

POLITECNICO DI TORINO

Corso Duca degli Abruzzi 24, 10129 Torino



SOMMERSIBILI NUCLEARI: PROBLEMI DI SICUREZZA E IMPATTO AMBIENTALE

F. IANNUZZELLI*, V.F. POLCARO**, M. ZUCCHETTI***

* Associazione PeaceLink, Telematica per la pace, sito web: <http://italy.peacelink.org/>. email: francesco@peacelink.org

** Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Astrofisica Spaziale e Fisica Cosmica, Area di Ricerca Roma-Tor Vergata. email: polcaro@rm.iasf.cnr.it

*** Dipartimento di Energetica, Politecnico di Torino, email: massimo.zucchetti@polito.it

*, **, *** Comitato Scienziati e Scienziate contro la guerra (www.scienzaepace.it)

POLITECNICO DI TORINO
PT DE 575 IN

NOVEMBRE 2004

INDICE

PREMESSA: A COSA SERVONO I SOMMERGIBILI NUCLEARI?	5
1 INTRODUZIONE	9
1.1 LA PROPULSIONE NUCLEARE NAVALE	9
1.2 VANTAGGI E SVANTAGGI DELLA PROPULSIONE NUCLEARE	9
1.3 SOMMERGIBILI NUCLEARI	10
1.4 IL FALLIMENTO DELLA PROPULSIONE NUCLEARE NAVALE CIVILE.....	19
1.5 CENNI SUL FUNZIONAMENTO DEL REATTORE DI UN SOTTOMARINO NUCLEARE	24
1.6 LA SCARSITÀ DI SISTEMI DI SICUREZZA.....	26
1.7 INCIDENTI A SOTTOMARINI NUCLEARI	27
2 DESCRIZIONE DEI SOTTOMARINI NUCLEARI DEGLI STATI UNITI D'AMERICA	30
2.1 CARATTERISTICHE E TIPOLOGIA DI SOTTOMARINI NUCLEARI.....	30
2.2 LA TRASFORMAZIONE DELLA FORZA MILITARE SOTTOMARINA STATUNITENSE	34
2.3 LE NAVI APPOGGIO	39
3. L'INCIDENTE DELL'ISOLA LA MADDALENA.....	42
3.1 DESCRIZIONE DELL'EVENTO.....	42
3.2 INCIDENTI MILITARI NEL MAR MEDITERRANEO	47
4. ALTERNATIVE ALLA PROPULSIONE NUCLEARE PER SOTTOMARINI... 49	
4.1 L'A.I.P. SVEDESE: IL MOTORE STIRLING.....	50
4.2 L'A.I.P. TEDESCO: LA CELLA A COMBUSTIBILE	52
4.3 IL TIPO 212 ITALIANO	55
CONCLUSIONI	56
SITI WEB.....	59
BIBLIOGRAFIA: SOMMERGIBILI SOVIETICI/RUSSI	60
APPENDICE 1 – INCIDENTI NUCLEARI E RADIOLOGICI ALLA FLOTTA RUSSA CIVILE (ROMPIGHIACCIO)	62
APPENDICE 2 – CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DEI PROPULSORI NAVALI: DESCRIZIONI DETTAGLIATE.....	68
A2.1 PROPULSIONE NUCLEARE: COME È FATTO UN REATTORE?	68
A2.2 NUCLEAR POWERED SHIPS	73
APPENDICE 3: CRONISTORIA E DESCRIZIONE DEGLI INCIDENTI A SOTTOMARINI SOVIETICI/RUSSI DAL 1960 AL 2000.....	75
APPENDICE 4 – IMMAGINI E CARATTERISTICHE DI SOTTOMARINI USA E SOVIETICI/RUSSI	82
APPENDICE 5 – CARATTERISTICHE DEL SOTTOMARINO HARTFORD.....	95

Premessa: a cosa servono i sommergibili nucleari?

In questo lavoro, oltre ad una breve descrizione dei sommergibili nucleari dal punto di vista impiantistico, si faranno cenni anche all'utilizzo civile della propulsione nucleare per mostrare il totale fallimento, per poi passare ad una illustrazione e commento del poco rassicurante record di incidenti nucleari o radiologici avvenuti a bordo o a causa di sommergibili nucleari. Lo studio comprende anche una descrizione di massima del recente incidente al sottomarino Hartford avvenuto al largo della base de La Maddalena nel 2003. La conclusione alla quale si giunge è che i sottomarini nucleari sono inevitabilmente sistemi "*accident prone*", ovvero che possono subire vari tipi di incidenti, anche molto gravi, con frequenza notevolmente maggiore rispetto ai sistemi nucleari civili.

Di fronte agli immensi rischi per le popolazioni derivanti dall'impiego di sommergibili nucleari, così ovvi che non possono essere sconosciuti agli Stati maggiori ed ai governi delle nazioni che li possiedono, viene quindi spontaneo chiedersi se il permanere in servizio di questi vascelli sia in qualsiasi modo inevitabile.

A questa domanda, si può rispondere con tre ordini di considerazioni diverse.

Sul piano puramente militare, è evidente che lo sviluppo dei sommergibili nucleari è stato dovuto solo alle esigenze della Guerra Fredda e della "Mutua Distruzione Assicurata" (MAD). Lo sviluppo della tecnologia nucleare, spinta dalla competizione tra USA e URSS, portò, nella seconda metà del XX secolo, a sviluppare ordigni sempre più potenti (prima nucleari e poi termonucleari) e sempre più numerosi (fino ad arrivare a decine di migliaia di testate nucleari per parte, molte delle quali di potenza equivalente a tutto l'esplosivo impiegato nel corso della Seconda Guerra Mondiale) ed ad una impressionante panoplia di vettori per condurli sul bersaglio. Nel giro di meno di dieci anni, apparve evidente sia agli USA che all'URSS che non vi era mezzo tecnico per impedire che, una volta che un attacco nucleare su vasta scala fosse stato lanciato, esso arrivasse sulla nazione attaccata, distruggendola completamente. L'unica soluzione era quindi quella della ritorsione: la nazione aggredita, scoperto di essere sotto attacco, prima di essere colpita avrebbe lanciato un contrattacco nucleare totale contro l'aggressore, che ne sarebbe stato a sua volta

completamente distrutto. Questo Equilibrio del Terrore è stata la sola cosa che ha impedito lo scatenarsi di una guerra nucleare.

In questa logica, i sottomarini nucleari armati di missili balistici avevano un ruolo fondamentale: a differenza dei missili con basi a terra, che potevano in teoria essere distrutti da un attacco di sorpresa, e dei bombardieri strategici, che potevano essere intercettati ed abbattuti, la loro capacità di rimanere in immersione a grandi profondità, in continuo movimento ma sempre in posizioni sconosciute al nemico, li rendeva invulnerabili ad ogni possibile attacco preventivo e quindi sempre pronti ad un attacco di ritorsione totale, qualsiasi fossero stati i danni inferti alla loro patria. Per questo motivo, essi erano certamente un elemento stabilizzante nell'Equilibrio del Terrore.

Dopo lo scioglimento del Patto di Varsavia e della stessa URSS, questa loro funzione è venuta completamente a mancare: non esiste infatti attualmente al mondo, e non esisterà per lungo tempo, nessun paese che possa infliggere all'unica superpotenza rimasta un colpo di una tale gravità da rendere impossibile una sua reazione nucleare intollerabile, messa a segno con missili intercontinentali e con bombardieri strategici. D'altra parte, i sommergibili nucleari armati di missili, anche se possono essere riconvertiti ad altri compiti, come il lancio di missili da crociera nell'ambito di campagne locali, non sono certo il mezzo più adatto a questo tipo di conflitto. In queste guerre locali infatti, la capacità di navigare in immersione non porta ad alcun vantaggio, dato che il nemico non ha certo la forza per attaccare preventivamente chi sta per colpirlo. I missili *Cruise* che si intende impiegare possono quindi essere lanciati, e con una facilità molto maggiore, da navi di superficie, da aerei o da basi a terra, senza l'aggiunta dei costi, fortissimi e completamente inutili, di farli partire da sotto la superficie marina. Per i sommergibili d'attacco d'altra parte la grande autonomia non è certo una caratteristica particolarmente apprezzabile: dato il loro impiego prevalentemente tattico, essi hanno al contrario tutto da guadagnare da missioni brevi, che non mettono a durissima prova l'equilibrio psichico dell'equipaggio e quindi la sua capacità di una massima concentrazione nell'esecuzione della missione. E' infatti ben noto che i lunghi periodi di assoluto isolamento degli equipaggi dei sommergibili nucleari sottopongono ad un gravissimo stress i loro marinai ed i loro ufficiali (questo problema psichico dovuto all'isolamento in piccole comunità è ormai noto in psichiatria proprio con il nome di "sindrome del sommergibile") ed hanno costituito in passato, quando era effettivamente necessario che questi vascelli rimanessero in

immersione per mesi al fine di adempiere alla loro funzione strategica, uno dei problemi più gravi di queste armi, mai completamente superato. Dal punto di vista puramente militare, si può quindi ben dire che i sommergibili nucleari sono solo residuati della Guerra Fredda.

Dal punto di vista politico, per altro, superata la fase nella quale possedere un sottomarino a propulsione nucleare costituiva in pratica per una nazione uno "status symbol" di grande potenza, la gestione di questi vascelli è solo fonte di problemi con la propria popolazione (ed infatti vengono fatti tornare in patria il meno possibile, arrivando a sostituire gli equipaggi nelle basi all'estero, trasportandoveli in aereo) e di tensioni internazionali.

Purtroppo, l'unica ragione per la quale i sottomarini a propulsione nucleare sono ancora operativi è un **problema economico**. Il disarmo di una nave a propulsione nucleare è, infatti, costosissimo e, dato che quando un vascello militare è posto in disarmo la sua gestione passa dalle autorità militari a quelle civili, andrebbe a gravare su bilanci statali sempre più carenti, anche negli Stati Uniti. In più, il fatto stesso di passare sotto il controllo civile rende non più eludibile tutta la normativa di sicurezza ambientale, che poteva essere quasi completamente ignorata finché il reattore nucleare restava sotto il controllo militare¹ e ciò aggrava ulteriormente il costo della demolizione.

In definitiva, è ragionevole sospettare che, se i sottomarini a propulsione nucleare restano tuttora in servizio, ciò sia dovuto prevalentemente al fatto che non ci sono i soldi per smantellarli. Naturalmente, finché essi restano operativi, è anche ovvio che essi vengano impiegati, anche se le operazioni che essi compiono attualmente sarebbero più agevolmente affidabili a naviglio di superficie, dato che buona parte delle loro spese correnti di gestione sono in ogni caso ineludibili. Dato poi che si tratta in ogni caso di ordigni bellici, non utilizzabili per nessun altro fine, è anche ovvio che essi vengano concentrati principalmente nelle aree di massima tensione e queste, attualmente, sono tutte concentrate sulla parte meridionale del Mare Mediterraneo. Dobbiamo quindi attenderci che buona parte dei sommergibili nucleari esistenti verranno a concentrarsi nei prossimi anni in questo mare e sarà quindi nel Mediterraneo che avverranno la maggioranza degli incidenti che inevitabilmente li coinvolgeranno. Peccato che l'Italia vi si trovi proprio in mezzo!

¹ Si mostrerà che questa è la principale ragione che rende i sottomarini nucleari così soggetti agli incidenti

Non neghiamo che, come pacifisti, non nutriamo alcuna simpatia per i sistemi d'arma ed in particolare per quelli che, come i sottomarini, sono stati sviluppati, fino dal loro esordio nella Prima Guerra Mondiale, essenzialmente come mezzi d'attacco. Ricordiamo che, soprattutto a seguito dello sdegno che seguì all'affondamento del transatlantico "Lusitania" avvenuto il 7 maggio 1915 a sud dell'Irlanda ad opera del sommergibile tedesco U20², nelle trattative che portarono alla firma della Protocollo di Ginevra del 1925 sulla condotta delle operazioni belliche, si era discusso della possibilità di includere i sottomarini nel novero delle "armi proibite". Non se ne fece nulla, perché ormai tutti gli ammiragliati del mondo erano divenuti entusiasti sostenitori di quest'arma che poteva colpire il nemico di sorpresa³. Si mostrerà però come, se i governanti e gli stati maggiori vogliono che sommergibili con certe caratteristiche militari continuino ad esistere, vi sono, dal punto di vista tecnico, valide alternative alla propulsione nucleare anche per questo tipo di vascelli. Se è ancora troppo presto perché l'umanità abbandoni questo tipo di arma, almeno si eviteranno gravi ed inutili rischi e sofferenze ai civili ed agli stessi equipaggi dei sommergibili in tempo di pace.

² nel quale morirono 1.152 dei 1.916 passeggeri civili imbarcati sulla nave inglese

³ Ricordiamo il truce inno della famigerata "X MAS" fascista: "Rapidi ed invisibili, partono i sommergibili..."

1 Introduzione

1.1 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, ma comunque – come vedremo – pericolosi, come la propulsione di navi e sottomarini. Questa relazione vuole occuparsi, in termini introduttivi, dei rischi relativi di questi sistemi tecnologici.

Il pericolo principale che vuole qui essere messo in evidenza consiste nel fatto che, come vedremo, l'uso dell'energia atomica in ambito militare non viene fatto seguendo i criteri di sicurezza e precauzione applicati nel campo civile, con conseguenti gravi rischi per la popolazione e per l'ambiente.

Senza entrare nel merito della validità dell'energia nucleare come fonte di energia, anche i suoi fautori concordano sulla necessità di applicare tutte le misure di sicurezza necessarie a proteggere quanto più possibile l'ambiente e le persone.

Nel caso specifico della propulsione marina, anche l'energia nucleare viene da molti anni utilizzata come sistema di propulsione; attualmente, solo le navi e 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).

1.2 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).

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.

Purtroppo, però, gli svantaggi appena elencati perdono importanza e vengono fortemente ridimensionati in campo militare, dove non mancano i fondi e dove la sicurezza è subordinata ad altri interessi. La ricerca e la tecnologia in ambito militare, come è infatti noto, sono condotte nello spregio delle norme di sicurezza e di tutela dei lavoratori addetti, nonché della vita umana in genere, con grande dovizia di mezzi ed enormi sprechi. 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.

1.3 Sommergibili 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 costruzione.

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.

Nel seguito riportiamo un censimento delle navi e dei sottomarini a propulsione nucleare nel mondo; esso risale al 28 ottobre 2000 ed è disponibile al sito: http://italy.peacelink.org/disarmo/articles/art_1406.html

Tutte le navi a propulsione nucleare sono ad uso militare, tranne i rompighiaccio della Russia. La fonte è : World Navies Today: <http://www.hazegray.org/worldnav/>

Stati Uniti

Portaerei

N.	Nome	Anno	Propulsione	Note
CVN 65	Enterprise		8 reattori A2W	-
CVN 68	Nimitz	1975	2 reattori (tipo A4W)	riparazione
CVN 69	Eisenhower	1977	2 reattori (tipo A4W)	-
CVN 70	Vinson	1982	2 reattori (tipo A4W)	-
CVN 71	Roosevelt	1986	2 reattori (tipo A4W)	-
CVN 72	Lincoln	1989	2 reattori (tipo A4W)	-
CVN 73	Washington	1992	2 reattori (tipo A4W)	-
CVN 74	Stennis	1995	2 reattori (tipo A4W)	-
CVN 75	Truman	1998	2 reattori (tipo A4W)	-
CVN 76	Reagan	2002	2 reattori (tipo A4W)	in costruzione
CVN 77	-	2008	-	ordinata

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

Per sapere dove si trovano attualmente vedere il sito Go Navy (Aircraft carriers location: <http://www.ne.jp/asahi/gonavy/atsugi/gonavy604.html>)

Incrociatori

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

Sottomarini

Classe	Numerazione	Propulsione	Quantità	Note
Ohio	SSBN 726-743	1 reattore S8G	18	Tutti operativi
Virginia	SSN 774-777	1 reattore S9G	4	Tutti in costruzione
Seawolf	SSN 21,22	1 reattore S6W	2	Operativi
Los Angeles	SSN 688-733	1 reattore S6G	50	Operativi
Jimmy Carter	SSN 23	1 reattore S6W	1	Operativo
Kamehameha	SSN 642	1 reattore S5W	1	Operativo
Parche	SSN 683	1 reattore S5W	1	Operativo
Memphis	SSN 691	1 reattore S6G	1	Operativo
-	NR 1	1 reattore	1	Operativo

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

Sottomarini nucleari

Classe	Nome	N.	Propulsione	Note
Vanguard	Vanguard	S28	1 reattore PWR2	Balistico - Operativo
Vanguard	Victorious	S29	1 reattore PWR2	Balistico - Operativo
Vanguard	Vigilant	S30	1 reattore PWR2	Balistico - Operativo
Vanguard	Vengeance	S31	1 reattore PWR2	Balistico - Operativo
Astute	Astute	?	1 reattore PWR2	In costruzione
Astute	Ambush	?	1 reattore PWR2	Pianificato
Astute	Artful	?	1 reattore PWR2	Pianificato
Trafalgar	Trenchant	S91	1 reattore PWR1	In riparazione
Trafalgar	Talent	S92	1 reattore PWR1	In riparazione
Trafalgar	Triumph	S93	1 reattore PWR1	In riparazione
Trafalgar	Trafalgar	S107	1 reattore PWR1	In riparazione
Trafalgar	Turbulent	S110	1 reattore PWR1	In riparazione
Trafalgar	Tireless	S117	1 reattore PWR1	In riparazione
Trafalgar	Torbay	S118	1 reattore PWR1	In riparazione
Swiftsure	Sceptre	S104	1 reattore PWR1	In riparazione
Swiftsure	Sovereign	S108	1 reattore PWR1	In riparazione
Swiftsure	Superb	S109	1 reattore PWR1	In riparazione
Swiftsure	Spartan	S111	1 reattore PWR1	In riparazione
Swiftsure	Splendid	S112	1 reattore PWR1	In riparazione

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.

Sottomarini nucleari

Classe	Nome	N.	Propuls.	Anno	Note
Le Triomphant	Le Triomphant	S 616	1 reattore	1997	Balistico Operativo
Le Triomphant	Le Temeraire	S 617	1 reattore	1999	Balistico Operativo
Le Triomphant	Le Vigilant	S 618	1 reattore	2004	Balistico In costruzione
Le Triomphant	-	S 619	1 reattore	2008	Balistico Pianificato
L'Inflexible	L'Indomptable	S 613	1 reattore	1976	Balistico Operativo
L'Inflexible	L'Inflexible	S 615	1 reattore	1985	Balistico Operativo
Amethyste	Amethyste	S 605	1 reattore	1992	Operativo
Amethyste	Perle	S 606	1 reattore	1993	Operativo
Rubis	Rubis	S 601	1 reattore	1983	Operativo
Rubis	Saphir	S 602	1 reattore	1984	Operativo
Rubis	Casabianca	S 603	1 reattore	1987	Operativo
Rubis	Emeraude	S 604	1 reattore	1988	Operativo

In tutto 10 sottomarini nucleari operativi.

Russia**Incrociatori**

Classe	Propulsione	Quantità
Kirov	2 reattori KN3	2 (1 in riparazione)

Sottomarini nucleari

Classe	Propulsione	Quantità
Typhoon	2 reattori OK650	3
Delta IV	2 reattori VM-S4G	7
Delta III	2 reattori VM-4	12
Oscar II	2 reattori OK650B	11
Akula	1 reattore OK650B	12
Siera I e II	1 reattore OK650	3
Speciali	1 reattore	2
Speciali	2 reattori VM 4/2	2

In tutto sono 51, 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 3 rompighiaccio della classe Arktika (2 reattori) e 2 della classe Taymyr (1 reattore KLT40M).

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 inglese 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

Quanti di questi vascelli sono effettivamente in navigazione nel mondo? Proviamo a rispondere a questa domanda.

Portaerei

Le portaerei rappresentano la nave da guerra più importante per la marina militare e quindi vengono dislocate nei punti più strategici del pianeta. Gli USA hanno mediamente in missione tra 3 e 6 portaerei sparse nei vari oceani oltre che nel Mediterraneo e nel Golfo Persico. Come già accennato, la portaerei francese De Gaulle è entrata in mare per dei test nel luglio 2000 ma è dovuta rientrare dopo 48 ore per problemi alla propulsione ed è tuttora in fase di preparazione. L'unica portaerei russa (non a propulsione nucleare) è ferma ma si vocifera di una sua imminente missione nel Mediterraneo.

Incrociatori

Tutti gli incrociatori statunitensi sono ritirati e i pochi russi rimasti sono messi male per mancanza fondi. E' molto probabile che nessuno sia in missione ne' ora ne' in futuro.

Sottomarini balistici (SSBN)

I sottomarini balistici (ovvero che sono in grado di lanciare missili balistici con testate nucleari) sono oggetto dei vari trattati di riduzione degli armamenti (Start I e II) che ne prevedono la progressiva diminuzione fino ad avere nel 2003 14 SSBN statunitensi e 24 russi. Degli attuali 18 sottomarini nucleari USA, dagli 8 agli 11 sono mediamente in missione, mantenendo il medesimo livello di presenza dei tempi della guerra fredda. Il fatto che gli USA mantengano un alto livello di allarme e di operatività dei loro sottomarini, nonostante non sia più necessario visto la fine della guerra fredda, in pratica obbliga anche la marina militare russa (i cui ammiragli sicuramente hanno meno fondi, ma non sono meno pervasi di orgoglio militarista) a cercare di mandare in giro quanti più sottomarini riescono con i pochi finanziamenti rimasti, anche a costo di tagliare i fondi relativi alla manutenzione e alla sicurezza. Si stima che la marina militare russa attualmente può mandare in missione solo 3 sottomarini contemporaneamente. Gli inglesi mandano in missione un sottomarino balistico alla volta, i francesi in media mantengono 3 sottomarini balistici operativi, di cui 2 in missione. I cinesi non dovrebbero mai essere usciti dai loro mari e hanno comunque notevoli difficoltà a rendere autonomi e operativi su lunghe distanze i loro sottomarini.

Sottomarini di attacco (SSN)

I sottomarini di attacco accompagnano le varie missioni della marina militare che, turnando in media ogni 6 mesi, sono stanziati nei mari di interesse strategico per gli USA. E' un po' difficile determinare il numero esatto dei sottomarini in missione ma, rileggendo i bollettini informativi della marina militare statunitense, si può ipotizzare una presenza media di 20 sottomarini, dei quali almeno due nel Mediterraneo.

I sottomarini russi, come già detto, sono praticamente tutti fermi per mancanza fondi; solo saltuariamente vengono utilizzati per qualche esercitazione. Tutti i sottomarini inglesi sono ora in riparazione per i gravi problemi riscontrati al circuito di raffreddamento del reattore. Si prevede che i lavori dureranno vari mesi, almeno 5. I sottomarini d'attacco francesi, in gran parte con base Tolone, non sono molto utilizzati in quanto gli vengono preferiti quelli balistici. Si muovono di solito solo per le esercitazioni Nato, più o meno due ogni semestre nel Mediterraneo. Come già detto i cinesi non sono ancora in grado di operare al di fuori delle loro acque.

1.4 Il fallimento della 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 Matsu, della quale riportiamo in nota la storia⁴, 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.

⁴ **NS Mutsu** is a nuclear powered merchant vessel constructed in Japan. It was the third such vessel ever constructed. Commissioning had been planned for 1972 but serious problems with the reactor's radiation shield caused the postponement for safety reasons. After lengthy repairs the ship had a few short voyages. It was plagued by technical problems so the official commissioning did not take place. Japanese fishermen engaged in massive demonstrations to protest against the ship. In 1990 it was announced that *NS Mutsu's* nuclear powered engine tests had been a success. From 1990 to 1992 she undertook four research voyages. Although there were positive results the viability of the whole project was in question so in 1995 the reactor was removed and nuclear decontamination commenced. The *NS Mutsu* was decommissioned never having carried any commercial cargo.

Specifications:

- Launched: June 12, 1964
- Delivered from construction yard: 1970
- Commissioned: 1990
- Length: 426.5 ft
- Beam: 62 ft
- Draft: 23 ft
- Displacement: 8,242 tons
- Speed: 16.5 knots
- Propulsion: steam turbine 10,000 hp

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 in nota⁵

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

⁵ **NS *Otto Hahn*.** Planning of a German-built trade and research vessel to test the feasibility of nuclear power in civil service began in 1960, and *Otto Hahn's* keel was laid down in 1963 by Howaldtswerke Deutsche Werft AG of Kiel. She was launched in 1964 sponsored by Dr. Otto Hahn, a German physicist who had helped describe the generation of energy via nuclear decay, and then spent the rest of his life advocating peaceful uses for this power. In 1968, the ship's 38-megawatt nuclear reactor was taken critical and sea trials began. In October of that year, NS *Otto Hahn* was certified for commercial freight transport and research. Configured to carry passengers and ore, *Otto Hahn* made her first port call in Casablanca in 1970. In 1972, after four years of operation, her reactor was refueled. She had covered some 250,000 nautical miles on 22 kilograms of uranium.

In 1979 *Otto Hahn* was deactivated. Her nuclear reactor and propulsion plant were removed and replaced by a conventional diesel engine room. In nine years, she had traveled 650,000 nautical miles on nuclear power, visiting 33 ports in 22 countries. In 1983, *Otto Hahn* was recommissioned as the container ship MS *Trophy* and leased into commercial marine service. On 19 November of that year, she was renamed MS *Norasia Susan*. She became the MS *Norasia Helga* in 1985, MS *Hua Kang He* in 1989, and MS *Madre* some time after that.

