu. Vnější stěny budou izolovány pěnovým sklem, které je odolné proti vlhkosti.

## 5.3 Odhad výrobních nákladů a objemu výroby

Vzhledem k tomu, že se jedná o plavidlo, které svou funkcí a zaměřením doposud neexistuje, tak lze odhadovat výrobní náklady jen velmi těžko. Vyjít však můžeme z odhadu výrobních nákladů na koncepční návrh plavidla The Manta neziskové organizace The Ocean Cleaners, která uvádí cenu necelých 900 milionů Kč. Na svém webu však uvádí, že tato cena je dána především optimalizací konstrukce na co nejnižší náklady. Vzhledem k velikosti, zaměření a vnitřnímu obsahu The Manta plavidla by se tedy daly velmi zhruba odhadnout náklady na navrhované plavidlo v této práci okolo 700 mil. Kč pro pracovní verzi a 300 mil. Kč pro obytnou nástavbu, tedy celkem okolo 1 mld. Kč pro obytnou verzi.

Vzhledem k vysokým počátečním nákladům lze předpokládat výrobu v prvním roce pouze jedné pracovní verze plavidla, kde by se nejdříve ověřila funkčnost celého systému. Po doladění všech detailů by se mohla postavit druhá verze plavidla s obytnou nástavbou, případně pouze doplnit stávající obytnou nástavbu, která by ověřila zájem o edukativní a zážitkové dovolené. V případě nezájmu o dovolené by byla nástavba odstraněna, prodána a použita na pevnině k jinému účelu, čímž by se snížily ztráty na vložených investicích. Pokud by vše fungovalo dle předpokladů, tak lze očekávat výrobu alespoň osmi plavidel, a to pěti v pracovní verzi a tři ve verzi s obytnou nástavbou.

### 5.3.1 Lokalizace působnosti vyrobených plavidel

Plavidla by působila v oblastech nejvyššího znečištění, kde by dávalo smysl jejich nasazení z hlediska efektivity sběru. Konkrétně by v první řadě šlo o oblasti Velké tichomořské odpadové skvrny, Karibiku a pobřeží východní Asie, viz Obr. 5-6



Obr. 5-6 Příklad možného rozmístění vyrobených plavidel

Konkrétní počet a typ plavidel v dané oblasti by závisel na počtu provozovatelů a jejich flotile. Pro začátek by však v oblasti GP GP mohly působit alespoň tři plavidla v konfiguraci dvou pracovních a jedné obytné. Stejně tak v oblasti jihovýchodního pobřeží Asie a v oblasti Karibiku by šlo o jedno pracovní a jedno obytné plavidlo. Umístěním více plavidel do jedné oblasti se nejen zrychlí vyčištění dané oblasti, ale navíc dojde i k efektivnějšímu využití nákladového prostoru přepravní kyvadlové lodi. Rozdělením obytných verzí do jednotlivých oblastí zpřístupní pobyt více lidem, kteří navíc budou mít možnost vyzkoušet různé lokace podle jejich zájmu. Jakmile by došlo k vyčištění dané oblasti, plavidla by se přesunula do jiné a pokračovala v jejich misi až do konce jejich životnosti.

### 5.3.2 Finanční bilance

Vstupní náklady na výrobu plavidla jsou vysoké, avšak důležitá je návratnost vložených investic. Proto byla provedena jednoduchá finanční bilance po 25 letech nepřetržitého provozu, která přibližně ověřuje životaschopnost navrhovaného řešení. Délka provozu byla odvozena od životnosti standardních velkých ocelových lodí.

#### Prodej ZSO

Při odhadu prodeje jednoho barelu znovuvyužitelného oleje za 2000 Kč (cca 12,6 Kč/l), což je přibližná současná cena ropy, a průměrného ročního objemu vyrobeného oleje, lze odhadovat roční tržby z prodeje na:

$$T_{Ol/r} = C_{Ol/l} \cdot V_{Ol/r}$$

$$T_{Ol/r} = 12,6 \cdot 2\,592\,000 = 32\,603\,774 \text{ Kč}$$

$$T_{Ol/r} = 32\,603\,774 \text{ Kč}$$

kde  $C_{Ol/l}$  je cena oleje za litr v Kč,  $V_{Ol/r}$  je roční objem vyprodukovaného oleje v l.

Po 25 letech provozu by tak celkové tržby pouze z prodeje oleje, bez zahrnutí uhlíkatého prášku, jehož prodejní cenu nelze jednoznačně odhadnout, činily přes 815 mil. Kč

#### Prodej zážitkových a edukativních dovolených

Kapacita obytné nástavby je předběžně odhadnuta na 50 osob. Budeme-li uvažovat, že denní tržby z prodeje dovolených bude 5000 Kč na pasažera, což je cena podobná u výletních plaveb, tak roční tržby z edukativních a zážitkových dovolených činí:

$$T_{Dov/r} = C_{Dov/os} \cdot N_{os} \cdot 365$$

$$T_{Dov/r} = 5000 \cdot 50 \cdot 365$$

$$T_{Dov/r} = 91\,250\,000 \text{ Kč}$$



Po 25 letech provozu dosáhnou tržby z dovolených cca 2,3 mld Kč.

#### Náklady na výrobu a provoz plavidel

Náklady spojené s plavidlem zahrnují výrobní a provozní náklady. Provozní náklady u pracovní verze byly odhadnuty na 1000 Kč na den na pasažéra, což je 20 % z provozních nákladů u tradičních výletních lodí. U obytné verze to je 2000 Kč na den na pasažéra, což činí 40 % z nákladů oproti výletním lodím. Nižší provozní oproti tradičním výletním lodím je dán nižším vybavením plavidla a využitím obnovitelných zdrojů energie.

Při výpočtu provozních nákladů bylo počítáno s 50 pasažéry u obou verzí plavidla. Celkové náklady pro pracovní verzi po 25 letech provozu vychází:

$$\begin{aligned}N_{prac} &= N_{prac_V} + N_{prac_P} \\N_{prac} &= 700\,000\,000 - 1000 \cdot 50 \cdot 365 \cdot 25 \\N_{prac} &= 1\,156\,250\,000 \text{ Kč}\end{aligned}$$

kde  $N_{prac_V}$  jsou náklady na výrobu plavidla v Kč a  $N_{prac_P}$  jsou provozní náklady v Kč za 25 let provozu.

Celkové náklady pro obytnou verzi po 25 letech provozu činí:

$$\begin{aligned}N_{obyt} &= N_{obyt_V} + N_{obyt_P} \\N_{obyt} &= 1\,000\,000\,000 - 2000 \cdot 50 \cdot 365 \cdot 25 \\N_{obyt} &= 1\,912\,500\,000 \text{ Kč}\end{aligned}$$

kde  $N_{obyt_V}$  jsou náklady na výrobu plavidla v Kč a  $N_{obyt_P}$  jsou provozní náklady v Kč za 25 let provozu.

#### Návratnost vložených investic

Výsledná finanční bilance pracovní verze plavidla po 25 letech provozu tedy vychází následovně:

$$\begin{aligned}Z_{prac} &= T_{Ol/c} - N_{obyt} \\Z_{prac} &= 815\,094\,350 - 1\,156\,250\,000 \\Z_{prac} &= -341\,155\,650 \text{ Kč}\end{aligned}$$

kde  $T_{Ol/c}$  jsou celkové tržby z prodeje oleje v Kč a  $N_{prac}$  jsou náklady na výrobu a provoz plavidla v Kč po dobu 25 let.

Pro obytnou verzi konečná finanční bilance po 25 letech provozu se zahrnutím prodeje obytné nástavby po skončení životnosti plavidla vychází:

$$Z_{prac} = (T_{Ol/c} + T_{Dov/c} + T_{Nas}) - N_{obyt}$$

$$Z_{prac} = (815\,094\,350 + 2\,281\,250\,000 + 100\,000\,000) - 1\,912\,500\,000$$

$$Z_{obyt} = 1\,283\,844\,340 \text{ Kč}$$

kde  $T_{Ol/c}$  jsou celkové tržby z prodeje oleje v Kč,  $T_{Dov/c}$  jsou celkové tržby z prodeje dovolených v Kč,  $T_{Nas}$  jsou tržby z prodeje obytné nástavby a  $N_{obyt}$  jsou náklady na výrobu a provoz plavidla v Kč po dobu 25 let.

V Tab. 5-1 je shrnuta celková finanční bilance obou verzí plavidla po 25 letech provozu.

Tab. 5-1 Souhrn finanční bilance plavidla po 25 letech provozu

Verze plavidla	Náklady [Kč]	Tržby olej [Kč]	Tržby ubytování [Kč]	Tržby nástavba [Kč]	Celkem [Kč]
<b>Pracovní</b>	1 156 mil	815 mil	-	-	-341 mil
<b>Obytné</b>	1 913 mil	815 mil	2 281 mil	100 mil	1 283 mil

Po předběžné finanční bilanci vychází, že pracovní verze plavidla bude na konci své životnosti přes 340 mil. v mínusu. Naproti tomu obytná verze, která využívá více příjmů končí se ziskem přes 1,28 mld. Kč. Tato bilance tedy ověřuje životaschopnost navrženého řešení.

## 6 DETAILNÍ NÁVRH

### 6.1 Tvarové řešení

#### 6.1.1 Obytná verze plavidla

##### Celkové tvarování

Finální tvarování, viz Obr. 6-1, je inspirováno mořským prostředím a živočichy, jak je popsáno v předešlé kapitole 5.3.1. Oproti předběžnému návrhu došlo k tvarovým a proporčním změnám ve všech směrech, a to především z důvodu zajištění funkčnosti, dobré plavitelnosti a dostatku prostoru pro posádku a všechna zařízení.

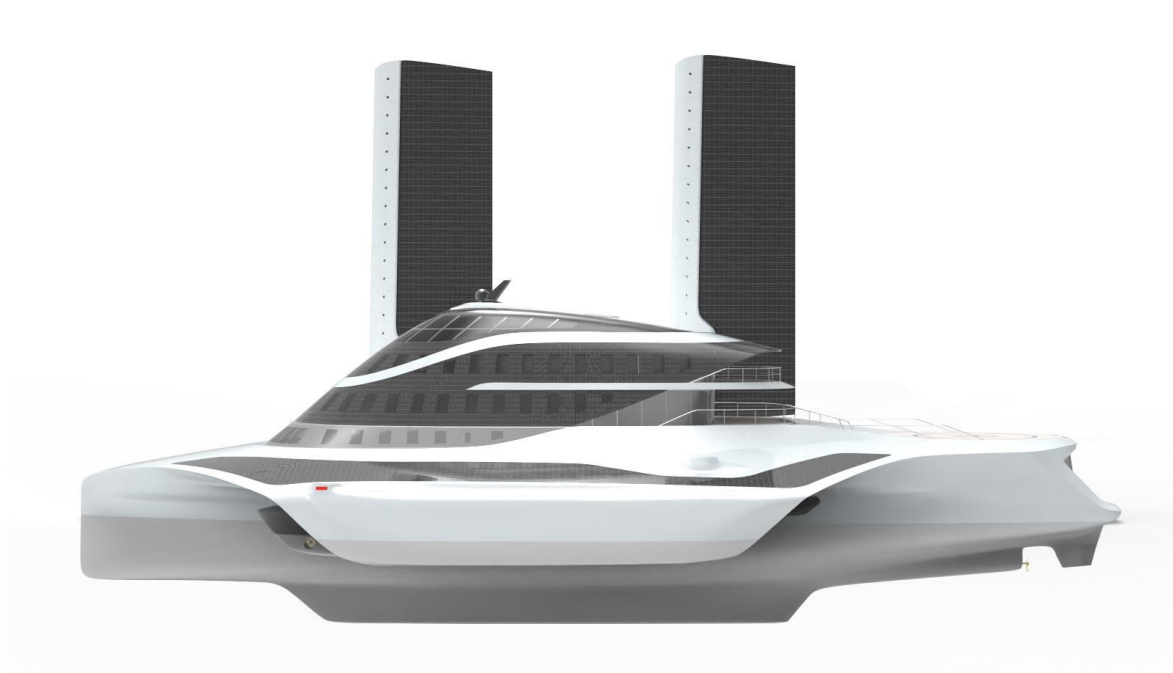


Obr. 6-1 Hmotové a tvarové řešení plavidla

Ostřeji tvarovaná příď zajišťující dobrou průraznost vody v horní části přechází do plynule stoupající obytné nástavby, která může připomínat tělo a hlavu mořského živočicha. Pod nástavbou příď přechází ostrou hranou do náběžné hrany bočních trupů a na jejich konci se opět vrací zpět ke středovému trupu. Ostře vyběhající a zabíhající hrany vzbuzují pozornost a snaží se evokovat ploutve, které vznášejí plavidlo na hladině. Přibližně ve třech čtvrtinách délky plavidla dochází v zadní části ke zbíhání hran a ploch, což dodává návrhu dynamiku a fluidní výraz, který se tak snaží odkazovat na pohyby prostředí ve kterém působí.

## Proporce a kompozice

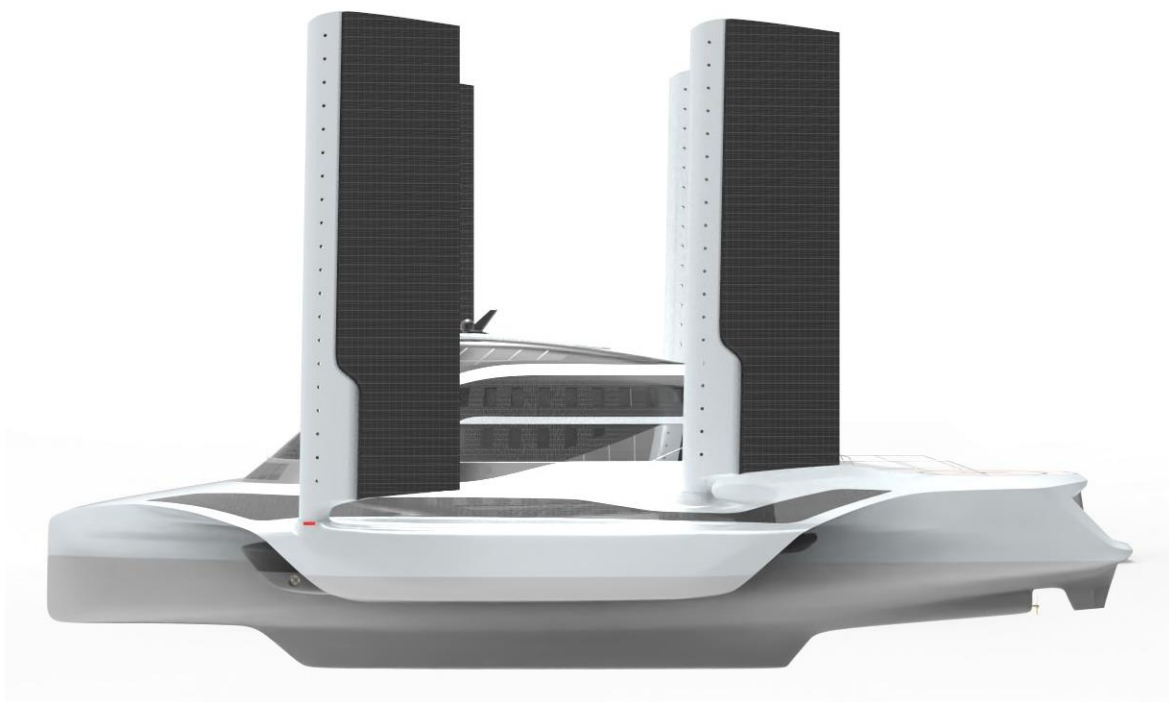
Tvarování zároveň působí stabilním, klidným a sebejistým dojmem. To je dáno především proporcí a kompozičním členěním, viz Obr. 6-2. Spodní hmota trupu je mohutnější a větší oproti horní polovině, což zajišťuje pocit síly a stability celého plavidla. Obytná nástavba však spodní hmotu opticky vyvažuje svým šedo-černým zbarvením, a proto je vizuálně odlehčena bílými liniemi, které ji dělí na opticky lehčí objekt, čímž zároveň propojuje plavidlo do jednoho harmonického celku. Bílé linie přechází plynule mezi jednotlivými patry tak, aby nebylo na první pohled zřejmé pravidelné členění nástavby.



Obr. 6-2 Boční pohled na obytnou verzi plavidla

Barevné členění je podřízeno především konstrukčně-technologickému řešení. Spodní polovina trupu je zbarvena do světle šedé barvy, protože je opatřena protikorozním nátěrem snižující korozní degradaci trupu a usazování mořských organismů. Vrchní prostor v mezitrupovém prostoru, včetně křidel a obytné nástavby je pokryt tmavě šedými solárními články, které jsou v místech šikmých linií a ostrých rohů doplněny nátěrem ve stejném odstínu tak, aby došlo ke sjednocení ploch. Kormidelna a prostor pro technickou posádku v čelní části plavidla je zbarven šedou barvou, čímž tvoří základnu pro obytnou nástavbu, která je díky tomu jasně usazena. Hrany definující stěnu kormidelny plynule přechází do nástavby tak, aby došlo k tvarovému propojení. Nástavba je tím se spodní částí tvarově spojena do jednoho sourodého tvaru. Zároveň je však nástavba od spodní části plavidla barevně oddělena, čímž je znázorněna a přiznána odlišná funkce jednotlivých částí. K vyvážení velkých šedo-černých ploch je na trup plavidla použita bílá metalíza s lehkým modrým odstínem. V provozu bude šedá polovina trupu ponořena pod vodou a dominantní bude především bílo-modrá barva trupu, která mu dodá pocit lehkosti.

Sběrné plováky a motorové čluny umístěné ve spodním prostoru mezi trupy jsou zbarveny do tmavě šedé barvy, čímž vizuálně propojují horní polovinu plavidla se spodní. Boční pohled na plavidlo se vztyčenými křídly je na Obr. 6-3.

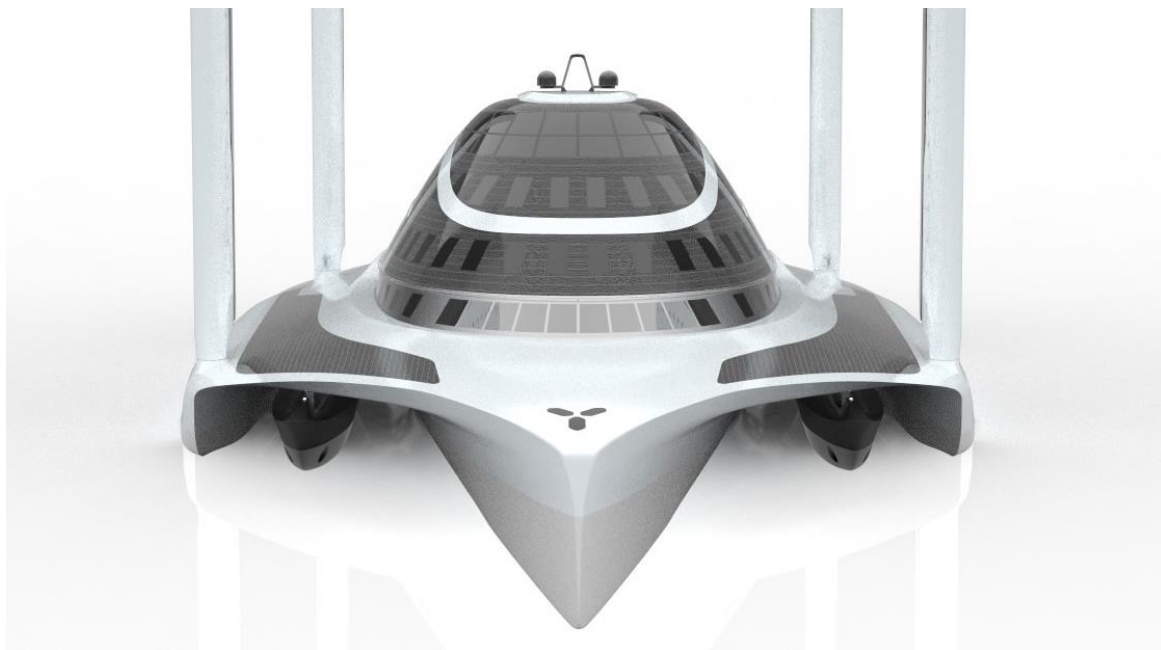


Obr. 6-3 Boční pohled na plavidlo s křídly

Klíčové tvarové linie jsou z bočního pohledu drženy především v horizontálním a vertikálním směru s mírným sklonem. Přejechy mezi těmito liniemi jsou doplněny sklopenými hranami se zaoblením, které dodávají plavidlu směrovost

#### Tvarování přední části

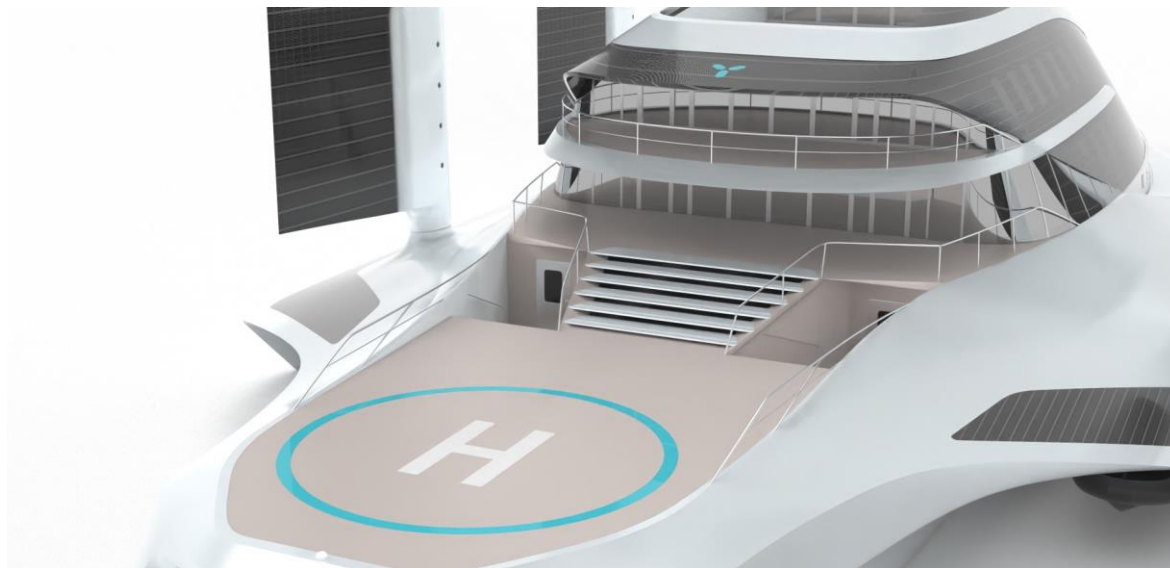
Přední ostré tvarování plynule přecházející do oblé obytné nástavby vychází z potřeby zajistit snadnou průraznost vln i na rozbouřeném moři a snadný přelet vody přes palubu, která ihned steče ze všech částí a nebude docházet k její usazování na palubě, což je zajištěno sklonem horní mezitrupové plochy a obytné nástavby. Čelní pohled na plavidlo je zobrazeno na Obr. 6-4.



