



APPLICARE LE TECNICHE DEL DISEGNO E DELLA GRAFICA
COMPUTERIZZATA NELLA CANTIERISTICA

ALLESTIMENTO NAVALE

Gli impianti per la produzione e la
distribuzione dell'acqua

Ing. Serena Bertagna
sbertagna@units.it

Monfalcone, 08/01/2020

La produzione di acqua dolce

L'acqua dolce viene prodotta *a bordo* per molteplici impieghi con apposite apparecchiature denominate *distillatori*. Diversi sono i tipi di impianti per la produzione di acqua dolce ma essenzialmente essi agiscono o per mezzo di un *processo termico di evaporazione e successiva condensazione* (impianti ad evaporazione) oppure sfruttando il *fenomeno dell'osmosi* (impianti ad osmosi inversa).

L'impianto di norma deve poter lavorare in maniera continuativa per almeno novanta giorni senza necessitare di spegnimenti per la manutenzione e deve produrre acqua distillata con residui di sali che sono fissati, per l'uso umano, dalla Organizzazione Mondiale per la Sanità (OMS).

Impianti ad evaporazione

Gli impianti ad evaporazione consistono di due parti: *un evaporatore*, nel quale entra acqua salata che per effetto del riscaldamento vaporizza, ed *un condensatore*, nel quale il vapore viene fatto condensare per raffreddamento, dando luogo al distillato - si tratta di uno scambiatore ad acqua salata in cui il liquido refrigerante è quello di alimentazione all'evaporatore.

Evaporatori

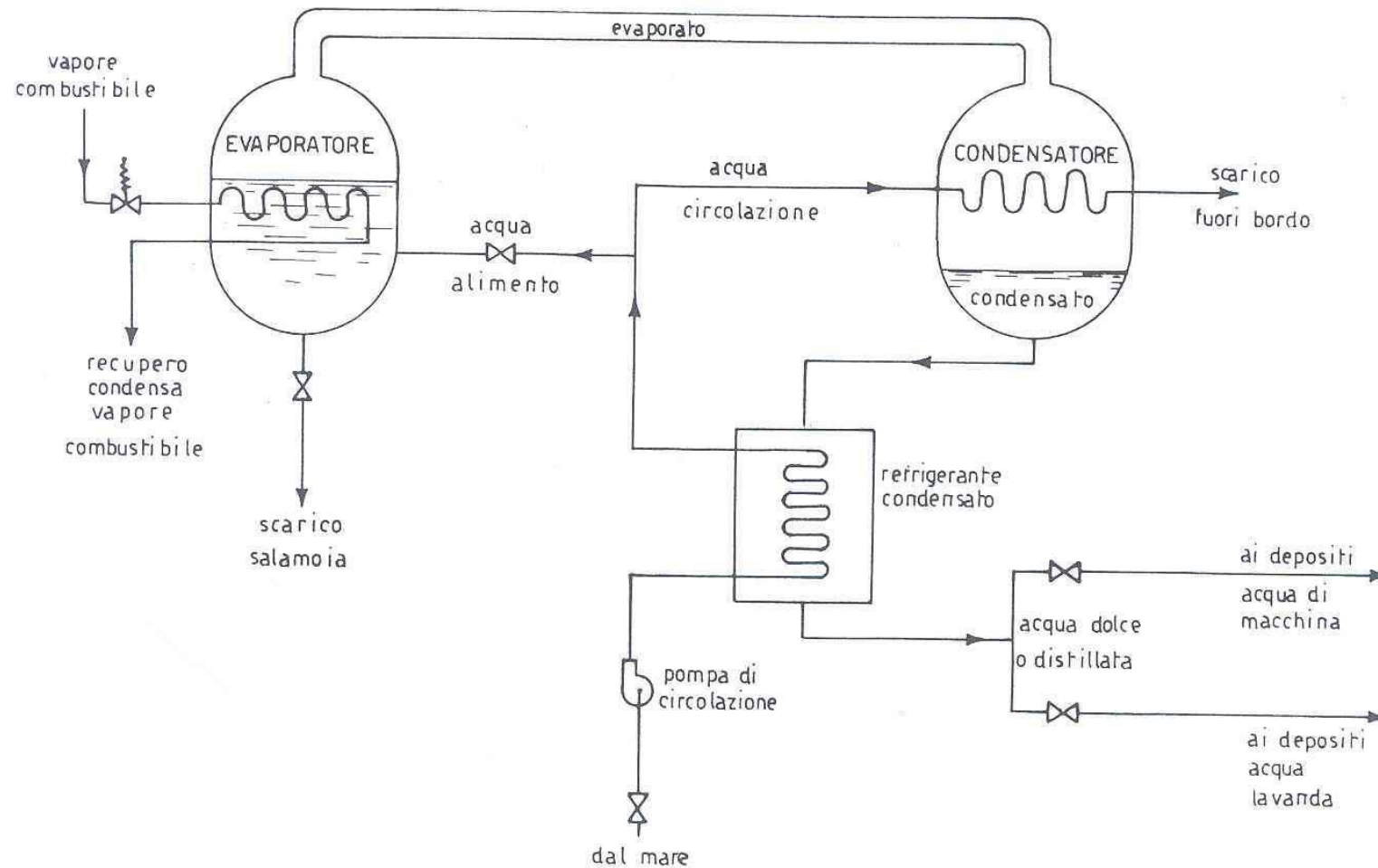
Negli *evaporatori più datati* l'acqua di mare viene riscaldata tramite un *fascio tubiero* posto all'interno della camera di evaporazione. In quelli *più moderni* del tipo "*flash*" l'acqua salata viene prima riscaldata e poi immessa nella camera di evaporazione dove trova una pressione più bassa della tensione di vapore e si verifica perciò *un'evaporazione immediata*. Il vantaggio è quello di ridurre i costi di manutenzione legati alla formazione di depositi di calcare sui tubi, che abbassano la conducibilità termica dello scambiatore.

Gli uni e gli altri mantengono nella camera di evaporazione *una pressione inferiore a quella ambiente*, mantenuta usualmente da un eiettore idraulico; in questo modo si abbassa considerevolmente la temperatura di evaporazione consentendo usualmente *l'evaporazione a 60 °C* quando la *pressione assoluta è di 0,020 MPa* (questi impianti si indicano con il nome di evaporatori a bassa pressione). Negli evaporatori multistadio, ad un primo stadio a 60 °C può seguirne uno a 50 °C con pressione di evaporazione di 0,012 MPa.

L'evaporazione provoca la *separazione di vapore con tracce di sali e di un residuo liquido* a maggiore concentrazione di salinità detto salamoia: in un impianto moderno si produce circa *un litro di acqua distillata per ogni litro d'acqua di mare*.

