

Abstract

La presente tesi, intitolata "PROPULSIONE NUCLEARE PER SUPERYACHT: ANALISI DI FATTIBILITÀ PER UNA TRANSIZIONE ECOSOSTENIBILE", si propone di investigare la fattibilità dell'adozione della propulsione nucleare nel settore della nautica da diporto, in particolare per i superyacht di grandi dimensioni. L'obiettivo è analizzare le opportunità e i limiti di questa tecnologia innovativa, che emerge come soluzione potenziale per affrontare le stringenti normative ambientali e gli ambiziosi obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra (GHG) definiti dall'Organizzazione Marittima Internazionale (IMO). Le attuali tecnologie diesel, infatti, presentano limiti significativi in termini di emissioni, consumo di carburante e inquinamento acustico.

Il lavoro esplora l'evoluzione storica dei reattori nucleari marittimi, dagli usi militari ai primi esperimenti civili e alle moderne applicazioni, che dimostrano l'affidabilità tecnica. Vengono inoltre esaminati i fondamenti della tecnologia nucleare, i tipi di reattori (con particolare attenzione agli Small Modular Reactors - SMR e ai microreattori - MMR), l'architettura dei sistemi di propulsione, la schermatura dalle radiazioni, e i combustibili nucleari avanzati. L'avanzamento degli SMR e dei microreattori (MMR) è considerato cruciale per la diffusione civile, grazie alla loro maggiore sicurezza, modularità e costi potenzialmente ridotti.

Un caso studio dettagliato esamina il retrofit di un megayacht di grandi dimensioni, sostituendo la configurazione propulsiva diesel + diesel generatori originaria con un sistema basato su un reattore Pylon, batterie di supporto e un diesel generatore d'emergenza. L'analisi di fattibilità comprende:

- **Bilancio dei pesi e stabilità:** Un'analisi approfondita delle masse ha permesso di valutare l'impatto della nuova configurazione. Il risultato è un cambiamento gestibile nel dislocamento e un miglioramento della stabilità complessiva dell'imbarcazione, dovuto a un abbassamento del baricentro.
- **Analisi energetica e autonomia:** La configurazione nucleare garantisce una potenza elettrica continua, sufficiente per propulsione e carichi di bordo. L'autonomia operativa del reattore è estesa per diversi anni di funzionamento continuo senza necessità di ricarica del combustibile, eliminando la dipendenza dai combustibili fossili e superando le limitazioni di autonomia delle configurazioni diesel.
- **Sicurezza e smaltimento:** Il reattore Pylon è progettato secondo principi di "sicurezza intrinseca", con sistemi di raffreddamento passivi, schermature multiple e monitoraggio continuo. A fine vita, il modulo reattore può essere rimosso integralmente e trasportato per lo smantellamento (decommissioning by design), semplificando le procedure a bordo, sebbene la gestione dei rifiuti radioattivi e la normativa specifica siano ancora sfide aperte.
- **Analisi economica:** Sebbene l'investimento iniziale (CAPEX) per un MMR sia significativamente più elevato rispetto ai sistemi diesel, i costi operativi (OPEX) a lungo termine risultano drasticamente ridotti grazie all'eliminazione dei frequenti rifornimenti di carburante.

In conclusione, la tesi dimostra che la propulsione nucleare per superyacht è tecnicamente realizzabile e offre vantaggi significativi in termini di impatto ambientale (zero emissioni in esercizio), prestazioni e autonomia operativa. Le sfide principali rimangono l'accettazione pubblica e l'evoluzione normativa, ma la maturazione delle tecnologie modulari e una collaborazione globale potrebbero trasformare il settore dello yachting in un catalizzatore di innovazione sostenibile.