Obr. 6-4 Čelní pohled na obytné plavidlo

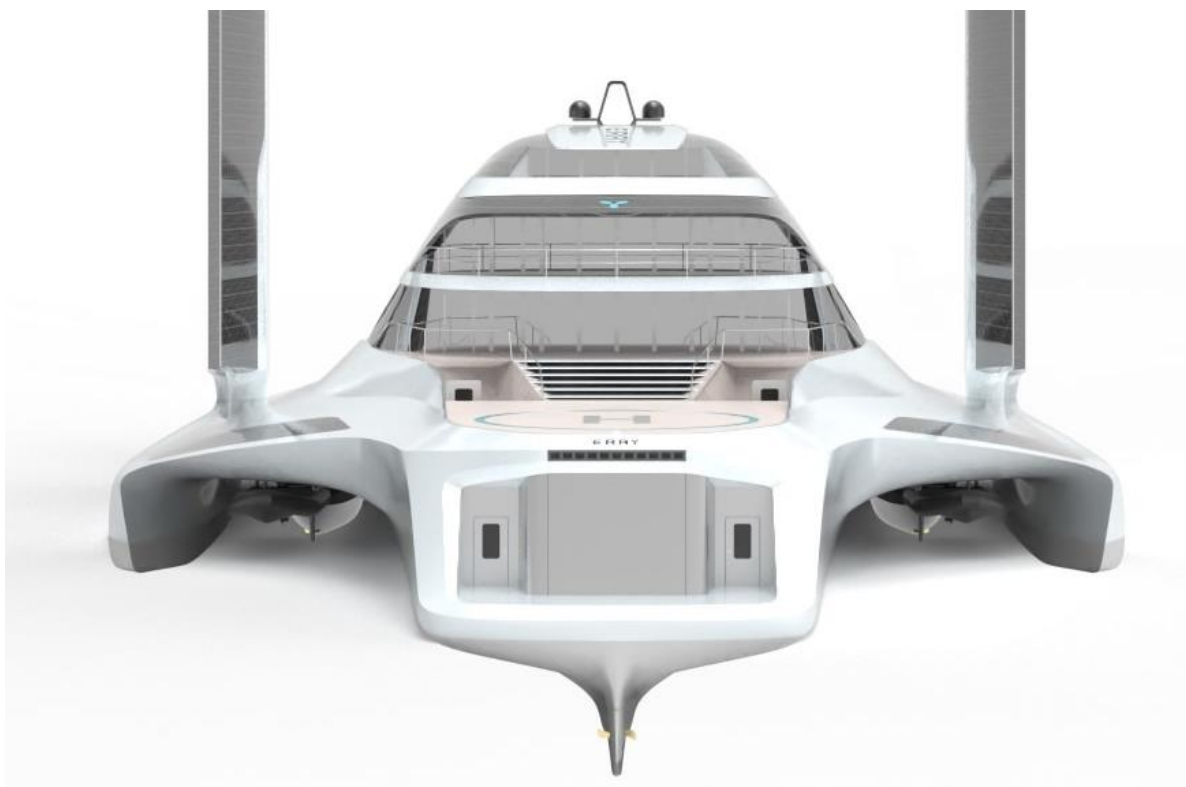
### Tvarování zadní části

V zadní části plavidla se nachází otevřené prostory, které jsou v zákrytu přívalových vln. Na samotném okraji paluby se nachází heliport pro přistání helikoptéry, který však může sloužit i jako multiúčelový prostor. Za ním se nachází schody směřem dolu do technických prostor plavidla a směrem nahoru k obytné nástavbě, kde jsou ubytovaní rekreační pasažéři. Otevřené paluby umožňují cestujícím nerušený pobyt ve venkovním prostředí a pohled na širý oceán. Pohled na zadní palubu je na Obr. 6-5.



Obr. 6-5 Pohled na zadní palubu lodi

Na zádi trupu se nachází sklápěcí rampa, dveře a výfuk, viz Obr. 6-6. Sklápěcí rampa slouží pro přesun pasažérů a ZSO z plavidla na přípojnou loď. Dveře po obou stranách trupu jsou využívány k přesunu cestujících z přípojné lodi do obytné nástavby. Výfuk v horní části záďě slouží k vyústění plynů z technologického procesu zpracování odpadu. Horké plyny vycházející z výfuku mohou způsobit problémy helikoptérám s přistáváním vlivem náhlého rozdílu vztlaku mezi horkým a studeným plynem. Proto je výfuk vybaven otočnými přepážkami, které v případě vzletu a přistání helikoptéry uzavřou výfuk na nejnepříznivější dobu. Díky umístění na úplném okraji plavidla nenarušují výfukové plyny cestující ani navigační systémy plavidla.

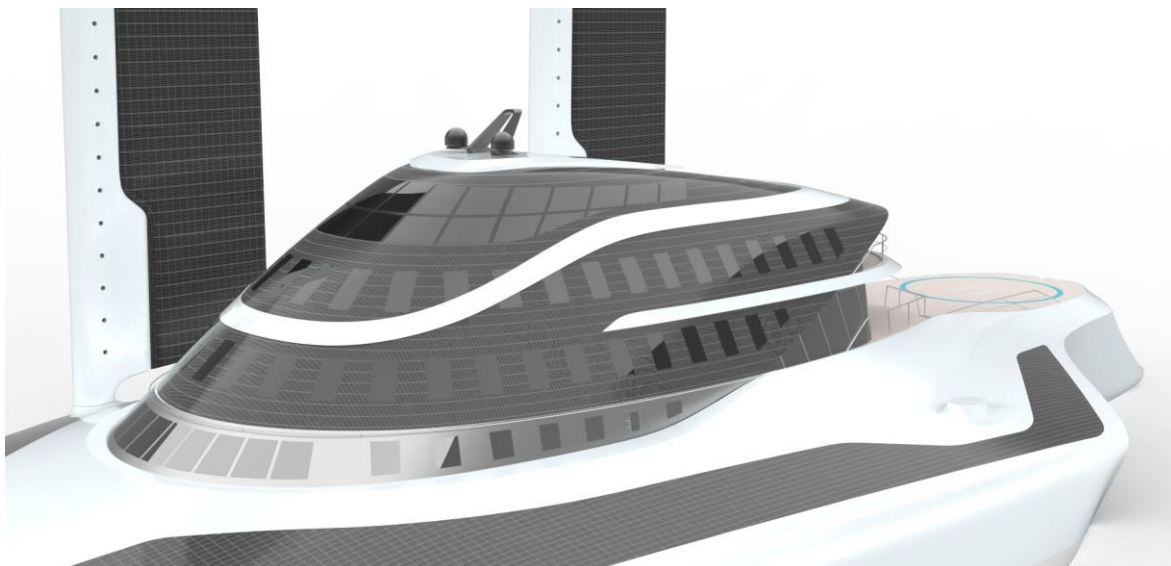


Obr. 6-6 Zadní pohled na plavidlo

### Tvarování obytné nástavby

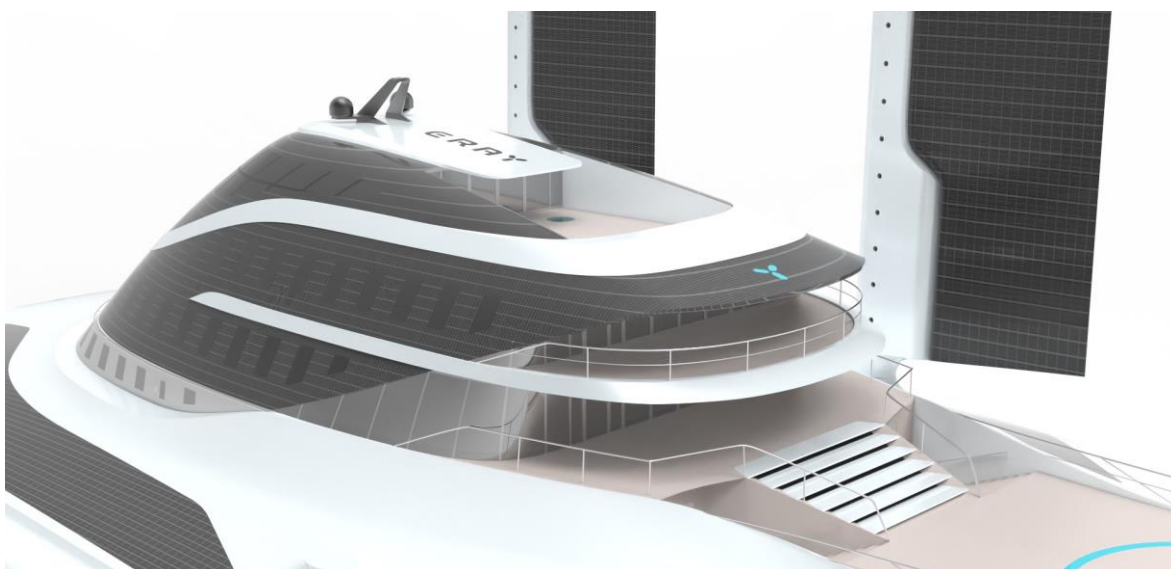
Obytná nástavba je po bocích a v přední části jednoduše tvarována do plynule se rozšiřující plochy od vrchu směrem dolů. To zajišťuje nejenom dobrý odtok vody, ale i plynulé obtékání vzduchu kolem nástavby, což je potřeba pro vysokou účinnost křídel. Sklon stěn navíc zvyšuje účinnost solárních článků, kterými je pokryta.

Nástavba je rozdělena do tří pater, jejichž vnitřní členění je popsáno v kapitole 6.3.1. První a druhé patro je vybaveno obdélníkovými okny o rozměru 750x1214 mm, které přivádí přirozené světlo do všech kajut určených pro veřejnost. Nejvyšší třetí patro je v přední části plně prosklené velkoformátovými okny s úzkými rámy, které obstarají panoramatický výhled, viz Obr. 6-7.



Obr. 6-7 Čelní perspektivní pohled na obytnou nástavbu

Zadní část nástavby tvoří otevřené terasy určené pro rekreaci pasažérů. Vnitřní prostory prvního a druhého patra nástavby jsou v zadní části zvětšeny prosklenou stěnou, která přináší dostatek světla do vnitřních prostor a zároveň je opticky oddělena od černé solární stěny, čímž zachovává její dynamiku, viz Obr. 6-8. Třetí patro je z důvodu snižujícího se stropu v zadní polovině otevřeno do venkovního prostoru, avšak vizuálně je terasa skryta zabudováním do vnějších stěn. Stejně jako v nižších patrech nástavby je vnitřní prostor od venkovního rozdělen prosklenou stěnou, která je ve všech třech patrech vybavena dvoudílnými sklápěcími dveřmi sahající od země až ke stropu, čímž umožňují rozšíření vnitřních prostor a jejich propojení s venkovní terasou.



Obr. 6-8 Zadní perspektivní pohled na obytnou nástavbu



Na střeše nástavby je upevněn nosič komunikačních zařízení, který je zkosen pod úhlem čelní plochy nástavby a tím opticky prodlužuje její čelo. Vzhledem k subtilním proporcím nosiče oproti nástavbě však dochází spíše k vizuálnímu odlehčení celého plavidla.

### Půdorysné tvarování

Půdorysné tvarování, viz Obr. 6-9, opět vychází z inspirace kontury rejnoka, kde špička přídě se zaoblením láme a přechází k bočním trupům, které rovnoběžně pokračují s osou plavidla a v zadní části se plynule vrací ke středovému trupu.

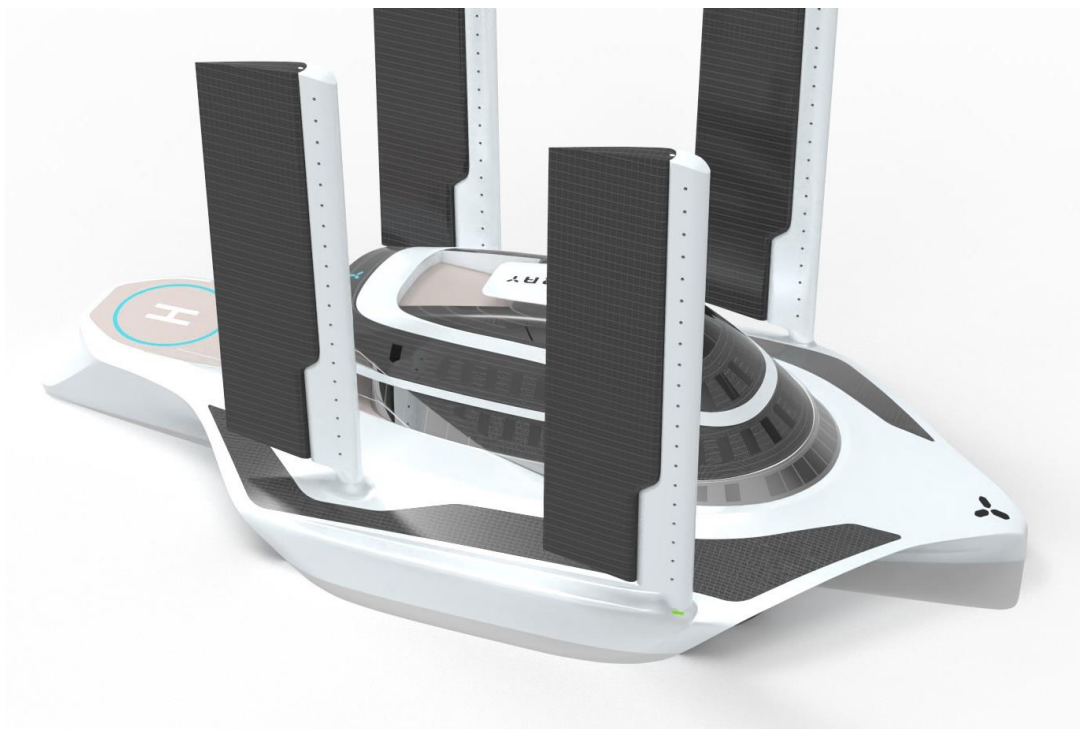
Solární panely v mezitrupové části kopírují vnější kontury plavidla, čímž zabírají maximální plochu. Bílá střecha nástavby kopíruje kontury horní bílé linie a v zadní části přesahuje otevřenou terasu, čímž tvoří přístřešek proti slunci a dešti.



Obr. 6-9 Půdorysné tvarování plavidla

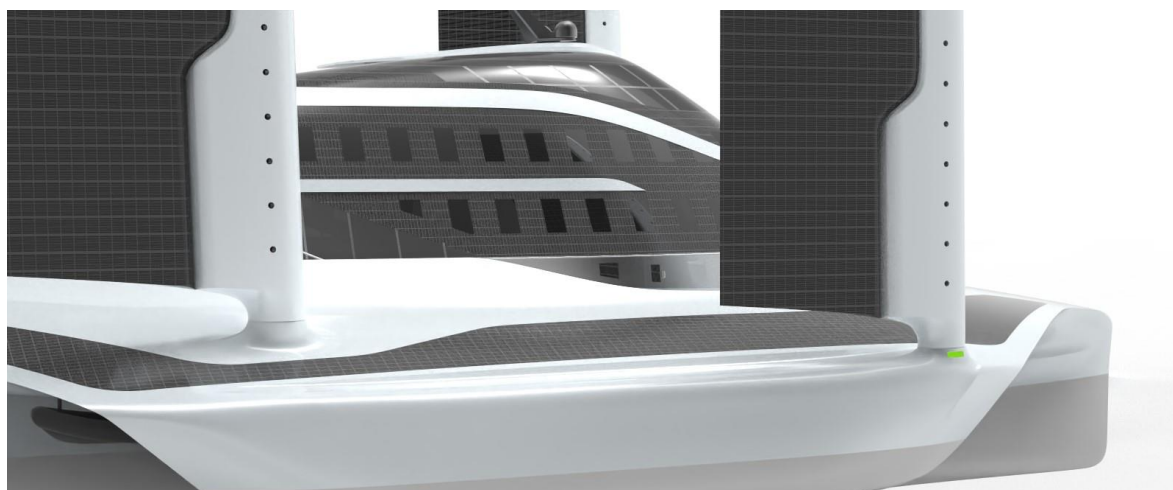
### Vertikální křídla

Plavidlo je vybaveno čtyřmi vertikálními křídly, které zajišťují hlavní pohon. Více o principu jejich funkce pojednává kapitola 6.2.4. Dvě přední křídla jsou umístěna na okraji bočních trupů za jejich náběžnou hranou. Dvě zadní křídla jsou umístěna před zadní hranou bočních trupů a posunuty směrem k ose plavidla tak, aby se navzájem nekryly s předními křídly z čelního pohledu, viz Obr. 6-10. Díky jejich lokaci jsou působící síly od proudícího vzduchu rozloženy rovnoměrně na plavidle.



Obr. 6-10 Prostorový pohled na rozmístění křídel

Přední stěžeň křídla obepíná ostrá hrana, která se na obou koncích plynule vytrácí, čímž znázorňuje vlnoplochu generovanou stěžněm, který jakoby proráží vodní hladinu, viz Obr. 6-11. Tato hrana navíc vytváří nad bočním trupem rovnou plošinu, která je určena pro přístup dovnitř bočního trupu k údržbě a případné opravě komponent křídel.



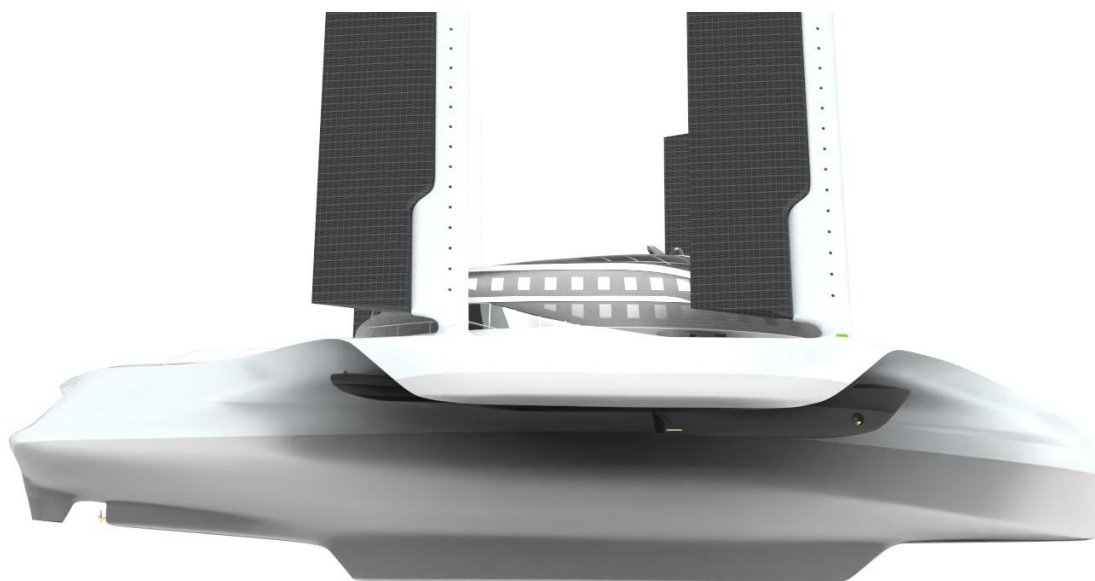
Obr. 6-11 Detail ostré hrany kolem předního křídla

Vertikální křídla jsou rozdělena na dvě části. Přední bílá část je nosná stěžeň a zadní černá část, pokryta solárními panely, je natáčecí křídlo. Dělením na dvě části je křídlo schopno vytvořit vyklenutí zvyšující jeho efektivitu.

## Tvarování trupu

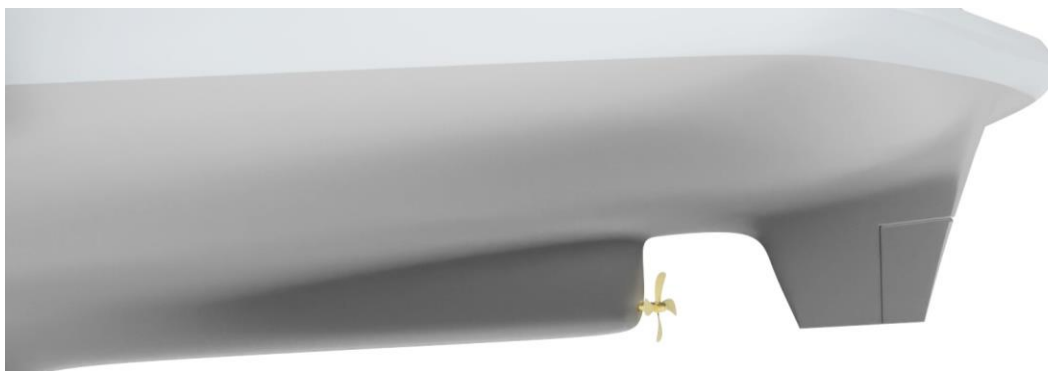
Trup je nejzásadnější část plavidla, od jehož tvarování se odvíjí řada faktorů, z nichž nejpodstatnější je odpor proti pohybu a stabilita plavidla.