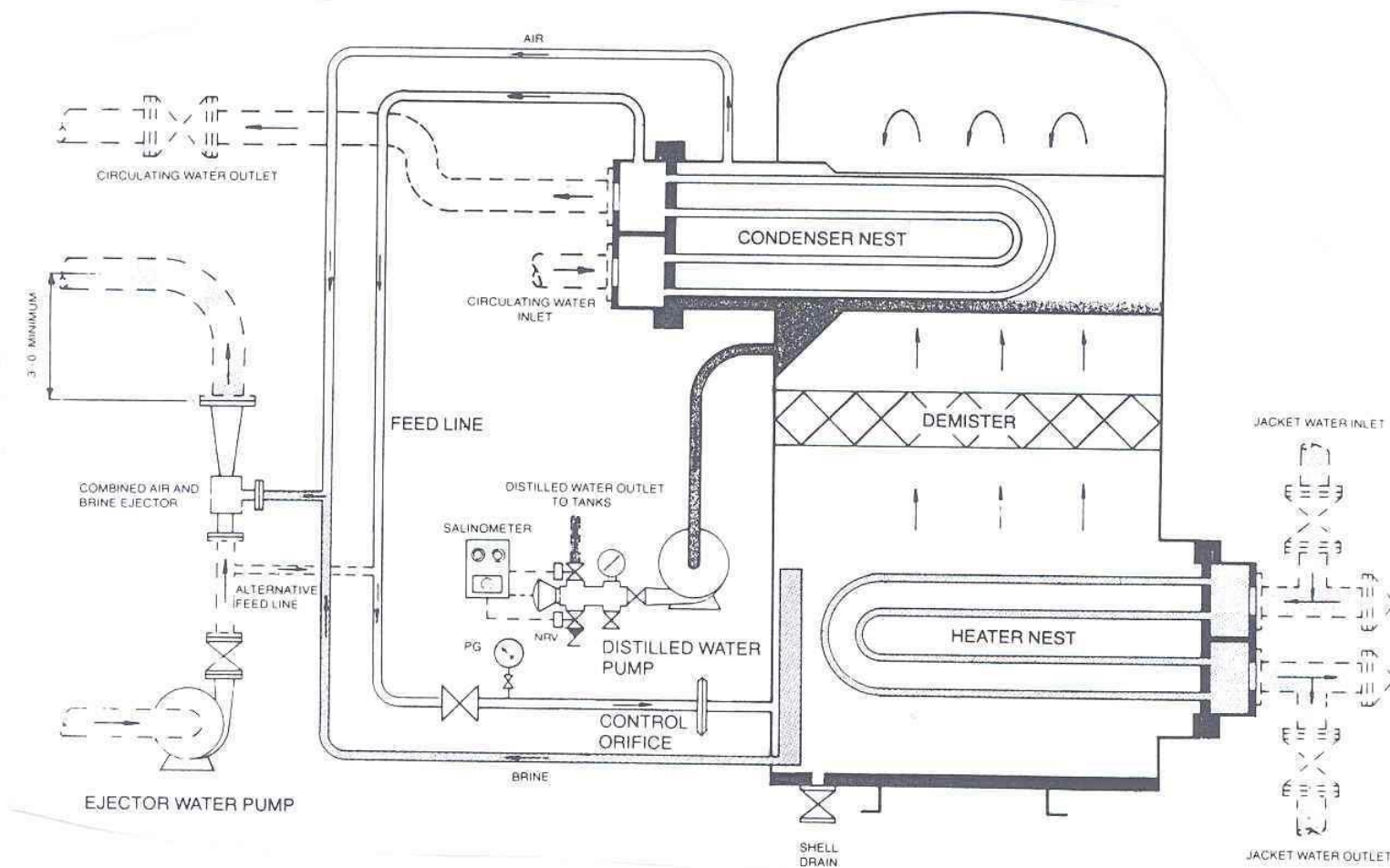
La produzione di acqua dolce

Impianti ad evaporazione



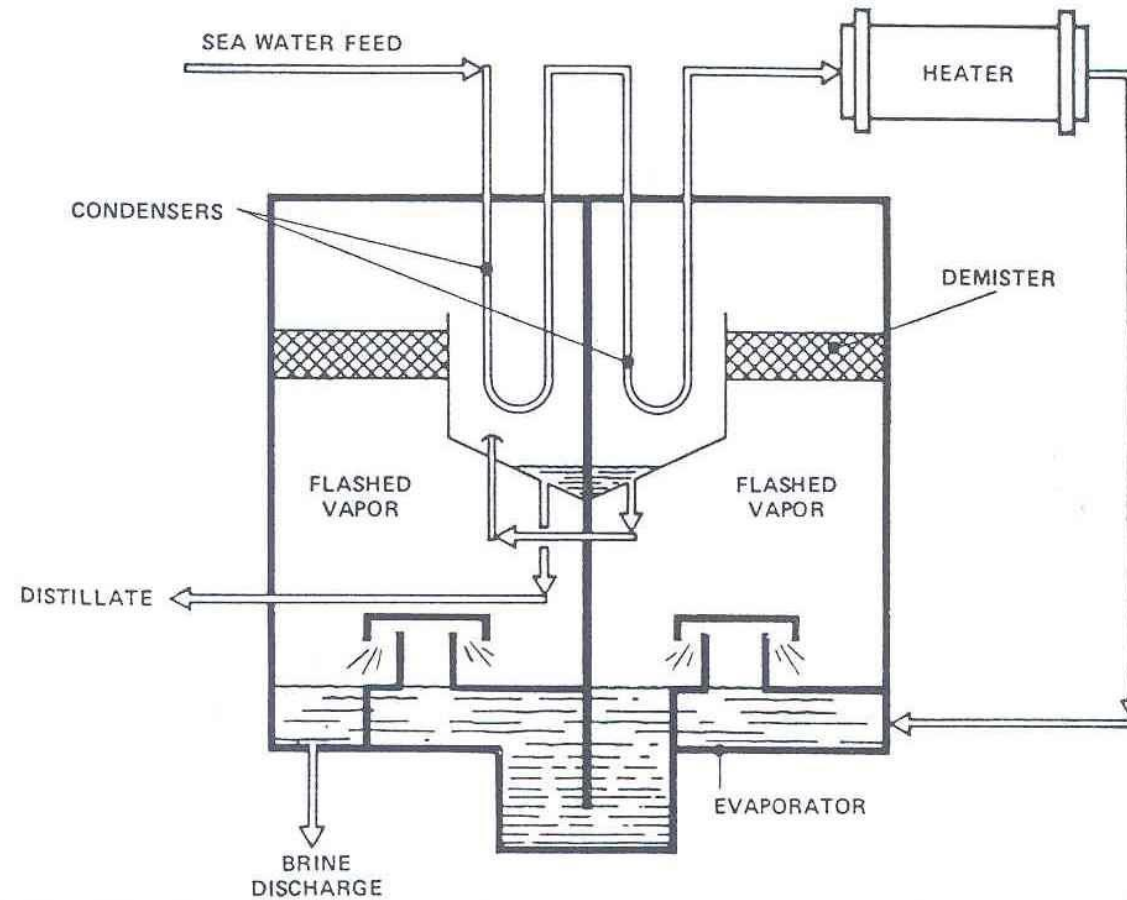
La produzione di acqua dolce

Impianti ad evaporazione



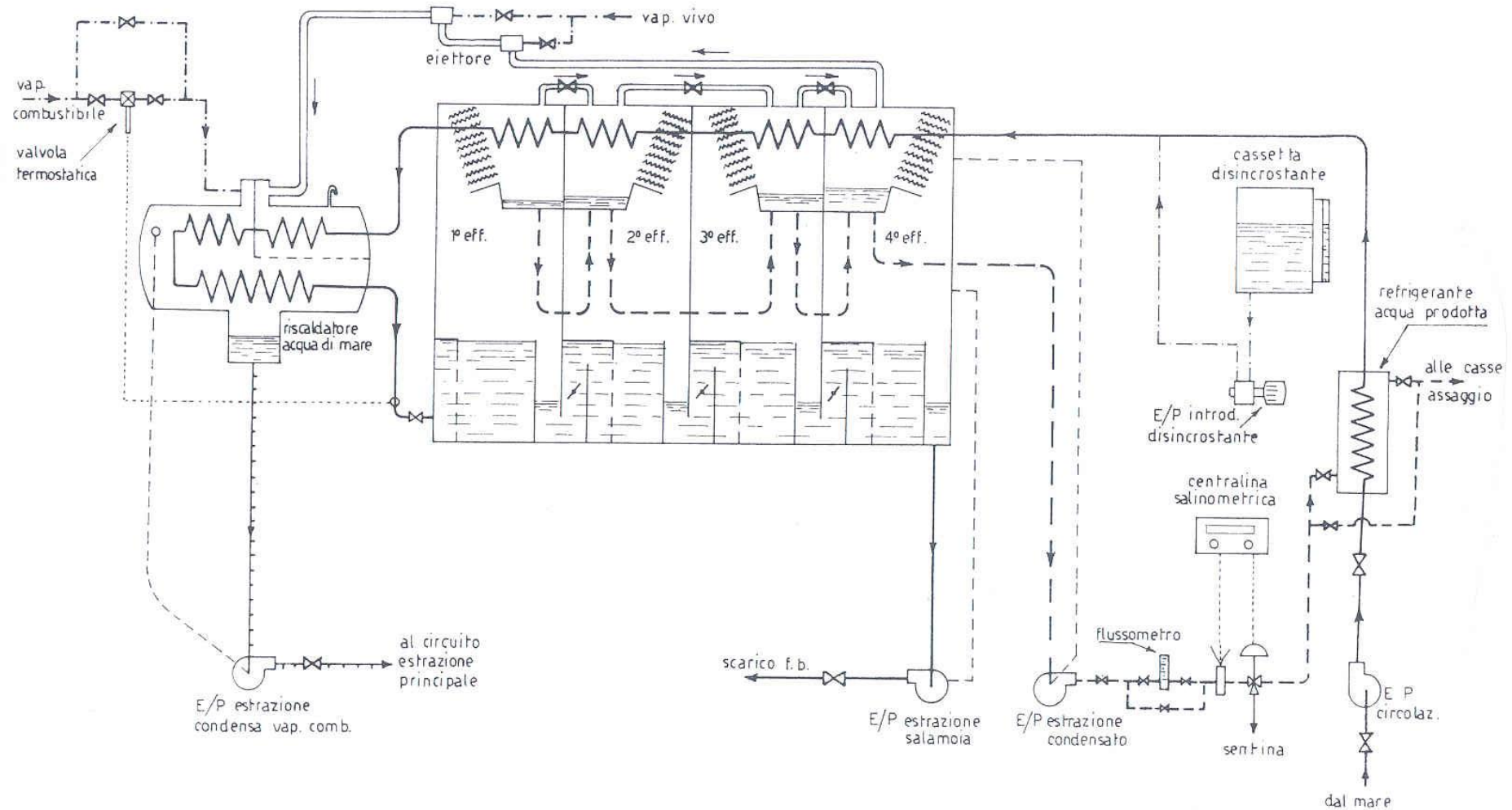
La produzione di acqua dolce

Impianti ad evaporazione



La produzione di acqua dolce

Impianti ad evaporazione



La produzione di acqua dolce

Impianti ad evaporazione

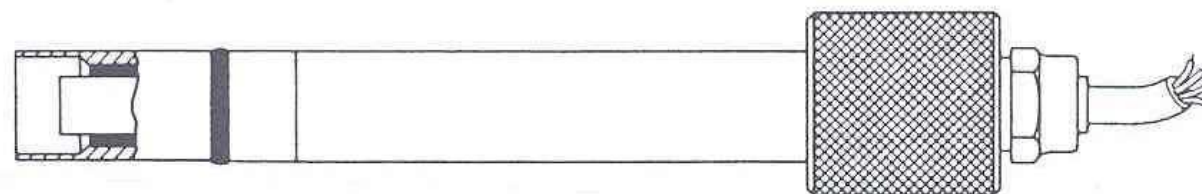
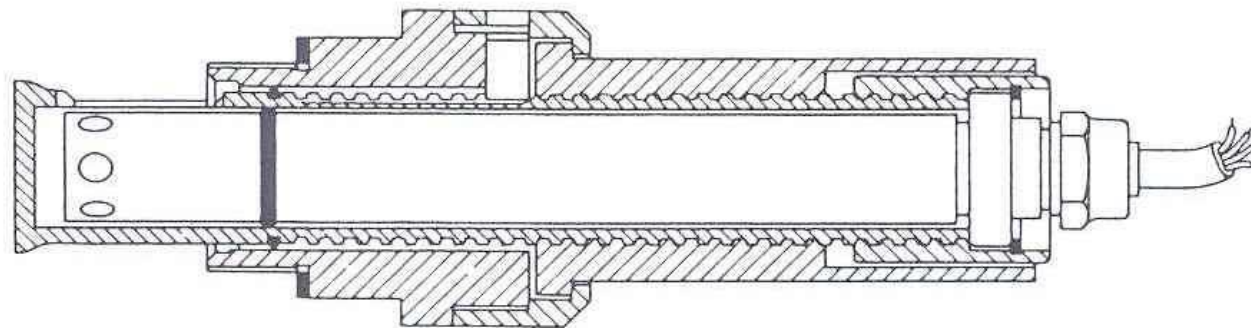
Il corredo del *distillatore* è formato da una serie di circuiti:

- *il circuito di alimentazione* – rifornisce l'evaporatore d'acqua di mare prelevata da una presa a mare tramite una pompa e riscaldata prima nel fascio tubiero del condensatore e poi in uno scambiatore in cui il fluido caldo è in genere l'acqua di raffreddamento dei motori principali.
- *il circuito di spurgo* – esso preleva dal basso la salamoia e dall'alto i gas che si liberano nel processo, in questo modo da una parte si tiene basso il valore della salinità della salamoia per evitare la formazione di depositi calcarei, dall'altra si mantiene la depressione voluta nella camera di evaporazione; è costituito da un eiettore ad acqua alimentato anche dalla stessa pompa di alimentazione.
- *il circuito di estrazione del condensato* – raccoglie il condensato e lo invia alla cassa di raccolta dopo averlo fatto passare attraverso il salinometro; questo strumento misura con una cella ad elettrodo (cella salinometrica) la conducibilità elettrica dell'acqua prodotta, e quindi il contenuto di sali, e dà il segnale ad una centralina che comanda una valvola a tre vie: quando la salinità è nei limiti l'acqua va verso il circuito di distribuzione, quando supera i limiti va in ricircolo nell'evaporatore.
- *il circuito di alimento delle serpentine a vapore o ad acqua calda.*

La bassa temperatura di esercizio (non superiore a 60 °C) permette alla distillazione di avvenire con la sola *precipitazione di carbonati di calcio* CaCO_3 che danno origine ad incrostazioni soffici che possono essere facilmente rimosse o la cui formazione può essere inibita con l'aggiunta di polimeri sintetici.

La produzione di acqua dolce

Impianti ad evaporazione



La produzione di acqua dolce

Distillatori per osmosi

I distillatori che sfruttano il fenomeno dell'osmosi inversa sono molto utilizzati a bordo delle navi poiché, a fronte di un *maggior costo*, hanno *una maggiore affidabilità e necessitano di un ridotto corredo di ausiliari*.

