

POLITECNICO DI TORINO



DIPARTIMENTO DI ENERGETICA



Massimo Zucchetti

Storia della propulsione nucleare navale civile

**PT DE 585/IN
Febbraio 2006**

Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino (Italy)

Storia della propulsione nucleare navale civile

Massimo Zucchetti

1 La propulsione nucleare navale

L'uso dell'energia nucleare in ambito militare non si è limitato, nel corso degli anni, alla produzione di armamenti, ovvero di ordigni nucleari (“bombe atomiche” a fissione, “bombe all'idrogeno” a fusione termonucleare); l'energia nucleare è stata utilizzata anche per scopi meno distruttivi, come la propulsione di navi e sottomarini.

Nel caso specifico della propulsione marina, fin dagli anni '50 l'energia nucleare viene utilizzata come sistema di propulsione; attualmente, tuttavia, solo le portaerei ed i sottomarini militari ne sono dotati, mentre nel settore civile questa possibilità è tuttora utilizzata solo in rari casi (alcuni rompighiaccio russi e qualche sottomarino a scopo scientifico/oceanografico). In ambito civile, la propulsione nucleare ha avuto infatti una vita breve e scarsa di successo. In occidente, soltanto tre vascelli dimostrativi hanno effettivamente preso il mare nel secolo scorso, e sono stati tutti dismessi dopo pochi anni.

Questo articolo vuole occuparsi della storia del nucleare navale civile, cercando di comprendere le ragioni di un tale insuccesso.

Viene da domandarsi infatti come mai la propulsione nucleare navale abbia avuto successo solo in ambito militare; certo è che l'uso dell'energia atomica in ambito militare non viene fatto seguendo i criteri di sicurezza e precauzione applicati nel campo civile, dove vengono ridotti al minimo livello possibile i rischi per la popolazione e per l'ambiente. In ambito civile, può risultare quindi più difficile far passare sotto silenzio i problemi di sicurezza e di costo, come vedremo esaminando la storia dei vascelli nucleari civili.

2 Vantaggi e svantaggi della propulsione nucleare

Il principale vantaggio della propulsione nucleare consiste fondamentalmente in una prolungata autonomia e nel fatto di non avere bisogno di aria per funzionare, cosa che - nel caso dei sottomarini - comporta la possibilità di restare per lungo tempo sommersi; ciò era particolarmente importante ai tempi della guerra fredda, perché i sottomarini nucleari potevano così garantire una presenza tattica e strategica altrimenti impossibile con i sottomarini a propulsione convenzionale (con motori diesel). L'autonomia prolungata e la grande potenza disponibile sono altri chiari vantaggi della propulsione nucleare.

Gli svantaggi però sono notevoli e spiegano l'assenza di propulsione nucleare nella marina civile.

In primo luogo, citiamo gli alti costi di progettazione e di produzione; si pensi a un programma militare di recente realizzazione, la produzione di 4 sottomarini nucleari balistici inglesi della classe Vanguard: il costo di questo programma è stato in totale di oltre 20.000 milioni di Euro.

Vi è poi il problema della gestione delle scorie e del reattore una volta decommissionata l'unità. Una indicazione del costo dello smantellamento di un reattore nucleare per sottomarino (senza naturalmente utilizzare scorciatoie, quali l'affondamento "accidentale" in mare, si vedano i casi dei sottomarini russi) è di circa 15 milioni di Euro.

Un ulteriore rilevante svantaggio della propulsione nucleare marina è la sicurezza, ovvero il garantire che non vi siano rischi ambientali dovuti all'emissione di radioattività o ad eventuali incidenti. Anche la circolazione su rotte civili e l'attracco di una nave nucleare in un porto civile comporta ovvie difficoltà che costituiscono un intralcio rispetto ad una nave a propulsione convenzionale.

Infine, l'equipaggio e il personale a terra nei porti deve essere selezionato e ricevere un addestramento speciale, nel caso di una nave nucleare, con i costi e le difficoltà che si possono immaginare.