Pro zajištění nízkého odporu prostředí je trup v přední části zúžen do ostré hrany, z níž se plynule rozšiřuje směrem ke stabilnímu středu a v zadní části se opět mírně zužuje. Spodní oblá hrana mezi bočnicemi a dnem trupu mírně stoupá přes celou délku od příde až k zádi. Díky tomu je společně s rozšiřující se šířkou trupu centrum vztlaku umístěno pod obytnou nástavbou a technologickou částí, tedy v ose očekávané polohy těžiště plavidla, což zvyšuje jeho podélnou stabilitu. Tvarování trupu je vidět na Obr. 6-12.



Obr. 6-12 Celkový tvar trupu

Dno trupu ve středové oblasti plynule přechází do úzkého integrovaného kýlu, který vyvažuje klopný moment od křídel a zároveň vyrovnává boční složku jejich vztlakové síly, čímž zajišťuje dopředný pohyb plavidla. V zadní části z kýlu vyústíuje hřídel lodního šroubu, na který je díky zužujícímu se tvarování trupu přiváděno velké množství proudu vody. Přiváděný proud vody je lodním šroubem využit pro generování elektrické energie v případě otočení lopatek do pozice hydrogenerátoru nebo naopak urychlen, pokud jsou lopatky v pozici generování tahu. Za lodním šroubem je integrováno kormidlo, viz Obr. 6-13, které umístěním na samotném okraji zádi umožňuje malý poloměr otáčení plavidla.



Obr. 6-13 Detail na lodní šroub s kormidlem

### Sběrné plováky

Mezi středovým a bočním trupem jsou na každé straně umístěny sběrné motorové plováky, které je možné od plavidla oddělit. Jejich funkci popisuje kapitola 6.2.3.

Trup plováků je na přídi i zádi zkosen pro zajištění snadného dopředného i reverzního pohybu. Horní paluba je tvořena rovnou plošinou, ve které je ze zadní strany vyhloubena zužující se vodící drážka pro přesné ukotvení plováku na plavidle, viz Obr. 6-14. Na přídi paluby je vyvýšená plocha, na které jsou umístěny navigační světla. V zadní části trupu je umístěn pohonný šroub a kormidlo, které společně s integrovaným dokormidlovacím zařízením v přední části trupu zajišťují přesné manévrování nutné pro spojení s plavidlem.



Obr. 6-14 Sběrný plovák

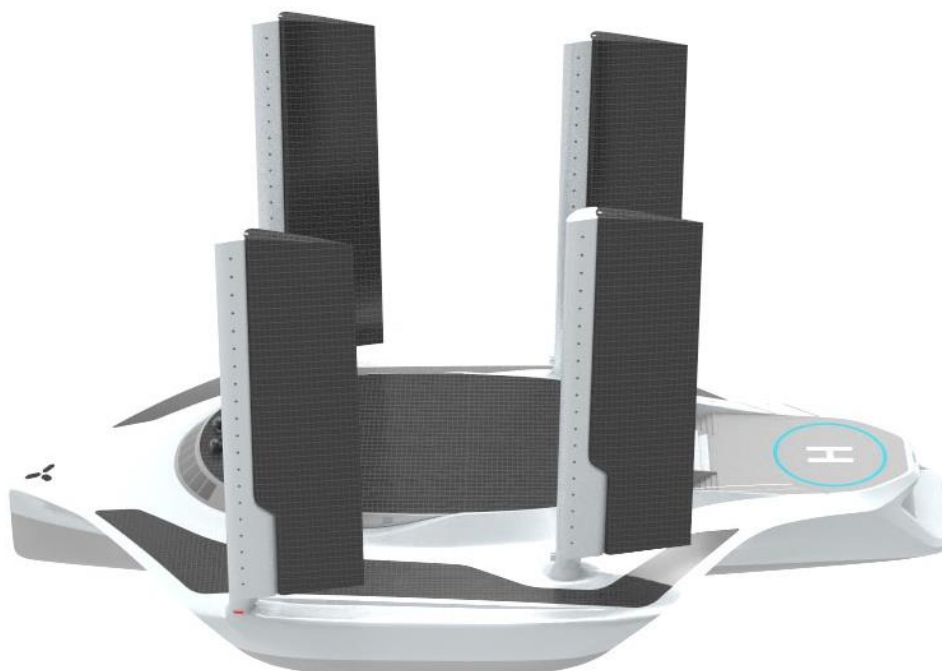
### 6.1.2 Pracovní verze plavidla

Pracovní verze plavidla neobsahuje obytnou nástavbu, což má zásadní vliv na proporce a celkové vizuální pojetí. Boční pohled pracovní verze je zobrazen na Obr. 6-15. Směrovost je díky čelnímu sklonu zachována, avšak proporčně plavidlo působí velmi placatě a mohutnější zád' převládá nad vizuálně odlehčenější přední částí. Dominantním prvkem jsou v tomto případě vertikální křídla, která výrazně přesahují horní palubu. Pracovní verze má nižší hmotnost, což umožňuje upevnění i nižších křídel, která lze jednoduše konfigurovat v místě jejich upevnění. Nad hladinou také vystupuje tmavě šedě zbarvený trup, z důvodu nižšího ponoru. To však může být upraveno v případě, že by plavidlo sloužilo pouze ke sběru odpadu.



Obr. 6-15 Pracovní verze plavidla z bočního pohledu

Horní paluba, kde není upevněna obytná nástavba je pokryta solárními panely, viz Obr. 6-16, a v přední části je umístěn nosič komunikačních zařízení, který opticky prodlužuje čelní sklon kormidelny stejně jako v případě obytné nástavby. Zadní paluba je v tomto případě zbarvena do šeda, protože se nepředpokládá, že zde budou pasažéři trávit delší čas, takže nevádí vyšší zahřívání paluby od slunce.

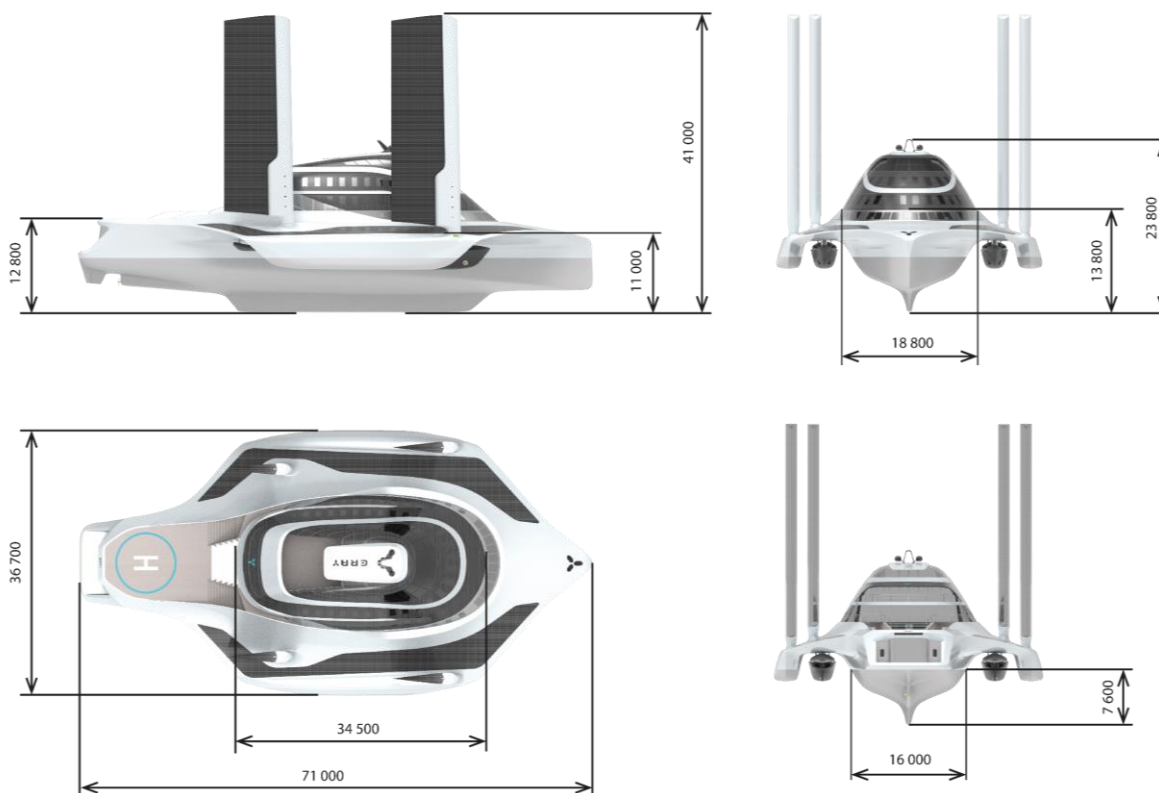


Obr. 6-16 Pracovní verze plavidla s pokrytou střechou solárními panely

## 6.2 Konstrukčně-technologické řešení

### 6.2.1 Základní rozměry

Základní rozměry plavidla jsou zobrazeny na Obr. 6-17. Na délku dosahuje 71 000 mm, 34 700 mm na šířku, 41 000 mm na výšku se vztyčenými křídly.



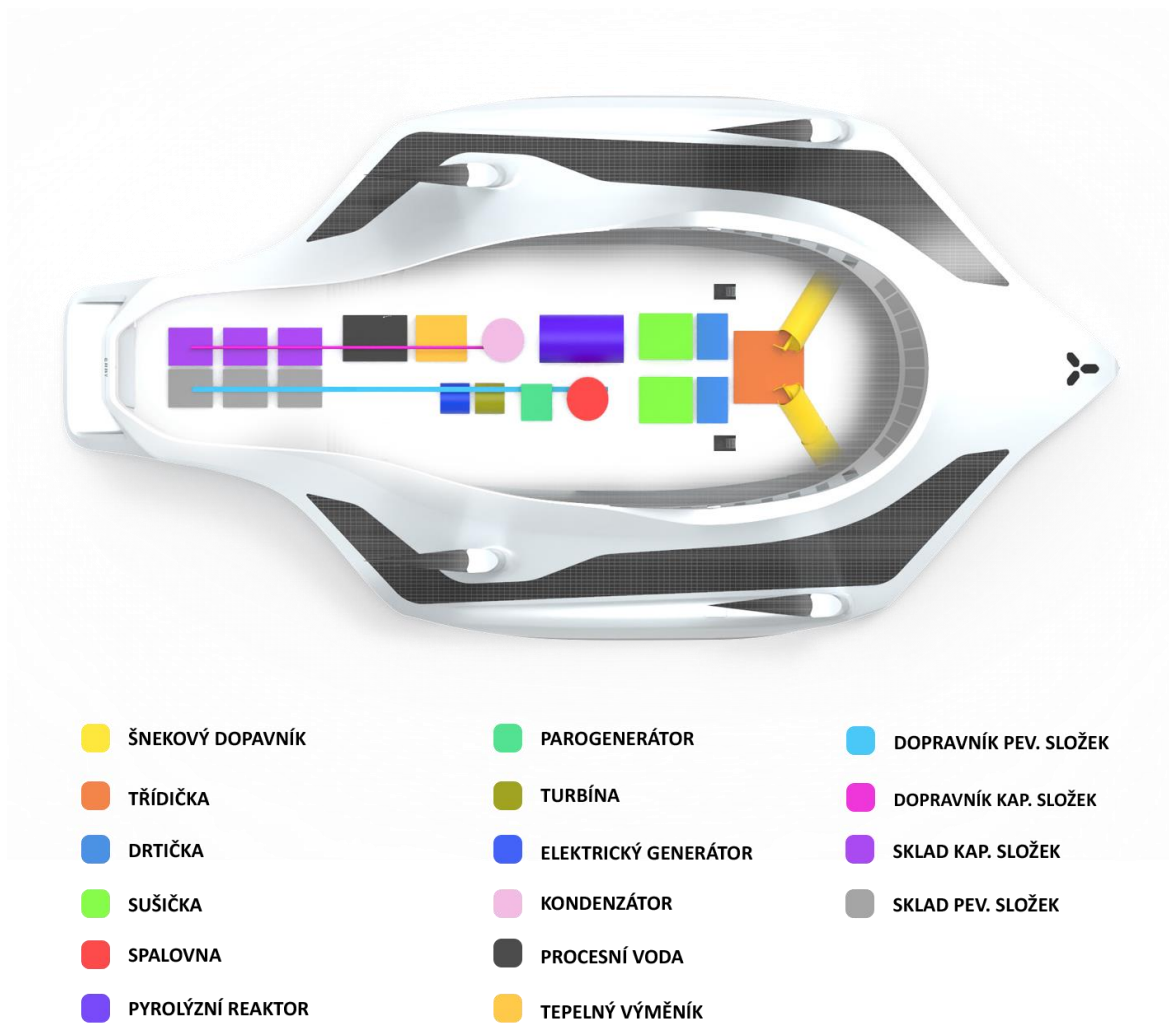
Obr. 6-17 Základní rozměry plavidla

### 6.2.2 Vnitřní uspořádání komponent

Plavidlo je technologicky vyspělý stroj obsahující řadu komponent pro zajištění jeho činnosti. V této kapitole jsou zmíněny a znázorněny jen ty nejdůležitější, které obstarávají primární funkce a které sloužili jako okrajová podmínka pro návrh tvarově-konstrukčního řešení.

#### Zpracování odpadu

Zařízení pro zpracování odpadu je zobrazeno na Obr. 6-18. Jedná se především o třídačku, drtičku, sušičku, spalovnu, pyrolýzní reaktor, kondenzátor, turbína, generátoru a tepelné výměníky. V zadní části se nachází nádoby na uskladnění produktů vzniklých při pyrolýze a spalování.



Obr. 6-18 Vnitřní uspořádání zařízení pro zpracování odpadu

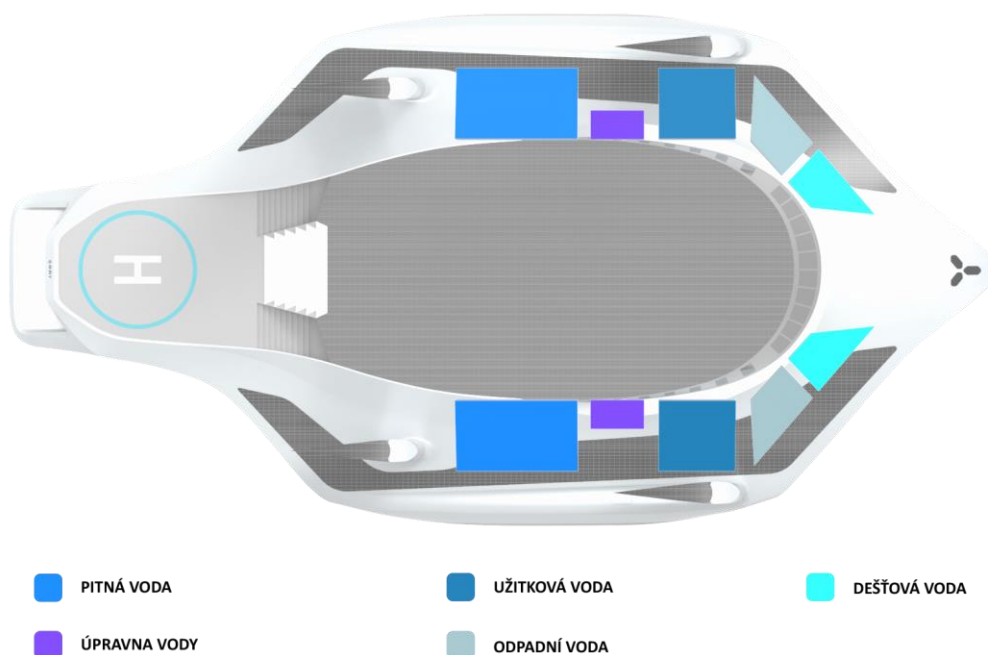
### Vodní hospodářství

Pro zajištění dostatku vody pro posádku a technologické procesy je plavidlo vybaveno sofistikovaným vodním hospodářstvím, které má za cíl maximálně využít sladkou vodu, bez zbytečného plýtvání. Nádrže na vodu jsou umístěny v prostoru mezi trupy. V přední části je umístěna nádrž na dešťovou vodu, která je sbírána drážkou nacházející se na ochozu kolem kormidelny, viz Obr. 6-19. Drážkou je svedena voda z celé obytné nástavby, případně střechy pracovní verze do nádrží na dešťovou vodu umístěnou v přední části plavidla.



Obr. 6-19 Detail na odtokový kanál mezi stěnou kormidelny a trupem

Odtud putuje do filtračního zařízení, kde je transformována na pitnou a uskladněna v nádržích na pitnou vodu. Další nádrže jsou na užitkovou vodu, využívanou především k hygieně cestujících. Poslední nádrž je na odpadní vodu, která je vyčištěna a upravena v čistícím zařízení odkud je následně vedena do nádrží na užitkovou vodu a znovu použita. Z plavidla tak nedochází k uniku a vypouštění žádné odpadní vody do oceánu. Všechny nádoby a zařízení zajišťující vodní management plavidla jsou zobrazena na Obr. 6-20.



Obr. 6-20 Umístění nádrží na vodu v plavidle

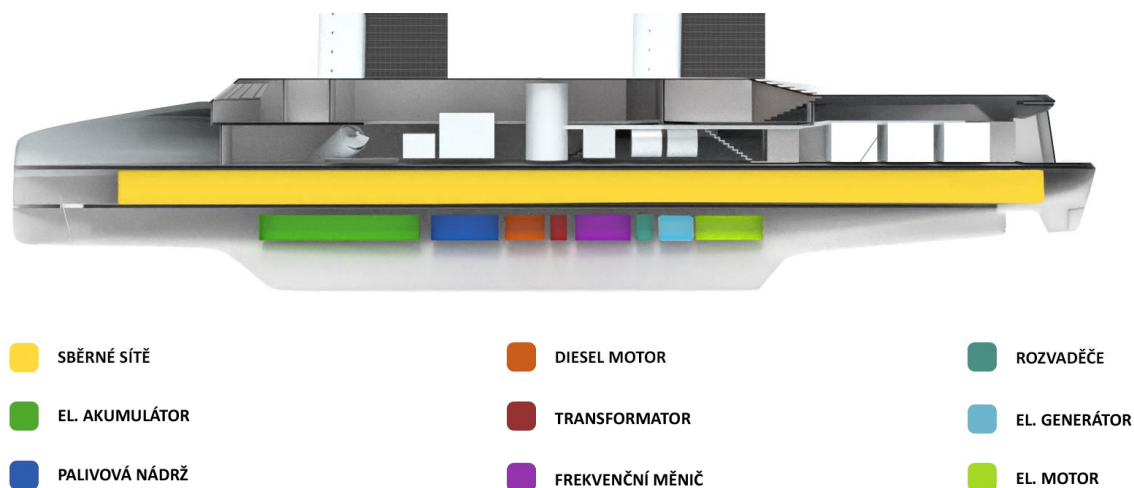
### Vertikální křídla

Vertikální křídla jsou vybavena hydraulickým a elektrickým mechanismem zajišťující jejich natáčení a naklápění. Dále jsou vybavena rotační turbínou a generátorem k produkci elektřiny.



## Pohonné ústrojí

Primární pohon je zajišťován pomocí křídel. Jako rezervní pohon je využíván lodní šroub poháněný elektromotorem nacházející se v nejnižším místě trupu. Dále jsou zde umístěny elektrické akumulátory uchovávající elektřinu ze všech obnovitelných zdrojů energie. V případě nedostatku energie je zde navíc záložní diesellový generátor a palivové nádrže. Rozložení komponent pohonného ústrojí je vidět na Obr. 6-21.



Obr. 6-21 Uspořádání komponent pohonného ústrojí

## Sběrné sítě

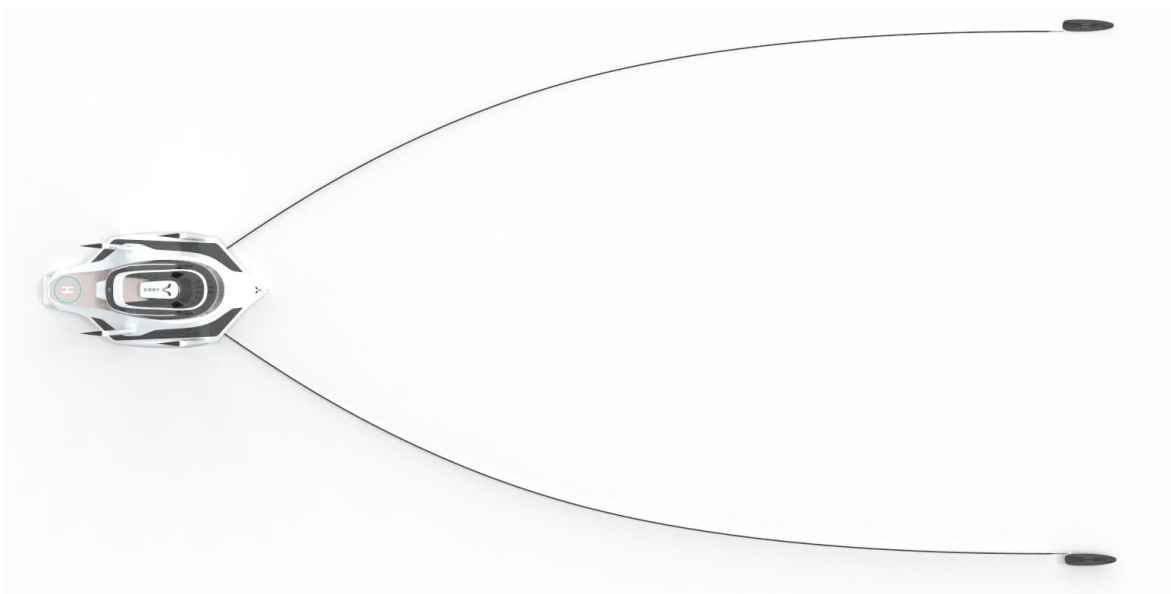
Sběrné sítě o celkové délce 1500 m a předpokládané hmotnosti 20 tun, dle konkurenčních parametrů, jsou umístěny nad pohonným ústrojím, kde jsou napnuty na rotační válce, pomocí nichž jsou navíjeny a odvíjeny.