General Characteristics

Displacement 25,790 tons full, 16,871 tons standard
 Length: 164.3 meters waterline, 172.0 meters overall
 Beam: 23.4 meters
 Freeboard: 5.3 meters
 Capacity: 14,040 tons
 Propulsion: Nuclear drive
 Speed: 15.75 knots
 Waterproof compartments: 14
 Loading spaces: 6
 Complement 63 crew, 35 research personnel maximum
 Reactor
 Power: 38 MW
 Volume: 35 m³
 Pressure: 85 kp/cm²
 Temperature: 300C
 Fuel: 1.7 tons of 3.5-6.6% enriched uranium
 Endurance under full load: 900 days
 Average fuel burn-up: 23,000 MW-days/ton
 Average thermal neutron flux: 1.1×10^{13} / cm²s
 Number of elements/fuel rods: 12/2810
 Equivalent minor diameter: 1050 mm
 Active core height: 830 mm
 Fuel rod diameter: 11.4 mm
 Fuel cladding: 0.8 mm of Zircalloy 4
 Manufacturer: Deutsche Babcock & Wilcox-Dampfkesselwerke AG und Internationale Atomreaktorbau GmbH

troppo elevati costi di gestione – nel 1972. Ora alcune sue parti sono conservate in un museo.⁶

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

⁶ **NS Savannah**, named for SS *Savannah*, the first steam-powered vessel to cross the Atlantic Ocean, was the first nuclear-powered cargo-passenger ship, one of only four nuclear-powered cargo ships ever built.

In 1955, President of the United States Dwight Eisenhower proposed building nuclear powered merchant ship. The next year, Congress authorized *NS Savannah* as a joint project of the Atomic Energy Commission, the Maritime Administration, and the Department of Commerce. She was designed by George G. Sharp, Incorporated, of New York City. Her keel was laid down by the New York Shipbuilding Corporation at Camden, New Jersey. Her nuclear reactor was manufactured by Babcock & Wilcox. She was launched on 23 March 1962 sponsored by First Lady of the United States Mamie Eisenhower as a showcase for President Eisenhower's "Atoms of Peace" initiative.

Savannah was a demonstration of the technical feasibility of nuclear propulsion for merchant ships and was not expected to be commercially competitive. She was designed to be visually impressive, looking more like a luxury yacht than a bulk cargo vessel, and equipped with 30 air-conditioned staterooms, each with an individual bath, a dining facility that could seat 100 passengers, a lounge that could double as a movie theater, a veranda, a swimming pool and a library. By many measures, the ship was a success. She performed well at sea, her safety record was impressive, her fuel economy was unsurpassed, and her gleaming white paint was never smudged by exhaust smoke. Even her cargo handling equipment was designed to look good. From 1965 to 1971, *Savannah* operated in the revenue cargo service.

However, *Savannah's* cargo space was limited to 8,500 tons of freight in 652,000 cubic feet (18,000 m³). Many of her competitors could accommodate several times as much cargo. Her streamlined hull made loading the forward holds laborous, which became a significant disadvantage as ports became more and more automated. Her crew was a third larger than comparable oil-fired ships. Her operating budget included the maintenance of a separate shore organization for negotiating her port visits and a personalized shipyard facility for completing any needed repairs. The on-board crew received special training after completing all training requirements for conventional maritime licenses.

No ship with these disadvantages could hope to be commercially successful. Her passenger space was wasted while her cargo capacity was insufficient. As a result of her design handicaps, *Savannah* cost approximately US\$2 million more per year in operating subsidies than a similarly sized *Mariner*-class ship with an oil-fired steam plant. The Maritime Administration decommissioned her in 1972 to save costs, a decision that made sense when fuel oil cost US\$20 per ton. In 1974, however, when fuel oil cost \$80 per ton, *Savannah's* operating costs would have been no greater than a conventional cargo ship. (Maintenance and eventual disposal are other issues, of course.)

In 1985, *Savannah* was mothballed near Patriot's Point Naval Museum, South Carolina, and in 1999 she was moved to the James River Merchant Marine Reserve Fleet near Newport News, Virginia.

General Characteristics

Displacement: 22,000 tons

Length: 596 feet (180 m) overall

Beam: 78 feet

Complement: 124 crew, 60 passengers

Cruising Speed: 21 knots (40 km/h)

Top Speed: 24 knots (47 km/h)

Power: 74 megawatts, 20,300 horsepower to a single propeller

Load carrying capacity: 14,040 tons

Watertight compartments: 14

Loading spaces: 6

Reactor Manufacturer: Babcock & Wilcox

Builders: New York Shipbuilding, Camden, NJ

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 nota⁷, anche se – allo stato attuale – i rompighiaccio a

⁷ The **Nuclear powered icebreaker** is a purpose built ship for use in waters where there is continuous ice. The nuclear powered icebreakers were constructed for the purpose of increasing the shipping along the northern coast of Siberia in waters covered by ice for long periods of time. The nuclear powered icebreakers are far more powerful than their diesel powered counterparts. During the winter, the ice along the northern seaway varies in thickness from 1.2 to 2.0 meters. The ice in central parts of the Polar Sea is on average 2.5 metres thick. Nuclear-powered icebreakers can force this ice at speeds up to 10 knots. In ice-free waters the maximum speed of the nuclear-powered icebreakers is 21 knots.

The nuclear powered icebreakers *NS Vaigach* and *NS Taimyr* have a crew of 120 each, while the nuclear powered icebreakers of the *Arktika* design have a crew of more than 200. In all, 2,000 people work aboard the icebreakers, the nuclear powered container ship, and aboard the service and storage ships stationed at the Atomflot harbour. The crew on the civil nuclear powered vessels receive special training at the Makarov college in St. Petersburg, Russia.

Table of Nuclear Powered Icebreakers and Icebreaking Transports in Russia

Ship Name	Commissioned	Type and Comments
NS Lenin	1959	Icebreaker decommissioned 1989
NS Arktika	1975	Icebreaker Arktika-type not operating
NS Sibir	1977	Icebreaker Arktika-type not operating
NS Rossiya	1985	Icebreaker Arktika-type
NS Sevmorput	1988	Container ship
NS Taimyr	1989	River Icebreaker
NS Sovjetskij Sojuz	1990	Icebreaker Arktika-type
NS Vaigach	1990	River Icebreaker
NS Jamal	1993	Icebreaker Arktika-type
NS Ural	1994	Icebreaker, Arktika-type

At its launch in 1957 the icebreaker Lenin was the world's first civil nuclear powered vessel. Lenin was put into ordinary operation in 1959. The nuclear-powered icebreaker Lenin was taken out of operation November 1989 and laid up at Atomflot, the base for nuclear powered icebreakers, in the Murmansk Fjord.

In all, nine Russian civil nuclear powered vessels have been built in Russia. Eight of these are nuclear-powered icebreakers, and one is a nuclear-powered container ship. In addition to these, the new nuclear-powered icebreaker, the NS Ural, was launched at the shipyard of St. Petersburg November 1993 and delivered at Murmansk during 1994. The NS Vaigach and NS Taimyr were built at shipyards in Finland, while all nuclear-powered icebreakers of the NS Arktika design have been built at the Admiralty Shipyard in St. Petersburg.

The nuclear powered icebreakers *NS Arktika* and *NS Sibir* are presently not in operation but are stationed at Atomflot for extensive repair. Among other things, the nuclear reactors and turbine generators are to be upgraded as these do not satisfy the safety standards established for newer nuclear powered icebreakers. Neither the *NS Arktika*, nor the *NS Sibir* might ever come into operation again due to the operational economics. Unless there is a significant increase of transport in the Arctic it will not be profitable to operate seven nuclear powered icebreakers. It is to be expected that the oldest icebreakers would be the first ones to be taken out of operation.

The nuclear ice breakers of the Arktika design are used to force through the ice for the benefit of cargo ships and other vessels along the northern seaway. The northern seaway comprises the eastern part of the Barents Sea, the Petchora Sea, the Kara Sea, the Laptev Sea and the Eastern Siberia Sea to the Bering Straight. Important ports on the northern seaway are, among others, Dixon, Tiksi and Pevek.

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. Nell'appendice 1 è riportata in dettaglio la statistica, che ci parla di parecchie decine di incidenti soltanto a partire dagli anni '90.

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, sul quale ritorneremo più avanti nel dettaglio.

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 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 Atti⁸ 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.

The nuclear-powered icebreakers *NS Vaigach* and *NS Taimyr* have been built for shallow waters and are usually used on the river Jenitsej to Dixon, where they break through the ice followed by cargo ships with lumber from Igarka and cargo ships with ore and metals from the Norilsk Company's port Dudinka. These nuclear powered icebreakers can also be used as fireboats. The icebreakers have also been used for a number of scientific expeditions in the Arctic. On the 17th of August 1977 the *NS Arktika* was the first surface vessel in the world to reach the North Pole.

⁸ AA.VV. "Propulsione Navale Nucleare", Ed. CNEN, Via Belisario 15, Roma, 1964.

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 italiani⁹.

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 nostro lavoro – come sommergibili-petroliera a propulsione nucleare¹⁰. 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.

E' questo un fatto incontrovertibile ed importante, del quale si deve tenere conto.

1.5 Cenni sul funzionamento del reattore di un sottomarino nucleare

Un reattore nucleare è un sistema tecnologico complesso che si basa sulla reazione a catena innescata dalla fissione di atomi di uranio in seguito al bombardamento di neutroni.

Gli atomi di uranio generano, fissionandosi, altri neutroni che contribuiscono a propagare la reazione (per l'appunto detta “a catena”). Il calore che si sviluppa, sia per la rottura dell'atomo di uranio che per il rallentamento con i neutroni in circolo, viene poi asportato da un fluido termovettore e successivamente convertito in energia meccanica e/o in energia elettrica.

Ovviamente, un reattore nucleare non necessita di comburente convenzionale (cioè di ossigeno) e non scarica gas combustibili in atmosfera, e questo ne rende possibile l'utilizzo

⁹ A.Campanile, G.Fogagnolo, “Le attrezzature sperimentali del Centro di Ricerche SORIN di Saluggia per ricerche connesse con il progetto di nave nucleare Euratom-Fiat-Ansaldo”, op. cit., pag.551.

¹⁰ G.Zamparo, “Sommergibili nucleari mercantili”, op. cit., pag. 497.

sott'acqua.

Nei reattori dei sottomarini il liquido che trasporta il calore è acqua in pressione, trattandosi di un modello compatto del noto reattore ad acqua pressurizzata (PWR). In passato (si veda l'appendice 3) sono stati studiati e costruiti anche sommergibili con reattori nucleari raffreddati a metallo liquido: le problematiche di sicurezza e di affidabilità di questo tipo di reattore, tuttavia, ne hanno fatto seguire la stessa sorte che i reattori a metallo liquido hanno avuto in campo civile: completo abbandono e smantellamento, con fallimento di fatto del concetto di reattore a metallo liquido.

Nei correnti reattori nucleari PWR per sommergibili, l'acqua raggiunge temperature alte (oltre 300 gradi) e per impedirne l'evaporazione viene mantenuta ad alta pressione (155 bar) da un pressurizzatore. Il circuito di raffreddamento primario è un anello di tubature molto resistenti all'alta pressione, che trasporta l'acqua dal nocciolo del reattore all'esterno, provvedendo alla trasmissione dell'energia termica e quindi al raffreddamento del nocciolo del reattore.

La reazione nucleare deve essere controllata in modo che sia “critica”, ovvero si autoalimenti senza divergere, altrimenti, essendo a catena, potrebbe produrre troppa potenza termica ed innescare la fusione del combustibile nel nocciolo del reattore.

Il controllo avviene principalmente mediante l'inserimento di alcune barre di controllo che catturano i neutroni e impediscono che essi alimentino ulteriormente la reazione. L'inserimento totale delle barre porta allo spegnimento del reattore.

Il combustibile nucleare è uranio arricchito nell'isotopo U235, che viene sostituito ogni 7-8 anni (invece che 18 mesi come nei reattori degli impianti nucleari commerciali “di terra”).

I sottomarini della classe Los Angeles – fra cui l'Hartford – hanno come propulsore il reattore ad acqua pressurizzata, di costruzione General Electric, modello S6G.

Il reattore nucleare S6G è la versione modificata del reattore navale General Electric modello D2G, utilizzata per la prima volta sull'incrociatore lanciamissili CGN-25 della classe Bainbridge.

La potenza del reattore – netta alla turbina – è di 26,1 MW. Può spingere il sottomarino fino alla velocità di oltre 25 nodi in emersione e di oltre 30 nodi in immersione.

Ai reattori navali degli Stati Uniti viene assegnato un codice di caratterizzazione in tre cifre: una lettera che rappresenta il tipo di imbarcazione (ship type), un numero consecutivo indicante la generazione, ed una lettera indicante il costruttore del reattore (designers).

- Ship types: "A" = aircraft carrier, "C" = cruiser, "D" = destroyer, "S" = submarine.
- Designers: "W" = Westinghouse, "G" = General Electric, "C" = Combustion Engineering.

Nell'appendice 2 sono riportate descrizioni più dettagliate sulle caratteristiche costruttive dei reattori nucleari navali.

1.6 La scarsità di sistemi di sicurezza

Per sicurezza intendiamo l'applicazione di tutti quei sistemi tecnologici in grado di prevenire o rimediare ai possibili problemi che possono insorgere durante il funzionamento del reattore nucleare e che possono provocare gravi ripercussioni sulle persone e sull'ambiente.

In campo civile esistono numerosi sistemi di sicurezza e di emergenza che sono obbligatoriamente presenti nel reattore nucleare, e senza i quali l'impianto stesso non ottiene il permesso di funzionamento da parte delle autorità preposte. Tuttavia, su un sottomarino, la presenza di questi sistemi di sicurezza è assai più contenuta, per ragioni di spazio, di peso e di funzionalità. Inoltre, essendo vascelli militari, i sottomarini nucleari sono soggetti all'approvazione e alla responsabilità esclusivamente delle autorità militari, notoriamente e costituzionalmente poco sensibili al problema dell'impatto ambientale dei loro armamenti e della salute di coloro che li adoperano.

Di conseguenza ci ritroviamo col paradosso che reattori nucleari che non otterrebbero la licenza di esercizio in nessuno dei paesi che utilizzano l'energia atomica, circolano invece liberamente nei mari.

Inoltre, questi sottomarini affrontano condizioni operative pericolose per via del loro impiego militare anche in tempo di pace (esercitazioni, pattugliamento etc.), che possono comportare altri incidenti (esplosione di siluri, collisioni, urti col fondale) dalle

conseguenze pericolose per l'impianto nucleare a bordo.

1.7 Incidenti a sottomarini nucleari

Un sistema così complesso come un reattore nucleare, costretto in uno spazio angusto, in condizioni operative difficili, e con scarse misure di sicurezza, è senza dubbio “*accident prone*”, ovvero può subire vari tipi di incidenti, con frequenza maggiore dei sistemi civili.

Il surriscaldamento del nocciolo (dovuto a un errato controllo con le barre, o al mancato funzionamento del circuito di raffreddamento) comporta un danno del nocciolo che renderà meno efficace il reattore e una contaminazione dell'acqua di raffreddamento che poi dovrà essere in qualche modo gestita. Lo stesso reattore diventa poi problematico da gestire una volta ultimato l'uso, al punto che, per noccioli “incidentati”, diventa più conveniente la rimozione completa e la sostituzione dell'intero reattore (smaltito poi sottoterra o sott'acqua), perché diviene troppo costoso o rischioso rimuovere il combustibile dal reattore spento.

Un eccessivo surriscaldamento del nocciolo può portare alla fusione parziale o totale del nocciolo; ambedue questi scenari – alquanto improbabili persino per un reattore militare - sono tuttavia catastrofici, perché comporterebbero la diffusione di alti livelli di radioattività nell'ambiente circostante.

L'avaria all'impianto di raffreddamento con perdita di refrigerante (LOCA = Loss of Cooling Accident) è un incidente pericoloso perché appunto può generare quanto sopra (il surriscaldamento del reattore) ed è difficile da gestire per via dell'alta pressione dell'acqua nel circuito primario. Per questo, nei reattori civili commerciali “di terra”, di norma viene previsto un sistema di raffreddamento di emergenza (ECCS) che però non può essere implementato nei sottomarini.

Un esempio di “lezione imparata” da un incidente nucleare è il seguente: il sottomarino nucleare d'attacco britannico HMS Tireless il 12 maggio 2000, mentre era al largo della Sicilia, ha subito un LOCA nel proprio reattore; di conseguenza, ha spento il reattore e si è diretto verso Gibilterra, dopo aver chiesto di entrare in un porto italiano, permesso negatogli dalle autorità militari competenti per motivi di sicurezza. Non è stato reso noto

nei dettagli quello che è successo – dal punto di vista tecnico – al reattore nucleare del sottomarino, però i fatti evidenziano che il *Tireless* viene mantenuto tuttora a Gibilterra, provocando proteste da parte della popolazione, oltre che una *querelle* diplomatica fra Gran Bretagna e Spagna; ciò fa pensare che il reattore sia rimasto fortemente danneggiato e che sia impossibile sia ripararlo in loco che trasportarlo in Gran Bretagna.

Il LOCA è stimato da fonti del MoD (Ministry of Defence) Britannico avere una probabilità di accadimento pari a 1 su 10.000 anni di funzionamento-reattore; secondo noi, tuttavia, questa stima – che è evidentemente derivata da stime analoghe per i reattori civili - non tiene nel dovuto conto le reali condizioni operative e le caratteristiche di questi reattori militari. L'incidente avvenuto al *Tireless*, pertanto, non è quindi questione di sfortuna: gli errori di progettazione, la gestione e manutenzione approssimative, sommati alla mancanza di sistemi di emergenza e all'operatività critica, rendono questi reattori assai più pericolosi di quanto venga stimato e diffuso dalle autorità militari.

Gli incidenti di vario tipo verificatisi in questi anni nell'ambito dei sottomarini nucleari non sono infatti pochi, e sono stati originati da sottomarini di diverse nazioni che fanno uso di questa tecnologia.

Citando soltanto gli incidenti più gravi, al momento sei sottomarini nucleari (2 statunitensi e 4 russi) giacciono – a quanto si conosce – in fondo al mare in seguito ad incidenti.

- Per quanto riguarda gli USA, un sottomarino (il “*Tresher*”) è affondato per “cedimento strutturale” e l'altro (“*Scorpion*”) per motivi ignoti.
- Un sottomarino russo (K219) è affondato – ufficialmente - per l'esplosione di un siluro, altri due (K8 e K278) per incendi a bordo, l'ultimo (K141 “*Kursk*”) per motivi ignoti.
- Un altro sottomarino nucleare russo (K27) aveva il reattore danneggiato e impossibile da gestire per cui è stato intenzionalmente affondato nel mare di Kara.

Ricordiamo che i sottomarini in genere sono progettati per resistere alla pressione del mare non oltre i 500 metri di profondità, quindi - se un sottomarino affonda e finisce a profondità maggiori – il vascello si danneggia irrimediabilmente e non si può fare affidamento sul contenimento in esso di eventuali sostanze inquinanti che esso abbia a bordo: non è quindi corretto pensare ai sottomarini in fondo al mare come a dei contenitori

“ermetici” che conservano – nel nostro caso – il materiale radioattivo come un involontario deposito, bensì come ad una bomba ecologica aperta e soggetta ad interazione con le acque, incapace di impedire la dispersione nell’ambiente delle sostanze radioattive.

In alcuni casi i sottomarini trasportavano testate nucleari; in tutti i casi elencati – pare - il reattore è stato spento in tempo e completamente.

Vi è ancora da citare – a livello di curiosità, con scetticismo ma anche cautela e con il dovuto rispetto che si deve in questi casi - che in alcuni incidenti, si dice, vari marinai russi abbiano sacrificato la propria vita per spingere manualmente le barre di controllo fino in fondo e assicurare lo stop del reattore.

Questi appena elencati sono i casi eclatanti, ma sono molti di più gli incidenti noti che, pur senza provocare l'affondamento del sottomarino, hanno però provocato avarie di diverso tipo e gravità e – si teme - una diffusione di radioattività nell’ambiente.

Nell’appendice 3 riportiamo una descrizione più tecnica dell’impressionante record di incidenti (come si è detto in precedenza, ben 12 emergenze nucleari e oltre 100 emergenze radiologiche in quaranta anni!) avvenuti a sottomarini sovietici/russi nel periodo 1960-2000.

Davanti ad una storia pregressa di questo tipo, non riusciamo obiettivamente a trovare alcunché di sorprendente nell’apprendere di un qualunque incidente occorso ad un sottomarino nucleare, quale ad esempio l’incidente all’Hartford avvenuto al largo della Maddalena nel 2003. Ci pare un evento assolutamente atteso e per nulla eccezionale, visti i precedenti.

2 Descrizione dei sottomarini nucleari degli Stati Uniti d'America

2.1 Caratteristiche e tipologia di sottomarini nucleari

I sottomarini sono utili per la difesa militare anche perché possono avvicinarsi alla zona da attaccare senza essere rivelati e colpire da zona ravvicinata. Una grande attenzione nella progettazione è stata dedicata a rendere il sottomarino silenzioso durante la navigazione, in modo da non essere rilevato da sottomarini e navi nemiche.

Il loro scafo è liscio e idrodinamico. Sono progettati per rimanere sommersi la maggior parte del tempo e per salire in superficie solo raramente.

I sottomarini sono in generale di due tipi: sottomarini con missili balistici e sottomarini di attacco. Le altre categorie riguardano i piccoli sottomarini usati per sabotaggio, spionaggio e trasporto segreto.

I sottomarini con missili balistici (chiamati “*boomers*” in americano) trasportano armi nucleari per attaccare obiettivi strategici come città o basi sotterranee di missili in ogni parte del mondo. Sono universalmente dotati di propulsione nucleare per avere la più alta segretezza e autonomia. Giocarono un ruolo importante durante la Guerra fredda come mutui deterrenti

I sottomarini americani sono classificati secondo la serie SS, con delle variazioni:

- SSN (nuclear) sottomarino nucleare di attacco;
- SSBN (strategic missile) sottomarino con missili strategici a lunghissima gittata;
- SSGN (Guided missile submarine) sottomarino con missili strategici guidati;
- AGSS (auxiliary);
- SSK (hunter-killer) sottomarini specializzati nell'attacco a sorpresa;
- SST (training) sottomarini per addestramento.

I sottomarini di attacco sono stati progettati per colpire navi commerciali e da guerra e sono anche chiamati sottomarini cacciatore-killer (*hunter-killer submarine*). Tipicamente

trasportano siluri per attaccare lo scafo delle navi ma sono ormai spesso armati anche di missili (sia cruise che di altro tipo), utilizzabili anche per colpire obiettivi terrestri e flotte. Hanno una vasta tipologia di sistemi di propulsione. La maggioranza usa la combinazione propulsiva diesel-elettrica sviluppata nel XX secolo, molti usano la propulsione nucleare e un numero crescente usa una forma di propulsione aria indipendente come le celle a combustibile o il motore Stirling. Tutti i sottomarini di attacco americani usano energia nucleare.

La costruzione dei sottomarini appartenenti alla classe *Seawolf* iniziò nel 1989. Il *Seawolf* è progettato per essere eccezionalmente silenzioso, rapido, ben armato e dotato di sensori avanzati. È un mezzo marino multi-utilizzo, capace di schierarsi verso aree dell'oceano per scovare e distruggere i sottomarini nemici, mezzi marini in superficie e lanciare missili in operazioni di supporto ad altre forze.

Il primo sommergibile della classe, il *Seawolf* (SSN 21), completò le sue iniziali prove in mare nel luglio 1996. I sottomarini di questa classe, oltre ai siluri, sono armati anche di missili da crociera Tomahawk. Lanci di questo tipo di missile da sottomarini d'attacco sono stati effettuati durante l'operazione "Tempesta nel deserto" (Desert Storm, guerra all'Iraq del 1991).

Verso la fine del 1998 vi furono accordi contrattuali per la costruzione del primo tipo di sottomarino d'attacco appartenente ad una nuova classe, il *Virginia*. Questo è il primo tipo di sottomarino statunitense ad essere progettato per il dominio dello spazio locale, attraverso un vasto spettro di missioni regionali e litoranee, anche se possiede, in teoria, buone capacità di operazione in aperto oceano (missioni "blue-water"). Secondo le previsioni dei costruttori, dovrebbero essere varate ogni anno almeno due unità di questa classe, sia per compensare il fatto che molti sommergibili statunitensi stanno arrivando al limite della propria vita operativa, sia perché molti dei sommergibili in servizio sono ormai resi obsoleti dall'essere stati progettati in un quadro strategico completamente diverso da quello attuale.

Caratteristiche generali della classe *Seawolf*

- Costruttore: General Dynamics Electric Boat Division
- Gruppo propulsore: un reattore nucleare, un albero
- Lunghezza: SSNs 21 e 22 : 353 feet (107.6 m), SSN 23 : 453 feet (138.07 m)
- Larghezza massima: 40 feet (12.2 m)
- Dislocamento sommerso: SSNs 21 e 22 : 9.138 ton (9.284 ton metriche), SSN 23 12.158 ton (12.353 ton metriche)
- Velocità: 25+ nodi (28+ miglia per ora, 46.3 km/h)
- Bastimenti:
 - USS Seawolf (SSN 21), Groton, Ct.
 - USS Connecticut (SSN 22), Groton, Ct.
 - Jimmy Carter (SSN 23), in costruzione
- Equipaggio: 140 uomini di cui 14 ufficiali
- Armamento: missili Tomahawk, siluri MK-48 ADCAP, 8 tubi per siluri

Caratteristiche generali della classe *Virginia*

- Costruttore: General Dynamics Electric Boat Division
- Gruppo propulsore: un reattore nucleare, un albero
- Lunghezza: 377 feet (114.8 m)
- Larghezza massima: 34 feet (10.8 m)
- Dislocamento sommerso: appross. 7.800 tons (7.925 tons metriche)
- Velocità: 25+ nodi (28+ miglia per ora, 46.3 km/h)
- Bastimenti:
 - Virginia (SSN 774), in costruzione; consegna 2004
 - Texas (SSN 775), in costruzione; consegna 2005
 - Hawaii (SSN 776), , in costruzione; consegna 2006
 - North Carolina (SSN 777), , in costruzione; consegna 2007
- Equipaggio: 134 uomini di cui 14 ufficiali
- Armamento: missili Tomahawk, 12 tubi VLS, siluri MK-48 ADCAP, 4 tubi per siluri

Sottomarini della classe “Los Angeles”

Oltre ai due tipi di sottomarino di attacco sopra citati esiste anche quello della classe “Los Angeles”. Questo tipo di sottomarino è stato preceduto da quelli appartenenti alla classe *Sturgeon* mentre la classe *Seawolf* è parte dello sviluppo successivo.