Fenomeno dell'osmosi

Il fenomeno dell'osmosi può essere così riassunto: quando due soluzioni saline in acqua aventi diversa concentrazione sono messe in contatto tramite una membrana semipermeabile che non lascia passare le molecole più grandi, l'acqua tende a passare nella soluzione più concentrata diluendola. Il processo ha termine quando la differenza di pressione sulle due facce della membrana raggiunge un valore specifico per quella soluzione, detto pressione osmotica, che per l'acqua di mare è di circa 7,0 kPa ogni 100 mg/l di sali in soluzione. Se si esercita un'opportuna pressione sulla soluzione più concentrata, non solo si inibisce il processo osmotico, ma si può anche provocare il passaggio dell'acqua dall'altra parte, quella a minore concentrazione –per l'acqua di mare è necessario esercitare una pressione di circa 2,5 MPa.

Impianto di distillazione per osmosi

Nel distillatore l'acqua di mare viene mandata in pressione su una faccia della *membrana semipermeabile*, ottenendo l'attraversamento di essa da parte della sola acqua. Per una produzione industriale di distillato, viene creato un flusso continuo di acqua di mare pressurizzata che va a lambire le membrane: l'acqua di mare in parte viene filtrata ed in parte viene scaricata come salamoia. In questa maniera, con il flusso e con eventuali aggiunte di opportuni prodotti chimici si favorisce il lavaggio delle membrane da incrostazioni di sali.

Lungo più generatrici del collettore sono fissati un certo numero di sacchi che, avvolti a spirale attorno al tubo centrale e tenuti separati da distanziatori, costituiscono una robusta cartuccia che viene inserita in un cilindro di acciaio inossidabile o di materiale plastico. L'acqua salata lambisce esternamente ciascun sacco e l'acqua distillata entra in esso fluendo nel tubo che fa appunto da collettore di distillato.

Per aumentare la produzione di un impianto vengono messe *in parallelo più cartucce* e per migliorare la qualità del distillato esse possono essere messe in serie rispetto al flusso d'acqua di mare.

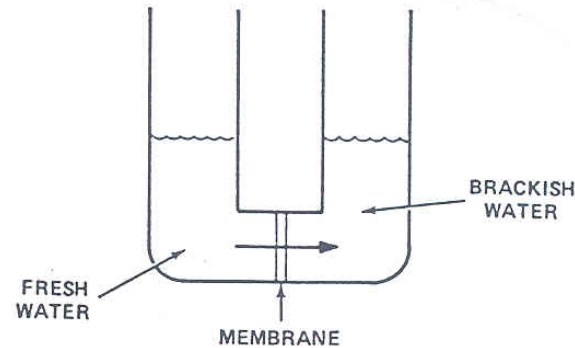
La produzione di acqua dolce

Distillatori per osmosi

Fenomeno dell'osmosi

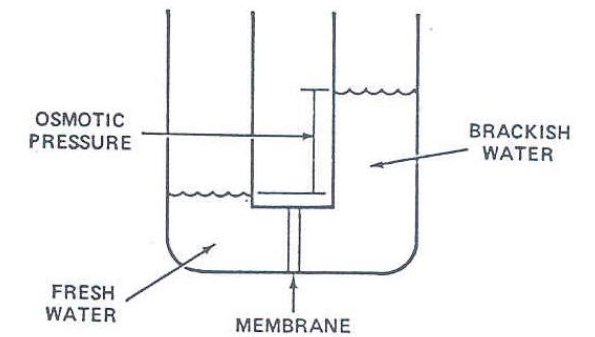
OSMOSIS

When fluids of different concentrations in a vessel are separated by a membrane, the dilute solution will flow through the membrane into the concentrated solution.