## Sběrné plováky

Sběrné plováky jsou vybaveny elektromotorem pohánějící lodní šroub na zádi. V přední části se nachází elektromotor a dokormidlovacího zařízení, které zlepšuje manévrovatelnost plováku při přesném spojení s plavidlem. Elektromotory jsou napájeny přímo z akumulátorů sběrného plavidla elektřinou vedenou zaizolovaným kabelem umístěným uvnitř plovoucí bariéry sběrné sítě.

### 6.2.3 Proces sběru, zpracování a přepravy odpadu

Při vhodných povětrnostních podmínkách, kdy nejsou příliš vysoké vlny, se ukotvené motorové plováky oddělí od plavidla a natáhnou sběrné sítě, což vytvoří bariéru o účinné šířce až 1000 m, která vlivem dopředného pohybu plováků a plavidla směřuje plovoucí odpad ke středovému trupu, viz Obr. 6-22.



Obr. 6-22 Plavidlo s nataženou sítí

Na každé straně trupu dojde k vysunutí dopravníkového poklopu nahoru a vysunutí šnekových dopravníků, kterými je odpad přepravován na palubu, viz detail vysunutého šnekového dopravníku a sběrné sítě na Obr. 6-23.



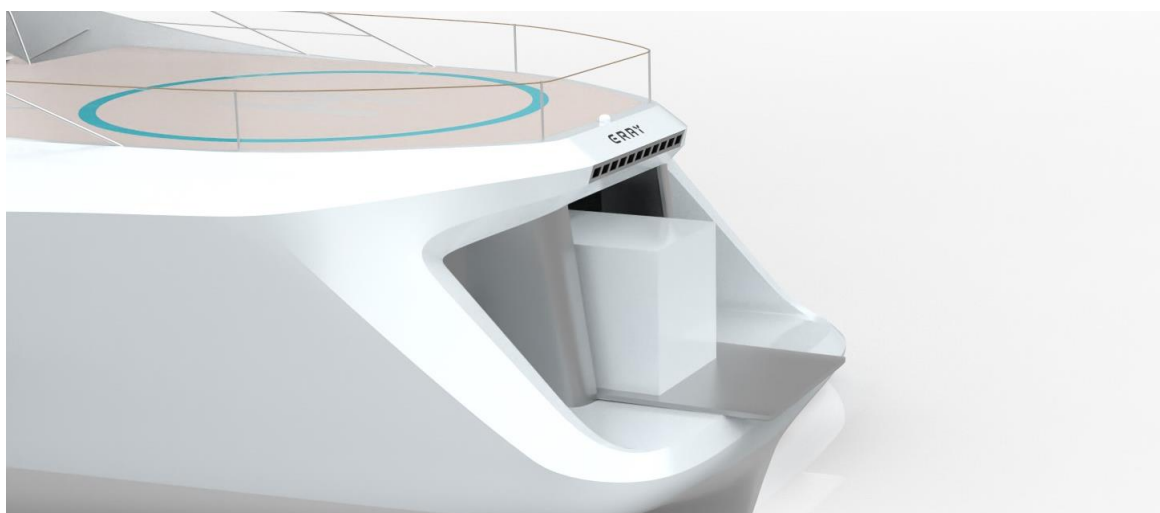
Obr. 6-23 Vysunutý šnekový dopravník a sběrná síť s detailem na aretační stěnu plováku

Na palubě je odpad nejdříve automaticky roztríděn podle možnosti zpracování a vysušen. Odpad, který nelze zpracovat pyrolýzou putuje do spalovací komory, kde je spálen. Odpad vhodný k pyrolýznímu zpracování je dále rozdrčen na kousky do velikosti 35 mm a následně vysušen. Po vysušení je šnekovým dopravníkem dávkován do pyrolýzního reaktoru, kde za zvýšených teplot mezi 350-500 °C dochází k sublimaci materiálu na syntetický plyn. Ten se v kondenzátoru přemění na olejovou směs, kterou lze rafinací dále zpracovat na palivo. Rafinace však vyžaduje kolony s řízením přesných teplotu a tlaků, což je vysoce energeticky náročný proces. Proto zkondenzovaná olejová směs je přímo uložena do přepravních nádob

v zadní části trupu, která bude následně přepravena na pevninu, kde bude zpracována. Nezkondenzovaný plyn včetně odpadního tepla ze spalovacího procesu slouží jako tepelný zdroj pro sušení odpadu, pyrolýzní reakci a k výrobě vodní páry pohánějící parní turbínu generující elektřinu. Kromě plynné a kapalné složky je produktem pyrolýzy také uhlíkový prášek vznikající v pyrolýzním reaktoru, odkud je dopravníkem přesunut do skladových nádob v zadní části plavidla vedle nádob s pyrolýzním olejem.

Jakmile se zhorší povětrnostních podmínek, při kterých začnou vznikat velké vlny, dojde k zasunutí šnekových dopravníků a uzavření otvoru vodotěsným poklopem. Motorové plováky zapnou reverzní chod, při kterém se začnou pomalu vracet zpět k plavidlu a sběrné sítě se začnou navíjet do úschovny v prostoru trupu. Motorové plováky zajedou zpět mezi středový a boční trup plavidla díky preciznímu manévrování zadního kormidla a předního dokormidlovacích zařízení. Plováky jsou na horní palubě vybaveny vodící drážkou, ve které se pomalou reverzní plavbou usadí aretační stěna vystupující z trupu plavidla. Po usazení plováku sevrou aretační stěnu plavidla svěrné desky na bocích vodící drážky, a tím dojde ke stabilnímu upevnění motorového plováku k trupu plavidla. Tím vznikne kompaktní celek odolný proti bouřím. Po aretaci motorových plováků dojde k utěsnění spáry mezi trupem a lanem sběrné sítě pomocí otočného poklopu.

Jakmile dojde k naplnění skladových nádob znovuvyužitelnými produkty z procesu pyrolýzy a spalování, připluje k plavidlu kyvadlová loď, která odpad přepraví jeřábem na její palubu přes sklápěcí rampu nacházející na zádi trupu sběrného plavidla, viz Obr. 6-24.



Obr. 6-24 Přesun nádob s obsahem ZSO

## 6.2.4 Využití obnovitelných zdrojů energie

K zajištění nízké produkce emisí skleníkových plynů a maximální energetické soběstačnosti je plavidlo vybaveno řadou technologií využívající obnovitelné zdroje energie k produkci elektřiny či samotnému pohonu plavidla. Zařízení využívají především kinetickou energii vzduchu a vody a taky energie slunečního zařízení.

### Vertikální křídla

K pohonu plavidla je využívána primárně energie proudícího vzduchu, který obtéká čtyři vertikální křídla. Vlivem rozdílné rychlosti proudění na každé straně profilu křídla vzniká rozdílný tlak, čímž vzniká tlačná síla pohánějící plavidlo. Křídla se skládají ze symetrického aerodynamického profilu NACA 0015, který by sám o sobě negeneroval téměř žádný vztlak. Pro zajištění rozdílu tlaku je zapotřebí vytvořit rozdílnou plochu každé strany křídla, což je zajištěno natočením křídla vůči stěžni, viz Obr. 6-25 a Obr. 6-26. Tím vznikne vyklenutí, které vyvolá rozdíl tlaků. Na delší straně křídla je proud vzduchu urychlován, čímž vzniká podtlak vůči kratší straně profilu křídla, kde je proud vzduchu pomalejší, a tedy vyšší tlak.

Na Obr. 6-25 jsou zobrazeny tlakové proudnice a na Obr. 6-26 rychlostní proudnice kolem křídla obtékané rychlostí vzduchu 3 m/s při úhlu náběhu 20°, což jsou okrajové podmínky, které vstupovali do předběžného výpočtu křídel.

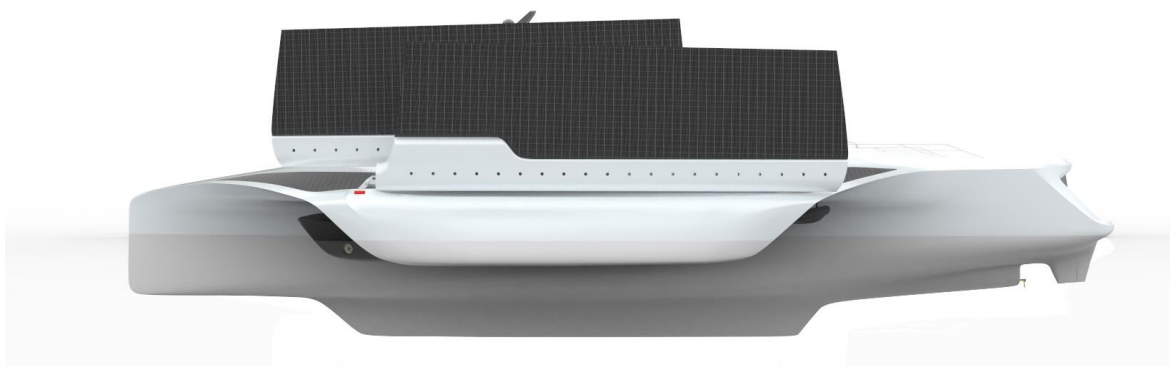


Obr. 6-25 Vizualizace tlakových proudnic kolem křídla



Obr. 6-26 Vizualizace rychlostních proudnic kolem křídla

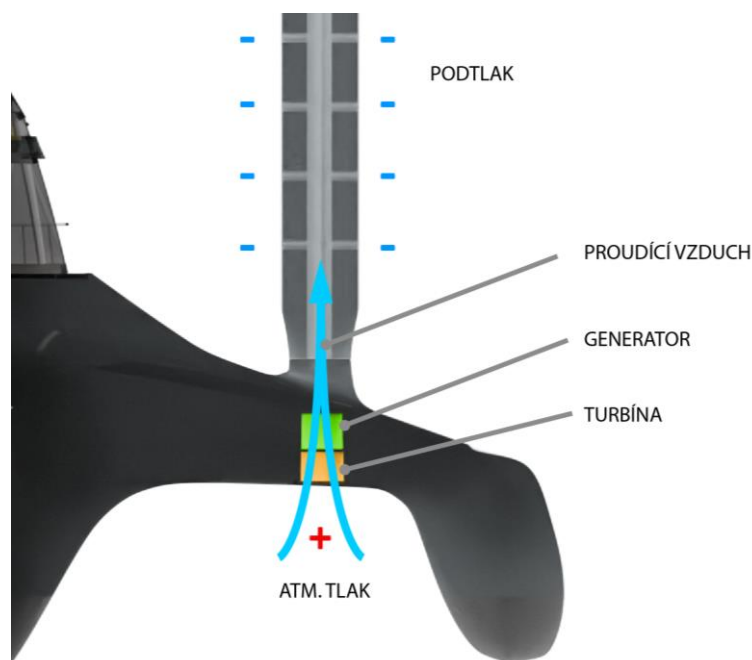
Kromě natáčení je možné křídla také sklápět o 90° z důvodu zajištění kompaktní tuhé konstrukce v případě bouří, které by při rychlém proudění vzduchu mohli křídla poškodit. Sklopená křídla jsou zobrazena na Obr. 6-27.



Obr. 6-27 Plavidlo se sklopenými křídly

### Větrné turbíny

Pod stěžněmi křídel jsou čtyři větrné turbíny, které jsou doplněny zavíracími otvory nacházejícími se mezi trojicí trupů. Ve stěžni jsou umístěna dvě dutá potrubí a každá je na jedné straně několika menšími trubicemi vyvedeno ven skrze díry umístěné na stěžni, viz Obr. 6-28. Vlivem obtékání aerodynamického profilu, jehož součástí je i stěžněň dochází k již zmíněnému urychlování proudění a tím snížení tlaku na jeho povrchu vůči okolí. Vzduch se snaží z míst s vyšším vztlakem nacházející se mezi trupy dostat do míst s nižším tlakem a tím vyrovnat tlakový rozdíl. Na základě toho podtlak na povrchu stěžně vyvolá v dutém potrubí proud vzduchu, který pohání turbínu, což je podobný princip jako vyžívá technologie společnosti Aeromine avšak aplikovaný v jiné oblasti. Vlivem vyrovnávání tlaku na povrchu křídla však může být snížena účinnost samotných křídel k pohonu plavidla. Proto je možné otvor pod turbínou natáčecími lištami zaslepit a tím zabránit vyrovnávání tlaků na povrchu stěžně. Využívání této technologie by bylo možné tedy jen v případech, kdy by foukal dostatečně silný vítr, který by umožnil, jak využít sníženou efektivitu křídla k pohonu, tak i produkci elektřiny rotací turbín. Snížením efektivity křídel by tak mohla být využita a při vyšších rychlostech větru, kdy by za normálních podmínek musela být sklopena z důvodu bezpečnosti proti porušení. Turbíny zabudované do konstrukce plavidla jsou hlukově izolována od okolí a nedochází k nežádoucímu aeroakustickému hluku, který by znepříjemňoval pobyt cestujících na palubě.



Obr. 6-28 Ilustrace principu funkce větrné turbíny pod křídlem

### Solární panely

Solární články generující elektřinu ze slunečního záření jsou umístěny, jak již bylo zmíněno na vertikálních křídlech, trupu plavidla a obytné nástavbě. Solárními články je celkem pokryto přes 1500 m<sup>2</sup>.

### Hydrogenerátory

Lodní šroub sloužící jako záložní pohon je možné natočením lopatek využít taky jako hydrogenerátor. V případě vhodných povětrnostních podmínek, kdy vertikální křídla zajišťují dostatečný tah, jsou lopatky lodního šroubu otočeny do pozice hydrogenerátoru a vlivem proudění vody kolem trupu dochází k jeho rozpočívání a produkci elektřiny. Pokud však není dostatek energie z větru, tak lopatky zůstávají ve vycházejí pozici, kdy produkují nižší odpor vůči prostředí.

## 6.2.5 Hydrostatika a hydrodynamika trupu

Na základě odhadnuté hmotnosti 2000 tun pro obytnou verzi vychází výsledný ponor bez započítání kýlu na 4500 mm.

Obtékáním profilu křídla vzniklá tlačná síla nepůsobí ve směru pohybu, ale kolmo na plochu křídla, což by vedlo k bočnímu pohybu plavidla s vysokým odporem. K zajištění dopředného pohybu je potřeba kolmou sílu na směr pohybu vyrovnat opačnou silou. K tomu slouží kýl, který začne být obtékán vodou při vyvolání šikmé tlačné síly křídel. Obtékaná voda způsobí opačnou tlakovou sílu a tím dojde k vynulování bočních silových účinků a zůstane pouze síla působící v osovém směru plavidla.

Aerodynamické a hydrodynamické síly působící na křídlo vyvolají v plavidle klopný moment. Pro jeho minimalizaci plavidlo využívá trojici trupů, která zajistí vyšší stabilitu. Příčným natočením plavidla dojde k většímu ponoření jedné strany plavidla, tím vznikne vyšší vztlaková síla na bočním trupu, který působí opačným momentem proti klopnému momentu.

## 6.2.6 Shrnutí základních parametrů plavidla

Kapacita pracovní verze: 8 osob

Kapacita obytné verze: 59 osob (48 veřejnost / 8 technici / 3 obsluha)

Max. sběrná šířka: 1000 m

Rychlost plavby při sběru odpadu: 3 km/h

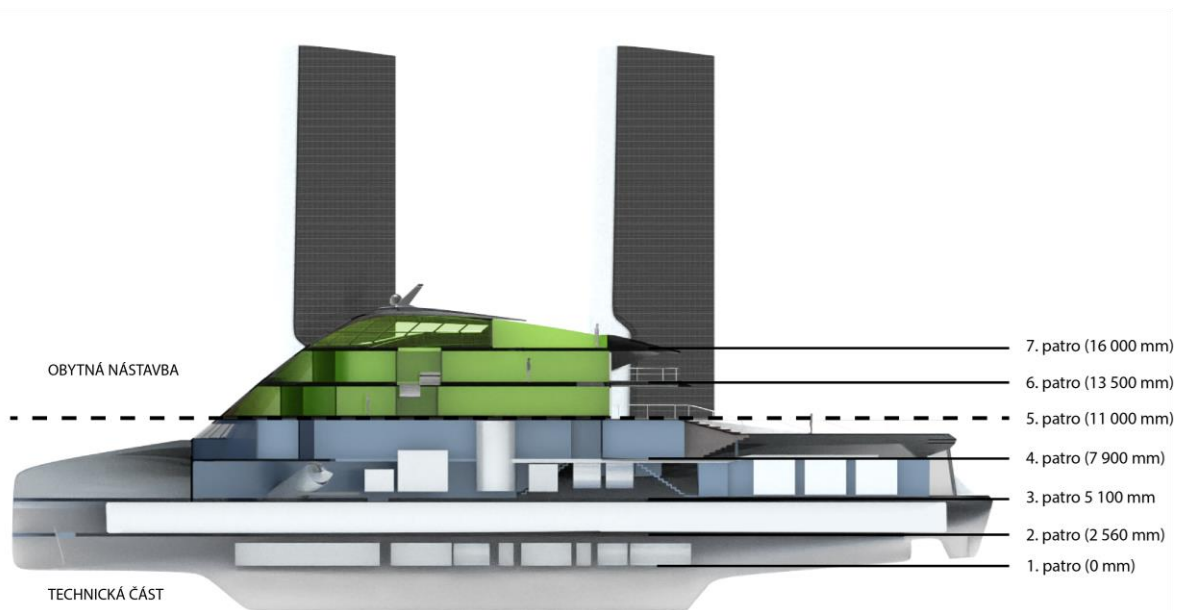
Technologie zpracování odpadu: pyrolýza a spalování

## 6.3 Ergonomické řešení, bezpečnost a hygiena

### 6.3.1 Vnitřní uspořádání místností

Podélný řez plavidlem

Obytná verze plavidla je celkem rozdělena do sedmi pater. Z toho první čtyři patra jsou společná s pracovní verzí a tři nejvyšší patra jsou součástí obytné nástavby. Na Obr. 6-29 je zobrazen podélný řez plavidlem s vyznačenou technickou částí a obytnou částí a jednotlivými výškovými úrovněmi.



Obr. 6-29 Podélný řez plavidlem

### 1. podlaží

V nejnižším patře se nachází pohonný systém plavidla, ke kterému je pro případ údržby přiveden v přídi trupu žebřík z vyššího patra.

### 2. podlaží

Druhé patro je rezervováno pro uschování sběrných sítí, které jsou napnuty na rotačních válci. V prostoru přídě se nachází žebřík do nejnižšího podlaží a na každé straně v prostoru, kde se nachází otvor pro vysunutí sítí je umístěn žebřík vedoucí do vyššího patra. Kolem těchto žebříků se nachází dostatečný prostor pro případnou údržbu a opravu sítí. Díky tomu, že se prostor nachází na samotném okraji sítě je možné pouhým odvíjením mít přístup k jakékoliv její části.

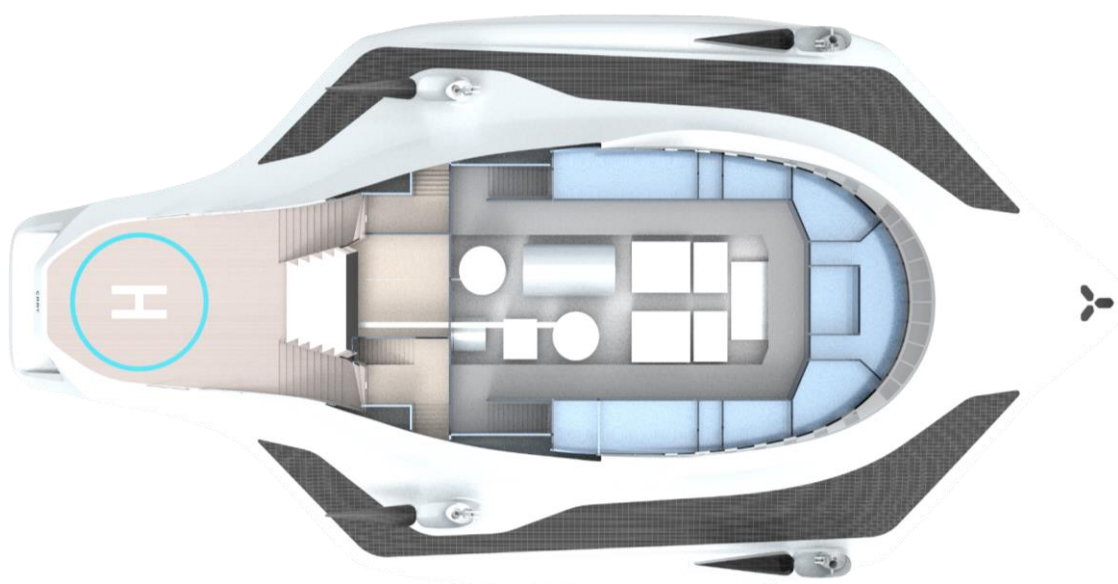
### 3. podlaží

Jádro plavidla se nachází ve třetím patře, kde jsou umístěna všechna zařízení pro zpracování odpadu včetně skladových prostor pyrolýzních produktů. V čele přídě se nachází technická místnost, ve které jsou umístěny řídicí počítače, elektronika a klimatizace. Za touto místností se nachází velký otevřený prostor o výšce dvou podlaží se zařízeními zpracovávající odpad viz. kapitola 6.2.2. Kolem dokola je pohybový prostor se dvěma schodišti na každé straně vedoucí do vyššího patra. Tyto schodiště slouží technikům a údržbářům plavidla. Za technologickým zpracováním v zadní části trupu je skladový prostor nádob obsahující ZSO. Po pravé straně se nachází přístupová chodba a schodiště určené především pro pohyb rekreačních pasažérů. Na pravé straně je naopak pohybový prostor pro techniky.