Appare ovvio che gli svantaggi appena elencati perdano importanza o vengano fortemente ridimensionati in campo militare, dove non mancano i fondi e dove la sicurezza è subordinata ad altri interessi. La tecnologia in ambito militare, come è infatti noto, mette

in secondo piano le norme di sicurezza e di tutela dei lavoratori addetti, utilizzando grande dovizia di mezzi, con enormi sprechi, per l'ottenimento di altri obiettivi. Ciò spiega anche perché la maggior parte della tecnologia militare non è utilizzabile in campo civile, dato che la ricerca militare non obbedisce alle leggi di mercato e di economia delle risorse, e quindi i prodotti che sforna non sono competitivi in ambito civile, essendo basati su un tipo di tecnologia che non bada ai costi.

3 Sommergibili e portaerei nucleari

A partire dal 1953 sono stati prodotti centinaia di sottomarini nucleari; oggi vi sono circa 160 sottomarini nucleari nel mondo.

La statistica degli incidenti avvenuti a questi vascelli è ampia; è inoltre oggetto di forte dibattito la questione dell'inquinamento radioattivo presente nei porti e nei mari dove transitano e sostano.

L'Unione Sovietica (poi Russia) ha costruito 248 sottomarini nucleari e cinque unità di superficie navali, alimentati da 468 reattori fra 1950 e 2003, e in quella data stava costruendo circa 60 altre unità. Alla conclusione della guerra fredda, nel 1989, vi erano oltre 400 sommergibili atomici operativi o costruiti. Circa 250 di questi sommergibili ora sono stati smantellati ed alcuni in costruzione o ordinati sono stati annullati a causa degli accordi di riduzione delle armi nucleari. La Russia e gli USA hanno comunque rispettivamente 75 e 52 sommergibili nucleari ancora in servizio (dati della fine del 2000, si veda più avanti), il Regno Unito e la Francia rispettivamente 16 e 10 e la Cina 6. Il totale oggi è circa 160 unità. Gli USA hanno poi la maggior parte delle portaerei funzionanti a propulsione nucleare, mentre sia gli USA che la Russia hanno incrociatori a propulsione nucleare. La Russia ha otto rompighiaccio (icebreakers) nucleari in servizio o in riparazione.

La marina degli Stati Uniti ha accumulato circa 5500 anni-reattore di funzionamento e ha in funzione circa 80 "navi atomiche" (con 105 reattori ad agosto del 2004). La Russia ha accumulato circa 6000 anni-reattore.

Tutte le navi a propulsione nucleare sono ad uso militare, tranne i rompighiaccio della Russia¹.

Stati Uniti

In totale, le portaerei USA operative sono 8 e trattandosi del tipo di nave più importante per la strategia militare della marina, sono dislocate in vari posti del mondo e in missione nelle zone più calde.

Vari incrociatori della classe California e Virginia erano a propulsione nucleare, ma sono stati tutti decommissionati (l'ultimo nel 1998).

In tutto i sottomarini a propulsione nucleare operativi sono 75, ma molti verranno decommissionati nei prossimi anni, sia per gli accordi Start che per gli eccessivi costi di manutenzione, portando il totale dei sottomarini nucleari intorno ai 50. Dal 1992 la marina militare statunitense concede saltuariamente un sottomarino nucleare in prestito per scopi scientifici e da allora sono state effettuate varie missioni sotto l'Artico e una nel Mediterraneo (Ballard 1997).

Regno Unito

In tutto i sottomarini nucleari operativi sono 4, perché i 12 delle classi Trafalgar e Swiftsure sono stati appena ritirati per effettuare dei controlli, in seguito all'incidente avvenuto al bordo del Tireless il 12 maggio 2000.

Francia

La portaerei a propulsione nucleare (2 reattori) Charles de Gaulle è stata varata a luglio 2000, con un forte ritardo rispetto al programma, ma è stata subito fatta rientrare per problemi alla propulsione. In tutto 10 sottomarini nucleari sono operativi.

