



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

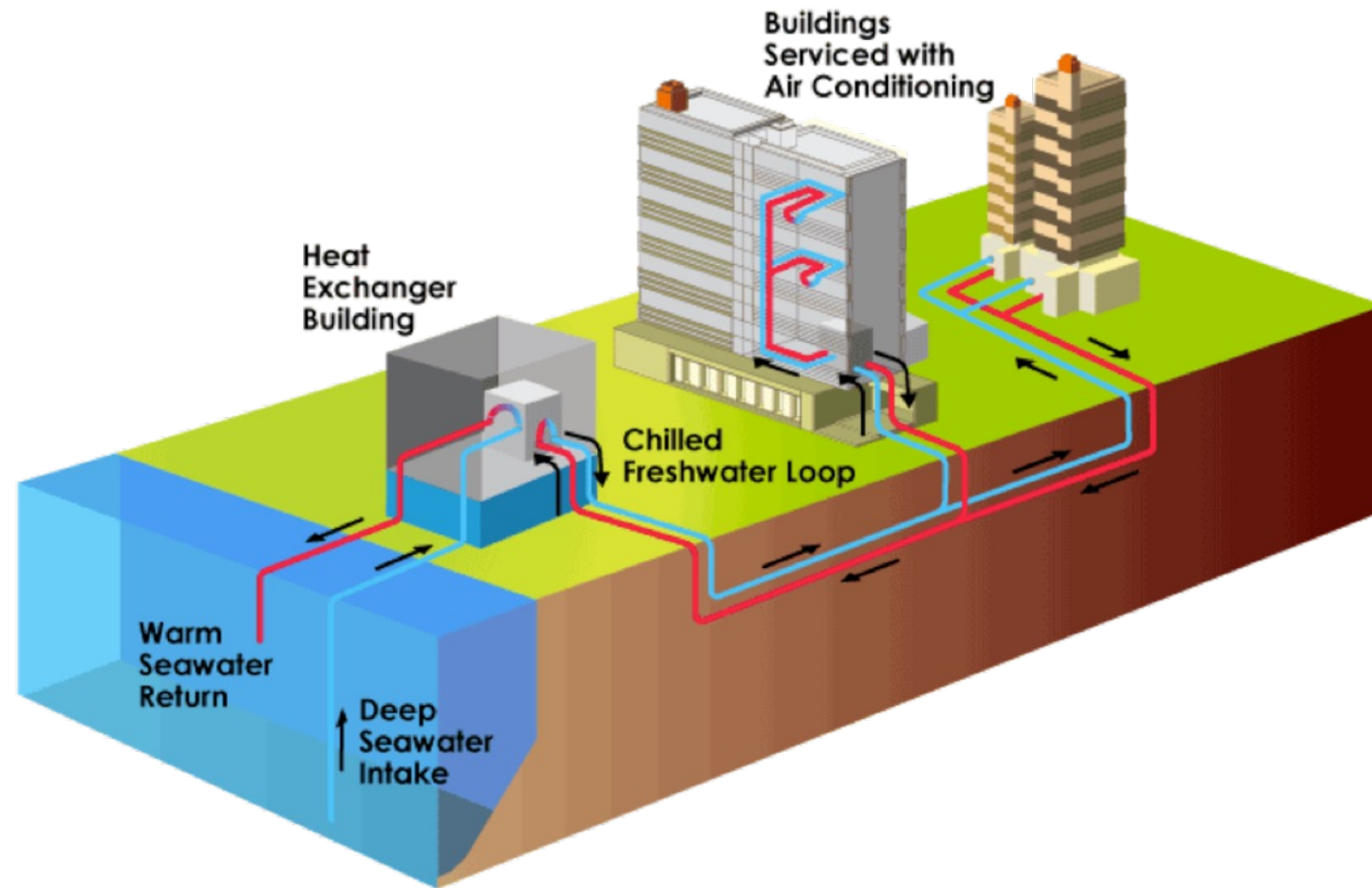
Corso di Laurea in Ingegneria dell'Energia