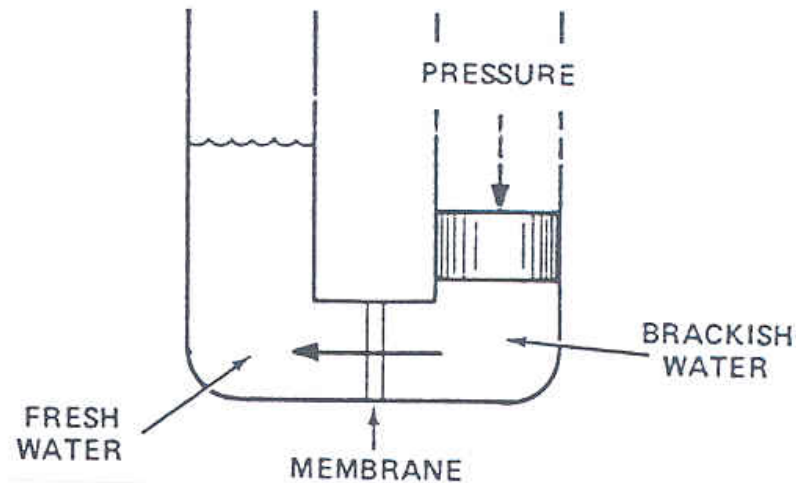
OSMOTIC PRESSURE

The level of the dilute solution drops and the level of the concentrated solution rises until an "equilibrium" is reached. The pressure difference between these two levels is the "osmotic pressure."



REVERSE OSMOSIS

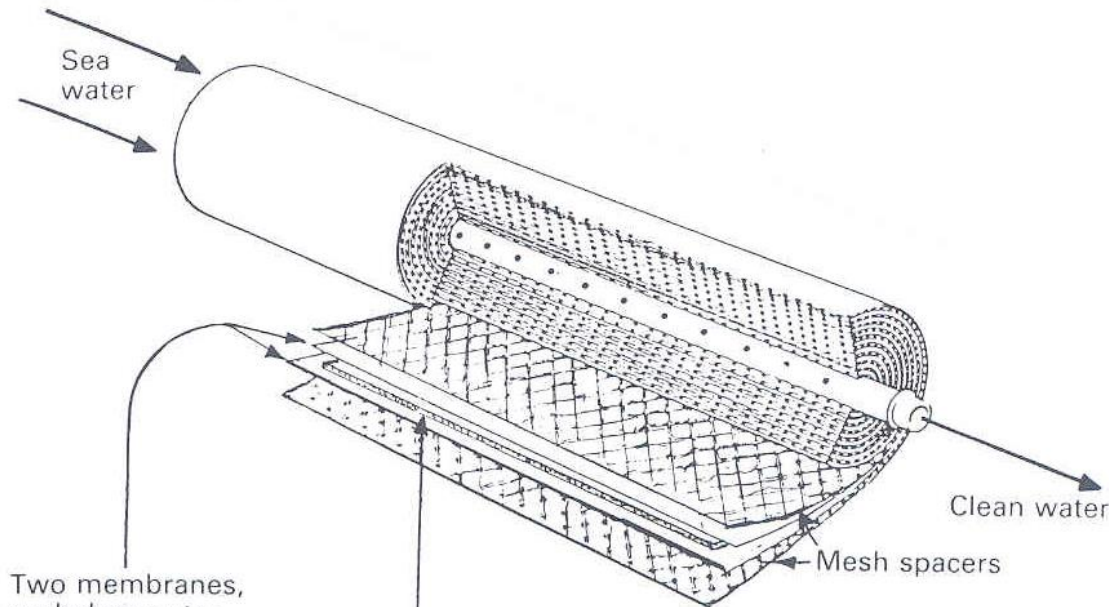
If a pressure in excess of the osmotic pressure is applied to the concentrated solution, the flow is reversed from the concentrated solution to the diluted solution. This is "reverse osmosis."



La produzione di acqua dolce

Distillatori per osmosi

Impianto di distillazione per osmosi



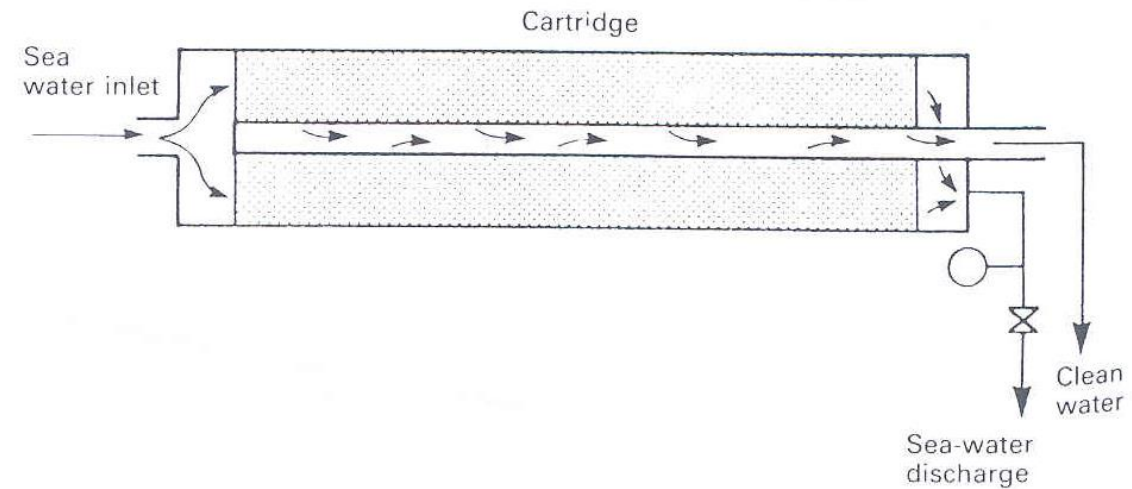
Two membranes, sealed on outer three sides, enclose porous under-layer through which permeate spirals to central collecting tube

Porous layer

Mesh spacers

Clean water

Sea water



Sea water inlet

Cartridge

Sea-water discharge

Clean water

La produzione di acqua dolce

Distillatori per osmosi

Impianto di distillazione per osmosi

In questo impianto sono necessari pochi componenti ausiliari, e precisamente:

- *la pompa di alimentazione* – essa deve fornire acqua di mare ad una *pressione costante di 5 ÷ 8 MPa* (infatti per la produzione industriale di acqua distillata da quella di mare sono richieste pressioni maggiori di quelle di osmosi); una pompa volumetrica è preferibile perché mantiene costante la pressione al variare del carico (ma necessita di un accumulatore sulla mandata), ma una pompa centrifuga garantisce d'altro lato un flusso più omogeneo.
- *l'impianto di pre-trattamento dell'acqua di mare*, per pulirla da elementi che possono danneggiare le membrane (quali idrossidi di metalli, materie colloidali, alghe), a tale scopo si mettono in serie dei filtri con maglie di qualche micron.

La produzione di acqua dolce

Qualunque sia il tipo di impianto utilizzato, l'acqua deve essere prodotta con un basso contenuto di sali a partire da acqua di mare con un contenuto totale di solidi disciolti di $30000 \div 42000$ mg/l, con un valore medio standard di 32000 mg/l. **Un buon distillatore ad evaporazione abbassa tale quantità a qualche unità, mentre un distillatore ad osmosi inversa lascia tracce superiori, ma sempre minori di quelle imposte dalla OMS (la qualità degli impianti è in continuo aumento sotto la pressione della normativa e delle richieste sempre più stringenti degli utilizzatori).**

Per gli usi di bordo si considera un *consumo standard di 70 litri per persona al giorno su una nave mercantile*, ossia per l'equipaggio, mentre per una *nave passeggeri*, essendo maggiori le esigenze sia direttamente dei passeggeri, sia per i servizi ad essi connessi (cucine, stierie, etc.) si fa riferimento ad *un consumo medio di 225 litri al giorno per persona*. Sulle navi mercantili inoltre può essere richiesta acqua dolce per il reintegro del vapore per gli impianti ausiliari dei servizi scafo, per esempio per le serpentine di riscaldamento del carico di una nave petroliera.

Il servizio di acqua dolce, di lavanda e potabile

Consiste nell'impianto che soddisfa le esigenze di acqua potabile ed acqua di lavanda necessarie per la permanenza delle persone a bordo.

L'acqua di lavanda è in pratica l'acqua dolce utilizzata per gli usi sanitari (cucine, servizi igienici, etc.), mentre **l'acqua potabile** è quella ottenuta dalla prima per potabilizzazione.

L'acqua dolce per questi scopi viene *imbarcata sfusa, ad ogni sosta in porto*, con manichette collegate ad un'apposita connessione sul ponte di coperta e conservata in casse o depositi adeguati, separati da altri depositi e rivestiti con vernici atossiche o cementati con materiali inerti, tali da garantire il mantenimento delle caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua.