#### 4. podlaží

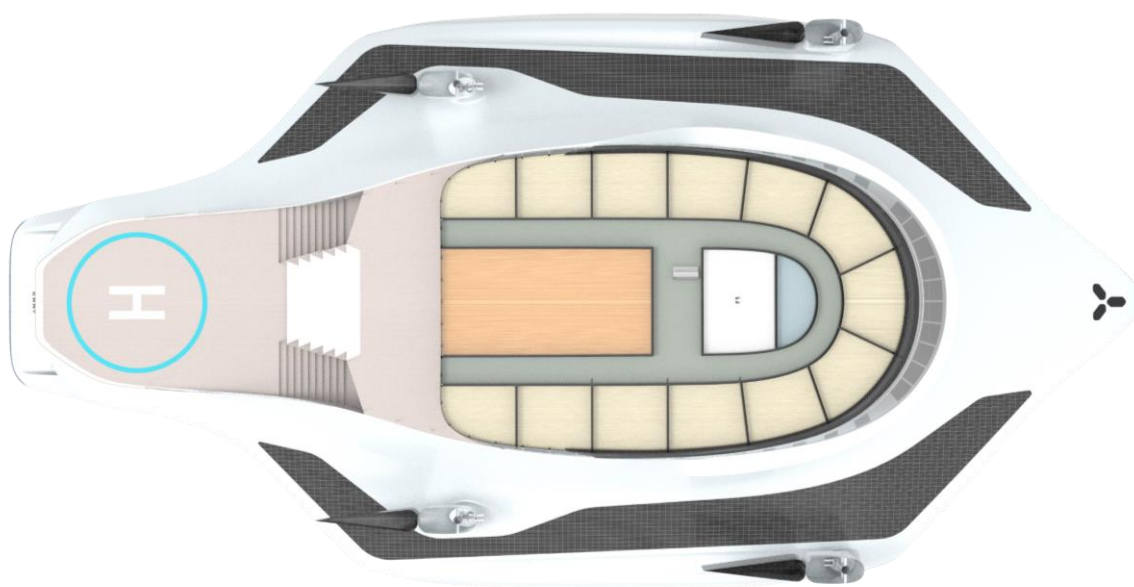
Čtvrté patro, viz Obr. 6-30, slouží jako zázemí pro obsluhu plavidla. V čelní části je situována kormidelna s pracovnou, která zajišťuje nejenom výhled na celou sběrnou plochu, ale i na technologický proces zpracování odpadu, který se nachází v otevřeném středu celého patra. Po pravé straně se nachází laboratoř pro vědecké pracovníky a po levé straně kuchyňka. Za těmito prostory jsou symetricky po ose plavidla umístěny dveře k ochozu určeného pro údržbu plavidla. Za nimi jsou prostory pro přespání technických a vědeckých pracovníků. Celkem jsou zde čtyři dvoupatrové postele s kapacitou osmi osob. Za ložnicemi se nachází skladový prostor a schody do nižšího patra. Na konci patra jsou schody vedoucí meziprostoru trupů k motorovým člunům. V zadní části se ještě nachází větší místnost sloužící jako konferenční a přednášková místnost pro edukaci veřejnosti pobývajících na plavidle či jako rekreační místnost v případě pracovní verze plavidla. Z této místnosti je podobně jako z kormidelny vidět celý technologický proces zpracování odpadu nacházející se uprostřed patra. Po stranách této místnosti se nachází schody vedoucí k heliportu a obytné nástavbě. Prostory čtvrtého patra nacházející se od vnitřní stěny edukační místnosti směrem dopředu jsou určeny jen pro obsluhu plavidla a prostory od této stěny směrem k zadní části jsou určeny především pro rekreační pasažéry.



Obr. 6-30 Půdorysný pohled na 4. podlaží

## 5. podlaží

Páté patro je první patro obytné nástavby. V mezipatře mezi pátým a čtvrtým podlažím se ve zadní části plavidla nachází heliport, který zároveň slouží jako multifunkční plocha pro různé aktivity. Od heliportu vedou k obytné nástavbě schody se sklonem  $6^\circ$ , za nimiž se nachází otevřená terasa sloužící k rekreaci a odpočinku. Terasa je zabezpečena po obvodu zábradlím o výšce 1000 mm. Vnitřní prostory obytné nástavby jsou orientovány do oválného tvaru. Kolem vnějších stěn nástavby je umístěno 13 kajut určené pro dvě osoby o výměře 15-21  $m^2$ . Každá kajuta je vybavena postelí pro dvě osoby, stolečkem, sprchovým koutem a toaletou. Kajuty jsou přístupné z hlavní chodby, která kopíruje oválný tvar nástavby. Chodba o šířce 1600 mm zajišťuje přístup do každé místnosti tohoto patra. Vnitřní prostory v přední části jsou určeny pro prádelnu a kuchyni o výměře 35  $m^2$ . Za kuchyní se nachází schodiště do dalšího patra obytné nástavby. Za schodištěm je velká kuchyně s jídelnou s plochou 80  $m^2$ , kterou lze propojit s otevřenou terasou velkými otočnými dveřmi se čtyřmi rameny, a tím celý prostor zvětšit a propojit s venkovním prostředím. Celé patro s výměrou všech místností je na zobrazeno na Obr. 6-31.



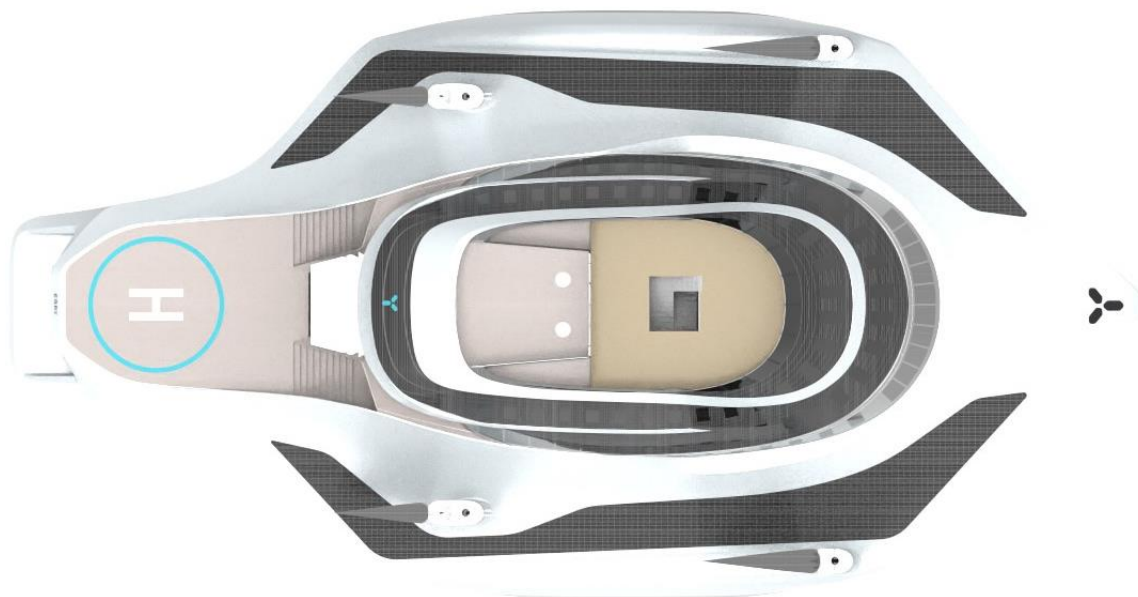
Obr. 6-31 Půdorysný pohled na 5. podlaží

## 6. podlaží

Druhé patro obytné nástavby a celkové šesté je půdorysně totožné s pátým patrem. Po obvodu se nachází 11 kajut o výměře 15-18  $m^2$ , které jsou přístupné z oválné chodby. Ve předních vnitřních prostorech je kajuta pro obsluhu, následovaná schody a velkou multifunkční místností s prostorem 60  $m^2$ , určeného pro workshopy, fitness atd. Za touto místností je otevřená terasa, kterou podobně jako v případě jídelny lze prosklenými otočnými dveřmi se čtyřmi rameny propojit s multifunkční místností.

## 7. podlaží

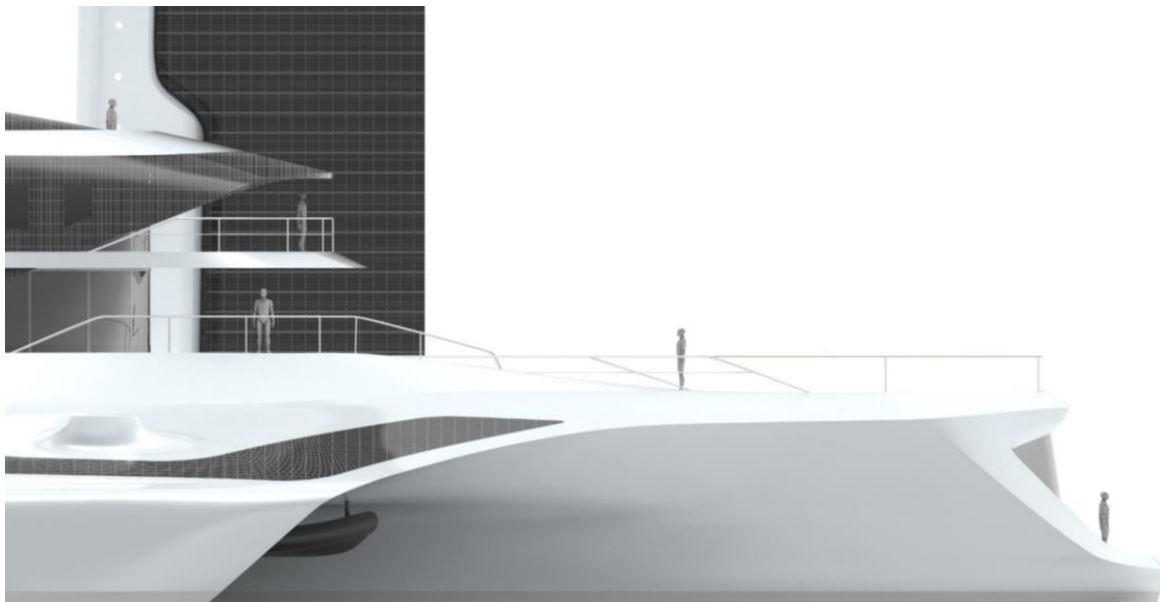
Sedmé nejvyšší patro je rozděleno na dvě části a je určeno především pro rekreaci, meditaci či sportovní aktivity. Přední uzavřená část patra poskytuje díky velkému prosklení čelní plochy panoramaticky výhled. V zadní části se nachází otevřená terasa, které se opět jako v předchozích patrech dá propojit otočnými prosklenými dveřmi s přední uzavřenou částí a tím vznikne velkorysý prostor s výměrou 120 m<sup>2</sup>, viz Obr. 6-32. Na podlaže venkovní části jsou umístěny dva světlovody o průměru 1000 mm, které vedou světlo do vnitřních prostor pátého a šestého patra.



Obr. 6-32 Půdorysný pohled na 7. podlaží

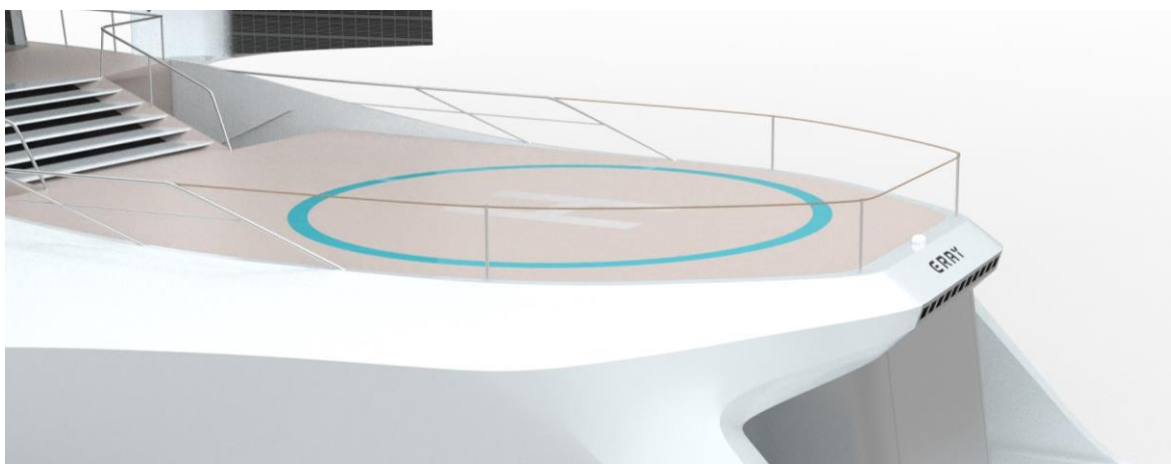
### 6.3.2 Bezpečnostní prvky

Všechny otevřené terasy pro cestující jsou vybaveny zábradlím o výšce 1000 mm zabezpečující cestující proti vypadnutí z paluby, viz Obr. 6-33.



Obr. 6-33 Výška zábradlí teras

V zadní části hlavní paluby je umístěn heliport, který slouží především pro nouzové případy nutné k záchraně cestujících či závažné poruše plavidla. Jeho účelem není časté využití, a proto je také zakomponován na palubu, která může být multifunkčně využívána cestujícími pro rekreaci či zábavu. Okraje heliportu jsou pro bezpečnost jak pasažérů plavidla, tak helikoptéry vybaveny výsuvnými tyčemi, které jsou propojeny lanem tvořící zábradlí, viz Obr. 6-34. Tyče jsou ukotveny v kolejnicích a v případě přistávání helikoptéry se manuálně zatlačí k zemi pro zajištění rovny plochy k bezpečnému přistání. Po přistání se zábradlí opět manuálně vysune do původní polohy k zajištění prevence před vypadnutím z plavidla.

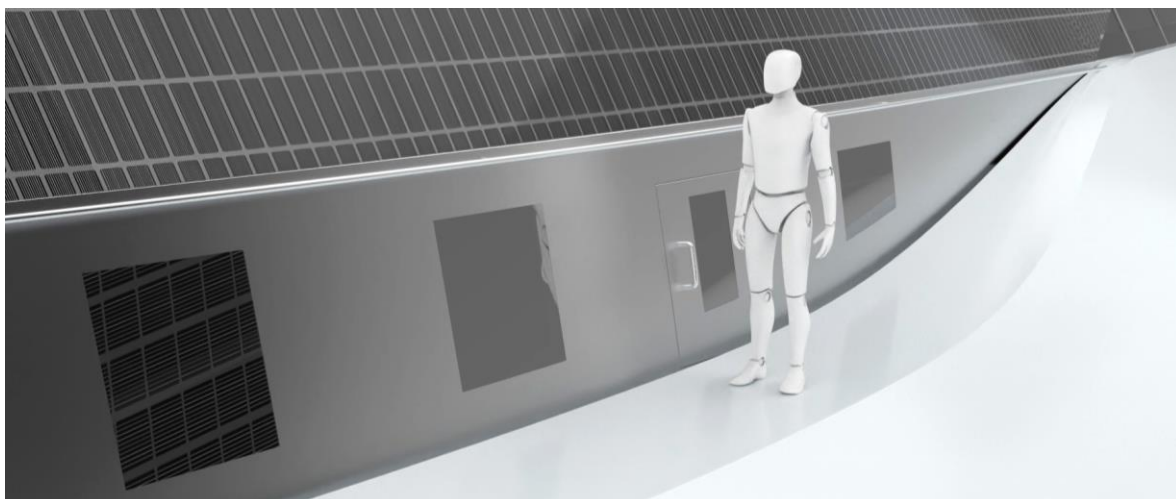


Obr. 6-34 Výsuvné zábradlí kolem heliportu

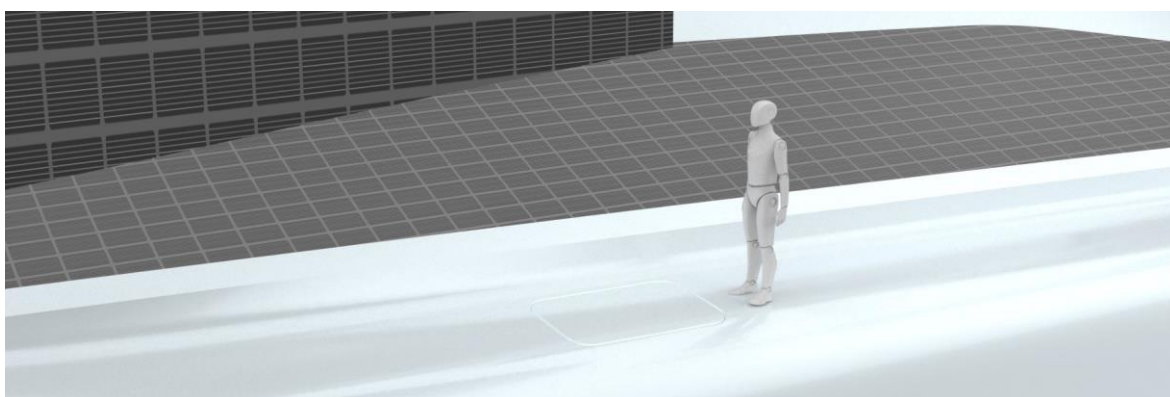
### 6.3.3 Údržba

Pro zajištění technické údržby jsou ke všem zařízením přístupové prostory. Do prostoru úschovny sítí v případě jejich roztržení nebo poruchy je možné vstoupit prostřednictvím dvou žebříků z podlaží zpracování odpadu. Z úschovny sítí lze následně pokračovat až na nejnižší podlaží, kde je umístěno pohonné ústrojí.

Vnější údržba solárních panelů případně sklápěcího a natáčecího mechanismu křídel je možná přístupem z ochozu kormidelny na který lze vstoupit bočními dveřmi, viz Obr. 6-35. Na vnější stěně kormidelny se nachází kotevní tyč, za kterou se údržbář pomocí jistící výstroje ukotví. Následně může přecházet po ochozu i pochozích solárních panelech až k bočním trupům, kde se nachází poklop pro přístup k hydraulickému mechanismu a větrné turbíně předního křídla, viz Obr. 6-36. Údržba mechanismů zadního křídla je zajištěna z prostoru nastupování do motorových člunů.



Obr. 6-35 Detail ochozu kolem kormidelny



Obr. 6-36 Detail na údržbový poklop na bočním trupu

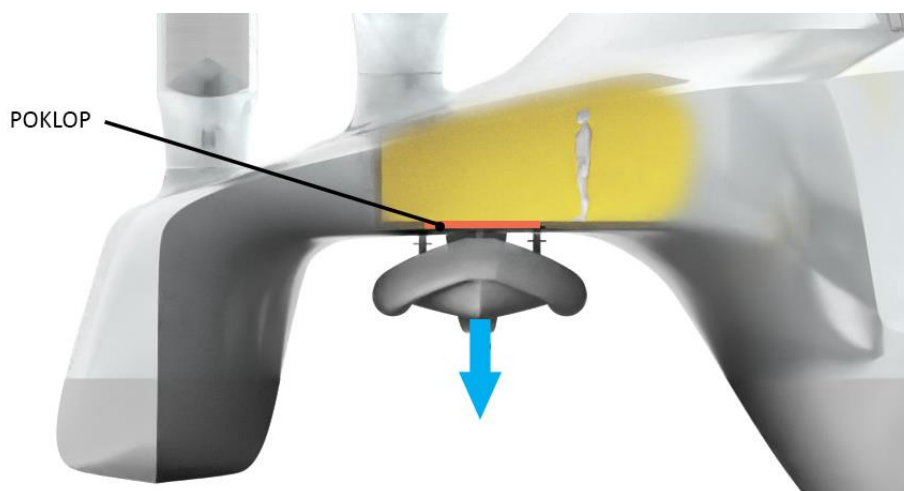
Údržba zařízení na zpracování odpadu je zabezpečena dostatečným volným prostorem kolem nich, včetně vyvýšeného balkonu, z paluby kormidelny odkud je možné se pohodlně dostat i k vyšším částem zařízení.

Údržba oddělitelných plováku či jiných vnějších částí kolem hladiny je řešena pomocí motorových člunů se kterými se údržbáři přepraví.

Údržba komunikačních zařízení na střeše obytné nástavby je řešena přistavením žebříku ke střeše přes otevřenou terasu ve 3. patře V případě pracovní verze, kde jsou komunikační zařízení umístěna na hlavní palubě, se údržbáři dostanou přes přístupové schody.

### 6.3.4 Záchranné čluny

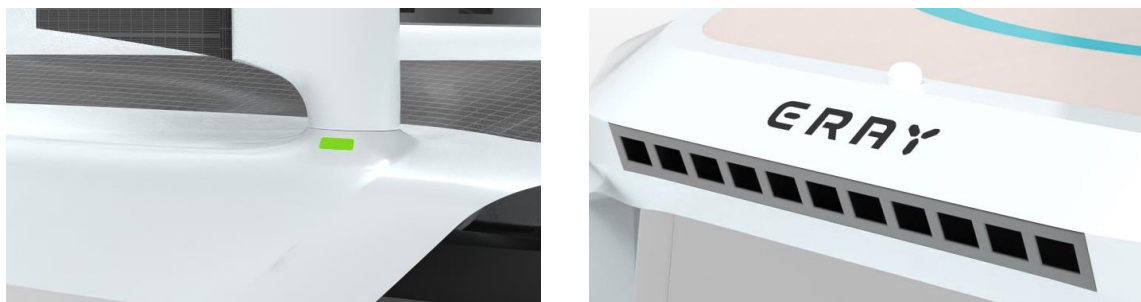
Plavidlo je vybaveno dvě motorovými čluny o celkové kapacitě 42 osob. Čluny však mohou být využity i k údržbě plavidla nebo přepravě mezi jinými sběrnými plavidly. Pro zajištění bezpečnosti všech pasažérů v případě havárie jsou na palubě také nafukovací záchranné čluny, které doplní zbývající kapacitu dvou motorových člunů. Nastupování do motorových člunů je řešeno otevřením poklopu nacházející se mezi trupy a následným spuštěním člunu na hladinu, viz Obr. 6-37.