Relazione per la prova finale Raffreddamento dell'aria con acqua di mare

Tutor universitario: Prof.ssa Campanale Manuela

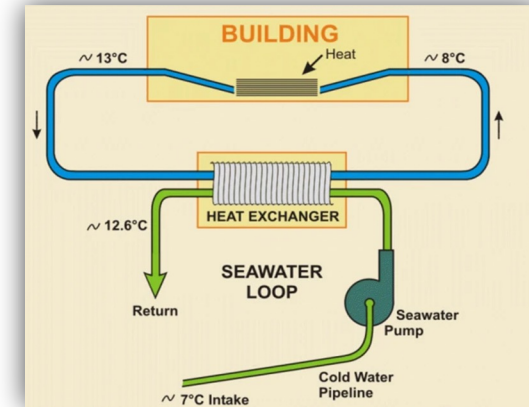
Laureando: Ferraro Mirco

RAFFREDDAMENTO DELL'ARIA CON ACQUA DI MARE



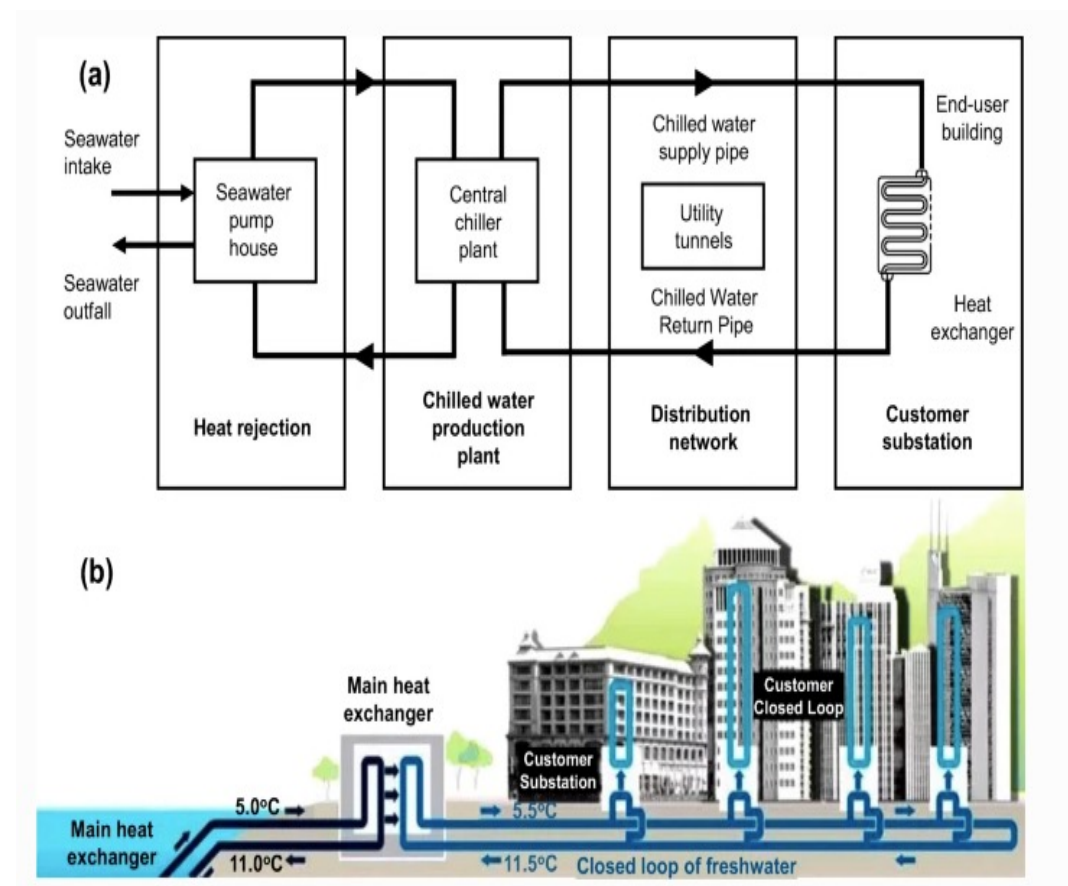
COMPONENTI PRINCIPALI DI UN IMPIANTO

- Condotta: utilizzata per trasportare l'acqua di mare fino alla costa;
- Pompa: ha la funzione di portare l'acqua nella centrale termica e di rimetterla in mare;
- Scambiatore di calore: utilizzato per lo scambio di calore dall'acqua di mare al sistema di teleraffrescamento;
- Rete di distribuzione: permette di distribuire l'acqua dall'impianto SWAC alle sottostazioni degli utenti.



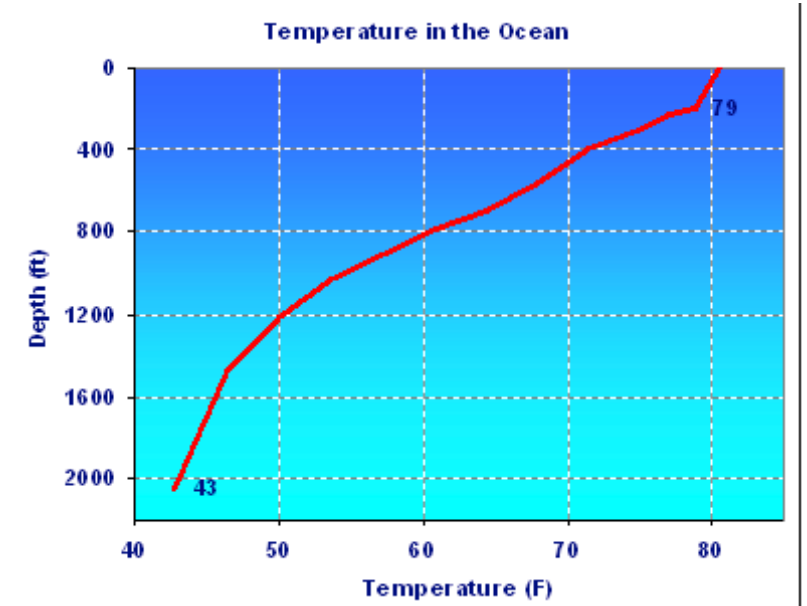
FUNZIONAMENTO: LE FASI

- L'acqua di mare viene pompata da una profondità di 700-1200 metri circa e a temperature che variano tra 3°C e 5°C;
- L'acqua viene fatta passare attraverso uno scambiatore di calore;
- In un sistema di distribuzione a circuito chiuso l'acqua dolce viene pompata attraverso lo scambiatore di calore che la raffredda;
- L'acqua refrigerata viene distribuita agli utenti per la climatizzazione;
- L'acqua viene rimessa in mare.