Ma per una nave adibita alla *navigazione illimitata* diventa necessario, per motivi di sicurezza, *avere a bordo un distillatore*, ossia un impianto per la produzione di acqua dolce per desalinizzazione dell'acqua di mare. La conseguente riduzione delle dimensioni delle casse di stoccaggio di acqua produce l'effetto di aumentare lo spazio da dedicare al carico.

Una *riserva di acqua potabile* è spesso imbarcata preconfezionata in bottiglie (acqua minerale) e quella prodotta a bordo viene usata a questo scopo solo quando la scorta finisce.

L'impianto di stoccaggio e distribuzione dell'acqua è suddiviso in un impianto dedicato all'acqua potabile (fresh water) ed in un impianto per l'acqua di lavanda, ossia per i servizi sanitari (sanitary water).

Il servizio di acqua dolce, di lavanda e potabile

Servizio di acqua dolce

La distribuzione sulle navi di acqua dolce e di acqua di lavanda (fredda o calda) viene effettuata usualmente con il *sistema ad autoclave*, ma possono anche essere impiegati metodi più semplici, quali l'uso di *accumulatori pressurizzati* o l'uso di *sole pompe*. Negli impianti più vecchi il compito dell'autoclave è svolto da una cassa di gravità.

L'**autoclave** è un contenitore d'acqua pressurizzato da un cuscino d'aria in pressione, alimentato dalla pompa di circolazione dell'acqua e collegato al sistema da rifornire. Le grandezze caratteristiche di un'autoclave sono *il volume del cuscino d'aria* e *quello utile d'acqua*, funzione del numero e del carico idraulico delle singole utenze.

Il **sistema con idro-accumulatori** differisce da quello appena descritto solo per il fatto che la pressione è mantenuta da più accumulatori simili ad autoclavi ma con membrane di separazione fra aria ed acqua: si ha il vantaggio di non dover rinnovare il cuscino d'aria, con lo svantaggio che il volume utile è minore.

Infine, nel **sistema a sole pompe** manca il polmone che permette al circuito di essere pressurizzato e la pompa, sempre in funzionamento (eventualmente con mandata ed aspirazione in by-pass quando non c'è domanda di flusso alle utenze), fornisce il flusso richiesto. Quando questo non è sufficiente, ovvero quando si manifesta un più accentuato calo di pressione alla mandata per una richiesta superiore, entra in funzionamento una seconda pompa in parallelo, e poi eventualmente ancora una terza.

Dal confronto tra i sistemi si può evincere che il primo è il più affidabile, flessibile e conveniente per grandi utenze, il secondo è più adatto per poche utenze, il terzo per funzionamenti limitati nel tempo o per flussi richiesti pressoché costanti per lunghi intervalli di tempo.

Il servizio di acqua dolce, di lavanda e potabile

Servizio di acqua potabile

L'acqua che si intende usare come acqua potabile, una volta prelevata dalle casse e immessa nelle condotte e dopo aver eventualmente oltrepassato l'autoclave, deve essere *mineralizzata* se è stata prodotta per distillazione ed in ogni caso *potabilizzata*.

Potabilizzazione: processo di disinfezione in cui si eliminano microrganismi che causano l'inquinamento dell'acqua. L'azione germicida è realizzata attraverso:

- *Lampade che emettono radiazioni ultraviolette (processo fotochimico)*
- *Aggiunta di soluzioni di cloro allo stato liquido, in forma di ipoclorito di sodio (NaCl)O – o di ipoclorito di potassio – e in forma gassosa, oppure con l'aggiunta di ozono O₃ (processo chimico)*

La mineralizzazione si fa con l'aggiunta di sali che hanno lo scopo di conferire all'acqua *un buon sapore* (quello appunto dell'acqua minerale, che inoltre ha effetti salutari sull'equilibrio fisiologico). Tale operazione viene fatta facendo passare il flusso d'acqua attraverso un letto di sostanze solubili quali il carbonato di calcio e di magnesio: essi non solo danno un miglior sapore all'acqua ma la privano anche dell'anidride carbonica CO₂ libera che conferisce all'acqua un pH acido. Può convenire perciò mineralizzare l'acqua prima di inviarla nelle casse perché così è meno acida e quindi meno aggressiva. Queste sostanze vanno aggiunte in quantità di circa 2,5 ppm.

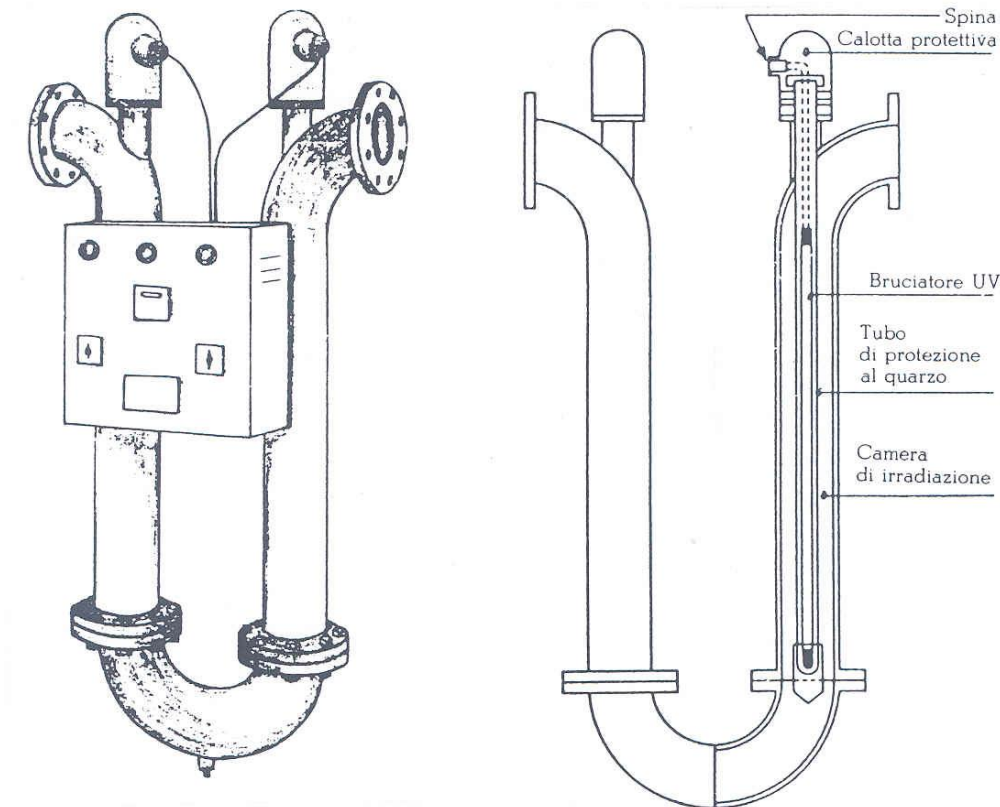
L'acqua distillata negli impianti a bassa pressione o in quelli ad osmosi inversa non viene portata a temperature sufficientemente elevate da garantirne la sterilizzazione (ossia a temperature di almeno 100 ÷ 120 °C), perciò si rende necessario un *processo di potabilizzazione* dell'acqua prodotta. Inoltre, nel caso in cui l'acqua venga prodotta per osmosi inversa si deve procedere ad una prima sterilizzazione già a monte del corpo di distillazione, per evitare che si formino colonie di batteri sulle membrane.

Il servizio di acqua dolce, di lavanda e potabile

Servizio di acqua potabile

Potabilizzazione: processo di disinfezione in cui si eliminano microrganismi che causano l'inquinamento dell'acqua. L'azione germicida è realizzata attraverso:

- *Lampade che emettono radiazioni ultraviolette (processo fotochimico)*

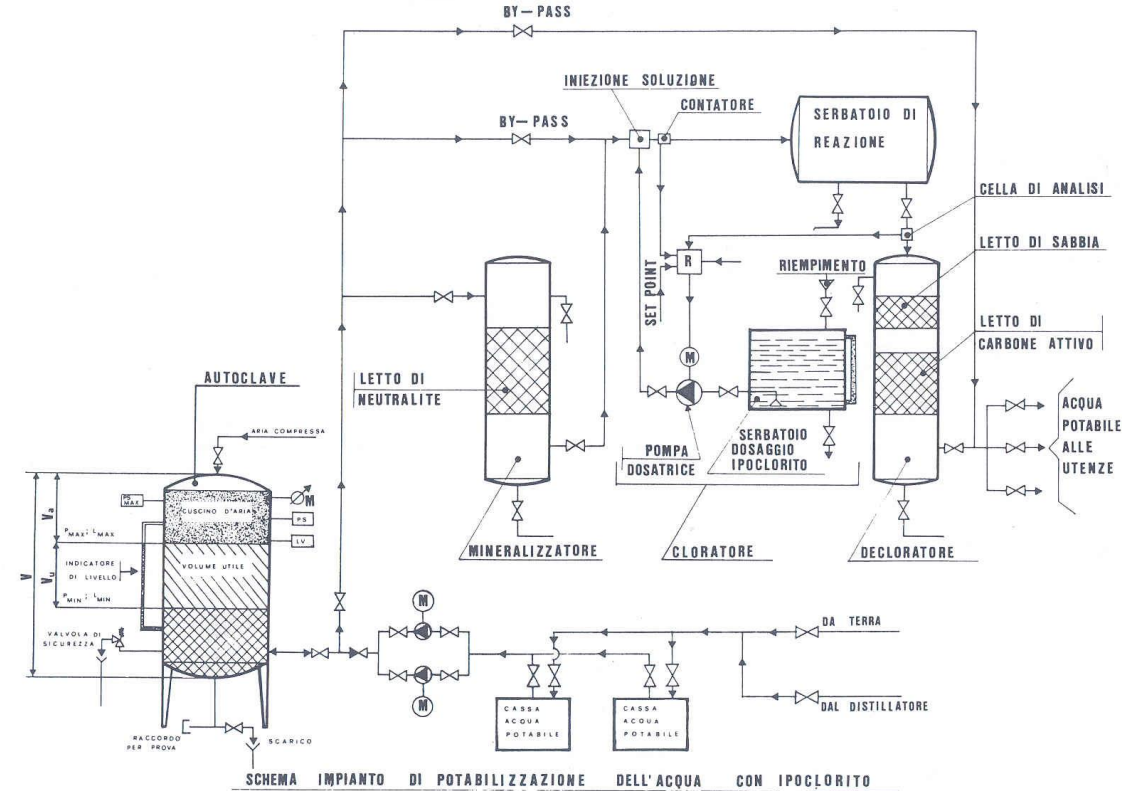


Il servizio di acqua dolce, di lavanda e potabile

Servizio di acqua potabile

Potabilizzazione: processo di disinfezione in cui si eliminano microrganismi che causano l'inquinamento dell'acqua. L'azione germicida è realizzata attraverso:

- Aggiunta di soluzioni di cloro allo stato liquido, in forma di ipoclorito di sodio (NaClO) – o di ipoclorito di potassio – e in forma gassosa, oppure con l'aggiunta di ozono O_3 (processo chimico)



Il servizio di acqua dolce, di lavanda e potabile

Servizio di acqua di lavanda

L'acqua di lavanda viene fornita alle cabine ed alle utenze di servizio – quali per esempio le cucine – sia fredda che calda, *con due circuiti di distribuzione che si differenziano solo a valle dell'autoclave*.

Quello **dell'acqua calda** troverà infatti un impianto di riscaldamento ed un serbatoio di accumulo dal quale l'acqua verrà prelevata per mezzo di una pompa di circolazione che la porterà in un circuito ad anello chiuso sul quale sono innestati gli utilizzatori. Il circuito ad anello permette di far circolare l'acqua in modo che l'utilizzatore disponga immediatamente di acqua calda, infatti quella prelevata dall'accumulatore e non utilizzata viene rinvia ad esso. La temperatura dell'acqua nel circuito ad anello (mantenuta in genere a 50 °C) è controllata da una valvola a tre vie che miscela acqua calda proveniente dall'accumulatore con acqua fredda proveniente direttamente dall'autoclave o con acqua di ricircolo.

L'anello di distribuzione può essere unico e servire tutti gli utenti quando essi sono in numero ridotto e concentrati in una zona della nave. In alternativa, per facilitare la distribuzione su grandi impianti che si estendono su più ponti, si preferisce creare degli anelli chiusi su ogni ponte servito, in modo che il battente agli utilizzatori sia lo stesso (per lo stesso motivo le utenze si possono anche collegare in parallelo). Inoltre per grandi utenze si predispongono riscaldatori dedicati. In tal modo si possono creare dei sotto-circuiti dell'acqua di lavanda calda che, pescando dal collettore dell'acqua dolce, costituiscono dei veri e propri sistemi indipendenti – infatti l'acqua calda viene mantenuta in circolazione all'interno di ogni sotto-circuito.

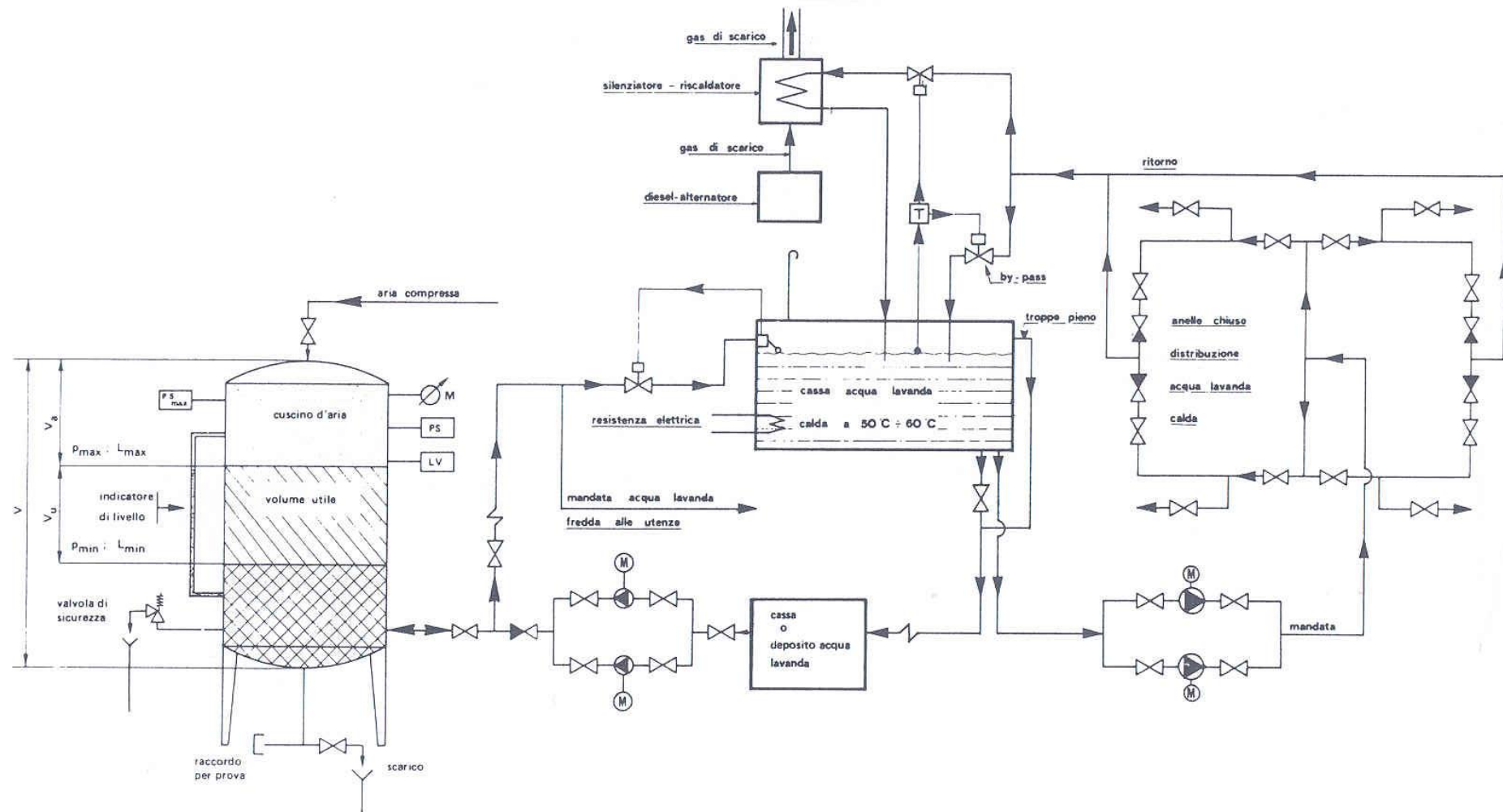
Dimensionamento eseguito in base ai carichi massimi previsti in ogni braccio:

- si assegna ad ogni tipo di utenza un valore in unità di consumo, che rende conto della quantità d'acqua che essa mediamente richiede,
- si sommano tali valori ottenendo la richiesta totale in unità di consumo,
- si valuta, utilizzando opportune tabelle, la portata che deve essere garantita in base alle unità di consumo totalizzate.

Per quanto riguarda infine il bilanciamento del sistema idraulico, risulta conveniente frazionare l'impianto su ogni ponte quando gli utilizzatori sono parecchi (ottenendo anche un vantaggio in termini di sicurezza e di facilità degli interventi manutentivi).