Russia

In tutto ci sono 51 sommergibili, però molte delle unità che potrebbero essere operative in realtà non lo sono per la mancanza di fondi e di manutenzione. Gli 11 della classe Oscar sono bloccati per accertamenti dopo la tragedia del Kursk.

La Russia è l'unico paese ad avere imbarcazioni civili a propulsione nucleare, in particolare rompighiaccio della classe Arktika e della classe Taymyr.

¹ World Navies Today: <http://www.hazegray.org/worldnav/>

Altri

Poche sono le informazioni disponibili a riguardo della **Cina**. Pare comunque che sia in possesso di 1 sottomarino nucleare balistico e altri 5 di attacco.

L'**India** invece ha avviato un programma di sviluppo della sua flotta di sottomarini nucleari che prevede la sua realizzazione intorno al 2004, con la collaborazione tecnica russa. Già in passato l'India aveva affittato per alcuni anni un sottomarino nucleare russo.

Il **Canada** aveva intenzione di acquistare dei sottomarini inglesi della serie Trafalgar ma in seguito ha optato per sottomarini a propulsione convenzionale.

Altri paesi hanno manifestato l'interesse di acquistare sottomarini nucleari russi di "seconda mano": tra questi la Cina, il Brasile e la Corea del Sud.

In conclusione, possiamo così riassumere l'inventario dei vascelli nucleari a fine 2000 nel mondo:

Stato	sottomarini	portaerei	altri militari	altri civili
USA	75	8	-	-
UK	16	-	-	-
Francia	10	1	-	-
Russia	52	-	2	5
Cina	6	-	-	-
tot	158	9	2	5

4 La propulsione nucleare navale civile

Nel corso degli anni, la propulsione nucleare è stata studiata anche per l'applicazione per imbarcazioni civili.

Tuttavia, le navi a propulsione nucleare in ambito civile sono state un vero e proprio fallimento tecnologico. Ciò è testimoniato dalla esiguità dei progetti di navi a propulsione nucleare che sono stati effettivamente realizzati, e sul loro destino finale.

Possiamo elencare in tutto tre navi che – nel corso degli anni passati – hanno avuto propulsione nucleare, ovvero i cargo commerciali seguenti:

- 1 NS (“Nuclear Ship”) Mutsu, Giappone
- 2 NS Otto Hahn, Germania
- 3 NS Savannah, USA

La Mutsu della quale riportiamo in breve la storia, fu costruita all’inizio degli anni settanta e incontrò moltissime difficoltà durante la costruzione e successivamente, e non venne in pratica varata fino al 1990; dopo alcuni viaggi di prova, venne dopo molte peripezie smantellata nel 1995 senza aver mai trasportato un singolo carico commerciale.

Il progetto della nave risale al 1964, ed il varo era previsto per il 1972: tuttavia seri problemi al reattore nucleare causarono quasi vent’anni di ritardo, per ingenti operazioni di riparazione. I problemi tecnici dai quali era afflitta ne fecero un insuccesso clamoroso; inoltre, la nave era accompagnata, nei suoi brevi viaggi, dalle dimostrazioni di protesta di massa da parte di pescatori giapponesi. Fra il 1990 e il 1992 la nave fece quattro brevi viaggi di prova, dopodiché iniziarono le operazioni di smantellamento. Come già accennato, la Mutsu non portò mai un singolo grammo di carico utile commerciale

La Otto Hahn, commissionata nel 1970, ebbe vita molto breve come nave a propulsione nucleare, dato che il suo reattore fu smantellato nel 1979 e sostituito con un motore convenzionale nel 1983. La storia completa della nave è riportata qui di seguito.

Il progetto di una nave commerciale per testare la fattibilità del trasporto a propulsione nucleare tedesco risale al 1960. La costruzione della nave venne progettata nel 1963 dalle officine Howaldtswerke Deutsche Werft AG di Kiel, sul mare del Nord. L’inizio delle costruzioni avvenne nel 1964, e la nave prese il nome dal fisico e chimico tedesco Otto Hahn, premio nobel 1944, uno fra gli scopritori della fissione nucleare.