Obr. 6-37 Vstup do záchranných člunů

### 6.3.5 Osvětlení plavidla

Navigační osvětlení plavidla vychází z legislativních nařízení. Proto je na plavidlo instalováno na pravé straně zelené světlo a na levé červené, které svítí pod úhlem  $112,5^\circ$ . Na zádi se nachází bílé světlo osvětlující úhel  $135^\circ$ . Na nejvyšším bodě stožáru komunikačních zařízení se nachází bílé světlo osvětlující čelní horizont v úhlu  $225^\circ$ . Každé křídlo, které jsou nejvyšším bodem plavidla, je vybaveno bílým signalizačním světlem udávající výšku plavidla. Umístění vybraných světel je zobrazeno na Obr. 6-38.



Obr. 6-38 Boční a zadní světlo plavidla

Kromě plavidla jsou osvětleny taky motorové plováky, které jsou vybaveny z důvodu jejich malých rozměrů pouze jedním sdruženým světlem o červené a zelené barvě, které je umístěno na jeho nejvyšším bodě.

## 6.4 Barevné a grafické řešení

### 6.4.1 Barevné řešení

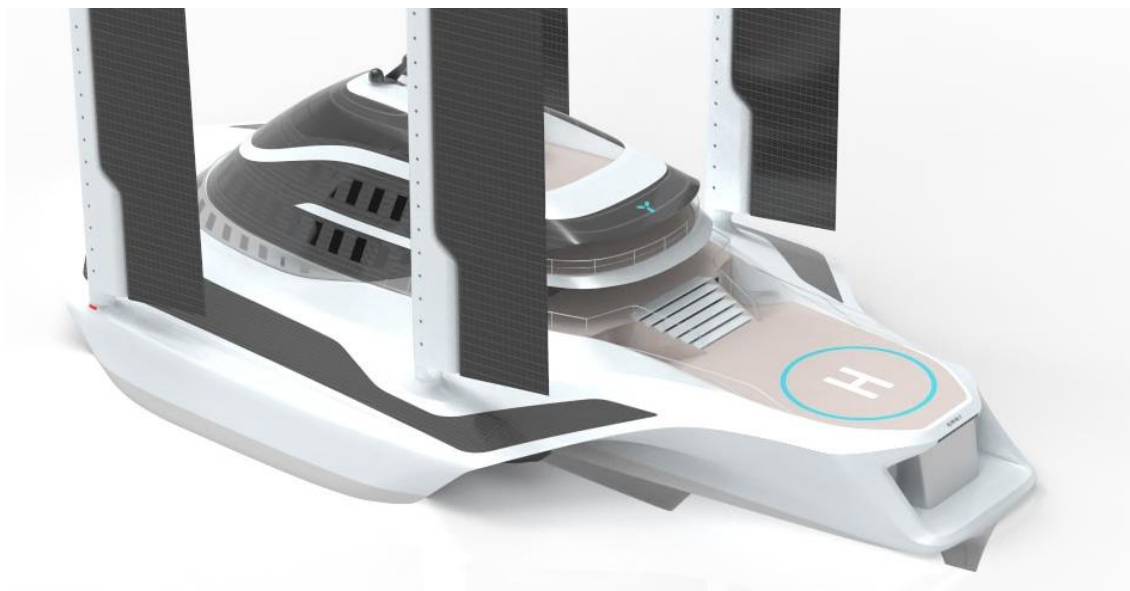
Barevné zpracování je důležitou součástí vizuálního pojetí produktu, protože se jedná o vizuální aspekt, který v člověku vzbudí první dojem. Teprve následně si lidské vnímání začne uvědomovat tvarování a členění produktu. Z toho důvodu je důležité volit barvy s ohledem na emoce a pocity, které má v uživatelích vyvolávat a také s ohledem na prostředí ve kterém se bude plavidlo pohybovat.

Hlavní barvy použité na tělo trupu a obytnou nástavbu jsou odstíny černé a bílé. Jedná se o světelně kontrastní bravy, které propořčně člení velkou hmotu plavidla na menší díly.

Bílá barva s lehkým modrým odstínem RAL 260 90 05 působí neutrálně, čistě, moderně a vzdušně, což jsou pozitivní vjemy působící na lidi pobývající na plavidle. Navíc plavidlu dodává pocit lehkosti a vznešenosti uprostřed modré hladiny oceánu.

Odstíny černé barvy nejenom člení plavidlo, ale také barevně sjednocují plochy pokryté solárními panely. Obytná nástavba včetně svrchní plochy mezi trupy je pokryta černo-šedými solárními články. Zkosené prostory a ostré rohy, které nelze pokrýt solárními články jsou zbarveny odstínem solárních panelů a tím dochází ke sjednocení a ucelení ploch. Ponořená část trupu je pokryta antikorozním nátěrem ve světle šedém odstínu.

Šedo-černé a bílé plochy jsou doplněny světle hnědou barvou hlavní paluby. K tomu dodává plavidlu barevný akcent kruh heliportu a symbol zbarvený v odstínu RAL 210 70 35. Výsledné barevné řešení je zobrazeno na Obr. 6-39.



Obr. 6-39 Výsledné barevné řešení

### Barevné varianty

Plavidlo může využívat více společností nebo organizací, a proto je vhodné jejich plavidla barevně odlišit podle podnikových barev. V takovém případě by byly zachovány primární černo-šedé a bílo-modré barevné odstíny a pouze doplňková akcentní barva by se přizpůsobila odstínům konkrétní společnosti. Tato barva se taky může odlišovat podle náplně a zaměření daného obytného plavidla, pokud v jedné oblasti bude působit více sběrných plavidel. Ukázka červeného akcentního zbarvení je zobrazeno na Obr. 6-40.



Obr. 6-40 Barevné řešení s červeným akcentem



## 6.4.2 Název

Charakteristický název a logotyp jsou důležitými součástmi návrhu, které nejenom dotváří podobu produktu, ale slouží také k marketingovým účelům a napomáhají k zapamatování produktu.

Plavidlo je pojmenováno Eray [írej]. Název vychází ze jména Eagle Ray, což je druh rejnoka žijící na otevřeném oceánu. Tento živočich byl inspirací pro výchozí tvarování produktu, a proto z jeho jména vznikl odvozený název plavidla. Úvodní písmeno E navíc může evokovat slova Ecology, Environment, Electric, tedy oblasti a technologie, které produkt využívá nebo na které cílí.

## 6.4.3 Logotyp a symbol

Logotyp je tvořen velkými písmeny názvu Eray, viz Obr. 6-41. Písmena ERA vznikla modifikací rodiny písma Snasm. Díky jejich oblým rohům a dělené středové linii na levé straně tvoří ucelený obraz. Poslední písmeno Y je zároveň samostatným symbolem a je tvořeno trojicí obdélníků se zkosenými rohy. Symbol znázorňuje půdorysný tvar plavidla s oddělenými sběrnými plováky, které znázorňují trychtýř směřující odpad k plavidlu. Symbol plováku se opakuje v písmenu E, kde tvoří středovou čáru. Logotyp tak působí sjednoceně a kompaktně. Jednotlivá písmena mají mezi sebou velký rozpal, což dodává logotypu vzdušnost a čitelnost.



Obr. 6-41 Navržený logotyp a symbol

### Umístění logotypu na plavidle

K dotvoření jedinečného výrazu a dodání barevného akcentu k černobílým plochám byl logotyp v šedo-černé barvě umístěn na střechu obytné nástavby, před' a zád'. Samotný symbol Y v RAL 210 70 35 barvě je použit na zadní ploše obytné nástavby. Všechna umístění jsou vidět na Obr. 6-42



Obr. 6-42 Pohled na všechny grafické prvky plavidla

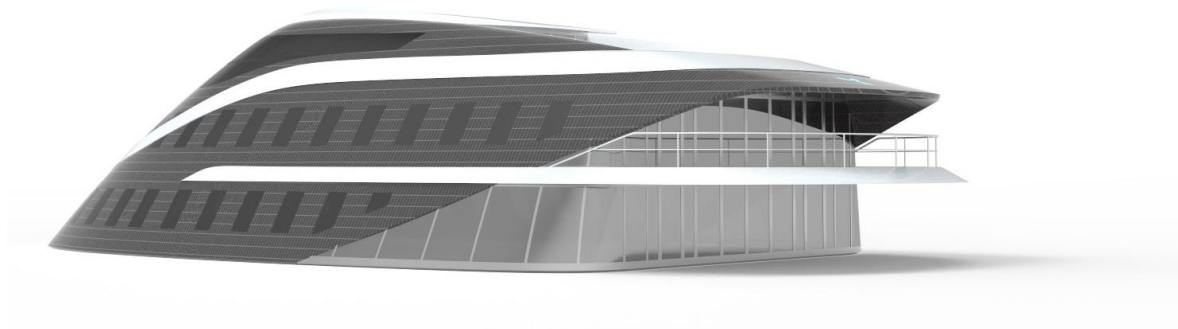
## 6.5 Udržitelnost produktu

Udržitelnost plavidla byl klíčový parametr od samotného počátku vývojového procesu, a to jak po stránce environmentální, tak i ekonomické a provozní.

Pohon a provoz všech zařízení plavidla zajišťují v maximální možné míře obnovitelné zdroje energie či odpadní teplo, které snižují produkci emisí skleníkových plynů. Pouze v případě nedostatku energie je využíván dieselový generátor generující elektřinu k provozu.

Plavidlo je vybaveno omezenými zásobami pitné vody, se kterou je potřeba nakládat uváženě. Proto pobyt pasažérů na palubě není určen k luxusní dovolené. Má za cíl především rekreaci a edukaci o uváženém životní stylu vzhledem k přírodním zdrojům a následkům života moderní civilizace. K tomu je také přizpůsoben provoz, kde je potřeba šetřit s vodou a energiemi. Na každou kajutu a společné prostory je na každý den předepsáno pouze přiměřené množství využitelné elektřiny a vody ke sprchování a toaletě. Lidé se díky tomu během pobytu naučí návyky, jak neplýtvat energiemi a vodou ve kterých v ideálním případě budou pokračovat až se vrátí domů. Pobyt se tak snaží reagovat a snižující množství pitných zdrojů a rozmařilost moderní civilizace.

Předpokládaná životnost ocelového trupu plavidla je okolo 25 let. Po ukončení funkce plavidla dojde k recyklaci degradovaného trupu a vnitřních komponent, které nemohou být dále použity. Obytná nástavba z hliníkové slitiny, která nebyla neustále vystavena kontaktu se slanou vodou bude v případě neporušené statiky oddělena od trupu a znovuvyužita na pevnině, viz Obr. 6-43. Zde může být využita k bytovému nebo hotelovému bydlení ke kterému je již vybavena anebo může být přestavěna na muzeum o sběru oceánského odpadu a odpadovém hospodářství, a tím šířit dále osvětu o globálním problému plastového odpadu. Prodejem či pronájmem obytné nástavby tak dojde nejenom k podpoření financování plavidla, ale navíc bude pokračovat edukativní mise ke které byla původně určena.



Obr. 6-43 Obytná nástavba využitá na pevnině

Samotné plavidlo se tak snaží být udržitelné po všech stránkách. Nutno však podotknout, že systém vyzvedávání ZSO a přepravy pasažéru na plavidlo pomocí diesellových lodí produkuje určité množství skleníkových plynů. Z hlediska celkového dopadu provozu plavidla na životní prostředí a společnost lze však konstatovat, že pozitivní stránky značně převažují nad pouhou frakcí produkovaných emisí z globálního měřítká.

## 6.6 Hodnocení klíčových parametrů

Trimaran konfigurace trupu zajišťuje odolnou a stabilní konstrukci, kde středový trup vytvářející hlavní vztlak umožňuje snadnou konfigurovatelnost mezi pracovní a obytnou verzí plavidla v libovolné fázi provozu, jelikož nosná konstrukce je v obou případech stejná. Provozovatel se tak může kdykoliv během provozu rozhodnout, zda chce připojit nebo odejmout obytnou nástavbu z plavidla.

Plavidlo využívá pětici způsobů generující energii z obnovitelných zdrojů energie. Díky tomu je v maximální možné míře soběstačné s minimální produkcí emisí skleníkových plynů.

Obytná nástavba má celkovou kapacitu 51 osob v poměru 48 pro veřejnost a 3 pro obsluhu, což je adekvátní k zaměření plavidla a také cílové skupině. Tato kapacita je navíc v souladu s kapacitou mnoha multiúčelových lodí, které mohou být využity jako přípojná loď vyzvedávající ZSO a přepravující pasažéry na plavidlo.

Navržený mechanismus sběru odpadu pomocí dvou motorových plováků, které se mohou oddělit od hlavního plavidla, a tím natáhnout sběrné sítě vytvářející velkou bariéru značně zvýší efektivitu sběru.

Tvarování a členění plavidla přináší elegantní futuristický design, který je především funkční a svým vnějším řešením i vnitřním uspořádáním koresponduje se stanovenými cíli a náplní jeho funkce.

Na základě odhadu výrobní ceny a návratnosti vložených investic vychází po ukončení životnosti plavidla plusově pouze obytná verze plavidla, což odpovídá analyzovanému problému současných řešení. Pro zajištění ekonomické udržitelnosti projektu by bylo potřeba optimalizovat flotilu plavidel, která dokáže účinně v rámci definovaného časového rámce vyčistit velkou část odpadu z oceánů a zároveň bude alespoň finančně neutrální, tedy dokáže vydělat na svůj provoz.

Výsledný návrh plavidla splňuje úroveň technologické připravenosti TRL 2, tedy je formulován technologický koncept.

Z produktového pohledu plavidlo zahrnuje všech pět vrstev produktu, které jsou následovné:

- Jádru produktu – sběr plovoucího odpadu
- Obecný produkt – zpracování odpadu na palubě a uskladnění ZSO
- Očekávaný produkt – systém vyzvedávání a odvozu ZSO
- Rozšířený produkt – ubytování veřejnosti a vědců
- Potenciální produkt – obytná nástavba využita na pevnině

Zahrnutím všech pět vrstev mu dává potenciál dobrého produktu na trhu.



Obr. 6-44 Vizualizace plavidla při sběru odpadu

## 7 ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá návrhem plavidla pro sběr plovoucího oceánského odpadu včetně jeho systému provozu. Cílem práce bylo navrhnout plavidlo, které bude součástí systémového řešení redukující nejenom koncový problém plastového znečištění, ale zároveň předcházející jeho vzniku.

Plastový odpad je v současnosti jeden z globálních problémů lidstva, který je nutné řešit z důvodu dalekosáhlých následků zasahujících do ekonomických, environmentálních až zdravotních stránek společnosti. Práce proto přináší nový způsob řešení této problematiky, který by mohl snížit negativní vlivy způsobené plastovým znečištěním.

První část práce pojednává o současném stavu znečištění hydrosféry a jeho důsledcích. Jsou zde také popsány způsoby nakládání s odpadem a jeho likvidace. Dále je zde stručně popsán souhrn stavby lodí a plavidel pojednávající o oblastech mechaniky plavby, konstrukčně-technologickém řešení a používaných materiálech. Kromě toho jsou zde rozebrány možné způsoby využívání obnovitelných zdrojů energie pro zajištění ekologického provozu. Nakonec jsou v této části analyzovány po technické, vizuální i ekonomické stránce současná plavidla, která se snaží řešit sběr plovoucího odpadu v mořích a oceánech.

Na základě rozboru problematiky byly identifikovány nedostatky současných řešení a navrženy možné způsoby nového řešení. K ověření prvotních myšlenek inovativního přístupu k řešení problematiky byl zpracován uživatelský průzkum, který společně s analýzou problematiky sloužil k definici konkrétních cílů práce.

Následně byl navržen systémový přístup řešení problému, jehož součástí je plavidlo sbírající a zpracovávající plovoucí odpad a zároveň poskytující zážitkový pobyt široké veřejnosti. Celkem byly navrženy tři variantní řešení designu. Všechny návrhy využívají bezemisního pohonu vertikálních křídel a pyrolýzní zpracování odpadu na palubě. Jejich hlavní rozdíl je především v konfiguraci trupů, tvarovém a konstrukčně-technologickém řešení a způsobu sběru odpadu. Na základě zhodnocení klíčových aspektů v podobě efektivity sběru, stability, konfigurovatelnosti a možnosti využití obnovitelných zdrojů energie byla vybrána jedna varianta jako nejperspektivnější a podrobněji rozpracována.

Finální řešení nabízí jak pracovní, tak obytnou verzi plavidla, která využívá trimaran konfiguraci zajišťující dobrou stabilitu. Plovoucí odpad je v obou verzích sbírán pomocí unikátního řešení oddělitelných motorových plováků, které směřují odpad k plavidlu, kde je následně šnekovými dopravníky nabírán na palubu a pyrolýzou zpracován. Produkty z pyrolýzního procesu jsou následně uskladněny a přepraveny přípojnou lodí na pevninu. Řízení plavidla a technologických procesů je semiautonomní, což minimalizuje nutnost obsluhy. Obytná verze plavidla navíc nabízí ubytování široké veřejnosti ve formě zážitkové dovolené, čímž dojde k podpoře financování, mediální propagaci a edukaci veřejnosti, což by mělo nakonec přímo či nepřímo snížit rostoucí znečištění oceánů.

Plavidlo pohání vertikální křídla využívající energii větru a další obnovitelné zdroje produkující elektřinu, které tak zajišťují maximálně možný soběstačný a ekologický provoz. Kromě návrhu samotného plavidla a systému jeho provozu bylo představeno zařízení využívající energii proudícího vzduchu k produkci elektřiny roztáčením turbíny integrované pod vertikálním křídlem, která díky krytí neprodukuje aero-akustický hluk a neruší cestující.

Výsledný návrh přináší systémové řešení, které může být nejenom ekonomicky a environmentálně udržitelné, ale navíc má i společenský přesah. Návrh tedy splňuje všechny předem stanovené cíle a přináší futuristický design plavidla s progresivním tvarováním inspirovaným v živočišné říši, které dokáže zaujmout, což je zásadní pro jeho propagaci a nabídku pobytů široké veřejnosti.

V další fázi řešení by bylo vhodné detailně propracovat interiér plavidla a přesněji propočítat výrobní cenu plavidla a míru návratnosti vložených investic na jeho výrobu a vývoj. V následné fázi by pak bylo potřeba přesně lokalizovat působnost konkrétních typů plavidel tak, aby byly maximálně efektivní a jejich provoz fungoval dle očekávání.

## 8 VÝSLEDEK VÝZKUMU PODLE RIV

Kategorie	Popis
Druh výsledku	Funkční vzorek
Název výsledku	Plavidlo pro sběr oceánského odpadu
Autoři	Bc. et Bc. Petr Šnajdr
Místo uložení výsledku	VUT Brno

## 9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *Plastic pollution is growing relentlessly as waste management and recycling fall short, says OECD.* online. In: OECD. 2022. Dostupné z: <https://www.oecd.org/environment/plastic-pollution-is-growing-relentlessly-as-waste-management-and-recycling-fall-short.htm>. [cit. 2024-02-29].
- [2] *OCEAN PLASTIC POLLUTION EXPLAINED.* online. In: The Ocean Cleanup. 2024. Dostupné z: <https://theoceancleanup.com/ocean-plastic/>. [cit. 2024-02-26].
- [3] More than 1000 rivers account for 80% of global riverine plastic emissions into the ocean. online. *Science Advances*. 2021, roč. 7, č. 18, s. 3. Dostupné z: <https://doi.org/doi/10.1126/sciadv.aaz5803>. [cit. 2024-02-29].
- [4] *RIVER PLASTIC EMISSIONS TO THE WORLD'S OCEANS.* online. In: The Ocean Cleanup. 2024. Dostupné z: <https://theoceancleanup.com/sources/>. [cit. 2024-02-26].
- [5] ISOBE, Atsuhiko a IWASAKI, Shinsuke. The fate of missing ocean plastics: Are they just a marine environmental problem?. online. *Science of the Total Environment*. 2022, č. 825, s. 1-13. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722010270>. [cit. 2024-02-29].
- [6] LEBRETON, Laurent. The status and fate of oceanic garbage patches. online. *Nature Reviews Earth & Environment*. 2022, č. 3, s. 730-732. Dostupné z: <https://www.nature.com/articles/s43017-022-00363-z>. [cit. 2024-02-29].
- [7] *What types of plastic do you find in the middle of the ocean vs closer to shore?.* online. In: The Ocean Cleanup. 2024. Dostupné z: <https://theoceancleanup.com/faq/what-types-of-plastic-do-you-find-in-the-middle-of-the-ocean/>. [cit. 2024-02-29].
- [8] *THE GREAT PACIFIC GARBAGE PATCH.* online. In: The Ocean Cleanup. 2024. Dostupné z: <https://theoceancleanup.com/great-pacific-garbage-patch/>. [cit. 2024-02-26].