I sottomarini della classe “Los Angeles” sono estremamente veloci e trasportano 25 siluri. Gli ultimi 31 sottomarini di questa classe hanno 12 vani verticali per il lancio di missili cruise Tomahawk. Di questi, gli ultimi 23 sono del tipo “688I” e utilizzano avanzati sistemi di combattimento che li rendono impiegabili anche per missioni sotto i ghiacci.

SSBN (strategic missile) sottomarino con missili strategici a lunghissima gittata

Questo tipo di sottomarino trasporta missili a lunghissima gittata. La loro unica missione è stata quella di deterrente strategico sin dall’inizio degli anni 60. Esistono due tipi di classe : *Ohio* e *Trident*. La classe *Ohio* ha sostituito la vecchia flotta di questo tipo di sottomarino ed è più capiente. Tutti i sommergibili di questo tipo sono destinati alla conversione in sottomarini SSGN

Caratteristiche generali della classe Ohio

- Costruttore: General Dynamics Electric Boat Division
- Gruppo propulsore: un reattore nucleare, un albero
- Lunghezza: 560 feet (170.69 m)
- Larghezza massima: 42 feet (12.8 m)
- Dislocamento sommerso: appross. 16.764 tons (17.033 tons metriche) superficiali: 18.750 ton (19.000 ton metriche) sommerse
- Velocità: 20+ nodi (23+ miglia per ora, 36.8 km/h)
- Equipaggio: 130 uomini di cui 15 ufficiali
- Armamento: 24 tubi per Trident I e II, siluri MK-48 ADCAP, 4 tubi per siluri

SSGN (guided missile submarine) sottomarino con missili strategici guidati

Sono sottomarini nucleari armati con missili tattici e hanno anche capacità di trasporto e di supporto alle forze di operazioni speciali. Come si è detto, questa tipologia di sommergibile deriverà dalla conversione dei sottomarini della classe Ohio e Trident. Il primo obiettivo di questo tipo di sottomarino sarà l'attacco del territorio e l'inserimento e il supporto delle forze di operazioni speciali (SOF Special Operation Force). Saranno armati con 154 Tomahawk oppure con 154 missili di attacco territorio (Tomahawk tattici).

Nell'appendice 4 sono riportati altri dati, foto e caratteristiche di sottomarini nucleari statunitensi e russi.

2.2 La trasformazione della forza militare sottomarina statunitense

Da quando il primo sottomarino statunitense, l'USS Holland (SS-1) fu commissionato è passato più di un secolo, durante il quale il ruolo militare dei sottomarini è andato via via crescendo, toccando il suo apice nel periodo della guerra fredda con il blocco sovietico. Nell'ultimo decennio, venuti meno i compiti di deterrenza e di spionaggio dei sottomarini nucleari, abbiamo assistito a una debole ma costante diminuzione della flotta statunitense, accompagnata da accese discussioni all'interno della US Navy stessa su come affrontare il cambiamento in corso.

Da un lato i comandanti militari e i produttori bellici, forti dei loro legami con la presidenza, hanno insistito sulla necessità di mantenere un numero elevato di sottomarini e di continuare con i previsti programmi di ammodernamento della flotta. Dall'altro, di fronte a un vertiginoso aumento delle spese militari, è al tempo stesso cresciuta l'attenzione sia del Congresso che dell'opinione pubblica statunitense sui finanziamenti alla marina militare.

E' utile quindi affrontare più in dettaglio l'attuale situazione per comprendere quale scenario si stia delineando per il futuro della forza militare sottomarina degli USA.

2.2.1 Dove sono le portaerei?

Per decenni i sottomarini erano stati divisi in due categorie; quelli balistici, armati di missili a gittata intercontinentale con testate nucleari, che avevano un compito di deterrenza nel contesto della guerra fredda, e quelli cosiddetti “di attacco”, adibiti a vari compiti, come lo spionaggio e il supporto ai cosiddetti Battle Group. Il Battle Group e’ quell’insieme di navi, incrociatori, fregate, navi appoggio, sottomarini, che seguono una portaerei durante una sua missione. La portaerei rappresenta il grado massimo di intervento al di fuori dei propri confini, assicurando una forza d’impatto militare aereo anche la’ dove non ci sono basi militari alleate; il Battle Group fornisce alla portaerei tutto il supporto necessario a renderla operativa e soprattutto non vulnerabile a eventuali contrattacchi. Gli USA sono attualmente dotati di 12 Battle Group, ognuno composto da una portaerei e, tra le altre cose, da due sottomarini nucleari d’attacco. Il dispiegamento dei Battle Group, e la loro capacita’ di attivazione, sono stati oggetto di numerosi cambiamenti nel corso di questi ultimi anni. E’ significativo il celebre modo di dire tipico dei comandi statunitensi che, di fronte a una qualche crisi internazionale, si pongono come primo interrogativo “Qual e’ la portaerei piu’ vicina?”. L’ultimo Fleet Response Plan e’ entrato in vigore nel luglio 2003¹¹ e prevede 6 portaerei sempre attive (al massimo entro 30 giorni), piu’ 2 in grado di essere dispiegate entro 3 mesi. Si tratta di un cambiamento notevole rispetto agli anni precedenti e che prevede un dispiegamento massiccio dei Battle Group.

2.2.2 La partecipazione attiva dei sottomarini alle azioni militari

La svolta nel ruolo dei sottomarini e’ avvenuta a due riprese. Durante la prima guerra del Golfo, nel 1991, per la prima volta dei sottomarini nucleari hanno partecipato attivamente alle operazioni militari lanciando dei missili Tomahawk sull’Iraq. Si trattava del Louisville (SSN-724) e del Pittsburgh (SSN-720), che lanciarono in tutto 12 missili, il 4% del totale. Nel novembre 1998 il sottomarino nucleare Miami (SSN-755) compie qualcosa di piu’ significativo. In missione nel Mediterraneo, viene inviato d’urgenza nel Golfo Persico dove partecipa all’operazione *Desert Fox* contro l’Iraq, lanciando il primo missile

¹¹ <http://www.globalsecurity.org/military/ops/frp.htm>

Tomahawk dell'operazione, seguito da altri 20 in quello che è passato tristemente alla storia come il più intenso attacco missilistico (250 missili in 8 ore). Terminata questa operazione, il Miami torna nel Mediterraneo, fa il pieno di missili Tomahawk alla base della Maddalena e si porta nell'Adriatico per bombardare di missili la Jugoslavia, insieme all'altro sottomarino statunitense Norfolk e al britannico Splendid. In questo caso, i missili sparati dai sottomarini coprono il 25% del totale (238 Tomahawk).

Questa operazione viene descritta con toni trionfali su varie riviste ufficiali delle US Navy, e di fatto rappresenta una svolta nel ruolo dei sottomarini d'attacco. Un sottomarino nucleare dimostra di essere in grado di operare in due teatri diversi, a breve distanza di tempo, e di poter essere ricaricato di missili senza tornare in patria.

Circa la metà dei sottomarini di classe Los Angeles ancora attivi sono in grado di sparare missili Tomahawk, ma secondo gli ammiragli statunitensi il Miami ha indicato la strada per l'impiego futuro dei sottomarini e richiedono quindi che questa possibilità venga implementata sul maggior numero possibile di sottomarini.

2.2.3 Reimpiego di sottomarini nucleari balistici

Nel bilancio della difesa statunitense relativo all'anno fiscale 2000 era previsto lo smantellamento di 4 sottomarini nucleari balistici, riducendone la flotta da 18 a 14, come previsto dagli accordi Start. Immediata è arrivata la richiesta della marina militare di non smantellare questi sottomarini, in grado di operare per ancora una ventina di anni, ma di riadattarli per il lancio di missili Tomahawk. Una modifica non da poco che richiede un investimento di almeno 2.2 miliardi di dollari (a condizione che la Russia accetti questa modifica allo smantellamento previsto dal trattato). La richiesta è in ogni caso già stata approvata e finanziata dal Pentagono e i 4 sottomarini balistici ritorneranno operativi tra qualche anno con un carico di 154 missili Tomahawk ciascuno.

2.2.4 L'avvicinarsi della fine servizio per i sottomarini di classe Los Angeles

Un problema che preoccupa la Marina statunitense riguarda i sottomarini di attacco della classe Los Angeles. Concepiti per durare decenni, di fatto sono stati mediamente caricati con combustibile nucleare per la durata di circa venti anni, e ora si sta avvicinando il momento di scegliere se fermarli del tutto oppure riammodernarli, ricaricare il reattore in

modo che operi per altri 12 anni e rimetterli così in servizio con una spesa di circa 200 milioni di dollari l'uno.

Sette sottomarini (di vecchio tipo, cioè senza sistema di lancio verticale) sono agli sgoccioli della loro vita media, e dovranno affrontare il decommissionamento o la ricarica entro i prossimi 3 anni.

Così come furono costruiti negli anni '80 a un ritmo di 3-4 sottomarini l'anno, con la stessa frequenza i sottomarini della classe Los Angeles affronteranno questo passaggio cruciale nel corso dei prossimi anni. Il programma di costruzione dei sottomarini della classe Virginia, pensati per sostituire i Los Angeles, sta andando a rilento e con notevoli richieste di investimenti.

La Quadrennial Defense Review del 1997 aveva stabilito chiaramente l'obiettivo di una flotta composta da 50 sottomarini di attacco, con una netta riduzione rispetto ai 65 allora operativi. Questa decisione è stata però rivista nel rapporto presentato al Congresso nel 2000, che ritiene necessaria una forza di 68 sottomarini di attacco per il 2015 e 76 per il 2025. Di conseguenza sono apparsi nel bilancio del Pentagono dei finanziamenti consistenti, sia per il programma di costruzione dei nuovi sottomarini di classe Virginia che per la ricarica degli attuali Los Angeles.

Nel frattempo in questi ultimi anni è stata completata la costruzione di 3 sottomarini della classe Seawolf, il cui progetto fu lanciato ai tempi della guerra fredda ed è stato in seguito notevolmente ridimensionato (il piano iniziale prevedeva 30 sottomarini dal costo di 2 miliardi di dollari l'uno).

2.2.5 Il peso politico dell'industria bellica

Esiste un profondo legame tra l'industria bellica, il Pentagono e la Casa Bianca. Nello specifico della produzione militare navale, sono due le principali industrie: la Electric Boat (della General Dynamics), che costruisce i sottomarini, e la Newport News Shipbuilding (del gruppo Northrop Grumman), che costruisce tutte le portaerei e anche dei sottomarini. I relativi cantieri navali sono collocati in Connecticut e Rhode Island per la prima, e in Virginia per la seconda., ma di fatto subappaltano ad altri cantieri sparsi un po' per tutti gli Stati Uniti. In questo modo, nonostante l'antieconomicità di una mancata concentrazione della produzione navale, l'industria militare può effettuare pressione su un fronte più ampio di deputati. Allo stesso tempo, il fatto di avere fondamentalmente due soli grandi

produttori che si spartiscono di comune accordo gli appalti ha eliminato ogni competizione e i costi dei progetti vengono così imposti dall'industria all'unico cliente (il Pentagono) che d'altronde ha il suo interesse a mantenere questo stato di cose.

Basti pensare ai finanziamenti elargiti cospicuamente da ambedue le industrie: dal gennaio 2003, la General Dynamics ha versato 1.3 milioni di dollari (il 64% ai repubblicani), e la Northrop Grumman 1.24 milioni (58% ai repubblicani) ¹².

A completare il quadro, abbiamo la recente decisione del Congresso: un decreto approvato il 14 ottobre 2004 permetterà ai produttori navali di posporre il pagamento delle tasse sui profitti per gli anni a venire, fino al termine dei relativi progetti in corso. In pratica, questo si traduce con uno sgravio fiscale di circa 500 milioni di dollari per la General Dynamic e la Northrop Grumman.

Tornando ai sottomarini nucleari, è chiaro che ci troviamo di fronte a un momento particolarmente grave; la convergenza tra le ambizioni di militari, politici e produttori bellici sempre più corrotti e complici, di fronte a uno scenario di crisi globale, può portare a un calo generalizzato dei criteri di sicurezza e di attenzione nella produzione, nell'ammmodernamento e nella manutenzione della flotta militare statunitense. I sottomarini nucleari, strumento militare intrinsecamente insicuro, potrebbero essere i più esposti a un calo del rispetto degli standard di trasparenza e sicurezza.

Un processo simile è avvenuto in Russia e ha provocato numerosi disastri ambientali, dei quali ne conosciamo probabilmente solo una piccola parte. In un contesto come quello occidentale, con la militarizzazione profonda del territorio che caratterizza l'Europa e in particolare l'Italia, potremmo trovarci di fronte a problemi altrettanto seri.

¹² Si veda il sito: <http://www.corpwatch.org/article.php?id=11580>

2.3 Le navi appoggio

Fin dagli inizi dell'attività militare sottomarina degli USA apparve evidente la necessità di affiancare ai sottomarini una nave in grado di fornire quei servizi di supporto non disponibili nell'ambiente comunque limitato e condizionato di un sottomarino. Nate in principio come semplice navi di supporto "abitativo", le navi appoggio per i sottomarini crebbero di complessità e funzionalità col parallelo sviluppo dei sottomarini stessi.

Noti in inglese col nome di "*submarine tender*", furono lanciati proprio agli inizi della seconda guerra mondiale: il primo fu l'USS Fulton (AS-11), inaugurato nel dicembre del 1941. Alla fine della guerra, gli Stati Uniti erano dotati di ben 17 navi appoggio, che vennero via via ritirate per lasciarne operative solo quattro.

Il grande cambiamento arrivò con l'introduzione della propulsione nucleare, per cui di fronte alla crescente necessità di manutenzione dei sottomarini, distribuiti nei mari di tutto il mondo, le navi appoggio ebbero un ruolo fondamentale nel fornire ai sottomarini e ai loro equipaggi i medesimi servizi che avrebbero potuto trovare in un porto statunitense.

Terminata la guerra fredda, molte navi appoggio vennero decommissionate fino alla situazione attuale che vede solo due tender operativi al di fuori degli USA.

Uno di essi, tra l'altro, si trova in Italia: posizione strategicamente ineccepibile, nel mezzo del Mar Mediterraneo, a metà strada tra gli USA e il teatro delle operazioni di questi anni, ovvero il Medio Oriente.

L'altra nave appoggio è invece situata a Guam, nel Pacifico settentrionale, anch'essa a metà strada tra gli USA e un altro possibile teatro di operazioni militari, la Cina.

Alla base de La Maddalena è permanentemente dispiegata una nave appoggio per sottomarini da più di 30 anni. Prima vi era la USS Orion (AS-18), poi dal 1993 la USS Simon Lake (AS-33), sostituita infine nell'aprile del 1999 dalla USS Emory Land (AS-39). In base ad accordi firmati tra l'Italia e gli Stati Uniti nel 1954, la presenza militare in Sardegna resta una costante di questi ultimi decenni.

Pensata per prestare contemporaneamente assistenza a 8 sottomarini nucleari d'attacco, la Emory Land può fornire tutto quello che serve per la loro manutenzione: un vero e proprio cantiere galleggiante. Un equipaggio di 1200 persone, in gran parte tecnici, un deposito di oltre 27mila pezzi di ricambio, armi, combustibile, strumentazione, per ogni tipo di operazione, anche quelle più delicate.

Di recente ha dovuto anche adattarsi a scenari diversi, come la manutenzione di altri tipi di navi durante operazioni militari nel Mediterraneo. E' evidente l'intenzione statunitense di minimizzare i costi ed aumentare la permanenza militare, mettendo la Emory Land al servizio di tutta la flotta e non solo dei sottomarini nucleari.

Di fronte al recente cambiamento del ruolo dei sottomarini di attacco, sempre più attivi nelle operazioni militari, la stessa Emory Land ha ora un deposito di 72 missili Tomahawk, da caricare sui sottomarini come successo nel caso del Miami nel 1999; di fatto la Emory Land non è solo una semplice base di manutenzione tecnica, ma anche un vera e propria testa di ponte per gli attacchi militari statunitensi.

2.3.1 L'impatto ambientale

Un cantiere, in acqua, che effettua manutenzione all'impiantistica nucleare dei sottomarini, anch'essi in acqua: può porre degli interrogativi riguardo alla sicurezza, in particolare per tutte quelle operazioni delicate che riguardano il funzionamento dei reattori nucleari dei sottomarini.

E' noto infatti che la Emory Land si occupa di raccogliere residui come l'acqua dei circuiti di raffreddamento o le resine che contengono il Crud, i frammenti radioattivi che si depositano all'interno del circuito di raffreddamento primario. Residui radioattivi che dovrebbero essere rispediti negli Stati Uniti. Sulla frequenza, quantità e percorso di queste spedizioni non si hanno ulteriori dettagli.

Fino ad alcuni anni fa, in base ad alcune testimonianze di tecnici a bordo della Simon Lake¹³, questi materiali sarebbero stati poi scaricati, ogni tre mesi, in acque internazionali, al largo (non molto, solo 12 miglia) del paradiso ambientale sardo. Non e' noto se questa

¹³ Si veda il sito: <http://www.geocities.com/Pentagon/6153/lake.htm>

operazione si ripeta ancora, come non risulta che tra le operazioni previste ci sia anche il ricambio del combustibile nucleare, operazione particolarmente rischiosa ma non necessaria se non in estreme circostanze.

Da quanto esposto vi è più di un motivo per sospettare che questo cantiere nucleare navale in Sardegna, utilizzato mediamente da 4 sottomarini ogni anno, abbia un impatto non trascurabile sull'ambiente. Le rilevazioni di inquinamento ambientale marino di tipo radioattivo che verranno descritte nel prossimo capitolo possono trovare parziale spiegazione, oltre che nell'incidente avvenuto al sommergibile Hartford, anche nelle attività appena descritte.

3. L'incidente dell'isola La Maddalena

I porti italiani in cui vi può essere transito di unità navali a propulsione nucleare sono:

Augusta, Brindisi, Cagliari, Castellammare di Stabia, Gaeta, La Maddalena, La Spezia, Livorno, Napoli, Taranto, Trieste, Venezia.

L'elenco è contenuto:

- Nel «piano di emergenza per le navi militari a propulsione nucleare» classificato come «riservato» dalla Marina Militare e pubblicato sul quotidiano «Il Manifesto» del 9 febbraio 2000;
- Nelle risposte fornite dal governo alle interrogazioni parlamentari dopo la pubblicazione dell'articolo in questione;
- Nella versione integrale documento della Presidenza del Consiglio dei Ministri (Dipartimento della Protezione Civile) del luglio 1996 intitolato "Piano nazionale delle misure protettive contro le emergenze radiologiche". Quest'ultimo documento è disponibile su Internet all'indirizzo:
http://www.protezionecivile.it/direttive/emergenze_radiologiche.html, ma esso riporta solo gli "schemi di procedure operative" e non comprende l'elenco dei porti a rischio nucleare presente nella versione integrale.

3.1 Descrizione dell'evento.

In data 25 ottobre 2003, ma il fatto può essere accaduto alcuni giorni prima, il sottomarino nucleare Hartford della classe "Los Angeles" si è danneggiato per aver urtato lo scafo contro il fondale marino.

Le notizie che vengono riportate sono molto scarse in quanto le autorità non hanno fornito molti dettagli sull'accaduto.

Oltre al danno allo scafo, il sottomarino ha avuto danneggiato anche il timone. Questo incidente ha costretto il sottomarino a ritornare negli Stati Uniti d'America impiegando un mese di viaggio anziché i soliti 15 giorni. Il Commodoro comandante della base USA insieme al comandante del sottomarino sono stati rimossi.

Le misurazioni della radioattività nel tratto di mare nel quale è avvenuto l'incidente hanno prodotto dei dati allarmanti.

Il 16 gennaio 2004 il deputato "verde" Mauro Bulgarelli ha presentato una un'interrogazione urgente ai ministri dell'Ambiente, della Difesa, della Salute e alla Presidenza del Consiglio dopo che il CRIIRAD, un istituto di ricerca francese (*Commission de Recherche et d'information Indépendantes sur la Radioactivité*, diretto dall'ingegnere e fisico nucleare Bruno Chareyron) ha reso noto i dati dei rilevamenti effettuati nelle acque della Maddalena il 17 e il 18 novembre 2003, in data immediatamente successiva, cioè, all'incidente occorso al sommergibile statunitense Hartford.

Dai dati forniti dal CRIIRAD risulterebbe che in alcuni campioni di alghe prelevati nella zona dell'incidente la concentrazione di Torio 234 (un elemento della catena dell'uranio 238) si attesta tra i 3900 e i 4700 Bq/kg, quando i valori normali non dovrebbero superare qualche decina di Bq/kg. Si tratta dunque di valori molto rilevanti che tuttavia non è possibile commisurare con quelli antecedenti all'incidente dell'Hartford, perché le autorità italiane e americane non hanno mai reso noto il risultato delle rilevazioni periodicamente effettuate nelle acque della Sardegna.



Figura 1 - Localizzazione ufficiale dell'incidente

La recente presentazione ad un Convegno/Incontro Pubblico¹⁴ svoltosi nell'ottobre 2004 presso la sede del Comune della Maddalena dei risultati ottenuti da una ricerca in corso di svolgimento da parte del Prof. Fabrizio Aumento del Dip. di Scienze Ambientali Marine dell'Università della Tuscia e dai suoi collaboratori, ha mostrato la connessione tra la presenza in organismi bioindicatori marino-costieri della zona dell'elemento metallico transuranico radioattivo Plutonio-239 - originato dai processi di fissione dei reattori nucleari usati per la propulsione dei sommergibili nucleari – e la presenza dei sommergibili stessi nella base de La Maddalena¹⁵.

¹⁴ “La Maddalena e il nucleare. Dialogo per scelte consapevoli”, 24 ottobre 2004, ore 10:00, presso la Sala Consiliare del Comune de La Maddalena (SS).

¹⁵ Si veda l'articolo in proposito pubblicato sul numero de “L'Espresso” del 6.11.2004: “Spiaggia con vista nucleare” e “Specchio d'acqua contaminata”, che qui riportiamo (Copyright L'Espresso 2004)

Attualità POLEMICHE / L'AREA MILITARE DELLA MADDALENA

Spiaggia con vista nucleare

Il governatore della Sardegna la vuole chiudere. Ma la base Usa si sta invece allargando. E crescono i rischi ambientali

di Leo Sisti

Sabato 30 ottobre, isola della Maddalena. alle cinque del pomeriggio, bambini e bambine, chi mascherato da scheletro, chi da strega, chi da fantasma, si scatenano su una musica assordante emessa da altoparlanti sistemati nella piazza del Municipio. Al primo piano di una casa, tre marinai americani aprono le finestre. Guardano giù. Ridono. E tracannano birra brindando alla festa di Halloween, ora trapiantata anche da noi. 30 ottobre 2014. Ci saranno ancora, tra dieci anni, soldati degli Stati Uniti alla Maddalena, a osservare Halloween made in Italy? Forse sì. O forse no. Perché il 21 ottobre Renato Soru, neopresidente della Sardegna con forte attenzione all'ambiente, ha fatto un annuncio bomba: "Via le truppe Usa dalle nostre coste". Il primo obiettivo: togliere il segreto ai patti internazionali sottoscritti da Usa e Italia nel 1972, premier Giulio Andreotti. Patti non ratificati dal Parlamento e sui quali grava da sempre un interrogativo: come mai è stato concesso di trasformare un semplice 'punto di approdo' per sommergibili nucleari in una vera e propria base navale, ora in fase di profonda mutazione? Ma gli altri obiettivi sono ancora più delicati. Riguardano il futuro della zona, compromesso da una serie di allarmi inquietanti: minacce di inquinamento da radioattività, aumento dei tumori tra la popolazione locale.

La Maddalena e il suo arcipelago sono un parco naturale tra i più belli del Mediterraneo. Il presidente della Repubblica vi ha passato le vacanze per anni. Ebbene, piano piano l'isoletta di Santo Stefano, base della US Navy, tre chilometri quadrati tra Maddalena e la costa, sta cambiando volto. Per rendersene conto, basta leggere 'Progetto Usa n. 080-02- esecuzione di migliorie infrastrutturali dell'area'. I lavori sono iniziati da poco. Ingegneri, operai, carpentieri vanno e vengono ogni tre mesi dagli Usa. Escono dall'albergo all'alba e rientrano a sera. Sbancano per costruire palazzine, palestre, magazzini, mense per i 2.600 militari qui di stanza, per la maggior parte utilizzati sulla Emory Land, una nave-officina ormeggiata in loco, un gigante grigio di supporto ai sommergibili.