Nel 1968, il reattore nucleare della nave, un pressurizzato da 38 MW, raggiunse la criticità; nell’ottobre di quell’anno, la Otto Hahn ricevette il permesso per la navigazione commerciale e di ricerca. La nave era configurata per trasportare passeggeri e merci, ed il suo primo viaggio avvenne nel 1970 verso il porto di Casablanca. Nel 1972, dopo quattro anni di funzionamento, venne cambiato il combustibile al reattore (22 chilogrammi). Fra il 1970 e il 1979, la nave percorse circa 650,000 miglia nautiche, toccando 33 porti in 22

paesi. In quell'anno (1979), la Otto Hahn venne disattivata: il suo reattore nucleare venne rimosso e rimpiazzato da un motore diesel convenzionale. La nave riprese il servizio nel 1983, dopo aver cambiato nome.

La Savannah fu la prima nave a propulsione nucleare di tipo civile, dopo il rompighiaccio sovietico Lenin del 1959, e costituì più che altro un prototipo atto alla dimostrazione della fattibilità di costruzione di quel tipo di navi. Varata nel 1962, venne smantellata – per i troppo elevati costi di gestione – nel 1972. Ora alcune sue parti sono conservate in un museo.

La Savannah prese il nome dalla prima nave a vapore che attraversò l'Oceano Atlantico. Nel 1955, il presidente degli Stati Uniti Eisenhower propose la costruzione di una nave mercantile a propulsione nucleare, nell'ambito del suo programma "Atomi per la Pace" di quell'anno. L'anno successivo, il Congresso autorizzò un progetto in comune fra Atomic Energy Commission, la Marina e il Dipartimento del Commercio. La nave fu progettata dallo studio George G. Sharp, Inc., di New York. Il corpo nave venne costruito dalla New York Shipbuilding Corporation a Camden, New Jersey, mentre il reattore venne costruito dalla Babcock e Wilcox. Venne varata, come detto, il 23 marzo del 1962, madrina la ex First Lady Mamie Eisenhower.

La Savannah voleva dimostrare la fattibilità tecnica della propulsione nucleare per navi mercantili e non doveva essere commercialmente competitiva. Il suo progetto era tale da far risultare la nave assai impressionante, con trenta cabine passeggeri con aria condizionata e bagno privato, una sala da pranzo, un teatro, una veranda, una piscina e una biblioteca.

Come nave dimostrativa, fu un relativo successo, non ebbe alcun incidente di rilievo durante la sua vita. Tutto questo, tuttavia, a prezzo di costi esorbitanti e assolutamente non competitivi con una nave a propulsione convenzionale.

Ad esempio, lo spazio di carico della Savannah era limitato a 8500 tonnellate, quando navi convenzionali della stessa stazza potevano accogliere carichi di molte volte superiori. Anche le modalità di carico erano complesse e svantaggiose, soprattutto per porti automatizzati. La ciurma era di un terzo maggiore rispetto ad una nave convenzionale; in ogni porto dove attraccava, era necessario un molo separato dagli altri e del personale

specializzato per accoglierla e sorvegliarne le operazioni. La ciurma a bordo dovette ricevere del training aggiuntivo per poter operare a bordo della Savannah.

In buona sostanza, nessuna nave con questi svantaggi poteva sperare di essere commercialmente un successo. Vi era a bordo molto spazio sprecato per passeggeri, mentre la sua capacità di carico era insufficiente.

Tutte queste ragioni facevano sì che la Savannah costasse circa 2 milioni di dollari in più l'anno rispetto ad una nave a motore convenzionale. La Marina decise di decommissionarla nel 1972.

Nel 1985, la Savannah venne posta nel Patriot's Point Naval Museum (Sud Carolina) e nel 1999 venne spostata nel James River Merchant Marine Reserve Fleet, vicino a Newport News, Virginia.