Il servizio di acqua dolce, di lavanda e potabile

Servizio di acqua di lavanda



L'acqua dolce per i servizi generici

Per quanto riguarda le necessità d'acqua a bordo, moltissime sono le utenze che necessitano d'acqua distillata per i processi più diversi:

- l'impianto di condizionamento;
- gli impianti per la produzione di vapore;
- l'acqua distillata alla temperatura di qualche grado centigrado è soprattutto utile a bordo per diverse esigenze di raffreddamento, per esempio di apparecchiature elettroniche o elettriche - l'acqua viene infatti utilizzata spesso come liquido refrigerante intermedio per evitare di convogliare lungo la nave liquidi frigoriferi essendo questi ultimi inquinanti e corrosivi e quindi è preferibile che per sicurezza non circolino nella nave - inoltre con il sistema ad acqua intermedia si limita la quantità di liquido refrigerante necessario.

Si costruisce così un circuito d'acqua dolce per servizi generali, in cui l'acqua dolce prodotta, dopo il distillatore, viene raffreddata e convogliata in un collettore ad anello, al quale i singoli utenti sono collegati. Questi utenti si possono limitare ad utilizzare l'acqua per creare un ricircolo nello scambiatore locale oppure possono prelevare la quantità d'acqua necessaria ai loro scopi.

La raccolta e il trattamento degli scarichi

L'impianto è formato da condotte che raccolgono per caduta gli scarichi igienici delle toilette (*acque nere*) ed i vari scarichi sanitari di lavatoi, delle cucine, delle lavanderie o dei drenaggi del condizionamento o in genere dei drenaggi dei ponti (*acque grigie*). La separazione fra acque nere e grigie si rende necessaria sia perché *diverse sono le modalità di trattamento e smaltimento, sia per motivi igienici allo scopo di evitare contaminazioni*. Anche le norme che regolano le caratteristiche degli impianti sono diverse

- **Acque grigie:** gli scarichi delle acque grigie sottostanno alle norme antinquinamento che richiedono il controllo del carico batterico e dei residui oleosi. Essi sono convogliati in opportune casse di raccolta e pompati fuori bordo (si osservi che gli scarichi di acque grigie e nere vengono fatti sotto un leggero battente);
- **Acque nere:** gli scarichi delle acque nere vengono fatti defluire fuori bordo per gravità, a meno che non vi siano vincoli dettati dalla vicinanza alla costa o la nave non si trovi in zone ove vigono particolari restrizioni. In questi casi le acque nere vengono convogliate in una cassa di raccolta per essere successivamente scaricate a mare o a terra (con manichette collegate sul ponte di coperta) da una pompa adeguata a trattare fluidi con solidi in sospensione. Nel caso in cui nessuna delle due soluzioni si presti alle esigenze operative della nave, si ricorre all'uso di depuratori nei quali gli scarichi subiscono trattamenti biologici per l'abbattimento dei batteri. Da questi trattamenti si ottengono acque che possono essere scaricate fuori bordo quando la loro carica batterica è nei limiti delle norme, i fanghi residui sono invece scaricati a terra tramite apposite connessioni al ponte di coperta oppure vengono convogliati agli inceneritori.

La raccolta e il trattamento degli scarichi

L'inquinamento marino viene causato, oltre che da scarichi di petrolio o di sostanze chimiche, anche dallo scarico a mare dei liquami. La normativa che regola tale tipo di scarichi è la *MARPOL nel suo Annesso IV*: essa si riferisce alle sostanze che vengono convogliate nelle condotte di drenaggio delle acque nere (usualmente da toilette ma anche dalle stalle nelle navi adibite al trasporto di animali) e delle acque che hanno origine in locali adibiti alle cure mediche (sale ospedaliere, etc.). Tali normative prevedono che la nave possa scaricare a mare ma con limitazioni legate al tipo di sistema con cui è equipaggiata:

- *Sistema con trattamento biochimico* – consiste in un impianto per la riduzione delle acque nere in scarichi non inquinanti. Una nave dotata di tale sistema può scaricare a mare purché non siano visibili tracce degli scarichi (sia come solidi, sia come colorazione dell'acqua del mare) e nel rispetto delle normative emanate dallo Stato nelle cui acque territoriali essa si trova.
- *Sistema di sterilizzazione (trattamento chimico)* – consiste in un impianto di triturazione e sterilizzazione facente capo ad una cassa di raccolta. Una nave dotata di tale sistema può scaricare a mare, con un tasso di scarico moderato e procedendo ad almeno 4 nodi, quando si trova ad almeno 4 miglia dalla costa.
- *Sistema di raccolta* – consiste solamente in una rete di condotte che convogliano gli scarichi verso una cassa di raccolta, per il successivo trasbordo a terra, tramite connessioni standard collocate al ponte di coperta, o per lo scarico a mare. Una nave dotata di tale sistema può scaricare a mare a non meno di 12 miglia dalla costa.

Le apparecchiature che servono a contenere questo tipo di inquinamento sono i depuratori dei liquami, che devono sottostare alle specifiche emanate dal comitato MEPC (Marine Environment Protection Committee) dell'IMO. Tali regolamenti stabiliscono quali devono essere le caratteristiche dell'effluente depurato, indicano cioè che la domanda di ossigeno biochimico BOD5 non superi 30÷40 ppm, che i solidi sospesi non superino 30÷50 ppm ed infine che i batteri coliformi non superino la concentrazione di 1000 per ogni litro.

La raccolta e il trattamento degli scarichi

Impianto di trattamento biochimico

Il processo di trattamento biochimico si basa sulla trasformazione dei liquami in sostanze inorganiche innocue. Tale processo viene espletato da batteri aerobi che alloggiano nei cosiddetti “fanghi attivi” mantenuti sul fondo delle casse di trattamento. I fanghi attivi tendono ad aumentare in volume durante il processo e devono essere quindi periodicamente scaricati, facendo attenzione a non eliminare completamente la colonia di batteri aerobi residenti nelle casse. Tali batteri devono comunque essere mantenuti in vita, e ciò si fa con getti di ossigeno (o più semplicemente di aria) all’interno della cassa. Se questi batteri vengono a mancare si creano le condizioni per il proliferare dei batteri anaerobi, i quali danno origine a gas tossici ed infiammabili, quali ad esempio il metano.

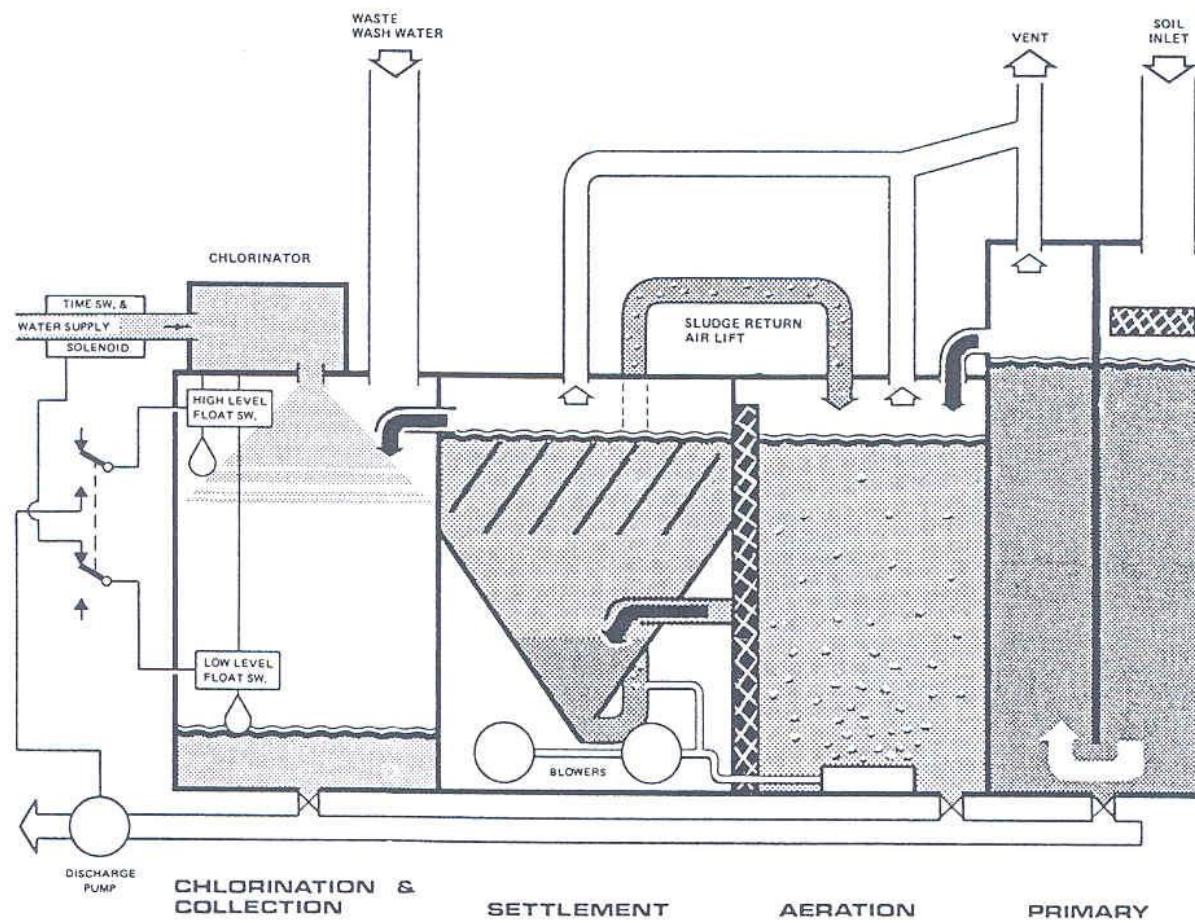
Il trattamento si divide quindi nelle seguenti fasi: la triturazione meccanica e la filtrazione, fatte allo scopo di ottenere un fluido più facilmente trattabile; l’aerazione, fatta allo scopo di favorire le trasformazioni biochimiche aerobie; la sedimentazione, necessaria per la separazione dei fanghi attivi dal liquido depurato; infine la sterilizzazione, mediante iniezioni di ipoclorito di sodio. L’effluente depurato passa poi alla raccolta e, se permesso, allo scarico a mare, mentre i fanghi vengono bruciati o scaricati a terra.