Solo migliorie? Macché. Nella documentazione, firmata nel 2003 dall'allora comandante Eddie Gardiner e inviata al Comune della Maddalena, compare la richiesta di ampliamenti per 52 mila metri cubi: sarebbero necessari per sostituire baracche fatiscenti, con una spesa di 37 milioni di dollari, tutti a carico dello Zio Sam. Cifre che hanno suscitato violente reazioni contro chi le aveva avallate, il sindaco di An della Maddalena, Rosanna Giudice, capo di una giunta di centro-destra caduta in settembre (da poco c'è il commissario prefettizio). Portavoce della protesta, il capogruppo dei Ds, Pier Franco Zanchetta, che dice: "Calcoli gonfiati. Ci hanno messo dentro di tutto: dall'ingombro di materiale ferroso stoccato all'aperto per 16 mila metri cubi a un pontone-dormitorio di 10 mila metri cubi, indicato due volte. Nell'elenco troviamo anche l'unico edificio, ora inagibile, in vera muratura, 4 mila metri cubi, ma è di proprietà della Marina italiana. E pensare che Gardiner sosteneva che la parte nuova da edificare era addirittura del 15 per cento in meno di quanto esisterebbe. La realtà è che si vuole cementificare troppo. In pratica, è il raddoppio della base".

È una polemica dal sapore antico. Attenzione alla giostra delle date. L'8 luglio dell'anno scorso il Comitato misto paritetico per le servitù militari in Sardegna, formato da rappresentanti della Regione e del governo, boccia il progetto. Il 30 settembre, il ministero della Difesa invece lo autorizza. Il 10 ottobre, l'allora presidente della Regione Sardegna, Italo Masala di An, lo sospende. Il 14 gennaio 2004, altro colpo di scena. In una riunione a Roma di semplici dirigenti della Regione, del ministero della Difesa, dello Stato maggiore della Difesa e della presidenza del Consiglio si sottolinea che "le opere (della US Navy, ndr) non prevedono alcun potenziamento della struttura esistente". Masala cambia idea e ritira il dissenso prima manifestato. È il disco verde agli americani, nonostante la stessa Marina italiana avesse previsto un incremento di cubatura del 25 per cento. Numeri ballerini, che il nuovo comandante americano, commodoro Fritz Roegge, non vuole commentare con 'L'espresso'.

Già, ma perché tutto questo? Lo spiega Salvatore Sanna, per 22 anni, fino al 2000, nel Comitato misto paritetico in qualità di esperto per la Regione: "I sei generatori che c'erano sono diventati 18, triplicando la capacità di autoproduzione di energia, non certo per le esigenze volumetriche denunciate. Servono per aumentare la capacità operativa dei sommergibili nucleari che possono ospitare in cima altri minisommergibili di 30 metri, buoni per commandos di 'pronto impiego' a terra".

I sommergibili nucleari. Ecco il problema. Di qui, dalla Sardegna, sono partiti quelli usati nella guerra del Golfo del 1991 e in Iraq dal marzo 2004. E qui la Uss Hartford, 7 mila tonnellate d'acciaio, è finita in secca di fronte all'isola di Caprera con danni allo scafo. Un evento capitato il 25 ottobre 2003, ma stranamente reso pubblico 17 giorni dopo, l'11 novembre, da un piccolo giornale Usa. Prima conseguenza: due ufficiali subito silurati. Seconda conseguenza: si teme che il reattore nucleare abbia rilasciato nell'acqua radioattività. Per questo è nato il Comitato cittadino spontaneo della Maddalena, che insieme a Verdi, Italia Nostra e associazioni ambientaliste ha reclamato controlli sulle installazioni di Santo Stefano. E nel gennaio 2004 l'istituto francese Criirad, sollecitato dal Wwf Gallura e dall'associazione corsa Abcde, ha diffuso i risultati di indagini svolte su campioni di alghe raccolte alle Bocche di Bonifacio, nella Corsica del sud, e alla Maddalena. Riconstrandolo valori anomali di torio 234, un prodotto che deriva dal decadimento dell'uranio 238 e che si può trovare o in natura o in seguito ad attività dell'uomo (e in tal caso si punterebbe il dito contro la Uss Hartford). Analisi più particolari hanno rilevato la presenza anche di plutonio che non può invece essere 'naturale'. Ma da dove viene? C'entra il sottomarino di Santo Stefano? Urgono nuove sperimentazioni già richieste alla Regione da Asl e Wwf.

Il plutonio, dunque, e il dilemma delle concentrazioni radioattive. Un altro recentissimo contributo l'ha dato il professor Fabrizio Aumento, geologo marino dell'Università della Tuscia, incaricato da Legambiente di studiare il caso. Le sue diagnosi sono preoccupanti (vedi scheda in alto). E non sono le uniche. Nuovi dati, riferiti agli anni 1992-2001 e comunicati al Registro dei Tumori di Sassari, rivelano significative differenze sull'incidenza delle malattie cancerogene. Alla Maddalena, rispetto ad altri comuni della stessa Asl, si nota un sensibile aumento di tumori alla pleura e alla vescica, tipiche neoplasie che si sviluppano in ambienti di lavoro. Il j'accuse è contro l'Arsenale, ormai in disuso, ma dove si trovano tracce di amianto, causa, ad esempio, del micidiale mesotelioma. E di nuovo i dubbi si abbattano sulla base di Santo Stefano.

Allora, 'yankee go home', secondo il desiderio di Soru? Il ministro della Difesa, Antonio Martino, a febbraio ha difeso a spada tratta la base Usa: "Queste persone portano benessere. Fanno forse schifo i loro soldi?". Ecco l'altra faccia della medaglia: l'economia locale ne verrebbe colpita. Ma di quanto? Una risposta la dà Pasqualino Serra, sindaco della Maddalena dal '93 al '97: "Qui abbiamo 600 affitti. Se gli americani se ne vanno, è come se chiudesse una fabbrica con 600 dipendenti. Se ne farebbe carico il bilancio regionale?". Con i 200 di Palau siamo a 800. Che ne pensa il presidente Soru?

Specchio d'acqua contaminata

La vera novità negativa sulle contaminazioni radioattive di Santo Stefano viene dagli 'hot spot' (letteralmente, piccoli punti), microscopiche particelle altamente radioattive. Li ha trovati in quello specchio d'acqua Fabrizio Aumento, geologo marino dell'Università della Tuscia di Viterbo che, su incarico di Legambiente, a settembre ha presentato una sua relazione. "Proprio il 24 ottobre", spiega il professore a 'L'espresso', "abbiamo fatto nuovi prelievi di cozze, ricci e calamari e nei prossimi giorni vedremo se saranno confermate le precedenti analisi. In pratica la minaccia è rappresentata dalla cosiddetta 'mutazione genetica della catena alimentare'. Gli 'hot spots' non sono pericolosi per chi fa il bagno in quelle acque. Lo diventano se entrano a esempio nelle alghe che vengono mangiate dai ricci, i quali vengono ingeriti dalle seppie, le quali a loro volta finiscono nei pesci più grossi. E di qui nello stomaco dell'uomo. Per esempio, non li abbiamo riscontrati nella costa tirrenica. Ma ce ne sono tantissimi nel Baltico, vera discarica

L'importanza di tali ricerche consiste in una metodologia di rilevazione basata essenzialmente sul perfezionamento, tramite applicazione di pellicole alfa-sensibili sul preparato in esame, della metodologia autoradiografica proposta da Fleischer R.L. nel 1979 in Amer. Sci., 67: 194-203, reperibile sul sito (<http://www.mail-archive.com/disarmo@peacelink.it/msg00892.html>), più comunemente utilizzata nella routine di laboratorio per la rilevazione di radionuclidi beta-emittenti usati come traccianti; inoltre, le ricerche hanno rilevato la presenza del Pu-239, ritrovato in numerosi campioni (alghe rosse, echinodermi, molluschi, materiali inerti) prelevati dalle coste delle isole Maddalena e Caprera, localizzate immediatamente a settentrione ed a oriente dell'Isola di S. Stefano (dove è collocata la vera e propria base statunitense e la nave appoggio) in microframmenti metallici di effluenti radioattivi (*nuclear fleas*) - dispersi nell'ambiente esterno ed assorbiti dagli organismi - attribuibili inequivocabilmente agli effetti dei processi di combustione nucleare; mentre nei siti di Palau e di Capo d'Orso (litorale sardo a sud di S. Stefano) non si rileva la presenza di tali frammenti nelle medesime specie bioindicatrici.

Purtroppo, le reti di controllo degli enti preposti avevano trascurato di misurare, per la rete speciale alla Maddalena, i radionuclidi alfa-emittenti (come gli attinidi Th-232, U-234, U-235 e U-238, e quelli transuranici artificiali, derivati dall'attività di fissione nucleare, come Am-241, Np-237 e Pu-239), limitandosi alle più agevoli misure spettrometriche dei radionuclidi gamma-emittenti (Ce-144, Ce-141, Be-7, Ru-104, Cs-137, Zr-95, Mn-54, Co-60, K-40): questo impedisce di conoscere la concentrazione dei nuclidi alfa-emettitori nelle matrici ambientali intorno alla Base nel periodo prima dell'incidente, e limita quindi il riscontro della correlazione fra concentrazione di alfa-emettitori e incidente alla già citata anomalia spaziale della loro distribuzione, mentre non è quindi possibile riscontrare l'anomalia temporale fra "prima" e "dopo" l'incidente.

I risultati della ricerca di prof. Aumento mostrano una esauriente comparabilità con quelli ottenuti sugli stessi campioni in altri laboratori nazionali ed esteri scelti per il confronto (<http://it.news.yahoo.com/0940917/58/2xxv5.html>) eseguito mediante i rivelatori spettrometrici alfa attualmente in uso; tale approccio permette una prima stima dosimetrica del danno, in quanto le nanoparticelle metalliche scarsamente solubili costituite da metalli transuranici vengono evidenziate dalle pellicole alfa-sensibili in modo simile a quello in

nucleare, e nel nord dell'Inghilterra, a Sella Field, dove c'è un impianto di riciclaggio di scorie nucleari. Ora sappiamo che gli 'hot spots' ci sono anche nella rada di Santo Stefano, di fronte alla base della US Navy".

cui negli organismi viventi tali particelle emettono di continuo radioattività, proprio all'interno di quei tessuti in cui si collocano col flusso dei liquidi extracorporei e corporei dai quali vengono trasferite.

Il Comitato Scienziati e Scienziati contro la guerra (www.scienzaepace.it), cui gli autori di questo rapporto appartengono, ha ritenuto di contribuire al finanziamento delle ricerche effettuate dal prof. Aumento, date la loro importanza ed originalità.

3.2 Incidenti militari nel Mar Mediterraneo

Riportiamo qui di seguito una lista di eventi notevoli che riguardano la presenza di navi o sottomarini nucleari nel Mediterraneo:

- Nel fondo del Mediterraneo giacciono due non meglio definite “capsule nucleari”, perdute a seguito di un incidente aereo di cui non sono mai stati resi noti gli estremi
- Il 29 agosto 1959 la città di Napoli rischio' la catastrofe per un incendio a bordo del caccia “Decour”.
- Nel 1976 la collisione tra due navi statunitensi (la portaerei J.F.Kennedy e l'incrociatore Belknap, entrambe dotate di armi nucleari) avvenuto durante un'esercitazione al largo della Sicilia, stava per causare un grave incidente nella santabarbara nucleare. In quell'occasione fu lanciato l'allarme Broken Arrow, il più grave secondo la classificazione USA.

Tre sottomarini d'attacco della flotta francese (il 50% della flotta) hanno subito gravi incidenti:

- agosto 1993: il “Rubis” entra in collisione con una petroliera a largo di Fos: si sfiora la catastrofe ambientale;
- febbraio 1994: incendio a bordo del “Amethyste”.
- marzo 1994: incendio a bordo del “Emeraude”. 10 vittime tra l'equipaggio. Il governo francese non ha ancora reso pienamente note la dinamica e gli esiti degli incidenti.

Dal 1945 al 1988 nel Mediterraneo si sono verificati 114 incidenti in cui sono state coinvolte una o più navi da guerra

Le tre flotte nucleari che pattugliano il Mediterraneo (USA, Gran Bretagna e Francia) hanno subito rispettivamente 61, 16 e 12 incidenti nel dopoguerra.

4. Alternative alla propulsione nucleare per sottomarini

Si è visto finora quanto sia problematica la presenza di propulsione nucleare nei sommergibili. Le preoccupazioni relative ai problemi impiantistici e di sicurezza sono confermate dal pessimo record storico di incidenti avvenuti dal 1960 in avanti.

E' lungi dagli autori, come si spera sia evidente – specialmente dalla Premessa di questo lavoro – giustificare in alcun modo l'impiego di risorse, la presenza nelle acque e l'utilizzo di sommergibili militari di alcun tipo, al di là del loro tipo di propulsione. Ciò gli autori tengono a rimarcare, anche e soprattutto dal punto di vista etico, nella loro qualità di scienziati, tecnici e ricercatori che abiurano la guerra.

Tuttavia, gli autori vogliono in questo capitolo mostrare come, anche dal punto di vista tecnico, se sommergibili con certe caratteristiche militari debbono comunque continuare ad esistere, vi sono valide alternative alla propulsione nucleare anche per questo tipo di vascelli.

Se è ancora troppo presto perché l'umanità abbandoni questo tipo di arma, almeno si evitino gravi ed inutili rischi e sofferenze ai civili ed agli stessi equipaggi dei sommergibili in tempo di pace.

Le informazioni in questo capitolo sono tratte da:

Paolo Rocco, "SOTTOMARINI E SOMMERGIBILI. Lezione n.2: Il secondo dopoguerra, la guerra fredda, i giorni nostri", Lezioni tenute presso UNITRE – SESTO CALENDE, 2004 – 2005

Gli autori ringraziano l'ing. Paolo Rocco per aver loro fornito questo materiale e parte di quello riportato in Appendice 4.

Vengono attualmente sviluppati i sommergibili con A.I.P. (A.I.P. = sistemi di propulsione non nucleari indipendenti dall'aria).

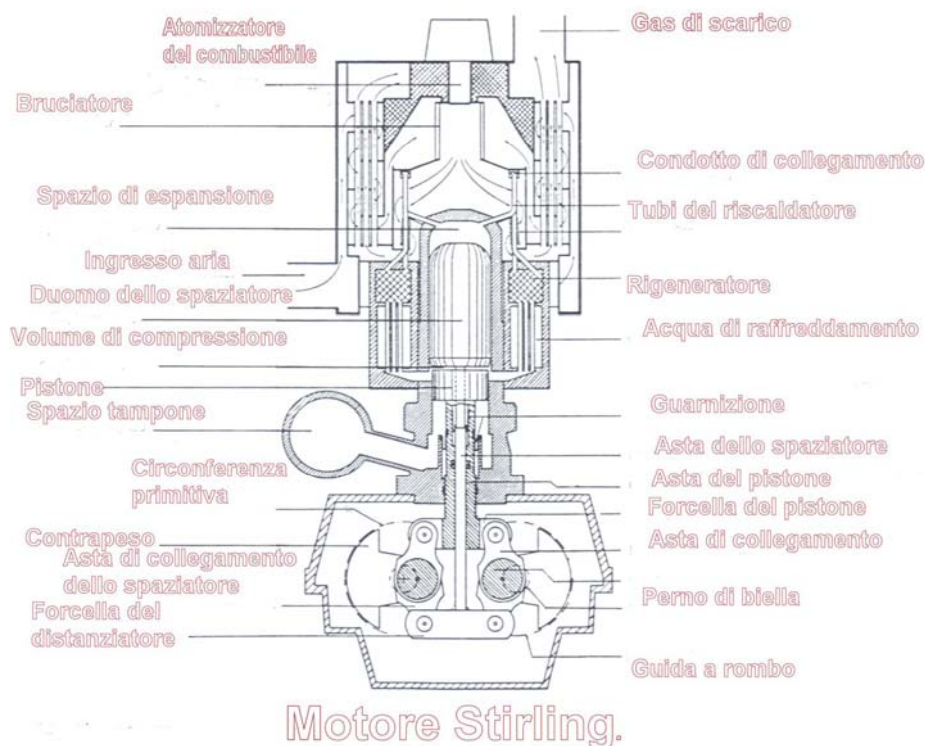
Nel 2004 i tipi di sommergibili con A.I.P. operativi o prossimi a diventarlo sono:

- Il Tipo Upland (Svezia) con motore Stirling
- Il Tipo 212 (Germania – Italia) e Tipo 214 (Grecia) con celle combustibili.

Un altro A.I.P. molto studiato è il motore Diesel a ciclo chiuso.

Nella navigazione in immersione l'aria da immettere nel motore è sostituita da una miscela di ossigeno (trasportato in forma liquida) e gas di scarico.

4.1 L'A.I.P. Svedese: Il Motore Stirling



Nella figura qui sopra viene presentato un progetto di “motore sottomarino” con questo tipo di propulsione.

Il motore Stirling è un motore a “combustione esterna”.

Ha un gas inerte nel cilindro che viene riscaldato da una sorgente esterna di calore che ne causa l'espansione.

Fra i sottomarini svedesi con motore Stirling troviamo il Götland, il più moderno sommergibile svedese con A.I.P. Stirling.

Oltre al sistema propulsivo diesel -batterie - motore elettrico questo sommergibile ha un motore Stirling che viene alimentato da un idrocarburo.

Ossigeno e azoto, trasportati in forma liquida in serbatoi a pressione, sostituiscono l'aria nella camera di combustione esterna del motore Stirling.



Sommergibile Svedese Götländ



La figura qui sopra mostra invece il sommergibile Västergötland, prima del rimodernamento con A.I.P. Stirling. Il Västergötland, del 1987, è stato rimodernato con l'aggiunta di una sezione centrale di 10 m con motore Stirling.

4.2 L'A.I.P. Tedesco: La cella a combustibile

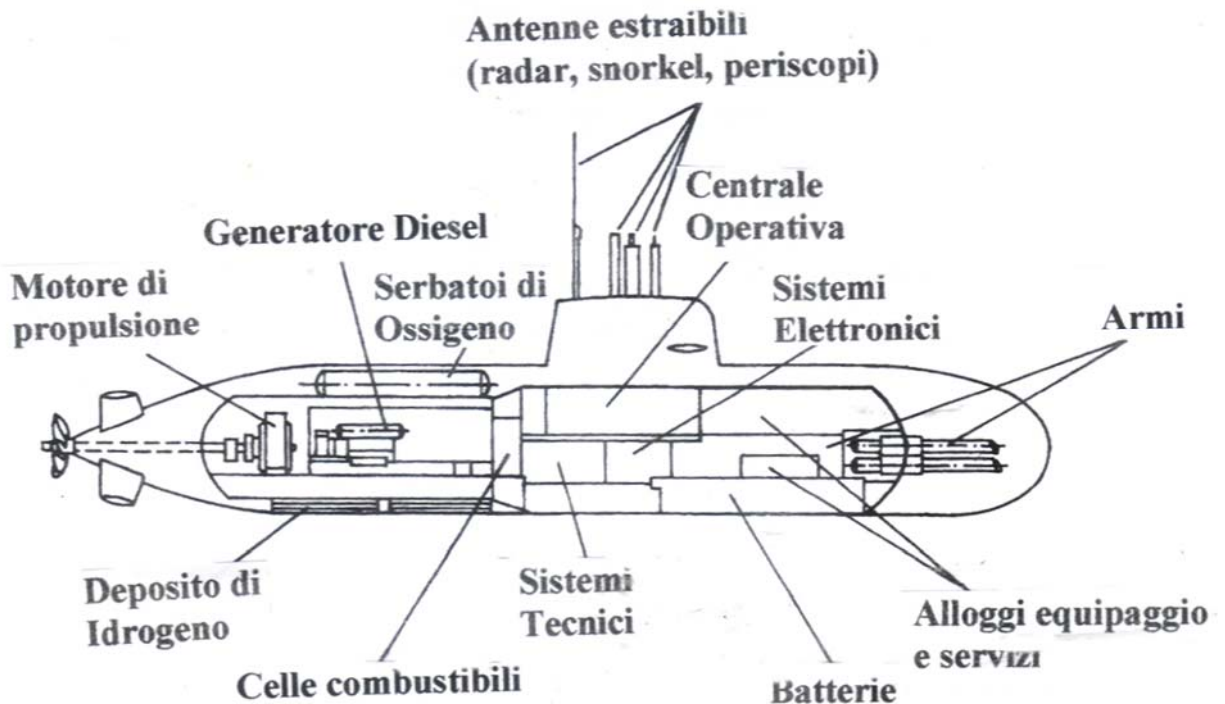
In una cella a combustibile idrogeno ed ossigeno sono immessi a due conduttori (elettrodi) in materiale poroso separati da un liquido conduttore (elettrolita).

I due conduttori agiscono da catalizzatori per le reazioni di cella che consumano idrogeno e ossigeno con produzione di acqua e passaggio di corrente elettrica nel circuito esterno.

Nell'A.I.P. attuale con cella a combustibile l'idrogeno e l'ossigeno sono trasportati rispettivamente come idruri metallici ed allo stato liquido a bassa temperatura.

In futuro l'idrogeno e l'ossigeno saranno estratti a bordo da un idrocarburo mediante reforming catalitico.

Schema di sottomarino tedesco Tipo 212 con A.I.P. a cella a combustibile



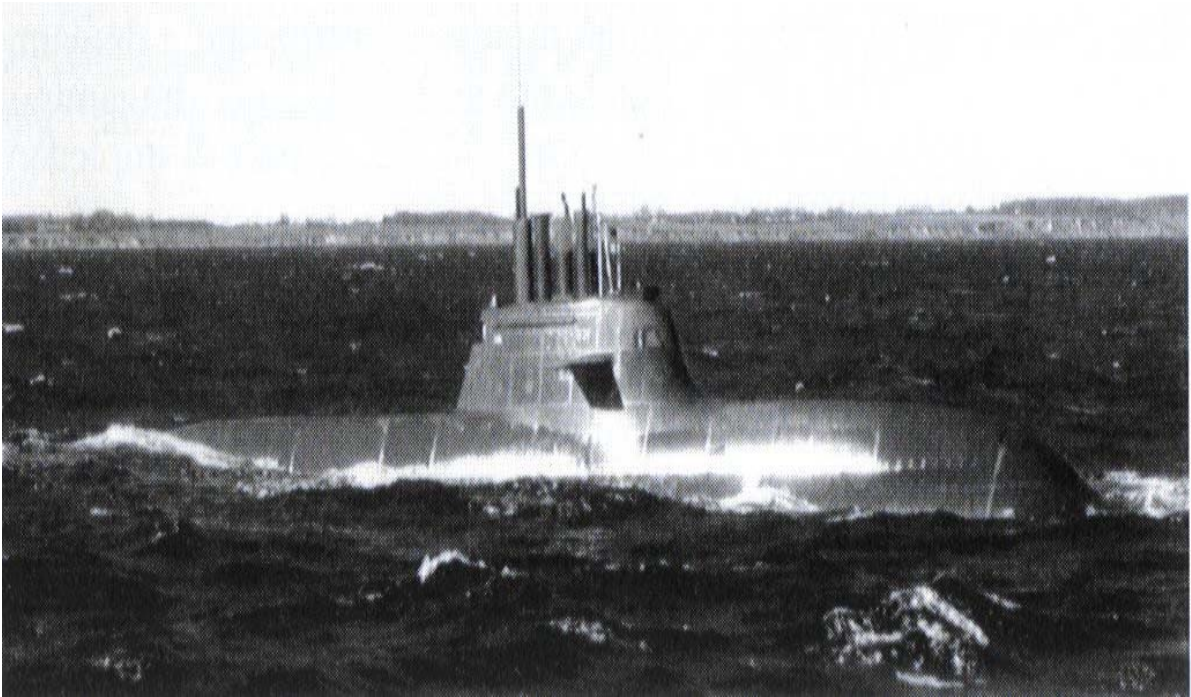
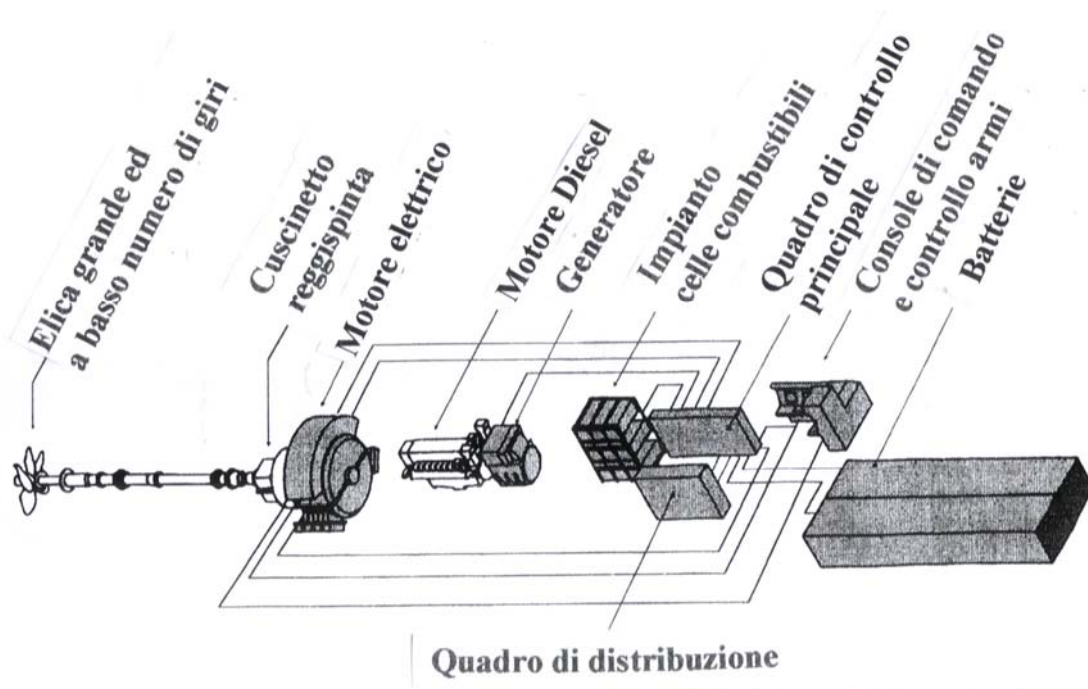


Foto del sommergibile U 31

U 31 è il primo sommergibile tedesco Tipo 212, è qui fotografato alle prove nel Mar del Nord, nel 2003.