A questo elenco possiamo poi aggiungere un certo numero di rompighiaccio a propulsione nucleare, costruiti negli anni passati in Unione Sovietica.

Essi sono: NS Lenin, NS Arktika, NS Sibir, NS Rossiya, NS Taimyr, NS Sovjetskij, NS Sojuz, NS Vaigach, NS Jamal, NS Ural, cui aggiungiamo il rompighiaccio-cargo Sevmorput, varato nel 1988.

Anche la storia dei rompighiaccio nucleari sovietici è alquanto tormentata, come si può riscontrare nei dati riportati in seguito, anche se – allo stato attuale – i rompighiaccio a propulsione nucleare sembrano l'unico utilizzo civile di questo tipo di propulsione che abbia avuto uno sviluppo concreto.

Negli ultimi dieci anni, tuttavia, nessuna nave di questo tipo è stata varata. Ciò non stupisce: i rompighiaccio russi hanno una storia che parla di incidenti ed emergenze nucleari o radiologiche che è assai ampia.

La statistica sugli incidenti avvenuti in sottomarini sovietici (e, successivamente russi) è amplissima – ancor più della precedente - e francamente agghiacciante: in quaranta anni, si sono avute circa 12 emergenze nucleari e oltre 100 emergenze radiologiche. Un "record" davvero poco invidiabile.

I rompighiaccio nucleari sono costruiti appositamente per navigare in acque con presenza di ghiacci perenni. Essi vennero costruiti con lo scopo di aumentare il traffico mercantile lungo le coste nord della Siberia.

I rompighiaccio nucleari sono assai più potenti rispetto ai loro corrispondenti a motore diesel: essi possono forzare banchi di ghiaccio spessi fino a 2,5 metri, andando ad una velocità fino a 10 nodi. In acque libere, la loro velocità arriva a 21 nodi.

I rompighiaccio nucleari Vaigach e Taimyr hanno un equipaggio di 120 marinai, mentre l'Arktika arriva a oltre 200.

Attualmente, fra equipaggio e personale a terra, circa 2000 persone lavorano sui rompighiaccio russi. Gli equipaggi ricevono un addestramento speciale al collegio Makarov di San Pietroburgo (Russia).

Tabella: Rompighiaccio nucleari russi

Nome della Nave	Anno	Tipo e commenti
NS Lenin	1959	Rompighiaccio, decommissionato nel 1989
NS Arktika	1975	Rompighiaccio, non in funzione
NS Sibir	1977	Rompighiaccio Arktika-type non in funzione
NS Rossiya	1985	Rompighiaccio Arktika-type
NS Sevmorput	1988	Nave porta container
NS Taimyr	1989	Rompighiaccio da fiume
NS Sovjetskij Sojuz	1990	Rompighiaccio Arktika-type
NS Vaigach	1990	Rompighiaccio da fiume
NS Jamal	1993	Rompighiaccio Arktika-type
NS Ural	1994	Rompighiaccio, Arktika-type

Al suo varo, nel 1957, il rompighiaccio Lenin fu la prima nave nucleare civile al mondo, prima della Savannah. Il periodo ordinario di operazione per il Lenin fu dal 1959 al 1989, anno in cui venne messo fuori operazione e ricoverato nel porto di Atomflot, base dei rompighiaccio russi, nel fiordo di Murmask, penisola di Kola, Mar Bianco.

In tutto, sono state costruite dieci navi nucleari civili russe: nove di queste sono rompighiaccio, una – la Sevmorput – è una nave porta container.

I due rompighiaccio da fiume (Taimir e Vaigach) sono stati costruiti in Finlandia, mentre i rompighiaccio Arktika type sono stati costruiti presso i cantieri dell'Ammiragliata a San Pietroburgo.