- [9] *THE TRASH ISLAND*. online. In: The Ocean Cleanup. 2024. Dostupné z: <https://theoceancleanup.com/trash-island/>. [cit. 2024-02-26].
- [10] *CO2 alert: Plastic is a key factor in global warming*. online. In: The Sea Cleaners. 2021. Dostupné z: <https://www.theseacleaners.org/news/cop26-plastic-a-key-player-in-global-warming/>. [cit. 2024-03-02].
- [11] *Odpadové hospodářství*. online. In: Ministerstvo životního prostředí. 2023. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/odpadove\\_hospodarstvi](https://www.mzp.cz/cz/odpadove_hospodarstvi). [cit. 2024-03-15].
- [12] Skládkovat či spalovat: Předcházej a recykluj. online. In: *Arnika*. 2024. Dostupné z: [https://arnika.org/soubory/dokumenty/odpady/vystavy/Predchazej/skladkovat\\_ci\\_spalovat\\_web.pdf](https://arnika.org/soubory/dokumenty/odpady/vystavy/Predchazej/skladkovat_ci_spalovat_web.pdf). [cit. 2024-03-15].
- [13] ODPADY: Významu pojmu odpad a klasifikace odpadů. online. In: *Masarykova univerzita*. 2016. Dostupné z: [https://is.muni.cz/el/1441/podzim2016/UPV\\_0045/um/NAOD2.pdf](https://is.muni.cz/el/1441/podzim2016/UPV_0045/um/NAOD2.pdf). [cit. 2024-03-15].
- [14] *ZPŮSOBY VYUŽÍVÁNÍ A ODSTRAŇOVÁNÍ ODPADŮ*. online. In: VSCHT. 2015. Dostupné z: <https://old.vscht.cz/uchop/udalosti/skripta/1ZOZP/odpady/odpady3.htm>. [cit. 2024-03-16].
- [15] *Spalování odpadů*. online. In: *Arnika*. 2024. Dostupné z: <https://arnika.org/odpady/nase-temata/spalovani-odpadu>. [cit. 2024-03-16].
- [16] *Pyrolýza - princip, historie a současnost*. online. In: O Energetice. 2017. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/pyrolyza-princip-historie-a-soucasnost>. [cit. 2024-03-16].
- [17] JENKINS, R.W.; SUTTON, A.D. a ROBICHAUD, D.J. Chapter 8 - Pyrolysis of Biomass for Aviation Fuel. In: *Biofuels for Aviation*. Academic Press, 2016, s. 191-2015. ISBN 978-0-12-804568-8.
- [18] Pyrolitická jednotka ENRESS TDU2000. online. In: *Green Future*. 2024. Dostupné z: [https://www.greenfuture.cz/\\_files/ugd/203e3a\\_9a12e978397442c1a04d12d735fd9c5f.pdf](https://www.greenfuture.cz/_files/ugd/203e3a_9a12e978397442c1a04d12d735fd9c5f.pdf). [cit. 2024-03-16].

- [19] *Co naše technologie umí.* online. In: Green Future. 2024. Dostupné z: <https://www.green-future.cz/technologie-tdu2000>. [cit. 2024-03-16].
- [20] *Trocha plavební teorie: Režim výtlačné plavby.* online. In: Plavidla.cz. 2000. Dostupné z: <https://plavidla.cz/trocha-plavebni-teorie-rezim-vytlacne-plavby/>. [cit. 2024-03-03].
- [21] *SRD HULL TECHNOLOGY.* online. In: Shannon Yachts. 2024. Dostupné z: [https://shannonyachts.com/shannon\\_srd\\_technology.html](https://shannonyachts.com/shannon_srd_technology.html). [cit. 2024-05-06].
- [22] *Trocha plavební teorie: Režim klouzání.* online. In: Plavidla.cz. 2000. Dostupné z: <https://plavidla.cz/trocha-plavebni-teorie-rezim-klouzani/>. [cit. 2024-03-03].
- [23] URBAN, Ondřej. *ÚVOD DO HYDROSTATIKY.* Podklady ke cvičení z hydromechaniky. Brno: VUT Brno, 2020.
- [24] *Ship Stability – Understanding Intact Stability of Ships.* online. In: Marine Insight. 2021. Dostupné z: <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/intact-stability-of-surface-ships/>. [cit. 2024-03-03].
- [25] Monohull. online. In: *Wikipedia: the free encyclopedia.* San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Monohull>. [cit. 2024-05-07].
- [26] *Types of Hulls Used For Vessels.* online. In: Marine Insight. 2022. Dostupné z: <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/types-of-hulls-used-for-vessels/>. [cit. 2024-03-17].
- [27] *Hull Types and Uses.* online. In: MYBOATCARD. 2024. Dostupné z: <https://myboatcard.com/study-guide/hull-types-and-uses/>. [cit. 2024-05-06].
- [28] *Splitting Waves and Hairs: Comparing X-bow, Axe Bow, and More.* online. In: Youtube. DMS Marine Consultant, 2018. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=5eepu\\_owFHI&ab\\_channel=DMS%7CMarineConsultant](https://www.youtube.com/watch?v=5eepu_owFHI&ab_channel=DMS%7CMarineConsultant). [cit. 2024-05-06].
- [29] *Do Bulbous Bows Really Work?.* online. In: Youtube. DMS Marine Consultant, 2017. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=2Y0woxDm1ro&ab\\_channel=DMS%7CMarineConsultant](https://www.youtube.com/watch?v=2Y0woxDm1ro&ab_channel=DMS%7CMarineConsultant). [cit. 2024-05-06].

- [30] *The Limits of Bulbous Bows*. online. In: Youtube. DMS Marine Consultant, 2017. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=c5usbDb9o1c&ab\\_channel=DMS%7CMarineConsultant](https://www.youtube.com/watch?v=c5usbDb9o1c&ab_channel=DMS%7CMarineConsultant). [cit. 2024-05-06].
- [31] AFRIZAL, Efi; KOTO, Jaswar; WAHID, Mazian Abdul a SIOW, C. L. Review on Double Acting Tanker Ship in Ice Mode. online. *Journal of Ocean, Mechanical and Aerospace*. 2016, č. 38, s. 20-29. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/315379061\\_Review\\_on\\_Double\\_Acting\\_Tanker\\_Ship\\_in\\_Ice\\_Mode](https://www.researchgate.net/publication/315379061_Review_on_Double_Acting_Tanker_Ship_in_Ice_Mode). [cit. 2024-05-07].
- [32] *SIGMA Corvette 9113 | Damen*. online. In: Pinterest. 2024. Dostupné z: <https://ro.pinterest.com/pin/12455336451462110/>. [cit. 2024-05-07].
- [33] *For Sale: PSV PX121 ULSTEIN X-BOW HULL DESIGN POA*. online. In: Apollo Duck. 2024. Dostupné z: <https://commercial.apolلودuck.com/boat/commercial-vessels-support-vessel-for-sale/729115>. [cit. 2024-05-07].
- [34] *Stan Patrol 5009*. online. In: Damen. 2024. Dostupné z: <https://www.damen.com/vessels/defence-and-security/stan-patrol-vessels/stan-patrol-5009>. [cit. 2024-05-07].
- [35] *The Physics Of Sailing*. online. In: REAL WORLD PHYSICS PROBLEMS. 2024. Dostupné z: <https://www.real-world-physics-problems.com/physics-of-sailing.html>. [cit. 2024-05-07].
- [36] *Types of Sailboats – A Comprehensive Classification*. online. In: Marine Insight. 2023. Dostupné z: <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/types-of-sailboats/>. [cit. 2024-05-06].
- [37] JOLLANDS, Simon. *Keel design – options to consider when choosing a yacht*. online. In: Safe Skipper. 2024. Dostupné z: <https://www.safe-skipper.com/keel-design-options-consider-choosing-yacht/>. [cit. 2024-05-07].
- [38] *Some Important Ship Construction Terms*. online. In: Marine Insight. 2022. Dostupné z: <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/some-important-ship-construction-terms/>. [cit. 2024-03-03].

- [39] M. PHIL., Muhammad Hanif Dewan. *Ship Structural Components*. online. In: SlideShare. 2018. Dostupné z: <https://www.slideshare.net/MohammadHanifDewan/ship-structural-components>. [cit. 2024-05-07].
- [40] SETHI, Sargun. *What Materials Are Used For Building Ships?*. online. In: Marine Insight. 2019. Dostupné z: <https://www.marineinsight.com/guidelines/what-materials-are-used-for-building-ships/>. [cit. 2024-03-04].
- [41] *What Kinds of Materials are Used for Building Ships?*. online. In: Blackstone Advanced Technologies. 2019. Dostupné z: <https://blog.blackadvtech.com/what-kinds-of-materials-are-used-for-building-ships/>. [cit. 2024-03-04].
- [42] *Why are ships painted red below the waterline?*. online. In: Youtube. Casual Navigation, 2019. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=-AdW030xQB4&ab\\_channel=CasualNavigation](https://www.youtube.com/watch?v=-AdW030xQB4&ab_channel=CasualNavigation). [cit. 2024-03-04].
- [43] CHAKRABORTY, Soumya. *Ship Construction: Plate Machining, Assembly of Hull Units And Block Erection*. online. In: Marine Insight. 2021. Dostupné z: <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/ship-construction-plate-machining-assembly-hull-units-block-erection/>. [cit. 2024-03-04].
- [44] LI, Lei; QI, Shukang; ZHOU, Honggen a WANG, Lei. Prediction of line heating deformation on sheet metal based on an ISSA–ELM model. online. *Nature*. 2023, roč. 13, č. 1252, s. 1-2. Dostupné z: <https://www.nature.com/articles/s41598-023-28538-8>. [cit. 2024-05-07].
- [45] RUDOW, Lenny. *Boat Building Basics: Fiberglass, Resin, Composites And Cores*. online. In: Boats.com. 2024. Dostupné z: <https://www.boats.com/how-to/boat-building-construction-resin-fiberglass-cores/>. [cit. 2024-03-04].
- [46] *China's Shipbuilders Go From Boom to Rust*. online. In: WSJ. 2017. Dostupné z: <https://www.wsj.com/articles/chinas-shipbuilders-go-from-boom-to-rust-1486552896>. [cit. 2024-05-07].
- [47] Marine propulsion. online. In: *Wikipedia: the free encyclopedia*. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2024. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Marine\\_propulsion](https://en.wikipedia.org/wiki/Marine_propulsion). [cit. 2024-03-17].

- [48] *INLAND TOWBOATS AND DIESEL ELECTRIC PROPULSION*. online. In: Sharer Group. 2018. Dostupné z: <https://shearer-group.com/wp-content/uploads/2019/06/TSGI-Study-on-Inland-Towboats-and-Diesel-Electric-Propulsion.pdf>. [cit. 2024-05-07].
- [49] *DIFFERENT TYPES OF NAVIGATIONAL AND COMMUNICATION EQUIPMENT USED ONBOARD A SHIP. GENERAL OVERVIEW*. online. In: Sea Vendors. 2021. Dostupné z: <https://seavendors.com/navigational-and-communication-equipment/>. [cit. 2024-03-14].
- [50] *Lights and shapes*. online. In: Sailing Issues. 2024. Dostupné z: <https://sailingissues.com/navcourse10.html>. [cit. 2024-05-06].
- [51] *Why Don't Ships Have Enough Lifeboats?*. online. In: Youtube. Casual Navigation, 2021. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=FwuS7BQDgE4&ab\\_channel=CasualNavigation](https://www.youtube.com/watch?v=FwuS7BQDgE4&ab_channel=CasualNavigation). [cit. 2024-03-07].
- [52] *Helicopter landing zone selection*. online. In: NWCG. 2024. Dostupné z: <https://www.nwcg.gov/6mfs/aviation/helicopter-landing-zone-selection>. [cit. 2024-05-06].
- [53] *Airport Marking Aids and Signs*. online. In: FAA. 2024. Dostupné z: [https://www.faa.gov/air\\_traffic/publications/atpubs/aim\\_html/chap2\\_section\\_3.html](https://www.faa.gov/air_traffic/publications/atpubs/aim_html/chap2_section_3.html). [cit. 2024-05-06].
- [54] *Typy solárních panelů – co bychom o nich měli vědět?*. online. In: Innogy. 2024. Dostupné z: <https://fotovoltaika.innogy.cz/caste-dotazy/faq-typy-solarnich-panelu>. [cit. 2024-03-17].
- [55] *Solar cell – the technology behind solar panels*. online. In: Codibly. 2024. Dostupné z: <https://codibly.com/news-insights/solar-cell-technology/>. [cit. 2024-05-06].
- [56] *Heliatek sets organic PV world record efficiency at 13.2%*. online. In: Solar Power World. 2016. Dostupné z: <https://www.solarpowerworldonline.com/2016/02/heliatek-sets-organic-pv-world-record-efficiency-at-13-2/>. [cit. 2024-03-17].

- [57] *Can You Walk On Solar Panels? Know The Risks*. online. In: Sungold Solar. 2023. Dostupné z: <https://www.sungoldsolar.com/can-you-walk-on-solar-panels/>. [cit. 2024-04-13].
- [58] *Komplexní průvodce různými typy solárních panelů*. online. In: EnergoSolar. 2023. Dostupné z: <https://www.energosolar.cz/komplexni-pruvodce-ruznymi-typy-solarnich-panelu>. [cit. 2024-03-17].
- [59] *HYDRO GENERATOR*. online. In: Oceanvolt. 2017. Dostupné z: <https://oceanvolt.com/solutions/hydro-generator/>. [cit. 2024-03-17].
- [60] Větrná turbína. online. In: *Wikipedia: the free encyclopedia*. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2024. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/V%C4%9Btrn%C3%A1\\_turb%C3%ADna](https://cs.wikipedia.org/wiki/V%C4%9Btrn%C3%A1_turb%C3%ADna). [cit. 2024-03-17].
- [61] *Difference between horitontal and vertical axis wind turbine*. online. In: Micoope. 2024. Dostupné z: <https://www.micoope.com.gt/?o=difference-between-horizontal-and-vertical-axis-wind-turbine-difference-nn-kP7kzeSa>. [cit. 2024-05-06].
- [62] *Product & Technology*. online. In: Aeromine Technologies. 2024. Dostupné z: <https://aerominetechologies.com/product>. [cit. 2024-03-17].
- [63] *Střešní Aeromine Wind-Harvesting Unit předčí solární panely*. online. In: Technický portal. 2022. Dostupné z: [https://www.technickytydenik.cz/rubriky/energetika-teplo/stresni-aeromine-wind-harvesting-unit-predci-solarni-panely\\_57134.html](https://www.technickytydenik.cz/rubriky/energetika-teplo/stresni-aeromine-wind-harvesting-unit-predci-solarni-panely_57134.html). [cit. 2024-03-17].
- [64] *Oceanbird Wing 560*. online. In: Oceanbird. 2024. Dostupné z: <https://www.theoceanbird.com/oceanbird-wing-560/>. [cit. 2024-03-17].
- [65] *This is how a bird's wing can move a vessel*. online. In: Oceanbird. 2022. Dostupné z: <https://www.theoceanbird.com/blog/how-it-works/>. [cit. 2024-03-17].
- [66] *The Concept*. online. In: Oceanbird. 2024. Dostupné z: <https://www.theoceanbird.com/the-oceanbird-concept/>. [cit. 2024-03-17].
- [67] *Revealing the new wing design*. online. In: *Oceanbird*. 2022. Dostupné z: <https://www.theoceanbird.com/blog/revealing-the-new-wing-design/>. [cit. 2024-03-17].

- [68] *FLETTNER ROTORS*. online. In: Glomeep. 2024. Dostupné z: <https://glomeep.imo.org/technology/flettner-rotors/>. [cit. 2024-03-17].
- [69] *The Bubble Barrier*. online. In: The Great Bubble Barrier. 2024. Dostupné z: <https://thegreatbubblebarrier.com/technology/>. [cit. 2024-03-14].
- [70] *Manta and innovation*. online. In: The Sea Cleaners. 2024. Dostupné z: <https://www.theseacleaners.org/the-manta-innovation/>. [cit. 2024-02-26].
- [71] *Five facts and figures to know about the Manta*. online. In: Sail-World. 2021. Dostupné z: <https://www.sail-world.com/news/235562/Five-facts-and-figures-to-know-about-the-Manta>. [cit. 2024-02-27].
- [72] *THE SEACLEANERS PRESENTS THE MANTA*. online. The Sea Cleaners, 2021. Dostupné z: <https://www.theseacleaners.org/wp-content/uploads/2021/01/en-dossier-de-presse-tsc.pdf>. [cit. 2024-02-27].
- [73] *FAQ's*. online. In: The Sea Cleaners. 2024. Dostupné z: <https://www.theseacleaners.org/faqs/>. [cit. 2024-02-27].
- [74] *CLEANING UP THE GARBAGE PATCHES*. online. In: The Ocean Cleanup. 2024. Dostupné z: <https://theoceancleanup.com/oceans/>. [cit. 2024-02-26].
- [75] *How we will rid the oceans of plastic - Boyan Slat | LIVE | The Ocean Cleanup*. online. In: Youtube. The Ocean Cleanup, 2017. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=du5d5PUrHOI&ab\\_channel=TheOceanCleanup](https://www.youtube.com/watch?v=du5d5PUrHOI&ab_channel=TheOceanCleanup). [cit. 2024-02-28].
- [76] *System 03: Your Questions Answered Directly From the Great Pacific Garbage Patch | the Ocean Cleanup*. online. In: Youtube. The Ocean Cleanup, 2023. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=7c\\_Ue0CuWG8&ab\\_channel=TheOceanCleanup](https://www.youtube.com/watch?v=7c_Ue0CuWG8&ab_channel=TheOceanCleanup). [cit. 2024-02-28].
- [77] *TRANSITION TO SYSTEM 03 BEGINS*. online. In: The Ocean Cleanup. 2022. Dostupné z: <https://theoceancleanup.com/updates/transition-to-system-03-begins/>. [cit. 2024-02-26].
- [78] *FAQ*. online. In: The Ocean Cleanup. 2024. Dostupné z: <https://theoceancleanup.com/faq/>. [cit. 2024-03-01].

- [79] *How System 03 Cleans the Great Pacific Garbage Patch*. online. In: Youtube. The Ocean Cleanup, 2023. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=FJvVpP3yt9M&ab\\_channel=TheOceanCleanup](https://www.youtube.com/watch?v=FJvVpP3yt9M&ab_channel=TheOceanCleanup). [cit. 2024-02-28].
- [80] *2022 Annual Report*. online. 1. The Ocean Cleanup, 2023. Dostupné z: [https://assets.theoceancleanup.com/app/uploads/2023/06/TheOceanCleanup\\_AnnualReport\\_2022.pdf](https://assets.theoceancleanup.com/app/uploads/2023/06/TheOceanCleanup_AnnualReport_2022.pdf). [cit. 2024-02-28].
- [81] *SHIP FACT SHEETS*. online. In: Rpyal Caribbean Press Center. 2024. Dostupné z: <https://www.royalcaribbeanpresscenter.com/fact-sheet/35/icon-of-the-seas/>. [cit. 2024-02-26].
- [82] *2024 Worldwide Cruise Line Passenger Capacity*. online. In: Cruise Market Watch. 2024. Dostupné z: <https://cruisemarketwatch.com/capacity/>. [cit. 2024-02-26].
- [83] *Growth of the Ocean Cruise Line Industry*. online. In: Cruise Market Watch. 2024. Dostupné z: <https://cruisemarketwatch.com/growth/>. [cit. 2024-02-26].
- [84] *2024 Worldwide Cruise Line Market Share*. online. In: Cruise Market Watch. 2024. Dostupné z: <https://cruisemarketwatch.com/market-share/>. [cit. 2024-02-26].
- [85] *Financial Breakdown of Typical Cruiser*. online. In: Cruise Market Watch. 2024. Dostupné z: <https://cruisemarketwatch.com/financial-breakdown-of-typical-cruiser/>. [cit. 2024-02-26].
- [86] *2022 Cruise Industry News Annual Report*. online. 2023. [cit. 2024-02-26].
- [87] *Aranui*. online. In: Tahiti. 2024. Dostupné z: <https://www.tahiti.com/hotels/aranui-5-3378>. [cit. 2024-05-08].
- [88] *Aetobatus narinari*. online. In: University of Wisconsin La Crosse. Dostupné z: [https://bioweb.uwlax.edu/bio203/s2014/hayward\\_paig/](https://bioweb.uwlax.edu/bio203/s2014/hayward_paig/). [cit. 2024-05-06].