IL SISTEMA DI PROPULSIONE “IBRIDO” DEL TIPO 212



L'elica è mossa da un motore elettrico.

L'energia elettrica al motore può essere fornita in tre modi diversi:

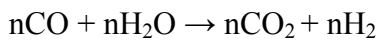
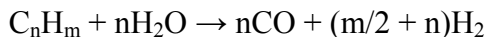
- Dal generatore collegato al motore diesel.
- Dalle batterie di accumulatori che sono caricate dal motore diesel.
- Dalle celle combustibili.

La cella a combustibile è un sistema elettrochimico capace di convertire l'energia chimica di un combustibile (in genere idrogeno) in energia elettrica senza l'intervento intermedio di un ciclo termico.

Un impianto con celle a combustibili comprende le seguenti sezioni:

- Sistema di trattamento del combustibile

Il processo normalmente impiegato è "reforming catalitico con vapore" di un idrocarburo leggero:



Questa sezione non è presente se si utilizza idrogeno (come nello A.I.P. tedesco attuale) o se si impiegano celle ad alta temperatura (> 600°C) dove il reforming avviene all'interno della cella stessa.

- Cella a combustibile

La cella consiste di due elettrodi in materiale poroso separati da un elettrolita. L'idrogeno è alimentato a un elettrodo (anodo) e un comburente (ossigeno o aria) è alimentato all'altro elettrodo (catodo).

Gli elettrodi fungono da siti catalitici per le reazioni di cella che consumano idrogeno e ossigeno con produzione di acqua e passaggio di corrente elettrica nel circuito esterno.

L'elettrolita ha la funzione di condurre gli ioni prodotti da una reazione e consumati dall'altra chiudendo il circuito elettrico all'interno della cella.

- Sistema di condizionamento della potenza elettrica
Ha la funzione di trasformare la corrente elettrica continua prodotta in corrente alternata.
- Sistema di regolazione e recupero del calore
La trasformazione elettrochimica è accompagnata da sviluppo di calore che deve essere estratto per evitare l'aumento della temperatura.

4.3 Il Tipo 212 Italiano



Nel Novembre 2003 vi è stato il varo del “Salvatore Todaro”, primo sommergibile italiano Tipo 212, costruito in collaborazione con la Germania.

Un altro sottomarino dello stesso tipo è stato ordinato.

Conclusioni

La riflessione conclusiva principale si origina da quanto già esposto in principio:

1. La sicurezza operativa dei reattori nucleari su navi a propulsione nucleare è secondaria rispetto ad altre ragioni, strategiche, di produzione e di presenza della flotta. Proprio questa secondarietà della sicurezza rispetto agli interessi militari rappresenta l'aspetto più preoccupante.

Ad essa possiamo poi aggiungere queste altre conclusioni.

2. La statistica sul numero e la gravità di incidenti avvenuti a questo tipo di reattori nel passato è amplissima, con dispersioni in mare di grandi quantità di radioattività e molte vittime. In quaranta anni, si sono avute ben oltre un centinaio di emergenze nucleari o radiologiche. Un “record” davvero poco invidiabile.
3. Davanti ad una storia pregressa di questo tipo, non riusciamo obiettivamente a trovare alcunché di sorprendente nell'apprendere di un qualunque incidente occorso ad un sottomarino nucleare, quale ad esempio l'incidente all'Hartford avvenuto al largo della Maddalena nel 2003. Ci pare un evento assolutamente atteso e per nulla eccezionale, visti i precedenti.
4. Ricerche in corso dimostrano la correlazione fra la presenza di sommergibili a propulsione nucleare e la concentrazione di elementi radioattivi alfa-emettitori in matrici biologiche marine.
5. In campo nucleare civile esistono numerosi sistemi di sicurezza e di emergenza che sono obbligatoriamente presenti nel reattore nucleare, e senza i quali l'impianto stesso non ottiene il permesso di funzionamento da parte delle autorità di sicurezza. Tuttavia, su un sottomarino, la presenza di questi sistemi di sicurezza è assai più contenuta, per ragioni di spazio, di peso e di funzionalità.
6. Al contrario, per assurdo, su questi reattori i sistemi di sicurezza andrebbero potenziati: infatti, i sottomarini affrontano condizioni operative pericolose per via del loro impiego

militare, anche in tempo di pace (esercitazioni, pattugliamento etc.), che possono comportare altri incidenti (esplosione di siluri, collisioni, urti col fondale) dalle conseguenze pericolose per l'impianto nucleare a bordo.

7. Essendo vascelli militari, i sottomarini nucleari sono soggetti all'approvazione e alla responsabilità esclusivamente delle autorità militari, notoriamente e costituzionalmente poco sensibili al problema dell'impatto ambientale dei loro armamenti. Di conseguenza ci ritroviamo col paradosso di reattori nucleari che non otterrebbero la licenza di esercizio in nessuno dei paesi che utilizzano l'energia atomica, che circolano invece liberamente nei mari.
8. Non stupisce che il fallimento della propulsione nucleare navale in ambito civile sia stato clamoroso e completo, e ciò dovrebbe costituire un monito sulle caratteristiche di questa tecnologia.
9. Il permanere in servizio dei sommergibili nucleari è ingiustificato sia dal punto di vista puramente militare, che da quello politico, che da quello economico.
10. Anche dal punto di vista tecnico, se sommergibili con certe caratteristiche militari debbono comunque continuare ad esistere, vi sono valide alternative alla propulsione nucleare anche per questo tipo di vascelli (Motori AIP, con ciclo Stirling o Celle a Combustibile). Se è ancora troppo presto perché l'umanità abbandoni questo tipo di arma, almeno si eviteranno gravi ed inutili rischi e sofferenze ai civili ed agli stessi equipaggi dei sommergibili in tempo di pace.
11. In definitiva, è ragionevole presumere che, se i sottomarini a propulsione nucleare restano tuttora in servizio, ciò sia dovuto prevalentemente al fatto che non ci sono i soldi per smantellarli. Naturalmente, finché essi restano operativi, è anche ovvio che essi vengano impiegati, anche se le operazioni che essi compiono attualmente sarebbero più agevolmente affidabili a naviglio di superficie, dato che buona parte delle loro spese correnti di gestione sono in ogni caso ineludibili.

Riportiamo – per concludere - un ultimo fatto, utile a livello di documentazione. Alexander Nikitin è un ex ufficiale della marina militare russa¹⁶, che ha fornito molte informazioni sulla produzione dei sottomarini nucleari russi e su come questa fosse condizionata dalle pressanti richieste dei militari; pur di far fronte ai tempi di consegna, non venivano svolti i necessari controlli, sia al termine della produzione che durante la manutenzione.

Specifichiamo che questo succedeva ai tempi della guerra fredda in Unione Sovietica. Viene da chiedersi cosa sia capitato e capiti in “occidente”; c'è forse più consapevolezza dei rischi ambientali nei militari occidentali che in quelli russi? A noi non pare, in quanto la storia sembra indicarci in quest'ambito una certa uniformità di vedute in tutto il mondo, dovuta sostanzialmente alla stessa mentalità.

Gli incidenti di cui si è parlato sono in parte dovuti a irresponsabilità (come per lo Scorpion, i cui problemi erano noti, o come il recentissimo Tireless, della cui classe da tempo si denunciava i possibili problemi al circuito primario) e gli atti intenzionalmente o indirettamente lesivi dell'ambiente e della salute delle popolazioni da parte delle forze armate non si contano e non debbono venire ricordati in questa sede. L'elenco dei danni all'ambiente potrebbe diventare lunghissimo, se andassimo a esaminare tutti i vari campi dell'attività militare.

Allora, forse il fatto che in Russia siano emerse queste allarmanti verità sull'uso del nucleare in ambito militare è solo per la particolare situazione in cui si trova la Russia oggi, in crisi e con l'apparato militare che non è più in grado di nascondere l'informazione a riguardo; la nostra opinione è che - qui in occidente – probabilmente - viviamo gli stessi pericoli, ma la segretezza militare fa sì che di tutto ciò emerga soltanto una parte di verità. Speriamo con questo lavoro di aver contribuito ad ampliare la conoscenza del problema.

¹⁶ Mosca, Lunedì 16 dicembre, 1996. Alexander Nikitin, dell'organizzazione "Bellona Foundation", accusato di "spionaggio" dal Servizio di Sicurezza Federale russo, per aver steso un rapporto sui scorie nucleari causati dalla Marina Russa, è stato rilasciato dopo aver trascorso 10 mesi nel prigione investigativa di San Pietroburgo. La liberazione di Alexander Nikitin è anche il frutto di una campagna internazionale in favore del suo rilascio (Notizia ANSA). Il rapporto: “The Russian Northern Fleet - Sources of Radioactive Contamination” è disponibile sul sito della Bellona Foundation <http://www.bellona.no/> ed è attualmente l'unica pubblicazione di cui è proibita la diffusione in Russia.

Siti web

Sui sottomarini nucleari:

<http://www.bellona.no/en/index.html>
<http://www.pbs.org/wgbh/nova/subsecrets/inside.html>
<http://navysite.de/ssn/ssn768.htm>
<http://www.worldhistory.com/wiki/U/United-States-Naval-reactor.htm>
<http://www.naval-technology.com/projects/la/>
<http://www.uboat.cz/typy/usa/la/la.htm>
<http://www.europa1939.com/buques/submarinos/angeles.html>
http://www.ussalbany.com/5th_uss_albany2.htm
<http://www.chinfo.navy.mil/navpalib/cno/n87/history/chrono.html>
http://www.bellona.no/en/international/russia/navy/northern_fleet/vessels/28138.html
<http://www.uic.com.au/nip32.htm>
http://italy.peacelink.org/disarmo/indices/index_1.html

Sull'incidente alla Maddalena:

[http://www.worldhistory.com/wiki/U/USS-Hartford-\(SSN-768\).htm](http://www.worldhistory.com/wiki/U/USS-Hartford-(SSN-768).htm)
<http://www.sassariseria.org/PRIMAPAGINA/LA%20PAURA%20NUCLEARE.htm>
<http://www.carta.org/rivista/settimanale/2004/05/05Maddalena.htm>
http://www.cronacheisolane.it/not_04_455.htm
<http://www.cronacheisolane.it/alt.not.633.htm#Un%20mostro>
http://italy.peacelink.org/disarmo/articles/art_2342.html
<http://www.mail-archive.com/disarmo@peacelink.it/msg00736.html>
<http://www.altremappe.org/Maddalena/maddalenaeealtre.htm>
http://obi-wan.kenobi.it/fun_news/archives/cat_biodemocrazia.html
<http://italy.indymedia.org/print.php?id=419452&comments=yes>
<http://www.legambiente.com/canale1/todaynews/todaynews.php?idArchivio=2&id=1739&startRec=0>
<http://www.santamariamaddalena.net/venton93/n%2093%20pag9%20del%202004.html>

Testo del Rapporto CRIIRAD:

<http://www.altremappe.org/Maddalena/CRIIRAD.htm#rapporto>

Bibliografia: sommergibili Sovietici/Russi

- Baranovsky S.I., Samosuk V.N., (ed.). Radiation heritage of the cold war. M., 1999. The Russian Green Cross. P.375.
- Bukan P. Following the tracks of underwater catastrophes. M., 1992. Publ. « the Order of masters «Rus », p.230.
- Bulatov V. Radioactive Russia. Publ. Novosibirsk, 1996. P.272. The bulletin « Nuclear safety », № 15 - 16, 1998.
- Dolgodorov B. A secret dose // "Labour", № 19, February 2, p. 1-2.
- Kozlov A.S., Paszhenko S.E., Eremenko S.I., Baklanov A.M., Malishkin S.B., Olekhovich E.S., Ivaszhenko S.A. Research of a dispersible structure of aerosol and the concentration of small gas admixture in the moderate and arctic air masses // » Optics of the atmosphere and the ocean ». T. 10, № 6, 1997. p. 673 - 680.
- Konovalov B. Submarines prolong the life of NPP // » the Evening Moscow », 26.08.98. p. 6.
- Kuznetsov V.M. State radiation, the International Chernobyl Fund of safety. M., 1994. p. 61
- Kuznetsov V. A great number of questions concerning « low atom » // "Today", 06.06.96. p. 5.
- Kuznetsov V.M. Radiation incidents on the civil atomic fleet of Russia // Bul. « Nuclear safety », № 31, 1999. p. 6.
- Kuznetsov V.M. (a) Experiment, threatening catastrophe to come // «the Independent newspaper», № 84 (2146), dated back 11.05.2000. p. 5.
- Kuznetsov V.M. (b) the Russian atomic engineering. Yesterday, today, tomorrow. A view of an independent expert. », M., 2000. Publ. « Vote - press », 285 p.
- Kuznetsov V.M., the report « The Analysis of safety of nuclear plants located in the territory of the Russian Federation for the period from 01.01.91 till 31.12.2000 », M, Russian Green Cross, 2001, the manuscript, p. 48.
- Kurkin B.A. Burden of «peace" atom. M., 1989. Publ. « Molodaya Gvardiya », p. 272.
- Kucher V.A., Manuylov Y.V., Novosyelov S.A., Semyenov V.P., Shmakov R.A. (1996) Submarines of Russia. Nuclear. The first generation. A history of creation and use. 1952 - 1996. The scientific - historical reference. V. IV, chapter 1. S-Pb, 1996. p.234.
- Legasov V.A., Kuzmin I.I., Chernoplektov A.N. The effect of power engineering on the climate // USSR. Physics and the ocean atmosphere. Volume 20, № 11. 1984. pages 1089 - 1103.
- Margulis U.Y. Atomic energy and radiation safety. "Energoatomizdat". M., 1988. .279 p.
- V.Marinina, V.Dotsenko. 90 years of construction of submarines in Russia. The magazine « Military parade », 1994, p. 14

Mormul N.G. Catastrophes under the water (Wreck of submarines in the epoch of cold war). Murmansk, 1999. 572 p.

Nilsen T., Bemer N. Sources of radiological contamination in the Murmansk and Arkhangelsk areas // the Report of the association "Belluna", №1. 1994. Publ. J. Nordahl, Oslo. p. 149

Nilsen T., Kudrik I., Nikitin A. The Northern fleet. A potential risk of radiological contamination of the region // the Report of the association "Belluna", № 2. 1996. Publ. J. Nordahl, Oslo, 168 p.

Orlova A.I. Radioactivity and ecology. The report of the center of public information on atomic energy, № 10. 1994. p.54 (76).

Osipenko L., Zhiltsov L., Mormul N. The atomic underwater epeope. Feats, failures, catastrophe. Publ. "Borges". M., 1994. p. 403

Pashenko S.E., Sabelfeld K.K. The atmospheric and technical aerosol. Publ. "Science". Novosibirsk, 1993. 310 p.

The decree of Government of the Russian Federation « About the establishing of an atomic engineering development program of the Russian Federation for the period of 1998-2005 till 2010 » Dated back 21.03.98 № 815.

Sivintsev Y., Kiknadze O. Radioecological danger of ship nuclear reactors sunk in the Arctic Region // The bulletin of the center of the public information on atomic energy, № 1 (297), 26.01.99 p. 3

Subbotin V.I. Speculations on atomic engineering. S-Pb ., 1996 195 p.

Feshbakh M., Frendy-junior A. Ecocide in the USSR. M. 309 p.

THandler G. Problems of the Pacific Navy: radioactive wastes, utilization of nuclear submarines, the accident rate of AS, safety of nuclear fuel // the Report of Greenpeace. 1995, p. 62.

Sharaevsky Y.G., Belikov A.D., Lisovsky I.V., Petrov O.I. Radiological and ecological consequences of emergencies of ship nuclear energy installations. The marine digest, № 7. 1999. p. 52-58.

Bergman R., Baklanov A. Radioactive sources of main radiological concern in the Kola-Barents region. Swedish Council for Planning and Cooperation of Research, Stockholm. 1998. 11 p.

Grosman K. Cover Up: What you are not supposed to know about Nuclear Power. The Permanent Press N.Y. 1980. 306 p.

Appendice 1 – Incidenti nucleari e radiologici alla flotta russa civile (rompighiaccio)

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

In February, 1965 during planned repair works on the reactor № 2 of the atomic icebreaker «Lenin" there was an emergency. As a result of an error made by operators of NSTI, the reactor core was left without water for some time, that caused partial damage approximately 60 % of fuel assembly (FA). During the each channel reloading only 94 FA was managed to unload. The rest 125 FA appeared not to be extricated from the reactor core. This part of SNF was unloaded together with screen assembly and was placed into the special container, which was filled by hardening mixture on the basis of futurol and then has been stored under coastal conditions about for 2 years.

In August, 1967 the reactor compartment with NSTI OK-150 and its own hermetic bulkheads was sunk directly from a side of the icebreaker "Lenin" through the bottom in the shallow-water bay of Tsivolka in the northern part of the New Earth archipelago on the depth of 40 - 50 m. Before sinking of the compartment SNF was unloaded from reactors, and their primary circuits were washed, drained and hermetically sealed. According to the data of the Central design bureau "Iceberg", before sinking the reactors were filled by hardening mixture on the basis of futurol. The container with 125 spent FA, filled with futurol, was transferred from the shore, placed inside a special pontoon and sunk. By the moment of emergency the reactors and ship nuclear - dangerous installation had operated about 25000 hours.

November 11, 1988 at a/i "Russia" the event which developed into a nuclear - dangerous situation took place. The icebreaker was at the mooring line RTP "Atomflot". As a result of mishandlings of the staff the reactor remained without cooling for 4 minutes. There was the operation of emergency protection.

In 1992 at atomic vessels 12 cases of operation of emergency protection (EP) and 7 cases of emergency descent of power were recorded, 68 % of them were caused by error operations of the staff of NSTI.

The main technological disadvantage influenced the nuclear and radiation safety is low reliability of:

- the element base of a complex control system (CCS) "Sever" of the atomic icebreaker "Taimir" and the lighter carrier "Sevmorput", resulting in taking out of operation of sections of automatics, control and protection systems;
- steam generators (production of 18-T). For this reason the icebreaker "Siberia" is put in repair for replacement of steam generators, the reactor installations of atomic icebreakers "Russia" and "Arctic" have been used with limitation of power (75 % of established one).

In 1993 there were the following operational incidents:

- leakage of a tubal system of SG- 7 of NSTI-1 and SG- 8 of NSTI-2 a/i "Russia";
- leakage of a tubal system of SG-4 of NSTI-2 a/i "Siberia";
- reaching of the up limit of activity of a coolant STI-1 a/i "Arctic";
- operation of EP on NSTI of both sides of a/i « Sovietsky Soyuz » according to a signal « Pres-sure (min) » by switching of current supply;
- on January 25, 1993 excess of the contents of radioactive gases was recorded in a reactor compartment of a/i "Arctic». The icebreaker was in the Karsk sea. Leakage of one of the holes in the cover of a reactor became the source of increase of radioactivity. Despite the noticed leakage, the reactor was working with the same power for 3 more days. During the incident, according to the ship's log, there was an emission of short-lived isotopes with the general activity of 55 GBk (1,5 Ku).

In 1994 in the vessels with NSTI the following operational incidents took place:

- operation of EP according to a false signal in a/ lighter carrier "Sevmorput";
- loss of leakage of a tubal system of SG (structural - technological defect) in a/i "Russia" and "Siberia";
- failure of a remote control system of a steam pressure regulator of a warming condenser in the a/ lighter carrier "Sevmorput";
- operation of EP according to a signal « Stop PB » during checking StartUp of working water pumps of automatics owing to aging of rubber-technical devices, lock and control valves PTP and in-correct set-up of these devices in the a/ lighter carrier "Sevmorput";

- operation of EP during carrying out regulated checks of channels of passing of EP signals owing to fault of one of modules of a system "Mars" because of imperfection of the scheme in the a/ lighter carrier "Sevmorput".

In 1995 in the atomic icebreakers there were two operations of emergency protection and one emergency break. Besides, in the icebreakers 20 operational incidents, from them owing to failures of technical equipment - 15, to fault of staff - 4, for the obscure reason - 1 were recorded.

On the whole, failure of technical means happened because of violation of seals of steam and water valves and appearance of leakages in pipelines.

Mishandlings of the staff are connected with unqualified preparation of systems for operation (three cases) and errors during mounting systems at the moment of maintenance (one case).

In 1996 in the vessels with NSTI the following incidents happened:

- in the a/i "Arctic" on the 22-th of February a gas thinness of a primary circuit system of STI-1, which was developed further into a small leak (70 l/ h), was detected;
- in the a/ lighter carrier "Sevmorput" on March 11 during parking under the load with power of 22 % the protection (EP) of a nuclear reactor was worked during putting the system "Almak" into operation and etching vapour because of falling of the vapour pressure;
- in the floating technical base (FTB) "Lotta", February 17, during loading a protective cover into the container TK-18 there was it's jamming. At the attempt of its return into the base container there was a breakaway of a rope of the winch of the container. The base container is substituted, the protective cover is put into the storehouse of FTB.

In 1997 in the vessels with NSTI the following incidents took place:

- three leakages of SG: October 2, in the a/i «Yamal" - gas thinness of SG - 4, March 15, in the a/i « Sovietsky Soyuz » - a small leak of SG - 2, November 2, in the a/i "Arctic" – a small leak of SG - 1;
- from six operations of emergency protection of the reactor five of them happened in the a/i "Arctic";
- March 12, during unloading spent fuel assembly (SFA) from the storehouse of FTB "Imandra" a radiation incident - local radiological contamination of a watched zone of the floating technical base "Imandra" took place.

In 1998 at the objects of Mintrans of Russia 21 operational incidents were registered. They are classified according to RD 31.20.42-93 (ЭП-6 - 10, ЭП-5 - 6 incidents , ЭП-4 - 2 incidents, ЭП-3- 2 incidents, EP-2 - 1 incident).

Here are three incidents - with operation EP:

- A/lighter carrier "Sevmorput", 26.03.98 – the operation of EP of a reactor according to a signal « Reduction of the period of doubling reactor power ». The limits and conditions of safe operation were not broken;

- a/i "Russia", 03.03.98 - operation of EP of reactor 2 according to a signal « Reduction of consumption of feedwater » owing to opening a throttle valve at 100 %, that was caused by a latent defect in the mounting of the rack of STI. Radiational situation and the parameters of STI remained within the limits of the norm;

- a/i "Arctic", 31.12.98 - while setting a throttle valve from automatic control to remote one unauthorized closing of a throttle valve took place, that resulted in operation of EP according to a signal « Loss of feedwater consumption ».

In 1999 in the vessels with NSTI there were 14 operational incidents, 4 from them with operating of emergency protection: 3 - in the atomic icebreaker "Russia" (January, 1999) and 1 - in the atomic icebreaker "Taimir" (June, 1999):

- 23.01.99 a/i "Russia", NSTI - 2. During putting on MKV of reactor 2 there was a spasmodic change of the readings of current starting equipment (SE), that resulted in operating EP-1. The reason is the oxidation of contacts in the circuit of SE.

- 29.01.99 a/i "Russia", NSTI - 2. Reactor power 12 %. As a result of lowering a water-level in the deaerator below the permissible level (1700 mm), failure of operation of turbo feed pumps 1 and 2 the operation of emergency protection of the reactor according to a signal « Stop PB » took place. The reason is the imperfection of water- level measurement system in the deaerator, poor control of the operation of level measurement system in the deaerator by the experts of KePeA. The limits of the normal operation are not broken.

- 31.01.99 a/i "Russia", NSTI - 1. Reactor power 15 %. On eliminating the violation «Disappearance of current at output of ИК - 7 » the emergency protection of the reactor worked . The reason is the rest electric charge on the electrodes of a chamber.

- 03.06.99 a/i "Taimir". Reactor power 17 %. EP-1 worked because of a false signal of lowering of a reactor period. The control parameters of NSTI did not fall outside the limits of the normal operation.

- 12.01.99 a/lighter carrier "Sevmorput". During putting out and warming of NSTI the increase of gas activity in the expansion tank of the third circuit was found out. As a result of search of leakage the thinness of a cooler of the primary circuit pump was detected. The cooler was dissected away by the second stop reinforcement on the third circuit.
- 11.01.99 a/i "Vaigach". Reactor power 50 %. The converter of a system "Sever" was out of operation. The unstable readings of the device were registered. The reason is failure of electrolytic con-densers in the scheme of a module.
- 29.01.99 a/i "Russia", NSTI - 1. Reactor power 15 %. Because of violation of hermeticity of a tubal system of SG - 7 there was the increase of vapour activity behind SG. The steam generator is switched off by the second stop reinforcement on the secondary circuit.
- 17.02.99 a/i "Vaigach". Reactor power 50 %. As a result of failure of electrolytic capacitors in the scheme of the module UcFR of the device PA there was a light up of a signal « Fault of PA ». The functions of automatic control of compensatory group on temperature were kept.
- 18.02.99 a/i "Vaigach". Reactor power 75 %. As a result of failure in the electrolytic scheme of the module CHM-1 of the device PA there was a light up of a signal « Fault of PA ». The reason is the failure of condensers in circuit 27 B.
- 15.03.99 a/i « Sovietsky Soyuz », NSTI - 1. Reactor power 80 %. Because of violation of her-meticity of a tubal system of SG - 1 there was the increase of vapour activity behind SG. The steam generator is switched off by the second stop reinforcement on a secondary circuit.
- 01.08.99 a/i "Vaigach". Reactor power 90 %. Failure of an autoswitch of power supply of AIII-15 of a system VR 1-2 (the system «Veter", an operator console, the switch of modes "light" - "dark"). Failure of the switch did not influence the modes of usage of NSTI, nuclear and radiation safety.
- 02.08.99 a/i "Vaigach". Reactor power 91 %. Failure of a module of galvanic separation) MFP-7 of the system "«DOMATIC" (disappearance of the readings "P/1к" of the second channel). Failure of the switch did not influence the modes of usage of NSTI, nuclear and radiation safety.
- 08.10.99 GUP DBZ "Star". At the pier on the depth of 15 m the control-dosimetric point (the vessel "Uranus") was sunk. Earlier it was used for collecting and temporary storage of

decontamination waters of low level of radioactivity and then it was taken out from operation.