L’impianto per trattamento biochimico si presenta come una cassa suddivisa da setti interni in più parti, all’interno delle quali si svolgono le operazioni sopra descritte. In particolare si osservi che nel depuratore i liquami vengono introdotti in una prima cassa di aerazione, dalla quale vengono prelevati e fatti decantare in una seconda cassa dalla quale i fanghi sono fatti ricircolare nella prima per evitare che in mancanza di ossigeno si creino le condizioni per il proliferare dei batteri anaerobi. Inoltre dalla seconda cassa il liquido va in una terza cassa per la clorazione, dove rimane per il tempo necessario affinché il cloro entri in azione – in alternativa si fa la sterilizzazione con raggi ultravioletti. L’impianto complessivo è costituito da una cassa stagna munita delle condotte per il travaso dei liquami per le varie fasi del processo, di un trituratore, delle pompe di alimentazione (liquami, liquido sterilizzante), di quelle di scarico (fanghi ed effluente depurato) e di un soffiatore d’aria.

Il cosiddetto trattamento chimico si limita invece alla triturazione meccanica, alla separazione del liquido e alla sua sterilizzazione mediante aggiunte di sostanze chimiche. Il liquido può anche essere messo in circolazione negli scarichi igienici come acqua di deflusso.

La raccolta e il trattamento degli scarichi

Impianto di trattamento biochimico



Biological sewage treatment plant (Hamworthy)

La raccolta e il trattamento degli scarichi

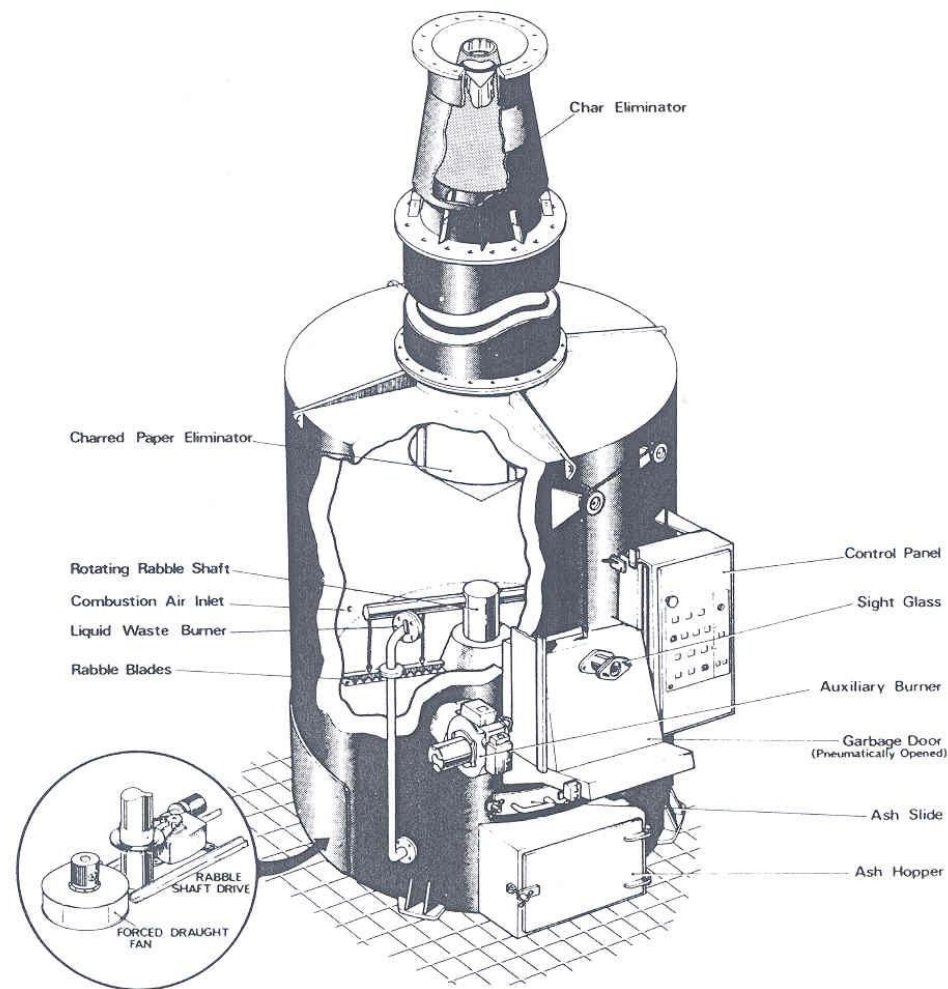
Impianto di trattamento rifiuti solidi

Per quanto riguarda gli scarichi solidi, che contribuiscono a generare inquinamento marino, la normativa di riferimento è contenuta nell'Annesso V della MARPOL. Essa stabilisce che tutti gli scarichi di sostanze che non sono classificate pericolose negli altri Annessi sono da considerarsi alla stregua dei rifiuti solidi urbani di tipo domestico. La norma in particolare vieta lo scarico a mare dei rifiuti non organici (plastiche, polveri dell'inceneritore, vetro, metalli, etc.) ma permette lo scarico di quelli organici costituenti residui del cibo consumato a bordo, una volta sminuzzati e ad una distanza di almeno 12 miglia dalla costa – per questo tipo di scarichi il mare Mediterraneo è considerato “zona speciale” e ciò comporta che essi non possano essere gettati a mare. I rifiuti solidi, le morchie oleose ed i fanghi del depuratore prodotti a bordo possono essere stoccati per essere infine scaricati a terra, ma in generale possono essere bruciati in appositi forni denominati inceneritori, allo scopo di ridurre il volume d'ingombro a bordo (in genere senza recupero del calore a causa della grande variabilità del loro potere calorifico inferiore). Nell'inceneritore sono perciò pompati i rifiuti liquidi e caricati, usualmente in sacchi, quelli solidi; il bruciatore può essere alimentato con le morchie oleose ed ha una fiamma pilota alimentata a gasolio, infine l'aria è introdotta da una soffiante. Il forno ha una camera di combustione cilindrica rivestita di materiale refrattario, a depressione e con raffreddamento a camicia d'aria.

Si rammenta infine, riguardo agli inceneritori, che le nuove norme contenute nell'Annesso VI della MARPOL regolano lo scarico nell'atmosfera dei gas.

La raccolta e il trattamento degli scarichi

Impianto di trattamento rifiuti solidi



APPLICARE LE TECNICHE DEL DISEGNO E DELLA GRAFICA COMPUTERIZZATA NELLA CANTIERISTICA

MATERIALE DIDATTICO

- Dispense del corso di Allestimento Navale, a cura del Prof. Marco Biot. Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Navale, DIA Dipartimento di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Trieste
- Dispense del corso di Impianti e Allestimento Navale, a cura del Prof. Massimo Figari, con la collaborazione di S. Padroni e G. Filipasso. Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Navale, DITEN Dipartimento di Ingegneria Navale, Elettrica, Elettronica e delle Telecomunicazioni, Università degli Studi di Genova

Ing. Serena Bertagna
sbertagna@units.it

Monfalcone, 08/01/2020