Al momento, i due rompighiaccio meno recenti (Arktika e Sibir) non sono operativi, e sono ricoverati alla base Atomflot per estese riparazioni. Fra le altre cose, i reattori nucleari e le turbine debbono essere migliorati, dato che non soddisfano più le esigenze di sicurezza stabilite per i rompighiaccio più recenti. Ma, molto probabilmente, le due navi non ritorneranno operative per motivi economici. Sebbene vi sia un certo incremento del traffico mercantile nell'Artico, questo non è tale da giustificare l'operazione di tutti i rompighiaccio: quelli di meno recente costruzione dovrebbero probabilmente essere decommissionati.

I rompighiaccio russi sono progettati per aprire la strada fra i ghiacci per il passaggio di altre navi mercantili attraverso il mar Glaciale Artico, lungo la cosiddetta "Northern seaway", che passa per la parte est del Mar di Barents, il mare di Pecora, il mar di Kara, il mar di Laptev e il mare orientale Siberiano, fino allo stretto di Bering. I porti più importanti lungo la via sono, tra gli altri, Dixon, Tiksi e Pevek.

I rompighiaccio da fiume Vaigach e Taimyr sono stati costruiti per acque basse e sono normalmente utilizzati sul fiume Jenisei a Dixon, dove rompono il ghiaccio, seguiti da navi mercantili con legname da Igarka e con minerali e metalli dal porto di Dudinka.

I rompighiaccio sono anche stati utilizzati per diverse spedizioni scientifiche nell'Artico. Il 17 agosto 1977 il rompighiaccio Arktika fu la prima nave di superficie a raggiungere il Polo Nord

5. Incidenti ed emergenze alla flotta nucleare civile russa²

La casistica di incidenti occorsi alla pur limitata flotta nucleare civile russa è amplissima e davvero poco incoraggiante. Ci limitiamo in questo paragrafo ad elencare gli incidenti principali, per capire come – se si trattasse di una vera applicazione civile e non di un

² Some emergencies and incidents on the ship reactors of The Icebreaking fleet of the USSR / RUSSIA (V.M.Kuznetsov, 2000)

utilizzo di nicchia sotto stretto controllo statale – ci si troverebbe di fronte ad un verso disastro.

- Nel febbraio 1965, durante i lavori di riparazione del reattore n. 2 del rompighiaccio “Lenin”, vi fu un’emergenza: a causa di un errore di alcuni operatori, il nocciolo venne lasciato scoperto senz’acqua per un certo tempo, e questo causò un danneggiamento di circa il 60% del combustibile.
- Nell’agosto del 1967, parte di un nocciolo spento del reattore del rompighiaccio Lenin venne inserito in un contenitore e affondato al largo dell’isola di Nuova Zemljia
- Nel novembre 1988, a causa di un errore umano, il reattore del rompighiaccio “Rossiya” rimase per quattro minuti senza raffreddamento, causando danni parziali al nocciolo
- Nel 1993, un eccesso di contenuto di gas radioattivi fu rilevato in un compartimento del reattore del rompighiaccio “Arktika”, mentre la nave si trovava nel mare di Karsk. Questo era dovuto ad una perdita nel contenimento di uno dei reattori. Nonostante questa anomalia, il reattore funzionò a piena potenza per tre giorni. A causa di questo incidente, vi fu un’emissione di radioattività all’esterno di circa 55 GBq (1,5 Ci)
- Nel 1994 e 1995 ebbero luogo circa 25 piccoli incidenti operazionali, a bordo di diversi rompighiaccio, senza gravi conseguenze.
- Nel 1996, fra altri incidenti meno gravi, vi fu una perdita di gas radioattivo dal contenitore del circuito primario di uno dei reattori del rompighiaccio Arktika.
- Nel 1997 vi furono altri tre incidenti di perdita di gas radioattivo dai reattori dei rompighiaccio Sovjetskij Sojuz, Jamal e Arktika
- Sempre nel 1997, durante lo scarico di combustibile nucleare esaurito, vi fu un incidente di contaminazione radioattiva presso la base di Atomflot.
- Nel 1999, vi fu un’altra perdita di gas radioattivo dal primario di un reattore del rompighiaccio Sevmorput. In aggiunta a ciò, vi furono oltre una ventina di piccole emergenze senza conseguenze.
- Sempre nel 1999, venne affondato alla profondità di 15 metri nel porto un contenitore (“Uranus”) utilizzato per la raccolta e lo stoccaggio temporaneo di acque di decontaminazione a bassa attività.