During 2000 there were 18 operational incidents, from them 3 with the operation of emergency protection:

- 03.01.2000. a/i "Russia", NSTI № 2, reactor power - 13 %. On checking the voltage output of supply units of racks of backup IZK « Pole - C" there was a false signal of recompression in a primary circuit and, therefore, the operation of emergency protection of the reactor.

- 29.01.2000. a/i "Taimir". Reactor power - 32 %. There was the operation of EP. The reason is the oscillation of voltage in the electrical circuits; during switching on the second turbogenerator there was the operation of protection of supply units, from which the cards of one floor of processing stations « the emergency message » are supplied with voltage. The protection worked at all 26 supply units. The equipment controlled by the system "«DAMATIK" remained without control, that resulted in operating EP.

- 21.04.2000.a/i "Vaigach". Reactor power - 65 %. Owing to spontaneous closing of the shut-off valve BTG-2 there was an automatic switching-off of the generator device BTG-2, the board RS2 was de-energized. Analyzing the incident it was found out, that the closing of the shut-off valve of the turbine was caused by false operation of one of the relay assembly in schemes 3,474,7631,65,2621,40962, ZL, 115, participating in passing an influence signal on the shut-off valve provoked by vibration, that at the moment of switching-off of BTG was rather considerable.

- 18.05.2000. a/i "Arctic". NSTI № 2. The reactor was stopped by all nominal absorbers. On testing SG – 2, in two day after putting them into the storage ammonia was found in the water. On spectrometry the test of water the isotopes Xe-133, I-131, Cs-134 were detected. The steam generator is removed from wet storage, is switched - off on water and vapour by stop reinforcement. During repairing, the leak of a handset of section 8 was found.

Appendice 2 – Caratteristiche costruttive dei propulsori navali: descrizioni dettagliate

A2.1 Propulsione nucleare: come è fatto un reattore?

Tratto da: “Il rischio nucleare nei porti italiani. Manuale per il consigliere comunale e per il cittadino. A cura di PeaceLink”, Convegno nazionale sui porti a rischio nucleare. Taranto - Istituto Righi, 20 ottobre 2000. Disponibile al sito:

http://italy.peacelink.org/disarmo/articles/art_1474.html

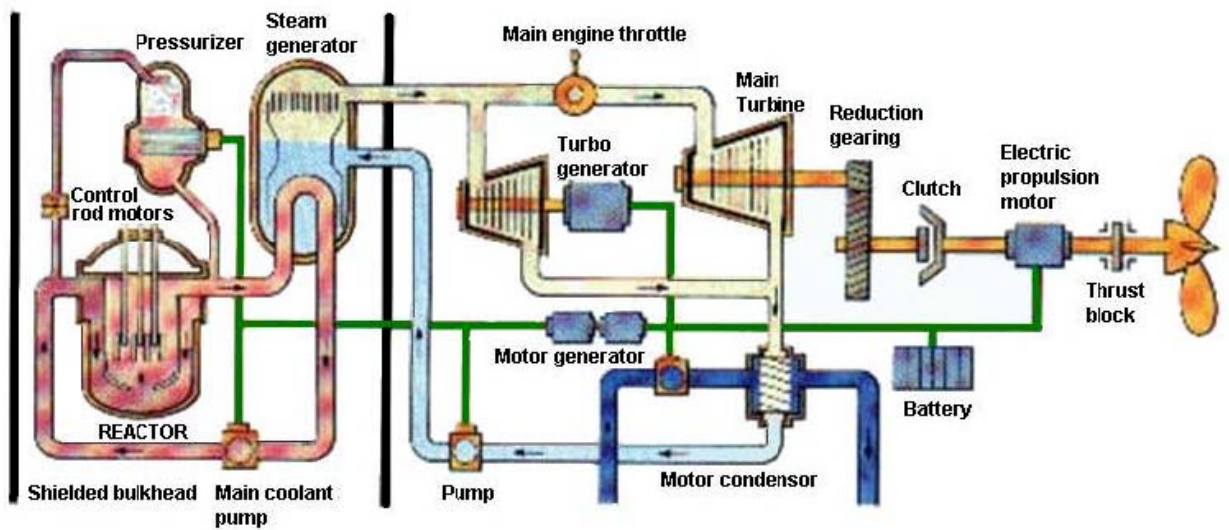
Per questo paragrafo: Informazioni e immagini tratte da: Military Analysis Network - Federation of American Scientists <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/ship/eng/reactor.html>.

Traduzione di Sabrina Fusari (PeaceLink). Sintesi a cura di Alessandro Marescotti.

Una nave alimentata a energia nucleare è costruita con un impianto nucleare che si trova all'interno di una sezione della nave stessa, chiamata compartimento reattore. Le componenti di tale impianto nucleare comprendono un "vessel", ossia un contenitore del reattore di acciaio inossidabile, uno scambiatore di calore (generatore di vapore), e le relative tubature, pompe e valvole. Ogni impianto reattore contiene oltre 100 tonnellate di schermatura di piombo, una parte della quale è resa radioattiva dal contatto con materiale radioattivo o dall'attivazione neutronica delle impurità contenute nel piombo.

L'impianto di propulsione di una nave o sottomarino ad energia nucleare sfrutta un reattore nucleare per generare calore. Il calore deriva dalla fissione del materiale nucleare contenuto all'interno del reattore. Poiché il processo di fissione produce anche radiazioni, vengono piazzati degli schermi intorno al reattore, al fine di proteggere l'equipaggio.

Pressurized-water Naval Nuclear Propulsion System



L'impianto a propulsione nucleare sfrutta un modello di reattore pressurizzato ad acqua che consiste in due sistemi di base: un sistema primario e un sistema secondario. Il sistema primario fa circolare acqua normale e comprende il reattore, una rete di tubazioni, pompe e generatori di vapore. Il calore prodotto nel reattore è trasferito all'acqua, ad alta pressione in modo che l'acqua non bolla. Quest'acqua è pompata attraverso i generatori di vapore e fatta tornare nel reattore per la successiva fase di riscaldamento.

Nei generatori di vapore, il calore proveniente dall'acqua del sistema primario è poi trasferito al sistema secondario per creare il vapore. Il sistema secondario è isolato da quello primario in modo che l'acqua dei due sistemi non si mescoli.

Nel sistema secondario, il vapore affluisce dai generatori di vapore per azionare i generatori a turbina, che forniscono elettricità alla nave, nonché alle turbine di propulsione principali, che azionano il propulsore. Dopo essere passato per le turbine, il vapore è condensato in acqua che viene poi immessa nuovamente nei generatori a vapore attraverso pompe di alimentazione. Dunque, sia il sistema primario sia quello secondario sono sistemi chiusi all'interno dei quali l'acqua viene rimessa in circolo e rinnovata.

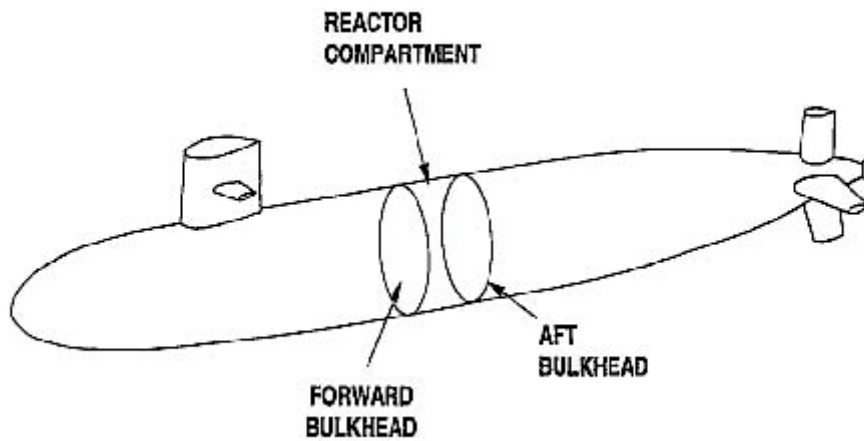
Poiché non vi è alcun passaggio nella produzione di questa energia che richieda la presenza di aria o ossigeno, ciò permette alla nave di funzionare in modo totalmente indipendente dall'atmosfera terrestre per lunghi periodi di tempo.

I reattori marini subiscono svariate variazioni di potenza per le manovre del natante, contrariamente ai reattori civili che funzionano in modo stabile. La sicurezza nucleare, le

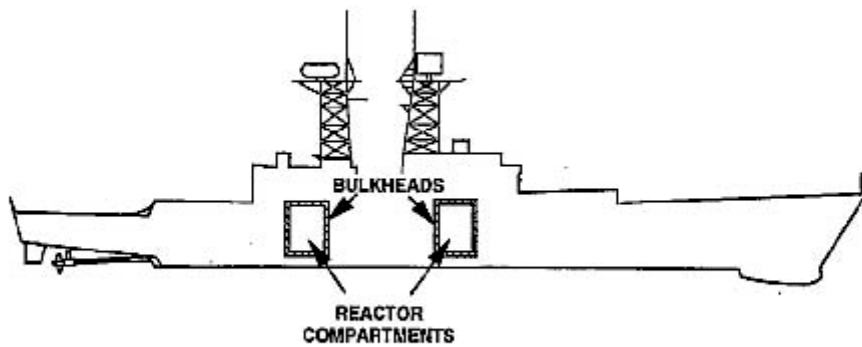
radiazioni, gli urti, la riduzione del rumore e le necessità relative alle prestazioni operative, oltre al funzionamento che avviene nelle immediate vicinanze dell'equipaggio, richiedono standard eccezionali per la produzione dei componenti e per la garanzia di qualità. L'interno di un reattore navale resta inaccessibile a qualunque tipo di ispezione e sostituzione per tutta la vita del nocciolo del reattore: ciò lo distingue dai normali reattori nucleari commerciali che vengono aperti a scopo di rifornimento ogni diciotto mesi circa. Contrariamente agli impianti a energia nucleare commerciali, i reattori navali devono essere abbastanza resistenti ed elastici da sopportare decenni di dure operazioni in mare, soggetti a beccheggi e rollate, nonché ai rapidi cambiamenti nel fabbisogno di energia, eventualmente anche in stato di conflitto. Tali condizioni – insieme all'ambiente ostile all'interno dei reattori, che sottopone i componenti e materiali agli effetti a lungo termine delle radiazioni, della corrosione, dell'alta temperatura e pressione – comportano uno sforzo tecnologico attivo, completo e a lungo termine per verificare l'operatività del reattore e promuovere l'affidabilità degli impianti in funzione, nonché per garantire che la tecnologia navale nel campo della propulsione nucleare rappresenti l'opzione migliore per le necessità del futuro.

Con la dismissione dell'industria nucleare commerciale negli anni Settanta, i fornitori dei propulsori nucleari marini non hanno praticamente avuto altro lavoro per ottenere commesse e sostenere un solido business con cui poter essere competitivi. Il risultato è stato una riduzione della competitività e un aumento dei costi.

I componenti nucleari di questi impianti sono tutti contenuti in una sezione della nave chiamata compartimento reattore. I compartimenti reattore servono tutti allo stesso scopo, ma possono avere forme diverse a seconda del tipo di nave. Per i sottomarini, ad esempio, il compartimento reattore è un cilindro orizzontale formato da una sezione dello scafo pressione, con paratie schermate da entrambi i lati. I compartimenti reattore da crociera sono cilindri verticali schermati verticalmente oppure parallelepipedi schermati inseriti in profondità nella struttura della nave.

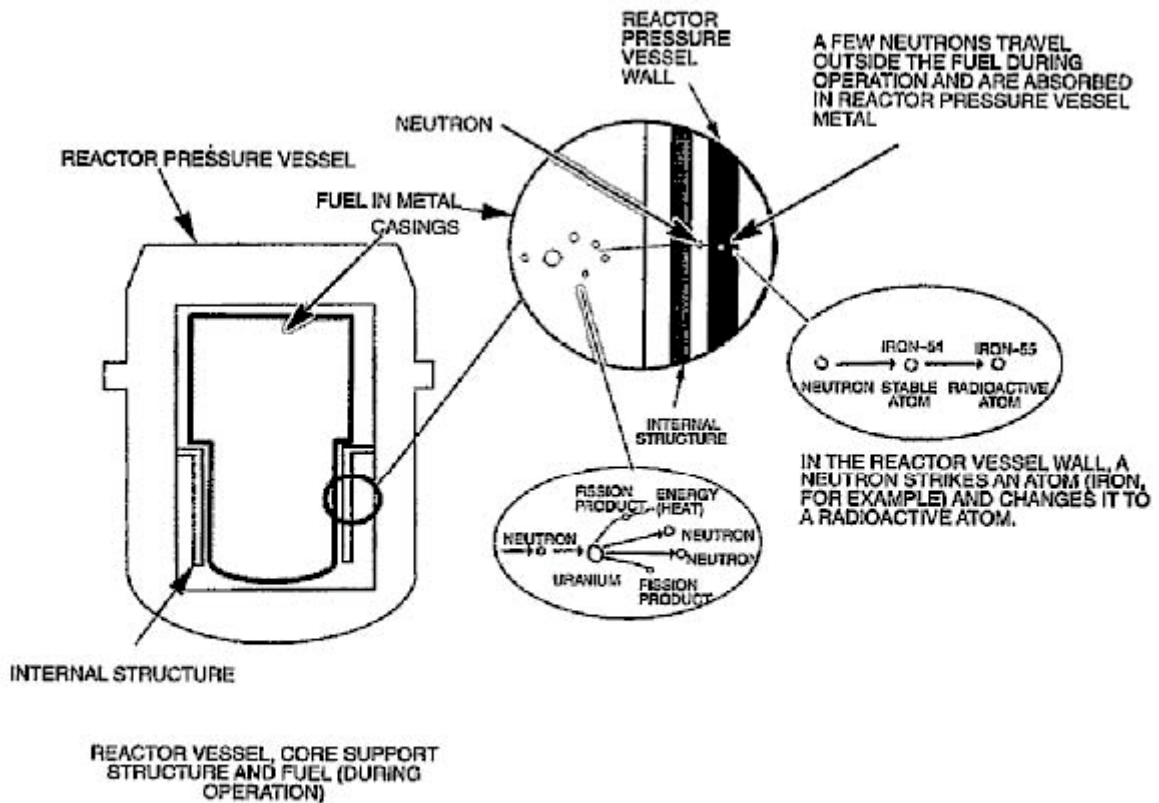


Typical Submarine Reactor Compartment Location



Typical Cruiser Reactor Compartment Location

Le centrali di propulsione delle navi a energia nucleare restano fonte di radiazioni anche dopo la chiusura dei serbatoi e la rimozione del carburante. La radioattività è creata durante le operazioni della centrale, dall'irradiazione neutronica del ferro e degli elementi in lega contenuti nelle componenti metalliche.



Neutron and Fission Products from Uranium Fission

Il combustibile nel reattore consiste in uranio sigillato all'interno di un'armatura metallica. L'uranio-235 è uno dei pochi materiali in grado di produrre calore mediante una reazione a catena. La maggior parte del calore è prodotto nel processo di fissione. Durante la fissione, si crea radioattività. La maggior parte della radioattività prodotta dal materiale nucleare si trova nei prodotti di fissione. L'uranio contenuto nei noccioli del reattore navale è in un'armatura altamente resistente alla corrosione e alle radiazioni.

A2.2 Nuclear powered ships

Tratto da:

Uranium Information Centre: Nuclear-powered Ships, Briefing Paper 32, November 2004

<http://www.uic.com.au/nip32.htm>

Naval reactors (with one exception) have been pressurised water types, which differ from commercial reactors producing electricity in that:

- they deliver a lot of power from a very small volume and therefore run on highly-enriched uranium (>20% U-235, originally 93% but apparently now 20-25% in western vessels, and up to 45% in later Russian ones),
- the fuel is not UO₂ but a uranium-zirconium or uranium-aluminium alloy (c15%U with 93% enrichment, or more U with less - eg 20% - U-235) or a metal-ceramic (Kursk: U-Al zoned 20-45% enriched clad in zircaloy, with c 200kg U-235 in each 200 MW core),
- they have long core lives, so that refuelling is needed only after 10 or more years, and new cores are designed to last 50 years in carriers and 30-40 years in submarines (US Virginia class: lifetime),
- the design enables a compact pressure vessel while maintaining safety.

The long core life is enabled by the relatively high enrichment of the uranium and by incorporating a "burnable poison" such as gadolinium in the cores which is progressively depleted as fission products and actinides accumulate, leading to reduced fuel efficiency. The two effects cancel one another out.

Long-term integrity of the compact reactor pressure vessel is maintained by providing an internal neutron shield. (This is in contrast to early Soviet civil PWR designs where embrittlement occurs due to neutron bombardment of a very narrow pressure vessel.)

The Russian Alfa-class submarines had a single liquid metal cooled reactor (LMR) of 155 MWt and using very highly enriched uranium. These were very fast, but had operational problems in ensuring that the lead-bismuth coolant did not freeze when the reactor was shut down. The design was unsuccessful and used in only eight trouble-plagued vessels.

Reactor power ranges from 10 MWt (in a prototype) up to 200 MW (thermal) in the larger submarines and 300 MWt in surface ships such as the Kirov-class battle cruisers. The

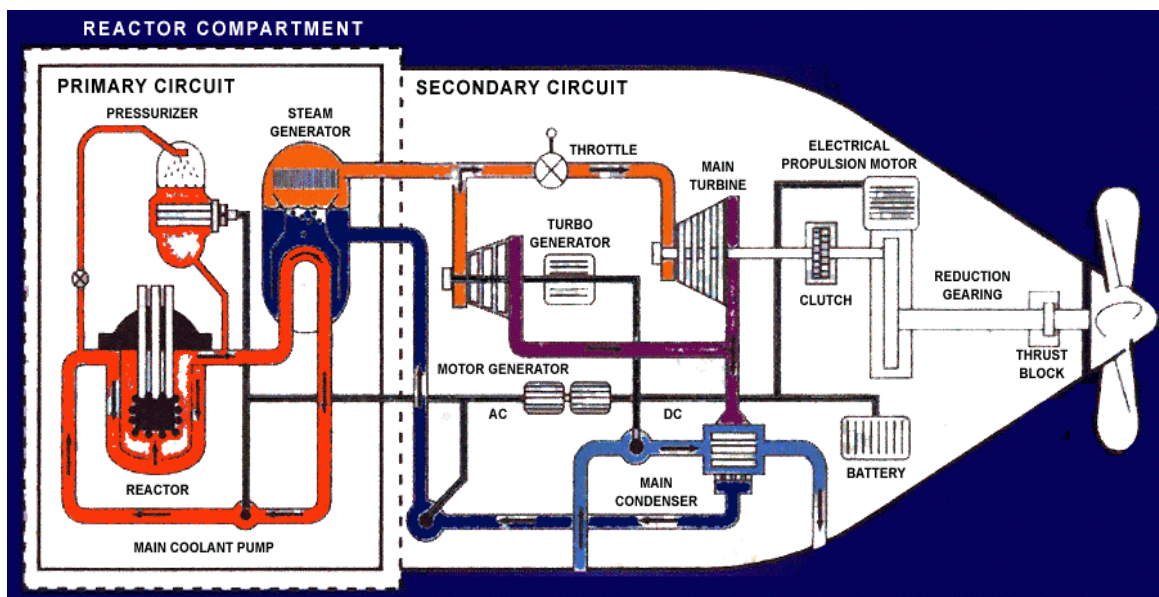
French Rubis-class submarines have a 48 MW reactor which needs no refuelling for 30 years. Russia's Oscar-II class has two 190 MWt reactors.

The Russian, US and British navies rely on steam turbine propulsion, the French and Chinese use the turbine to generate electricity for propulsion. Russian ballistic missile submarines as well as all surface ships since the Enterprise are powered by two reactors. Other submarines (except some Russian attack subs) are powered by one.

The larger Russian icebreakers use two KLT-40 nuclear reactors each with 241 or 274 fuel assemblies of 30-40% enriched fuel and 3-4 year refuelling interval. They drive steam turbines and each produce up to 44,000 hp at the propellers. Sevmorput uses one of the same units.

Decommissioning nuclear-powered submarines has become a major task for US and Russian navies. After defuelling, normal practice is to cut the reactor section from the vessel for disposal in shallow land burial as low-level waste. In Russia the whole vessels, or the sealed reactor sections, sometimes remain stored afloat indefinitely.

A marine reactor was used to supply power (1.5 MWe) to a US Antarctic base for ten years to 1972, testing the feasibility of such air-portable units for remote locations. Russia is well advanced with plans to build a floating power plant for their far eastern territories. The design has 2 x 35 MWe units based on the the KLT-40 reactor used in icebreakers (with refuelling every four years).



Appendice 3: Cronistoria e descrizione degli incidenti a sottomarini Sovietici/Russi dal 1960 al 2000

Incidents and emergencies in atomic submarine fleet of USSR / RUSSIA.

During the forty years operational period of domestic ship nuclear energy installations (NEI) twelve nuclear and more 100 radiation emergencies have taken place. A nuclear emergency is such kind of emergency that concerned with the damage of fuel elements exceeding the established limits of safe operation, and/or irradiation of staff exceeding the permissible level for normal operation, caused by:

- violation of control and managing of a chain nuclear reaction of fission in the reactor core;
- creation of a critical mass during reload, transportation and storage of fuel elements;
- violation of heat elimination from fuel elements (GRS -88/97).

A radiation emergency is losing the control of an ionizing radiation source caused by equipment malfunction, mishandlings of staff, natural disasters or other reasons, which could result or have re-sulted in irradiation of people above established norms or radiological contamination of the environ-ment (NRS-99).

All emergencies were accompanied by serious radiological and ecological consequences. Dur-ing emergencies on ship NEI and liquidation of their consequences more than 1000 persons were ex-posed to exceeding irradiation. The total radiological consequences of emergencies on naval reactors are comparable with the nearest consequences of irradiation from the Chernobyl catastrophe (Shara-paevsky and oth., 1999).

Some nuclear and radiation emergencies having taken place in domestic atomic submarines in 1960-2000.

(Int. Herald Tribune, 1989; Gagarinsky and oth., 1994; Grach, 1994; Nilsen, Bermer, 1994; Osipenko and oth., 1994; Zubko, 1995; Handler, 1995; Nilsen and oth., 1996; Calendar..., 1996; Ku-cher and oth., 1996; Pavlov, 1997, 1999; Nilsen, Kudrik, 1998; Y.Nikitin, 1998; Mormul, 1999; Putnik, 1999; Sharaevsky and oth., 1999; Dolgodvorov, 2000; from A.V.Yablokov. 2000, tab. 5 with additions, V.M.Kuznetsov and others, 2001)

Emergency at AS in the bight of Chazhma (the Primorye area) in 1985. (edited by S.Baranovsky, V.Samosuk, 1999)

August 10, 1985 at AS K- 431, project 675, ref. № 175, situated at pier №2 of the ship repair plant of Navy in the Primorye area (the bight of Chazhma, settlement "Shkotovo-22"), during recharg-ing the reactor cores owing to the violation of the requirements of nuclear safety and the technology of undermining of the cover of a reactor there was an uncontrolled spontaneous chain reaction of ura-nium nucleus fission of the reactor port side. At the same time a radioactive train was formed whose axis crossed the Danube peninsula in the northwest direction and went out to the sea at the coast of the Ussuriysky bay. The expansion of the train in the peninsula constituted 5,5 km (further emission of aerosolic particles happened on the surface of a water area up to 30 km from the place of emission).

As a result of emergency, the center of radiological contamination of the water area bottom of the bight of Chazhma was formed. The area of intensive radiological contamination was concentrated in the region of emergency and in the limits of MED > 240 micR/h takes the area about 100000 m². In the central part of the center MED is 20 - 40 mR/h (maximum 117 mR/h as of 1992). Under the influ-ence of flows the radiological contamination was being gradually transferred in the direction of going out from the bight of Chazhma. The radioactivity of bottom sediments is stipulated mainly by cobalt - 60 (96 - 99 %) and partially by cesium - 137.

The radiological contamination of the water area of the bight of Chazhma has taken place in its southeast part. The area of maximum pollution of bottom of the bight has

constituted 0,08 - 0,1 km² (in the limits of MED the gamma-radiation > 240 micR/h). The movement of the pollution of bottom sediments from the emergency zone in the direction of the Western pass of the bay of Arrows has been watched. The pollution of the water area of the eastern part the Ussuriysky bay with the radius of 3 - 5 km away from the place of the emission of the coast radioactive track has created the excess of MED of the gamma-radiation over the background within the limits of 1 - 8 micR/h.

The watched tendency of moving of radiological contamination in the natural layer and its dispersion along the bottom of the bight of Chazhma has not resulted in serious ecological consequences, as the general activity of radionuclides in the bottom sediments is rather insignificant (about 5 Ku), and the leading radionuclide has been cobalt - 60 with a half-life of 5,26 years.

In the course of emergency and during the liquidation of its consequences 290 (according to other data - 260) people were exposed to exceeding irradiation. At the moment of the emergency 10 persons died of injuries. The hard radiation sickness was developed for 10 persons, the radiation re-action was marked for 39 persons.