## 10 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

### Zkratky

ZSO	Znovuvyužitelné Složky Odpadu
GPGP	Great Pacific Garbage Patch
LDPE	Light Density Polyethylen
HDPE	High Density Polyethylen

### Fyzikální veličiny

$m_{Od/h}, m_{Od/d}, m_{Od/r}$	hmotnost posbíraného odpadu za hodinu, den a rok
$m_{Ol/r}$	hmotnost oleje za rok
$V_{Ol/r}$	objem oleje za rok
$\rho_{Ol}$	hustota oleje
$m_{Uh/r}$	hmotnost uhlíkových částic za rok
$V_{Uh/r}$	objem uhlíkových částic za rok
$\rho_{Uh}$	hustota uhlíkových částic
$F_{vz}$	vztlaková síla
$m_{Pl}$	hmotnost plavidla
$g$	gravitační zrychlení
$V_{Trp}$	objem ponořené části trupu
$\rho_v$	hustota vody
$L_{Trp}$	délka ponořené části trupu
$b_{Trp}$	šířka ponořené části trupu
$h_{Trp}$	hloubka ponořené části trupu
$F_D$	odporová síla

$C_{D\_Pl}$	koeficient hydrodynamického odporu
$S_{Trp}$	čelní plocha trupu
$v_{Pl}$	rychlost plavidla
$F_K$	kolmá síla působící na křídlo
$S_{Kr}$	plocha křídla
$C_{L\_Kr}$	koeficient vztlaku křídla
$\rho_o$	hustota vzduchu
$v_o$	rychlost proudění vzduchu
$P_{sol/r}$	roční výkon ze solárních panelů
$S_{Pan}$	plocha solárních panelů
$P_{sol\_zar}$	solární výkon
$\eta_{sol\_Pan}$	účinnost solárních panelů
$t_{svit/r}$	průměrná roční doba slunečního svitu
$T_{Ol/r}$	tržby z prodeje oleje za rok
$C_{Ol/l}$	cena oleje za litr
$V_{Ol/r}$	roční objem vyprodukovaného oleje
$T_{Dov/r}$	roční tržby z edukativních a zážitkových dovolených
$C_{Dov/os}$	cena pobytu na osobu za den
$N_{os}$	počet osob
$N_{prac}$	celkové náklady pracovní verze plavidla
$N_{prac\_V}$	výrobní náklady pracovní verze plavidla
$N_{prac\_P}$	provozní náklady pracovní verze plavidla
$N_{obyt}$	celkové náklady obytné verze plavidla
$N_{obyt\_V}$	výrobní náklady obytné verze plavidla
$N_{obyt\_P}$	provozní náklady obytné verze plavidla

$Z_{prac}$

celkový zisk pracovní verze plavidla

$Z_{obyt}$

celkový zisk obytné verze plavidla

## 11 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 2-1 Červeně vyznačené nejvíce znečištěné řeky na světě [4].....	16
Obr. 2-2 Cesta odpadu z ústí řek až na odlehlé moře [2] .....	17
Obr. 2-3 Pět oceánských akumulčních zón plastového odpadu [8].....	18
Obr. 2-4 Počítačově modelovaná koncentrace odpadu ve Velké tichomořské odpadové skvrně [8].....	18
Obr. 2-5 Závislost počtu a hmotnosti plastových kusů vzhledem k jejich velikost [8] .....	19
Obr. 2-6 Hierarchie nakládání s odpadem [12] .....	21
Obr. 2-7 Schéma pyrolýzní jednotky ENRESS TDU2000 [18].....	23
Obr. 2-8 Příklad tvarování trupu určeného pro výtlačný režim plavby [21] (upraveno) ...	24
Obr. 2-9 Příklad tvarování trupu určeného pro skluzový režim plavby [21] (upraveno)...	25
Obr. 2-10 Stabilní plování (vpravo) a nestabilní plování (vlevo) [23].....	26
Obr. 2-11 Typy konfigurace trupu [25] (upraveno) .....	27
Obr. 2-12 Trup s kulatým dnem [27] .....	28
Obr. 2-13 Trup s plochým dnem [27] .....	28
Obr. 2-14 Trup se dnem ve tvaru V [27] .....	29
Obr. 2-15 Trup se dnem ve tvaru S.....	29
Obr. 2-16 Před trupu vybavena tzv. bulbous bow konstrukčním prvkem [31].....	30
Obr. 2-17 Konvenční před s pozitivním sklonem [32] .....	31
Obr. 2-18 Před s negativním sklonem [33] .....	31
Obr. 2-19 Před sekerovitého typu tzv. Axe bow [34].....	31
Obr. 2-20 Momenty působící na plachetnici s kýlem [35] .....	32
Obr. 2-21 Síly působící na plachetnici s kýlem [35] .....	33
Obr. 2-22 Kýl integrovaný po celé délce trupu [37].....	33
Obr. 2-23 Různé typy a modifikace ploutvového kýlu [37] .....	34
Obr. 2-24 Ilustrace nosné konstrukce trupu s dvojitým dnem [39] (upraveno).....	35
Obr. 2-25 Tepelné tváření třírozměrně zakřiveného dílu [44] .....	37
Obr. 2-26 Přivařování ocelových plechů na nosnou konstrukci trupu [46] .....	37
Obr. 2-27 Komponenty diesel-elektrického pohonu lodí [48] .....	38

Obr. 2-28 Příklady možného vizuálního řešení radaru (vlevo), satelitu (uprostřed) a GPS (vpravo) [49] .....	39
Obr. 2-29 Čelní (vlevo) a půdorysný (vpravo) pohled na osvětlení motorových lodí a plachetnic s motorem [50].....	40
Obr. 2-30 Typy fotovoltaických článků [55] .....	41
Obr. 2-31 Nejpoužívanější větrné turbíny [61] .....	42
Obr. 2-32 Větrná elektrárna společnosti Aeromine Technologies [63] .....	44
Obr. 2-33 Soustava dvou křídel zařízení Oceanbird Wing 560 tvořící vyklenutí [65] .....	44
Obr. 2-34 Vizualizace sklápění vertikální křídel Oceanbird Wing 560 [67] .....	45
Obr. 2-35 Flettnerovy rotory instalované na palubu nákladní lodi [68].....	46
Obr. 2-36 Schéma funkce bublinové bariéry [69] (upraveno).....	47
Obr. 2-37 The Manta – loď sbírající a zpracovávající plovoucí odpad.....	48
Obr. 2-38 Půdorysný pohled na plavidlo The Manta [72] .....	49
Obr. 2-39 Zadní perspektivní pohled na loď The Manta [72] .....	50
Obr. 2-40 System 03 při sběru odpadu v oblasti GPGP [74].....	52
Obr. 2-41 Vizualizace retenční zóny Systemu 03 [77].....	52
Obr. 2-42 Princip funkce Systemu 03 [74] (upraveno) .....	53
Obr. 2-43 Nejpoblárnější destinace výletních plaveb pro rok 2022 [86].....	54
Obr. 2-44 Aktivity, které by uživatelé preferovali při pobytu na plavidle .....	58
Obr. 2-45 Důvody pobytu respondentů na plavidle .....	58
Obr. 5-1 Strom cílů a omezení.....	65
Obr. 4-2 Systémové schéma řešení problematiky plovoucího plastového odpadu v oceánech .....	67
Obr. 4-3 Schéma možné přepravy lidí a ZSO pomocí přepravní kyvadlové lodi.....	68
Obr. 4-4 Ukázka možné přepravní lodi ZSO a rekreačních pasažérů [87] .....	69
Obr. 4-5 Průhledové schéma plavidla .....	70
Obr. 4-6 Skica pracovní verze varianty I.....	71
Obr. 4-7 Skica varianty I s obytnou nástavbou .....	72
Obr. 4-8 Spodní pohled na mechanismus sběru odpadu Varianty I .....	73
Obr. 4-9 Skica pracovní verze varianty II .....	73
Obr. 4-10 Skica varianty II s obytnou nástavbou .....	74

Obr. 4-11 Skica pracovní verze varianty III.....	75
Obr. 4-12 Skica varianty III s obytnou nástavbou .....	76
Obr. 4-13 Spodní pohled na mechanismus sběru odpadu Varianty III .....	77
Obr. 5-1 Výchozí rozměry trupů .....	81
Obr. 5-2 Předběžný návrh sběrného plavidla .....	84
Obr. 5-3 Rejnok orlí [88] .....	84
Obr. 5-4 Funkční blokové schéma předběžného návrhu.....	85
Obr. 5-5 Předběžné rozměry plavidla .....	86
Obr. 5-6 Příklad možného rozmístění vyrobených plavidel .....	87
Obr. 6-1 Hmotové a tvarové řešení plavidla .....	91
Obr. 6-2 Boční pohled na obytnou verzi plavidla .....	92
Obr. 6-3 Boční pohled na plavidlo s křídly.....	93
Obr. 6-4 Čelní pohled na obytné plavidlo.....	94
Obr. 6-5 Pohled na zadní palubu lodi.....	94
Obr. 6-6 Zadní pohled na plavidlo.....	95
Obr. 6-7 Čelní perspektivní pohled na obytnou nástavbu .....	96
Obr. 6-8 Zadní perspektivní pohled na obytnou nástavbu .....	96
Obr. 6-9 Půdorysné tvarování plavidla.....	97
Obr. 6-10 Prostorový pohled na rozmístění křídel.....	98
Obr. 6-11 Detail ostré hrany kolem předního křídla .....	98
Obr. 6-12 Celkový tvar trupu.....	99
Obr. 6-13 Detail na lodní šroub s kormidlem.....	100
Obr. 6-14 Sběrný plovák.....	100
Obr. 6-15 Pracovní verze plavidla z bočního pohledu.....	101
Obr. 6-16 Pracovní verze plavidla s pokrytou střechou solárními panely .....	101
Obr. 6-17 Základní rozměry plavidla .....	102
Obr. 6-18 Vnitřní uspořádání zařízení pro zpracování odpadu .....	103
Obr. 6-19 Detail na odtokový kanál mezi stěnou kormidelny a trupem.....	104
Obr. 6-20 Umístění nádrží na vodu v plavidle .....	104
Obr. 6-21 Uspořádání komponent pohonného ústrojí .....	105

Obr. 6-22 Plavidlo s nataženou sítí.....	106
Obr. 6-23 Vysunutý šnekový dopravník a sběrná síť s detailem na aretační stěnu plováku .....	106
Obr. 6-24 Přesun nádob s obsahem ZSO.....	107
Obr. 6-25 Vizualizace tlakových proudnic kolem křídla .....	108
Obr. 6-26 Vizualizace rychlostních proudnic kolem křídla .....	108
Obr. 6-27 Plavidlo se sklopenými křídly.....	109
Obr. 6-28 Ilustrace principu funkce větrné turbíny pod křídlem .....	110
Obr. 6-29 Podélný řez plavidlem .....	112
Obr. 6-30 Půdorysný pohled na 4. podlaží .....	113
Obr. 6-31 Půdorysný pohled na 5. podlaží .....	114
Obr. 6-32 Půdorysný pohled na 7. podlaží .....	115
Obr. 6-33 Výška zábradlí teras .....	116
Obr. 6-34 Výsuvné zábradlí kolem heliportu.....	116
Obr. 6-35 Detail ochozu kolem kormidelny .....	117
Obr. 6-36 Detail na údržbový poklop na bočním trupu.....	117
Obr. 6-37 Vstup do záchranných člunů.....	118
Obr. 6-38 Boční a zadní světlo plavidla .....	119
Obr. 6-39 Výsledné barevné řešení .....	120
Obr. 6-40 Barevné řešení s červeným akcentem .....	120
Obr. 6-41 Navržený logotyp a symbol.....	121
Obr. 6-42 Pohled na všechny grafické prvky plavidla .....	122
Obr. 6-43 Obytná nástavba využitá na pevnině.....	123
Obr. 6-44 Vizualizace plavidla při sběru odpadu .....	124

## 12 SEZNAM TABULEK

Tab. 4-1 Hodnocení alternativních návrhů .....	77
Tab. 5-1 Souhrn finanční bilance plavidla po 25 letech provozu .....	90



## 13 SEZNAM PŘÍLOH

### Zmenšené postery

1. Sumarizační poster (A4)
2. Designerský poster (A4)
3. Technický poster (A4)
4. Ergonomický poster (A4)

### Samostatné přílohy

1. Sumarizační poster (A1)
2. Designerský poster (A1)
3. Technický poster (A1)
4. Ergonomický poster (A1)
5. Fyzický model M 1:100

## 14 ZMENŠENÉ POSTERY

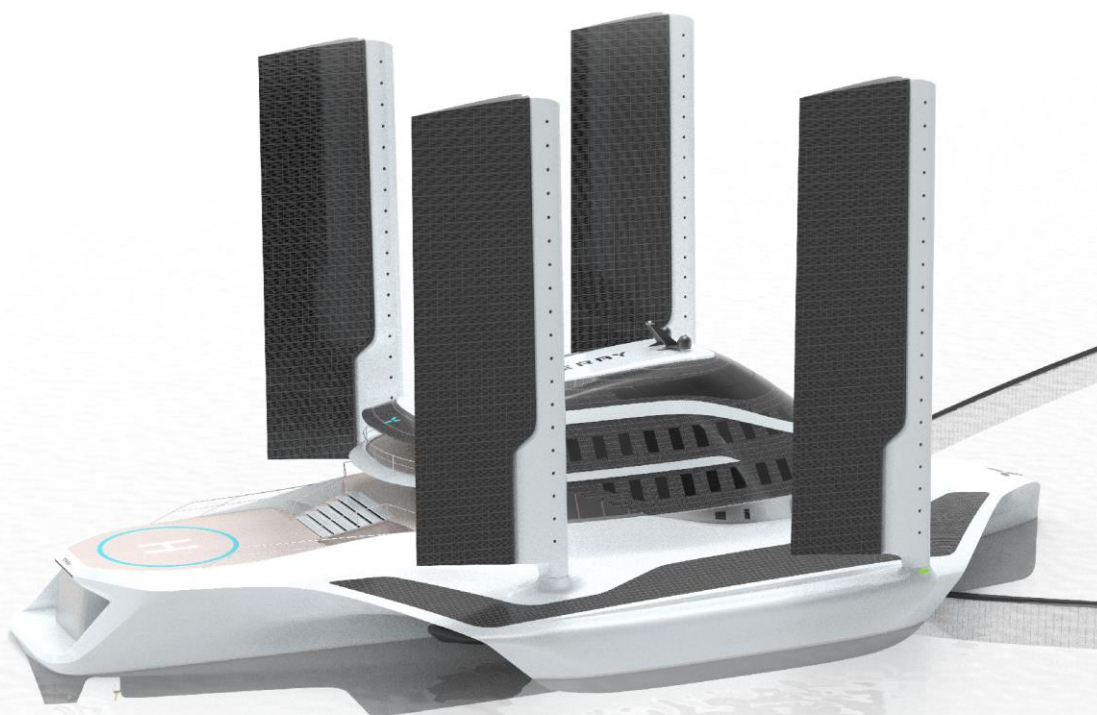
### Plavidlo pro sběr oceánského odpadu

2024

Petr Šnajdr

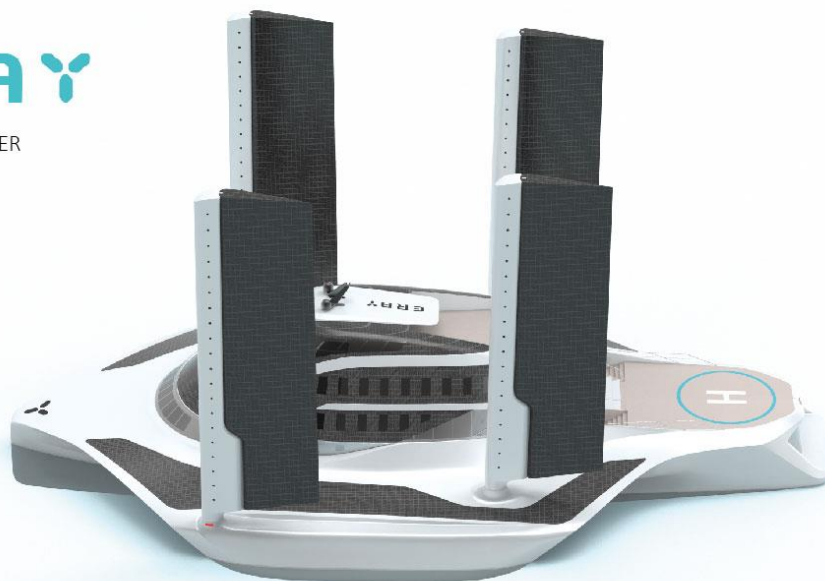
vedoucí: doc. akad. soch. Ladislav Krének ArtD.

Eray je plavidlo určené pro sběr plovoucího oceánského odpadu. Plavidlo sbírá a zpracovává odpad přímo na palubě technologií pyrolýzy. Kromě toho poskytuje ubytování široké veřejnosti na palubě. To zajišťuje konfigurovatelná konstrukce, kterou lze přidáním obytné nástavby na střeše pracovní verze modifikovat na obytnou verzi. Pobyt veřejnosti nejen zajišťí edukaci společnosti a mediální ohlas, ale především finančně podpoří provoz plavidla. Konstrukce využívá řadu obnovitelných zdrojů energie, jako vertikální křídla, solární panely či teplo z technologických procesů, jako primární energetický zdroj bez produkce emisí. Navržený koncept je tak ekonomicky i environmentálně udržitelný, který má společenský přesah a snaží se řešit problematiku plastového znečištění systémově. Tvarování je inspirováno mořskými živočichy a pohyby oceánu, které se projevují v členění a hlavních výrazových liniích.

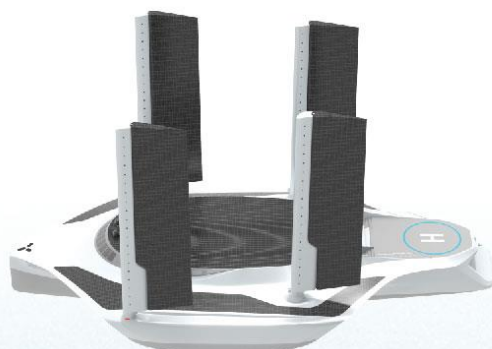
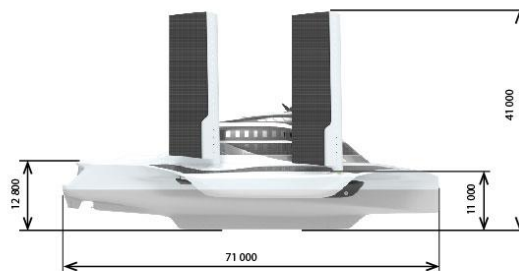
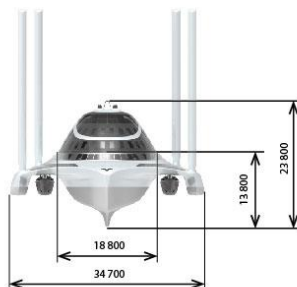


# ERAY

## SUMARIZAČNÍ POSTER



Navržený koncept plavidla řeší problematiku plastového znečištění oceánů. Plovoucí odpad sbírá a zpracovává přímo na palubě pyrolýzou ze které vznikají znovuvyužitelné produkty. Ty je vyzvedávány lodí, které se připojí k zadní části plavidla, kde dojde ke sklopení rampy a přesunu skladových nádob. Kromě toho nabízí v případě obytné verze ubytování pro veřejnost, které může na plavidle strávit rekreačně edukativní pobyt, čímž se nejenom finančně podpoří provoz plavidla, ale navíc vytvoří veřejná osvěta, které pomůže řešit zdroj problému, který by snížil vznik nového odpadu. Plavidlo se tak nesnaží řešit pouze koncový problém, ale přistupovat k problematice systémově.

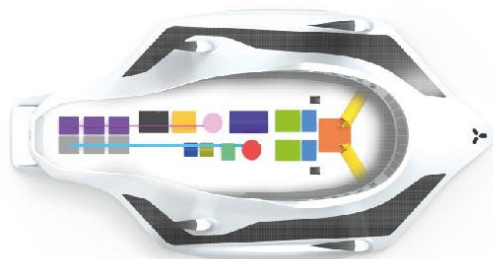


DESIGN PLAVIDLA PRO SBĚR OCEÁNSKÉHO ODPADU / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. et Bc. Petr Šnajdr / Vedoucí práce: doc. akad. soch. Ladislav Křenek ArtD. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2023/24

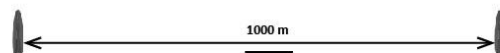


# ERAY

TECHNICKÝ POSTER



- |                     |                             |                         |
|---------------------|-----------------------------|-------------------------|
| ● ŠNEKOVÝ DOPRAVNÍK | ● PARAGENERÁTOR             | ● ÚDRŽBYNÝ PLYN, SLOŽEK |
| ● TRÍDIČKA          | ● TURBÍNA                   | ● DOPRAVNÍK KAR. SLOŽEK |
| ● DRTIČKA           | ● ELEKTROLYTICKE GENEZUJÍCÍ | ● SKLAD KAR. SLOŽEK     |
| ● SUŠIČKA           | ● KONDENZÁTOR               | ● SKLAD PLYN, SLOŽEK    |
| ● SPALOVNA          | ● PROCESNÍ VODA             |                         |
| ● PYROLYZNÍ REAKTOR | ● TEPELNÝ VÝTŘEŠNÍK         |                         |



Jadrem plavidla je pyrolyzní technologie zpracování odpadu, která přemění plastový odpad ne znovuvyžítelné složky. Odpad který nelze touto technologií zpracovat je spalován a přebytečné teplo je využito v procesu zpracování odpadu případně pro generování elektřiny.

Plavidlo využívá řadu obnovitelných zdrojů energie pro zajištění nízké produkce emisí a maximální možné soběstačnosti. Pohon je řešen pomocí vertikálních křídel a produkce elektřiny především ze solárních panelů.

Sběr odpadu je realizován dvěma motorovými plováky, které natahnou síť mezi nimi plavidlem a tím vytvoří bariéru, které směřuje odpad ke středovému trupu, kde na nabíraná na palubu dvěma šnekovými dopravníky.

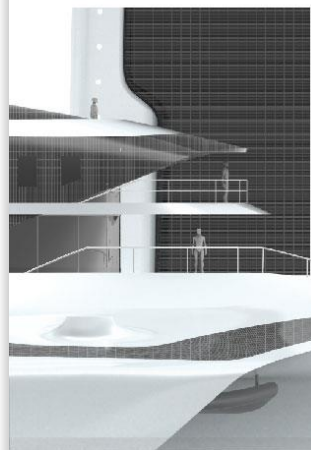
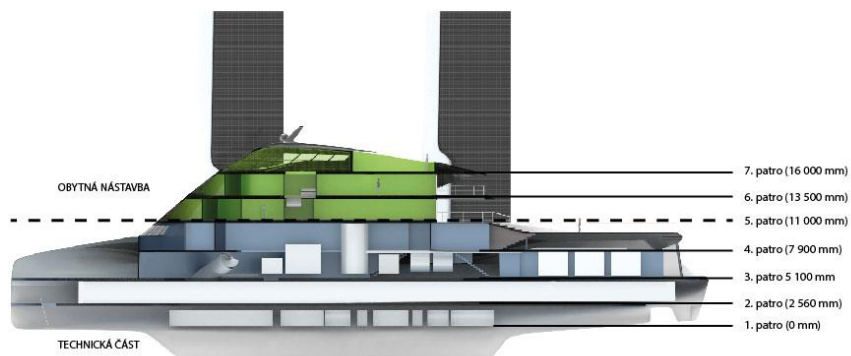
DESIGN PLAVIDLA PRO SBĚR OCEÁNSKÉHO ODPADU / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. et Bc. Petr Šnajdr / Vedoucí práce: doc. akad. soch. Ladislav Křenek ArtD. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2023/24





# ERAY

ERGONOMICKÝ POSTER



Pracovní verze nabízí prostory pro 8 techniku plavidla. Obytná verze, která pouze rozšiřuje pracovní o nástavbu o kapacitě 51 osob poskytuje zázemí k rekreačnímu a edukativnímu pobytu na palubě.

Pracovní a rekreační prostory jsou od sebe odděleny pro zajištění bezpečnosti a příjemného pobytu pro rekreační pasažéry. V nejnižších podlažích se nachází technické jádro lodi a zpracování odpadu a ve vyšších podlažích rekreační prostory. Ty jsou navrženy tak, aby nabízejí dostatek soukromých i veřejných prostor, které jsou navrženy multifunkčně pro různé aktivity.

V zadní části paluby se nachází heliport pro možnost rychlé přepravy cestujících, který je jinak využit jako multiúčelový prostor pro cestující.



DESIGN PLAVIDLA PRO SBĚR OCEÁNSKÉHO ODPADU / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. et Bc. Petr Šnajdr / Vedoucí práce: doc. akad. soch. Ladislav Křenek ArtD. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2023/24