- Nel 2000, in mezzo ad una decina di incidenti privi di conseguenze, si segnala una fuga di gas radioattivi (Xe-133, I-131, Cs-134) dal generatore di vapore del reattore del rompighiaccio Arktika.

6. Conclusioni

Possiamo quindi concludere che le applicazioni civili della propulsione nucleare navale sono state tentate e si sono dimostrate un fallimento, sia per motivi di costo che per motivi di sicurezza, a parte i rompighiaccio russi, che tuttavia sono una applicazione che definiremmo di nicchia.

A questo proposito vorremmo ancora citare come anche l'Italia sia stata ampiamente coinvolta in questo tipo di ricerche. Ad esempio, si tenne a Torino, nell'ottobre del 1962, il Convegno "Progetti ed esperienze nel settore della propulsione navale nucleare", organizzato dal CNEN (Comitato Nazionale Energia Nucleare, sigla che si sarebbe poi trasformata in ENEA) nell'ambito della manifestazioni del XII Salone Internazionale della Tecnica, e i cui Atti³ vennero pubblicati nel 1964.

La lettura di questo ponderoso volume di 570 pagine è assai istruttiva: sono in esso contenuti molti interessanti lavori scientifici e tecnici, anche se applicati in un ambito che non ha avuto poi – come sappiamo – alcuno sviluppo, e in generale scritti senza tenere conto, appunto, del contesto generale che a noi ora appare chiarissimo, cioè dell'assoluta inopportunità di applicare questo tipo di propulsione a naviglio mercantile o civile in generale.

E' ancora abbastanza ricordato – fra gli esperti del settore nucleare - il progetto italiano di "Nave Nucleare", sviluppato in collaborazione fra Euratom, Fiat e Ansaldo, con apporti da parte di diverse università e centri di ricerca italiani⁴.

Senza scendere nel dettaglio, che meriterebbe un lavoro di analisi ad hoc per riflettere come l'ingegno umano (e anche i fondi di ricerca) venga a volte profuso invano, segnaliamo diversi articoli, in questi atti, che studiavano lo sviluppo di petroliere mercantili a propulsione nucleare, sia di superficie, che anche – cosa più interessante per il

³ AA.VV. "Propulsione Navale Nucleare", Ed. CNEN, Via Belisario 15, Roma, 1964.

⁴ A.Campanile, G.Fogagnolo, "Le attrezzature sperimentali del Centro di Rcerche SORIN di Saluggia per ricerche connesse con il progetto di nave nucleare Euratom-Fiat-Ansaldo", op. cit., pag.551.

nostro lavoro – come sommergibili-petroliera a propulsione nucleare⁵. Ci pare – particolarmente quest’ultima proposta – un interessante tentativo di sintesi, in caso di incidente, fra l’inquinamento radioattivo e quello – ben noto – da rilascio nell’ambiente marino di petrolio ed idrocarburi. Sarebbe davvero stato interessante da studiare uno scenario di disastro ambientale misto petrolio-radioattività.

In conclusione, l’esperienza di questi anni ci ha dimostrato come soltanto in ambito militare, dove – come è noto – le questioni di costo e di sicurezza hanno importanza assai relativa, la propulsione nucleare continua a trovare un’applicazione. IN ambito civile, invece, la propulsione nucleare è stata penalizzata dal costo, dalla sicurezza e dalla concorrenza con la propulsione convenzionale.

⁵ G.Zamparo, “Sommergibili nucleari mercantili”, op. cit., pag. 497.