<i>Date</i>	Region	Atomic subma-rine	Description of emergency
October *13, 1960	The Barents sea	"November", (K-8), project 627	Radiation emergency. Emission of radioactive products as a re-sult of a gap in a steam generator. Overirradiation of 13 persons
July *4, 1961	Atlantic	"Hotel", (K - 19), project 658	Nuclear emergency. Overirradiation of 138 persons (8 persons died). Substitution of a reactor compartment
1962	The Arctic	"November", (K - 52), project 627A	Radiation emergency. Emission of radioactive products as a re-sult of a leakage in a steam generator. Overirradiation of the crew
1962	The Arctic	"November", (K - 14), project 627A	Radiation emergency. The de-struction of emergency protection in the reactors of both sides en-tailed serious radiation conse-quences. Substitution of a reactor

			compartment
July, 1962	The Arctic	"November", (K-3), project 627, «Leninsky Komso-mol»	Radiation emergency. Deher-meticity of fuel elements entailed serious radiation consequences, as a result of which a reactor compartment was compelled to be substituted
April 10, 1963	The North Atlan-tic	«Hotel "- 2, (K - 19), project 658	Emergency of a reactor. Death of 8 persons
1963	The Pacific ocean	(K - 151), project 659	leakage of the third circuit. Over-irradiation of the crew
November 1964	Severodvinsk	"November", (K - 11), project 627A	Radiation emergency. Deher-meticity of fuel elements
1965	The Arctic	«Hotel "- 2, (K - 33), project 658	radiation emergency. Deher-meticity of fuel elements
February *12 1965	Severodvinsk	"November", (K - 11), project 627	Nuclear emergency. Unauthor-ized operation of a reactor on power, emission of radioactive products. Overirradiation of the crew
1965	The Arctic	"November", (K-5), project 627	Radiation emergency. Deher-meticity of fuel elements entailed serious radiation consequences, as a result of which a reactor compartment was compelled to be substituted
1966	The Barents sea	"November", (K-8), project 627	Radiation emergency. Leakage of steam generators
1968	The Arctic	«Hotel "- 2, (K - 33), project 658	Radiation emergency. Deher-meticity of fuel elements
1968	PON (the Pacific ocean navy)	(K - 175), project 675	Radiation emergency. Deher-meticity of fuel elements

May 24, 1968	The Barents sea	"November", (K - 27), project 645	Nuclear emergency as a result of failure of an automatic power regulator. Emission of radioactive gas from a gas system. Overirradiation of all crew (147 persons, from them 44 persons died). For more details see Appendix 4.
August 27, 1968	Severodvinsk	"Yankees", (K - 140), project 667a	Nuclear emergency. Unauthorized operation of a reactor on power. Overirradiation of crew (for more details see Appendix 4)
March 21, 1969	The Arctic	"November", (K - 42) project 627	Emergency of NEI owing to salt-ing of the second circuit
1969	The North Navy	K-166, project 675	Gas thinness of fuel elements
January 19, 1970	Gorky, the «Krasnoe Sor-movo» plant	"Charley", (K-320), project 670	Nuclear emergency. Unauthorized start of a reactor. Death of four, overirradiation of several hundreds of people, radiation pollution of the plant. (for more de-tails see Appendix 4)
April 10-12, 1970	Bay of Biscay	"November", (K-8)	A fire in the compartments of AS. The wreck of the submarine.
1975	The Pacific ocean	(K-23), project 675	Emergency of SGI
1975	The North Atlan-tic	(K-172), project 675	leakage of a primary circuit
1975	The Barents and the White seas	K- 253	Radiation emergency - violation of hermeticity of fuel elements. Irradiation of the crew. (for more details see Appendix 4)
1977	The Pacific ocean	(K- 56), project 675	Emergency of SGI. Dehermeticity of a reactor

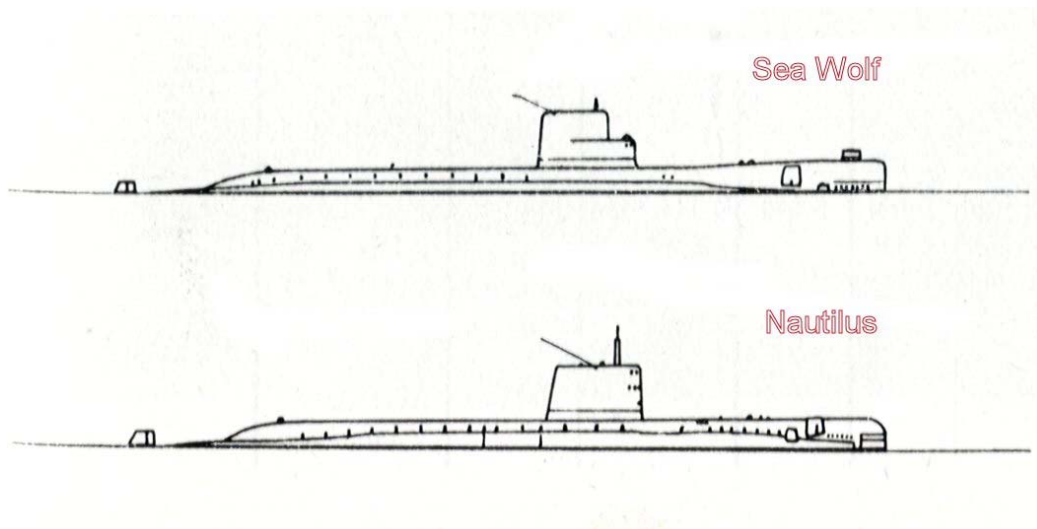
1979	The Pacific ocean	(K - 116), project 675	Nuclear emergency. Leakage of a coolant on the cover of a reactor. Dehermeticity and melting of a reactor core, overirradiation of 38 persons
1979	The northern Navy	(K - 90), project 675	Leakage of SGI
April 14-15, 1980	The Pacific ocean	(K - 45), project 659	Leakage of a primary circuit
November 30, 1980	Severodvinsk	"Anchar", (K - 222), project 661	Nuclear emergency. Unauthorized start of a reactor to work on power. Emission of radioactive substances. Overirradiation of staff
1981	The Pacific ocean	(K - 66) project 659	Leakage of a primary circuit
April 8, 1982	The Barents sea	»Alpha", (K - 123), project 705	Nuclear emergency. A gap of a primary circuit. Emission of 2 tons of a liquid-metal coolant into the reactor compartment
August 11 1983	The Pacific ocean	(K - 94), project 675	Leakage of a primary circuit
March 21, 1984	The Pacific ocean	(K - 94), project 675	Leakage of a primary circuit
March 26 1984	Base	(K - 184), project 675	Emergency of SGI
April, 1984	The Barents sea	"Charley", (K - 508), project 670M	Radiation emergency. Leakage of a steam generator
September 24 1984	The northern Navy	(K - 47), project 675	Emergency of SGI. Leakage of the third circuit
1985	The Barents sea	"Victor", (K - 367), project 671	Emergency in the emergency protection system of a reactor
August 10 1985	The bay of Chazhma	"Victor-1", (K- 431), project 675	Nuclear emergency. Melting of a reactor core. Explosion. Overirradiation of 100 people, death of 10. Radiological contamination of close water areas and territory

September 29, 1985	The Pacific ocean	«Echo-2», (K-175) project 675	Nuclear emergency. Dehermetic-ity of reactor cores. Overirradia-tion of the crew
November, 1986	The Kamran bight	(K - 175), project 675	Emission of liquid RW and radio-active aerosols. Radiation pollu-tion the close territory
1986	The Pacific ocean	(K - 59), project 659	Radiation emergency. Leakage of SGI
1986	The Pacific ocean	"Hotel", (K - 55), project 658	Radiation emergency. Leakage of SGI
November, 1986	Base at PON	«Echo "- 2", (K - 175), project 675	Radiation emergency. Emission of LRW and aerosols into the en- vironment
June 15,16-26, 1989	the Barents sea	«Echo "- 2", (K - 192, the former K - 172) project 675	Leakage of a primary circuit of the reactor portside. Leakage of a primary circuit of the reactor starboard. Nuclear emergency. Emergency of NEI with melting of a reactor core. Overirradiation of the crew. Pollution of the ocean and the atmosphere with iodum - 131
January, 1991	PON	(K - 94), project 675	Emergencies of SGI of both sides
January 28, 1998	West Litsa	Victor-3, project 671PTM	A gap of a gas circuit of NEI. Five persons suffered, one person died
2.08.2000	The Barents sea	Oscar-II K - 148 (Kursk)	The wreck of the submarine. 118 persons died.

Appendice 4 – Immagini e caratteristiche di sottomarini USA e Sovietici/Russi

Fonte: Paolo Rocco, “SOTTOMARINI E SOMMERSIBILI. Lezione n.2: Il secondo dopoguerra, la guerra fredda, i giorni nostri”, Lezioni tenute presso UNITRE – SESTO CALENDE, 2004 – 2005

NAUTILUS E SEAWOLF, I PRIMI DUE SOMMERSIBILI NUCLEARINUCLEARI





Il 17 Gennaio 1955, il *Nautilus*, americano, fu il primo mezzo navale propulso dall'energia nucleare. Aveva un reattore ad acqua pressurizzata.

Il *Seawolf*, secondo sottomarino nucleare, anch'esso americano, aveva un reattore, con raffreddamento al sodio. Questo reattore non ebbe successo e fu sostituito con un reattore simile a quello del *Nautilus*.

USS RAY, SSN 653 DURANTE LE PROVE IN MARE, MARZO 1967



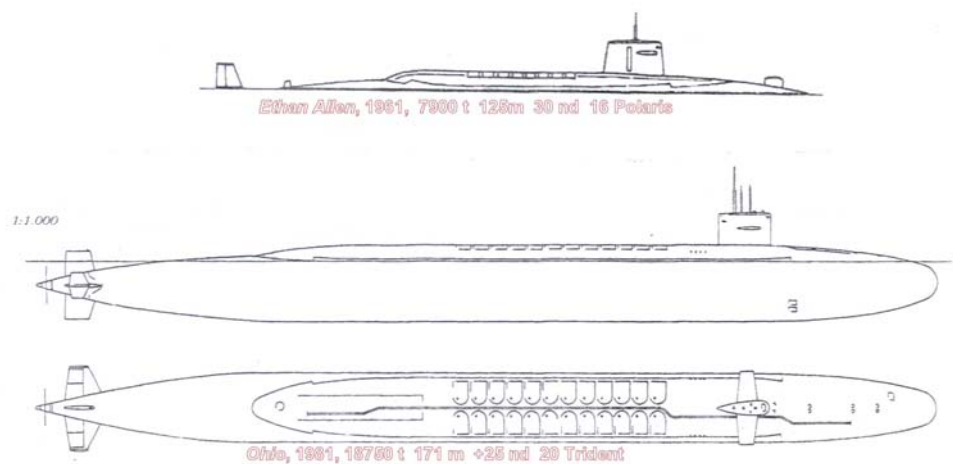
Il *Ray*, sottomarino nucleare da attacco, andava a 30 nd (58 km/ora).

SOTTOMARINO NUCLEARE CLASSE ETHAN ALLEN



Battello classe *Ethan Allen*, fotografato a Pearl Harbor , 1986.

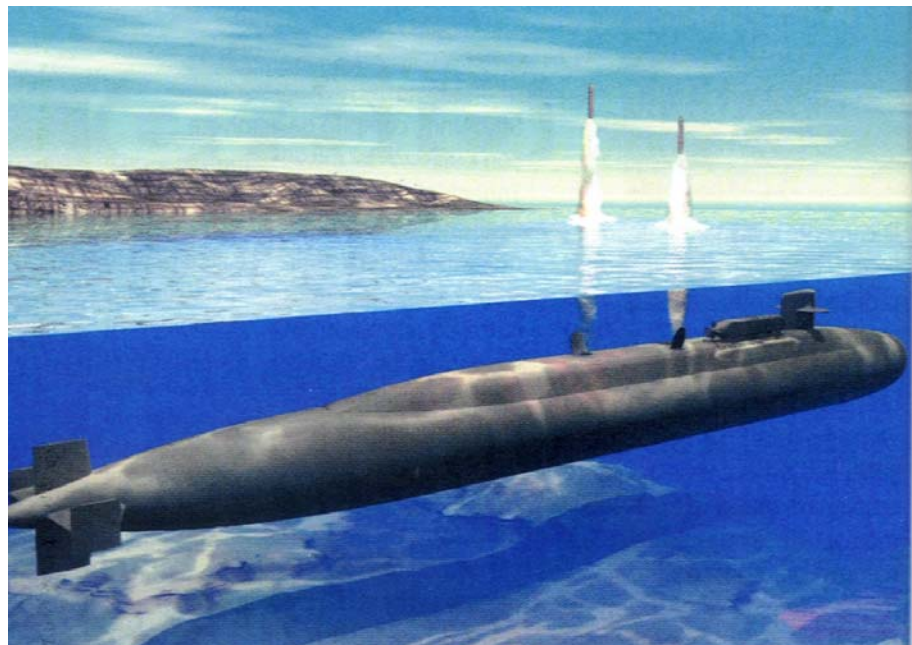
I più moderni sottomarini lanciamissili americani fanno parte della *classe Ohio*, 1981.



***TRASFORMAZIONE DI SOTTOMARINI NUCLEARI LANCIAMISSILI BALISTICI
IN LANCIAMISSILI DA CROCIERA, 2004, USA***



L'SSN Ohio, uno dei 18 sottomarini nucleari lanciamissili balistici della Marina Americana sta per essere trasformato in SSGN (sottomarino nucleare lanciamissili da crociera). Altri tre SSBN saranno trasformati.



Due immagini artistiche della trasformazione di sottomarini Classe Ohio da SSBN a SSGN

22 dei 24 pozzi per missili balistici Trident conterranno sistemi a ripetizione per lanciare 7 missili da crociera Tomahawk (174 in totale).

I 2 pozzi rimanenti potranno far fuoriuscire incursori dotati di sistemi di propulsione individuali.

Un minisommergibile (55T, L = 20m) trasportato dietro la torretta potrà accogliere una squadra di 15 incursori per missioni fino a 200 km di distanza.

Ogni trasformazione costerà 400 milioni di dollari.

***LANCIO DI PROVA DI UN MISSILE DA CROCIERA TOMAHAWK
DA UN SOTTOMARINO.***

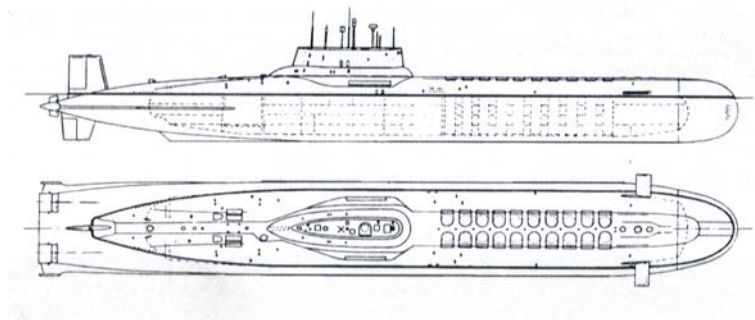


Questo tipo di missile ha una testata convenzionale (non nucleare).

**SOTTOMARINI NUCLEARI LANCIAMISSILI BALISTICI TIPO 941
“TYPHOON”, 1989, RUSSIA**



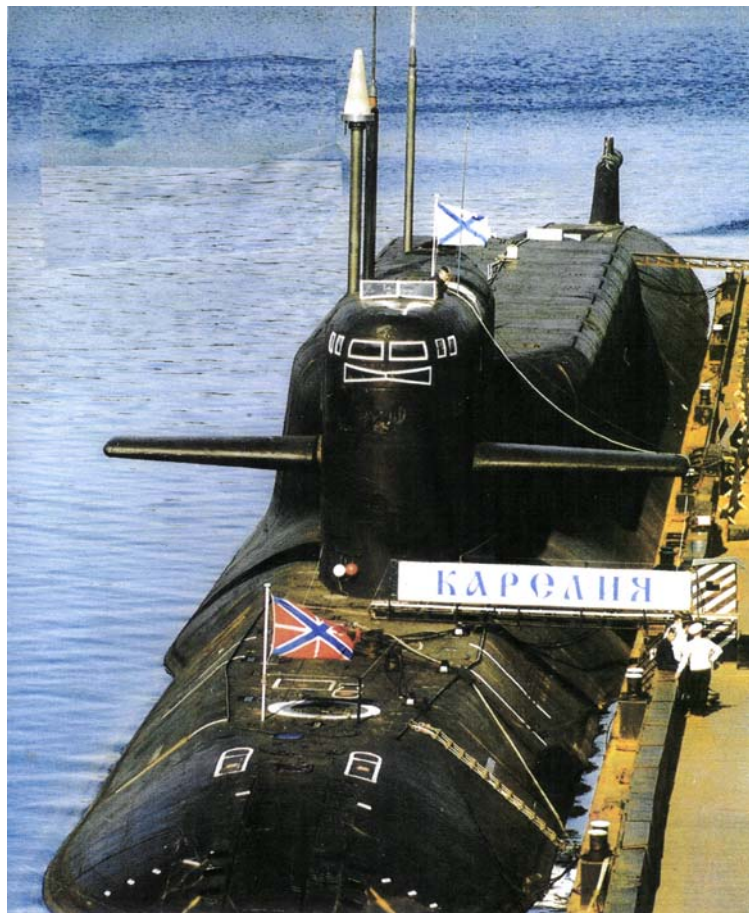
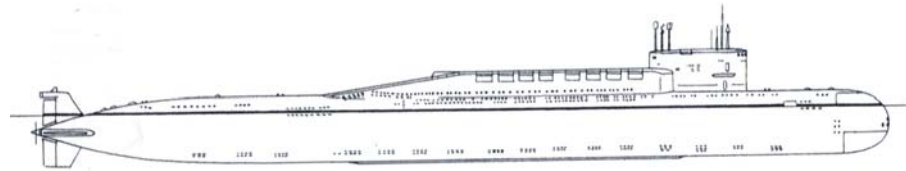
TIPO 941 Typhoon



Sono i più grandi sottomarini nucleari del mondo: 26500 t in immersione, lunghi oltre 170 m, velocità 26 nodi (13 m/sec), possono immergersi a 500 m di profondità.

I 20 missili SS-N-20 pesano 30 t ciascuno, hanno una gittata di 8300km 6 – 9 testate indipendenti, CEP 500m.

**SOTTOMARINI NUCLEARI LANCIAMISSILI BALISTICI TIPO “DELTA IV/
DELFIN, 1985, RUSSIA**



Tipo “Delta IV”

Sottomarini nucleari più piccoli dei *Typhoon* (13500 t, 166 m, 24 nd, 16 Mb SS-N-23 M SS-N-15 4 tls) sono più economici e costituiscono il grosso del deterrente navale russo.

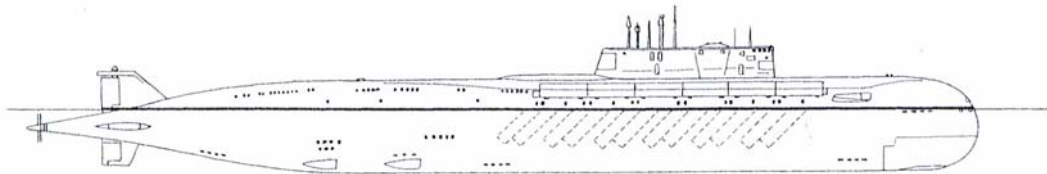
SOTTOMARINI NUCLEARI LANCIAMISSILI DA CROCIERA TIPO “OSCAR II”, 1990, RUSSIA



“Oscar II”

Concepiti per l’attacco alle portaerei americane con missili da crociera da oltre 500 km di distanza.

Il *Kunsk* di questa classe è affondato nell’agosto 2000 per esplosione interna di un siluro.



*Oscar II / Antley II, 1990, 18300 t 154.4 m 28 nd
24 MC SS-N-19, M SS-N-15, M SS-N-16, 6 t/s.*

**SOTTOMARINI NUCLEARI DA ATTACCO CLASSE “ALPHA”,
1972 RUSSIA**



Dovevano surclassare i sottomarini americani.

Molto veloci, 43 nodi, potevano operare a più di 400 m di profondità, equipaggio di solo 30 uomini, avevano un armamento di siluri e/o mine

Erano propulsi da un reattore nucleare refrigerato da metallo liquido.

Molto complicati e costosi, hanno presentato gravi problemi di sicurezza, specialmente nell'automazione e nella condotta del reattore nucleare.

Sono ormai fuori servizio.

14 SOTTOMARINI NUCLEARI RUSSI



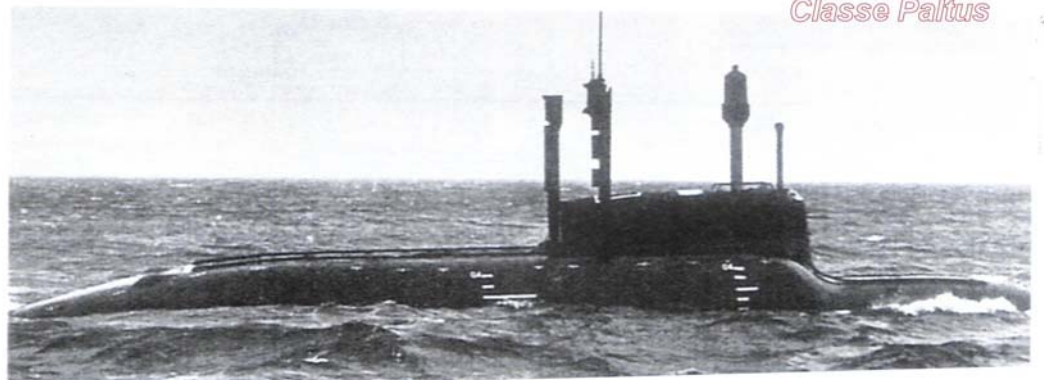
26 novembre 1996, Port Pavlosk nella penisola del Kamchatka.

In primo piano da sinistra un "Akula", un "Delta I", due "Viktor I, un "Echo II".

SOTTOMARINI PER RICERCHE SCIENTIFICHE - RUSSIA



Classe Uniform



Classe Paltus

Le *Classi Uniform*, 1590 t e *Paltus* , entrambe a propulsione nucleare sono addette a ricerche subacquee sui fondali oceanici.

I *Paltus* possono immergersi fino a 1000 m di profondità.

Appendice 5 – Caratteristiche del sottomarino Hartford

Fonte: <http://navysite.de/ssn/ssn768.htm>

[↓General Characteristics](#)
[↓Crew List](#)
[↓Accidents aboard USS Hartford](#)
[↓to end of page](#)

USS Hartford (SSN 768)




USS HARTFORD is the 57th submarine in the LOS ANGELES - class of fast attack submarines.

General Characteristics:

- Awarded:** June 30, 1988
- Keel laid:** February 22, 1992
- Launched:** December 4, 1993
- Commissioned:** December 10, 1994
- Builder:** Electric Boat Division of General Dynamics Corporation, Groton, Conn.
- Propulsion system:** one nuclear reactor
- Propellers:** one
- Length:** 360 feet (109.73 meters)
- Beam:** 33 feet (10 meters)
- Draft:** 32,15 feet (9.8 meters)
- Displacement:** Surfaced: approx. 6,000 tons Submerged: approx. 6,900 tons
- Speed:** Surfaced: approx. 15 knots Submerged: approx. 32 knots
- Armament:** Harpoon and Tomahawk missiles from VLS-tubes, four 533 mm torpedo Tubes for Mk-48 torpedoes, ability to lay mines
- Cost:** approx. \$900 million
- Homeport:** Groton, CT
- Crew:** 13 Officers, 116 Enlisted

[↑back to top](#)
[↓go to the end of the page](#)

Crew List:

This section contains the names of sailors who served aboard USS HARTFORD. It is no official listing but contains the names of sailors who submitted their information.

- Click [here](#) to view the list.

[↑back to top](#)
[↓go to the end of the page](#)



Harpoon



The Harpoon missile was originally developed to serve as the Navy's basic anti-ship missile for fleetwide use. It has also been adapted for use by the B-52G bombers used by the Air Force. The Harpoon can be launched by surface ships, submarines, or (without the booster) by aircraft (such as the [F-18 Hornet](#)).

The Versions:

AGM-84D Harpoon:

This missile is an all-weather, over-the-horizon, anti-ship missile produced by Boeing (formerly McDonnell Douglas). The high survivability and effectiveness is assured by the active radar guidance, warhead design, and low-level, sea-skimming cruise trajectory. It was first introduced in 1977 and the air-launched version was first deployed on the Navy's P-3 Orion aircraft in 1979.

AGM-84E Harpoon/SLAM (Stand-Off Land Attack missile):

This version is used for long-range land attack precision strikes. It uses an internal navigation system with GPS, infrared terminal guidance, and is fitted with a [Tomahawk](#) warhead for better penetration.

SLAM-ER (Expanded Response):

This version is an upgrade currently in production. Improvements:

- greater range (150+ miles),
 - a titanium warhead for increased penetration, and
 - software improvements which allow the pilot to retarget the impact point of the missile during the terminal phase of attack (about the last five miles).
- It is planned to convert more than 500 SLAM missiles to the SLAM-ER configuration between FY 1997 and FY 2001.



Primary Function	Anti-to-surface anti-ship missile	long range, air-launched precision attack cruise missile
Service	Navy and Air Force	Navy
Contractor	Boeing, ex McDonnell Douglas	
Power Plant	Teledyne Turbojet and solid propellant booster for surface and submarine launch	
Thrust	660 pounds; 300 kg	

	sea-launched	air-launched	SLAM	SLAM-ER
Length	15 feet; 4.57 meters	12 feet, 7 inches; 3.84 meters	14 feet, 8 inches; 4.47 meters	14 feet, 4 inches; 4.36 meters
Weight	1,470 pounds 661.5 kg	1,145 pounds 515.25 kg	1,385 629.55 kg	1,400 pounds 635.04 kg
Diameter	13.5 inches; 24.29 cm			
Wingspan	3 feet; 91.44 cm			7.158 feet; 2,1819 meters
Range	60+ nautical miles; 69.06 statute miles; 111.12 km			150+ nautical miles; 172.74 miles; 277.95 km
Speed	531 mph; 855 km/h			
Guidance System	Sea-skimming cruise with mid-course guidance monitored by radar altimeter, active seeker radar terminal homing		internal navigation system with GPS, infrared terminal guidance	ring laser gyro Inertial Navigation System (INS) with multi-channel GPS; infrared seeker for terminal guidance with Man-in-the-Loop control data link from the controlling aircraft. Upgraded missiles will incorporate Automatic Target Acquisition (ATA)
Warhead	Penetration high-explosive blast (488 pounds)			titanium warhead
Unit Cost	approx. \$720,000			\$500,000
Quantity	Navy: 5,983 Air Force: 90			
Platforms	A-6; F-19 ; S-3 ; P-3; B-52H, Ships			Ships
Date Deployed	1985			mid 1999



The Harpoon missile launchers



The Mk 141 Harpoon missile launchers joined the fleet in 1976 and today various surface combatants possess two of them.

In general one Mk 141 launcher consists of four tubes, but there are also versions with one or two ones.

With the commissioning of the PEGASUS-class (PHM 1 - class) a lighter version of the Mk 141 launcher deployed: the Mk 140.

	Mk 140	Mk 141
Missiles	4 Harpoon	4 Harpoon
Weight (in tons)	4,1	5,9
Number of tubes	4 or 2 or 1	4 (usually) or 2 or 1
Installed aboard...	PEGASUS-class PHMs	CG , DD , DDG
Introduced	1976	1976

The Mk 140 and the Mk 141 launcher are not the only possibility to launch the Harpoon missile. The PERRY-class frigates for example are able to launch the Harpoon with their Mk 13 Standard missile launchers.



[←BACK.](#) [←Back to first page.](#)

[↓ The Guidance System](#)
[↓ The different Block](#)
[↓ General Characteristics](#)
[↓ The Launchers](#)
[↓ to end of page](#)

SLCM - Ship Launched Cruise Missile



Tomahawk

[View a video of a hitting Tomahawk.](#)



The TOMAHAWK cruise missile is a subsonic, long-range missile, designed for precise target hits. It can be launched by surface ships (DDG 51-class, DD 963-class and CG 47-class) or by submarines (like the SSN 688 class).

Because of the low-altitude flight it's difficult to detect this missile with radar, and because of the low heat emits of the turbofan it's hard to detect it with infrared detection systems.

These missiles were used in several operations like OP Desert Storm and OP Allied Force.



The Guidance Systems

The Tomahawk has two different guidance systems. One is the **TER**rain **C**ontour **M**atching (TERCOM) and the other one is the **D**igital **S**cene **M**atching **A**rea **C**orrelation (DSMAC) system. A stored map is used by TERCOM to compare with the actual terrain to determine the missile's current position. If necessary, a course-correction is possible.

The different Blocks

BLOCK III:

These missiles are improved ones. The first operational use was in Sept. 1995, during Deliberate Force, while service enter was in March 1993. The most important improvement is the added global positioning system (GPS). Other improvements are:

- a smaller and lighter warhead
- extended range
- Time of Arrival

and improved accuracy for low contrast matching of DSMAC.

BLOCK IV:

Phase I: These version is produced by converting bunkered TASM's (Tomahawk antiship variant) or upgrading Block II missiles to Block IV missiles. These missiles shall become the Navy's premier strike weapon.

Phase II: Possible improvements are either Brilliant Antiarmor Technology or Search 'n' Destroy Armor. An antiarmor variant with a real-time targeting system for moving targets will use these improvements.

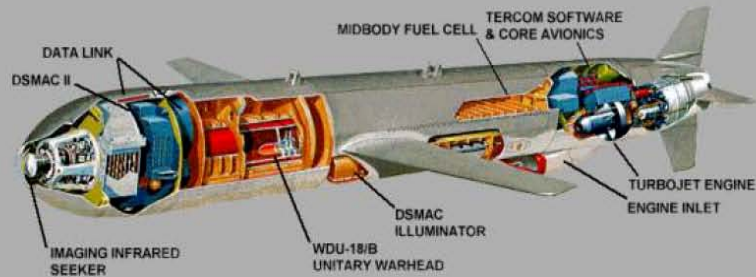
Tactical Tomahawk:

With a price of \$575,000 each missile, these missiles shall cost half the estimated price of the Block IV variant. These cost savings are a result of eliminating many older internal systems and components. But the capabilities will be increased. An in-flight reprogramming to strike any of 15 preprogrammed alternate targets will as possible as looting over a target for some hours, or to assess the battle damage with the on-board TV-cameras. It will allow mission planning aboard cruisers, destroyers, and attack submarines for quick reaction GPS missions.

BLOCK V:

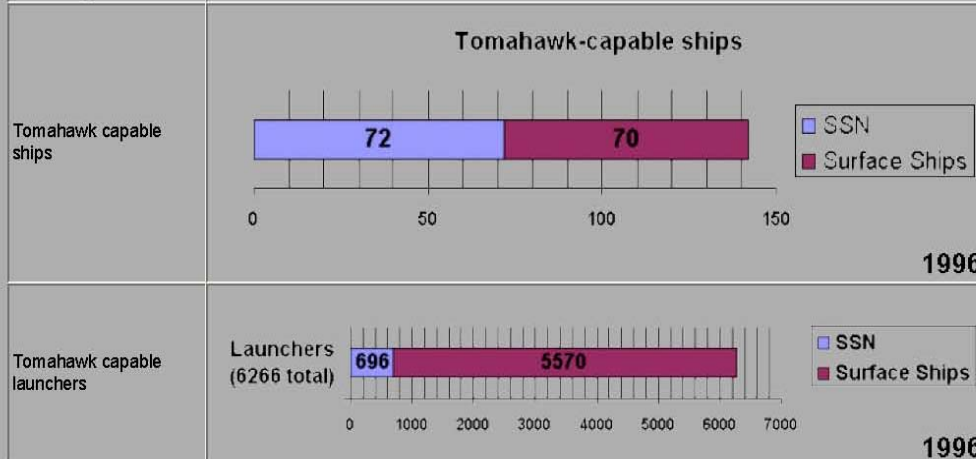
With a new production method it is possible to lower the costs of these missiles. Payload and guidance packages would be buyer-selectable.

[↑back to top](#) [↓go to the end of the page](#)



[↑back to top](#) [↓go to the end of the page](#)

General Characteristics	
Primary Function	Long-range subsonic cruise missile for attacking ground targets.
Contractor	Hughes Missile System Co., Tucson, Arizona
Power Plant	Williams International F107-WR-402 cruise turbo fan engine, solid-fuel booster
Length	18 feet, 3 inches (5.56 meters); with booster: 20 feet, 6 inches (6.25 meters)
Weight	2,650 pounds (1192.5 kg); with booster: 3,200 pounds (1440 kg)
Diameter	20.4 inches (51.82 cm)
Wingspan	8 feet, 9 inches (2.667 meters)
Range	conventional warhead: 600 nautical miles; 690.5 statue miles; 1111.2 km
Speed	about 550 mph (885 km/h)
Warheads	Conventional: 1,000 pounds, or Conventional submunitions dispenser with combined effect bomblets, or 200 kt. W-80 nuclear device
Guidance System	Internal or TERCOM
Date Deployed	1983
Costs	\$500,000 Unit Cost \$11,210,000,000 total program cost
Total Program	4170 missiles



[↑back to top](#) [↓go to the end of the page](#)

One Missile - Two Launchers:

The U.S. Navy uses or rather used two different launchers to launch the Tomahawk cruise missile: The Tomahawk Box launcher (middle image below) which is already removed from the ships and the [MK 41 Vertical Launching System \(VLS\)](#) (left and right image below) which can be found aboard [TICONDEROGA class](#) guided missile cruisers, [ARLEIGH BURKE class](#)

guided missile destroyers, [SPRUANCE class](#) destroyers and several future ships. The [LOS ANGELES, VIRGINIA, and SEAWOLF class submarines](#) possess vertical launcher tubes to launch the Tomahawk cruise missiles.



[↑back to top](#)

[←Back to last page.](#) [←Back to first page.](#)

[↓Description](#) [↓Background and Features](#) [↓Australian Mk-48 ADCAP Exercise](#) [↓General Characteristics](#) [↓End of Page](#)

MK-48 Torpedo



Description:

The Mk-48 is designed to combat fast, deep-diving nuclear submarines and high performance surface ships. It is carried by all Navy submarines. The improved version, Mk-48 ADCAP, is carried by [attack submarines](#) and the [OHIO class ballistic missile submarines](#). The Mk-48 replaced both the Mk-37 and Mk-14 torpedoes.

[↑back to top](#) [↓go to the end of the page](#)

Background and Features:



The Mk-48 has been operational in the US Navy since 1972. MK-48 ADCAP (Advanced Capability) became operational in 1988 and was approved for full production in 1989. The USS [NORFOLK](#) (SSN 714) fired the first ADCAP torpedo on July 23, 1988, sinking the FORREST SHERMAN-class destroyer JONAS INGRAM (DD 938).

Mk-48 and Mk-48 ADCAP torpedoes can operate with or without wire guidance and use active and/or passive homing. When launched they execute programmed target search, acquisition and attack procedures. Both can conduct multiple reattacks if they miss the target.

A highly capable weapon, the Mk-48 can be used against surface ships or submarines, and has been test fired under the Arctic ice pack and in other arduous conditions. The ADCAP version, in comparison with earlier Mk-48 torpedoes, has improved target acquisition range, reduced vulnerability to enemy countermeasures, reduced shipboard constraints such as warmup and reactivation time, and enhanced effectiveness against surface ships. The Mk-48 is propelled by a piston engine with twin, contra-rotating propellers in a pump jet or shrouded configuration. The engine uses a liquid monopropellant fuel, and the torpedo has a conventional, high-explosive warhead. The Mk-48 has a sophisticated guidance system permitting a variety of attack options. As the torpedo leaves the submarine's launch tube a thin wire spins out, electronically linking the submarine and torpedo. This enables an operator in the submarine, with access to the submarine's sensitive sonar systems, initially to guide the torpedo toward the target. This helps the torpedo avoid decoys and jamming devices that might be deployed by the target. The wire is severed and the torpedo's high-powered active/passive sonar guides the torpedo during the final attack.

The Mk-48 Mod. 5 ADCAP torpedo is an improvement to the Mk-48 submarine launched torpedo. It is a heavyweight acoustic homing torpedo with sophisticated sonar and a fuzed warhead. The ADCAP enhancement includes all digital guidance and control systems, digital fuzing systems, and propulsion improvements which add speed, depth, and range capability. The Navy will produce about 1046 MODS ADCAPs, replacing an equivalent number of baseline (Mod. 5) ADCAPs, and maintaining the total inventory of ADCAP torpedoes at 1046.

The ADCAP torpedo OPEVAL was completed in August 1988, and the B-LRIP report was sent to Congress in December 1988. ADCAP was reported to be operationally effective against certain threats, but not operationally effective against other threats at that time. The system was reported operationally suitable. The Navy subsequently authorized full-rate production, but Congress constrained procurement because of the concerns identified in test reporting. Modifications were implemented by the Navy to improve performance in certain scenarios, upgrade fuzing systems, and improve reliability. These modifications were considered effective. In 1994 a second software upgrade was introduced to improve performance and reliability.

The MODS ADCAP (Mk-48 Mod. 6), when properly employed, is more effective than the ADCAP torpedo (Mk-48 Mod. 5). Unfortunately, production Mod. 6 ADCAPs have shown a significant vulnerability, differing from the test units. This production problem is typical of problems seen in the initial phases of LRIP. The program office is investigating. DOT&E will continue to follow this.

[↑back to top](#) [↓go to the end of the page](#)

Australian Mk-48 ADCAP Exercise:



[↑back to top](#) [↓go to the end of the page](#)

General Characteristics - Mk-48 and Mk-48 ADCAP Torpedo	
Primary Function	Heavyweight torpedo for submarines
Contractor	Gould
Power Plant	Piston engine, pump jet
Length	19 feet (5.79 meters)
Weight	Mk-48: 3,434 lbs (1545.3 kg) Mk-48 ADCAP: 3,695 lbs (1662.75 kg)
Diameter	21 inches (53.34 centimeters)
Range	"greater" than 5 miles (8 kilometers)
Weapon acquisition range	1,600 yards (1,463.04 meters)
Depth	officially: 1,200 feet+ (365.76 meters) reportedly: 3,000 feet (914.4 meters)
Search/attack depth settings	Minimum: 20 yards (18.288 meters) Maximum: 1,500 yards (1371.6 meters)
Speed	officially: 28+ knots; 32.2 mph; 51,52 km/h actual: 40 - 55 knots
Run characteristics	6-8 minutes downward
Guidance System	Wire guided and passive/active acoustic homing
Warhead	650 lbs (292.5 kg) high explosive
Unit Cost	\$2.5 million (Mk-48)
Date Deployed	Mk-48: 1972 Mk-48 ADCAP: 1989

[↑back to top](#) [↓go to the end of the page](#)



[↑back to top](#)

[←Back.](#) [←Back to Weapons List](#) [←Back to first Page.](#)

[↓ Sturgeon SSN 637 - class](#)
[↓ Los Angeles SSN 688 - class](#)
[↓ Seawolf SSN 21 - class](#)
[↓ Virginia SSN 774 - class](#)
[↓ to end of page](#)

Attack Submarines - SSN

Nuclear powered attack submarines are designed to find and destroy enemy submarines and surface vessels. Modern US Navy attack submarines are also equipped with Tomahawk cruise missiles which give them an additional land attack capability.

Click [here](#) for a general comparison of major US SSN classes.

Sturgeon SSN 637 - class



Ship's Name	Hull Number	Homeport / Status
STURGEON	SSN 637	decommissioned
WHALE	SSN 638	decommissioned
TAUTOG	SSN 639	decommissioned
GRAYLING	SSN 646	decommissioned
POGY	SSN 647	decommissioned
ASPRO	SSN 648	decommissioned
SUNFISH	SSN 649	decommissioned
PARGO	SSN 650	decommissioned
QUEENFISH	SSN 651	decommissioned
PUFFER	SSN 652	decommissioned
RAY	SSN 653	decommissioned
SAND LANCE	SSN 660	decommissioned
LAPON	SSN 661	decommissioned
GURNARD	SSN 662	decommissioned
HAMMERHEAD	SSN 663	decommissioned
SEA DEVIL	SSN 664	decommissioned
GUITARRO	SSN 665	decommissioned
HAWKBILL	SSN 666	decommissioned
BERGALL	SSN 667	decommissioned
SPADEFISH	SSN 668	decommissioned
SEAHORSE	SSN 669	decommissioned
FINBACK	SSN 670	decommissioned
PINTADO	SSN 672	decommissioned
FLYING FISH	SSN 673	decommissioned
TREPANG	SSN 674	decommissioned

BLUEFISH	SSN 675	decommissioned
BILLFISH	SSN 676	decommissioned
DRUM	SSN 677	decommissioned
ARCHERFISH	SSN 678	decommissioned
SILVERSIDES	SSN 679	decommissioned
WILLIAM H. BATES	SSN 680	decommissioned
BATFISH	SSN 681	decommissioned
TUNNY	SSN 682	decommissioned
PARCHE	SSN 683	decommissioned
CAVALLA	SSN 684	decommissioned
L. MENDEL RIVERS	SSN 686	decommissioned
RICHARD B. RUSSEL	SSN 687	decommissioned

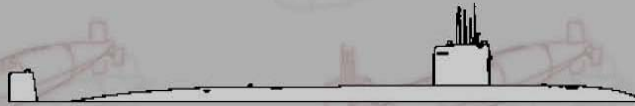
Los Angeles SSN 688 - class



Ship's Name	Hull Number	Homeport / Status
LOS ANGELES	SSN 688	Pearl Harbor, HI
BATON ROUGE	SSN 689	decommissioned
PHILADELPHIA	SSN 690	Groton, Conn.
MEMPHIS	SSN 691	Groton, Conn.
OMAHA	SSN 692	decommissioned
CINCINNATI	SSN 693	decommissioned
GROTON	SSN 694	decommissioned
BIRMINGHAM	SSN 695	decommissioned
NEWYORK CITY	SSN 696	decommissioned
INDIANAPOLIS	SSN 697	decommissioned
BREMERTON	SSN 698	Pearl Harbor, HI
JACKSONVILLE	SSN 699	Norfolk, VA
DALLAS	SSN 700	Groton, Conn.
LA JOLLA	SSN 701	Pearl Harbor, HI
PHOENIX	SSN 702	decommissioned
BOSTON	SSN 703	decommissioned
BALTIMORE	SSN 704	decommissioned
CITY OF CORPUS CHRISTI	SSN 705	Apra Harbor, Guam
ALBUQUERQUE	SSN 706	Groton, Conn.
PORTSMOUTH	SSN 707	San Diego, CA
MINNEAPOLIS-ST. PAUL	SSN 708	Norfolk, VA
HYMAN G. RICKOVER	SSN 709	Norfolk, VA
AUGUSTA	SSN 710	Groton, Conn.

SAN FRANCISCO	SSN 711	Apra Harbor, Guam
ATLANTA	SSN 712	decommissioned
HOUSTON	SSN 713	San Diego, CA
NORFOLK	SSN 714	Norfolk, VA
BUFFALO	SSN 715	Pearl Harbor, HI
SALT LAKE CITY	SSN 716	San Diego, CA
OLYMPIA	SSN 717	Pearl Harbor, HI
HONOLULU	SSN 718	Pearl Harbor, HI
PROVIDENCE	SSN 719	Groton, Conn.
PITTSBURGH	SSN 720	Groton, Conn.
CHICAGO	SSN 721	Pearl Harbor, HI
KEY WEST	SSN 722	Pearl Harbor, HI
OKLAHOMA CITY	SSN 723	Norfolk, VA
LOUISVILLE	SSN 724	Pearl Harbor, HI
HELENA	SSN 725	San Diego, CA
NEWPORT NEWS	SSN 750	Norfolk, VA

Improved Los Angeles SSN 688i - class



Ship's Name	Hull Number	Homeport / Status
SAN JUAN	SSN 751	Groton, Conn.
PASADENA	SSN 752	Pearl Harbor, HI
ALBANY	SSN 753	Norfolk, VA
TOPEKA	SSN 754	Pearl Harbor, HI
MIAMI	SSN 755	Groton, Conn.
SCRANTON	SSN 756	Norfolk, VA
ALEXANDRIA	SSN 757	Groton, Conn.
ASHEVILLE	SSN 758	Pearl Harbor, HI
JEFFERSON CITY	SSN 759	San Diego, CA
ANNAPOLIS	SSN 760	Groton, Conn.
SPRINGFIELD	SSN 761	Groton, Conn.
COLUMBUS	SSN 762	Pearl Harbor, HI
SANTA FE	SSN 763	Pearl Harbor, HI
BOISE	SSN 764	Norfolk, VA
MONTPELIER	SSN 765	Norfolk, VA
CHARLOTTE	SSN 766	Pearl Harbor, HI
HAMPTON	SSN 767	Norfolk, VA
HARTFORD	SSN 768	Groton, Conn.
TOLEDO	SSN 769	Groton, Conn.
TUCSON	SSN 770	Pearl Harbor, HI
COLUMBIA	SSN 771	Pearl Harbor, HI
GREENEVILLE	SSN 772	Pearl Harbor, HI

CHEYENNE	SSN 773	Norfolk, VA
----------	---------	-------------

Seawolf SSN 21 - class



Ship's Name	Hull Number	Homeport / Status
SEAWOLF	SSN 21	Groton, Conn.
CONNECTICUT	SSN 22	Groton, Conn.
JIMMY CARTER	SSN 23	under construction

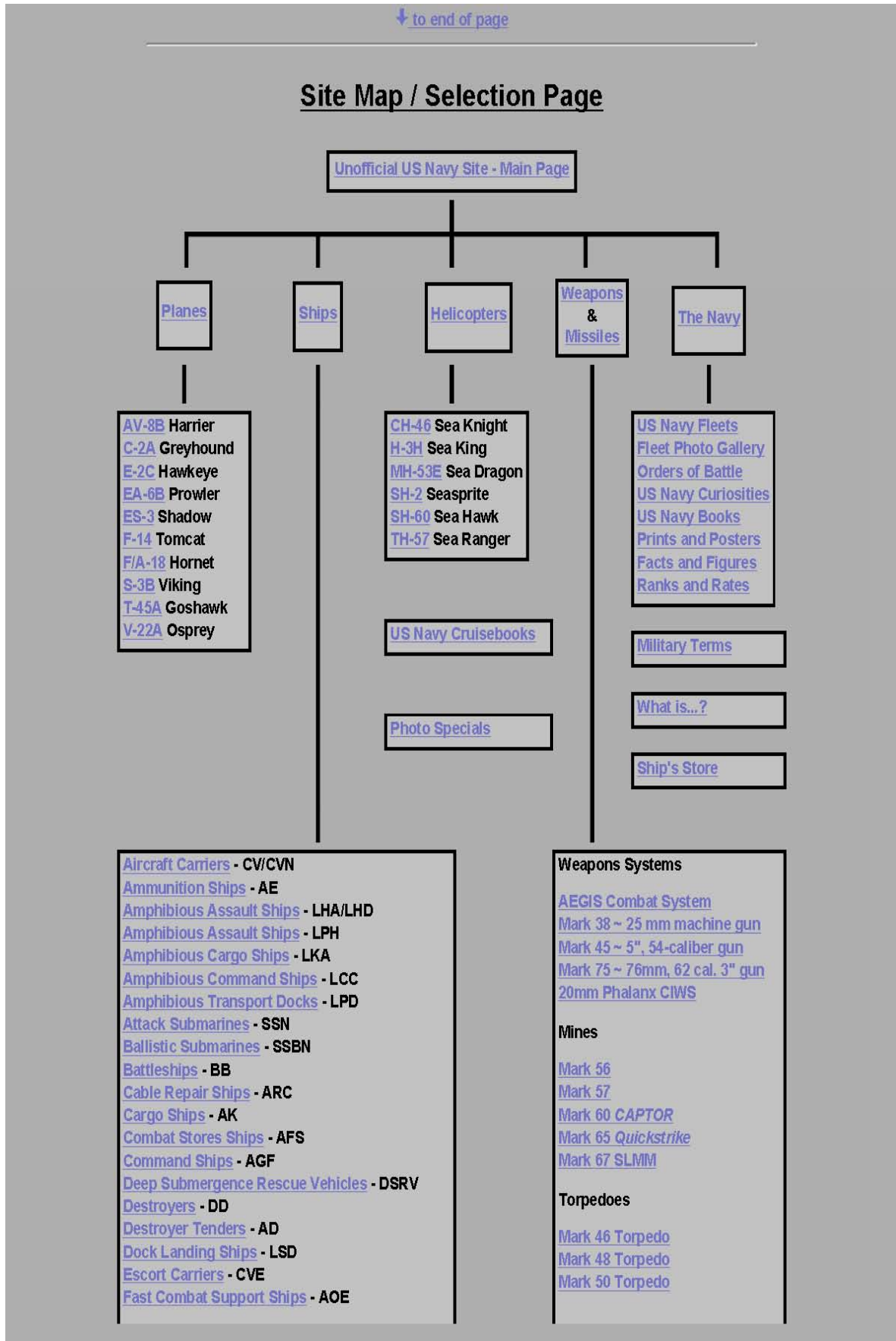
Virginia SSN 774 - class



Ship's Name	Hull Number	Homeport / Status
VIRGINIA	SSN 774	under construction
TEXAS	SSN 775	under construction
HAWAII	SSN 776	under construction
NORTH CAROLINA	SSN 777	under construction

[← Back to ships list.](#)
[← Back to selection page.](#)
[← Back to 1st page.](#)

- ◆ [CARRIERS - CV/CVN](#)
- ◆ [GUIDED MISSILE CRUISERS - CG/CGN](#)
- ◆ [DESTROYERS - DD](#)
- ◆ [GUIDED MISSILE DESTROYERS - DDG](#)
- ◆ [GUIDED MISSILE FRIGATES - FFG](#)
- ◆ [BALLISTIC SUBMARINES - SSBN](#)



[Fleet Ocean Tugs - ATF](#)
[Fleet Oilers - AO](#)
[Frigates - FF](#)
[Guided Missile Cruisers - CAG/CG/CGN](#)
[Guided Missile Destroyers - DDG](#)
[Guided Missile Frigates - FFG](#)
[High Speed Vessels - HSV](#)
[Hospital Ships - AH](#)
[Landing Craft, Air Cushioned - LCAC](#)
[Landing Craft, Mechanized and Utility - LCM, LCU](#)
[Minehunter, Coastal - MHC](#)
[Mine Countermeasures Ships - MCM](#)
[Mine Countermeasures Ships - MCS](#)
[Patrol Coastal - PC](#)
[Patrol Combatant Missile \(Hydrofoil\) - PHM](#)
[Repair Ships - AR](#)
[Replenishment Oilers - AOR](#)
[Rescue and Salvage Ships - ARS](#)
[Store Ships - AF](#)
[Submarine Tender - AS](#)
[Tank Landing Ships - LST](#)
[Vehicle Cargo Ships - AKR](#)

Launchers
[MK 26 Tartar](#)
[MK 41 VLS](#)
[RIM 116 RAM](#)
Missiles
[-> Missiles](#)

[Guestbook](#)

[Crew List](#)

[Forum](#)

[← Back to last Page](#) [← Back to 1st Page.](#)