DOVE UTILIZZARE QUESTI IMPIANTI

- Zone costiere, dove la profondità del mare arriva ad almeno 1200 metri e la distanza dal punto di raccolta non sia maggiore di 20 km dalla costa;
- Regioni tropicali ed equatoriali, al fine di rispondere ad una richiesta costante di climatizzazione;
- Infrastrutture come ospedali, caserme militari, resort turistici, centri commerciali e distretti residenziali.



La figura rappresenta la temperatura dell'acqua di mare in funzione della profondità dell'oceano.

DOVE UTILIZZARE QUESTI IMPIANTI

Presso l'isola Bora Bora nella Polinesia francese, il resort The Brando dispone di un impianto SWAC costituito da un tubo con diametro di 400 mm e posizionato fino a raggiungere una profondità di 915 metri.

Il coefficiente per convertire 1 kWh di carburante in emissioni di CO_2 per kWh è 0,891 (in kg).

Conseguentemente, questa tecnologia:

- evita l'equivalente di 1614 tonnellate di emissione di CO_2 all'anno;
- permette di risparmiare 560.000 USD/anno di elettricità.



Sala macchina di un impianto SWAC di Tetiaroa.

BENEFICI AMBIENTALI

1. Riduzione del 90% dei consumi energetici, quindi del fabbisogno di rete energetica locale;
2. Minore dipendenza dai combustibili fossili;
3. Si esclude l'uso di clorofluorocarburi dannosi per l'ozono;
4. L'acqua di mare, passata attraverso lo scambiatore di calore, può essere utilizzata per raffreddare il sottosuolo diminuendo così l'utilizzo di acqua per l'irrigazione della vegetazione;
5. Utilizzo dell'acqua secondaria per la desalinizzazione.

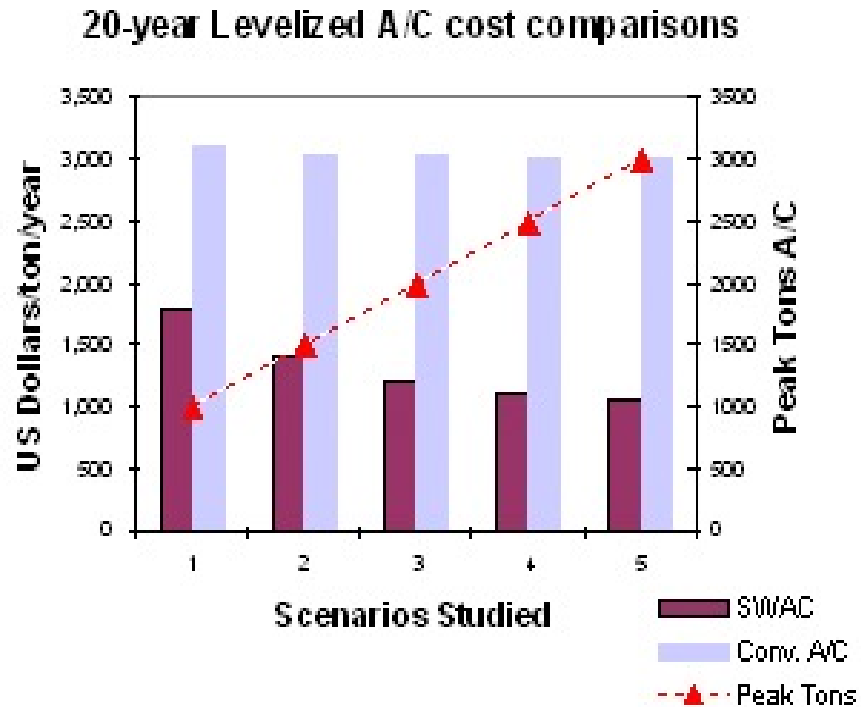


Foto aerea del *Natural Energy Laboratory of Hawaii*, dove queste applicazioni secondarie vengono utilizzate e ricercate (punto 4 e 5).

VIABILITÀ ECONOMICA E CONSUMI ENERGETICI

- Distanza dell'impianto dall'*offshore*: tubazioni più corte sono più economiche;
- Dimensioni del carico di condizionamento: impianti con meno di 1000 tonnellate sono più difficili da giustificare economicamente;
- Tempo di utilizzo (migliore resa se collegato a più edifici);
- Più alto è il costo dell'energia elettrica più conveniente risulta un impianto ad acqua marina;
- Se la richiesta di raffreddamento è stagionale, un serbatoio di acqua dolce può essere impiegato per immagazzinare energia termica congelando l'acqua.

VIABILITÀ ECONOMICA E CONSUMI ENERGETICI



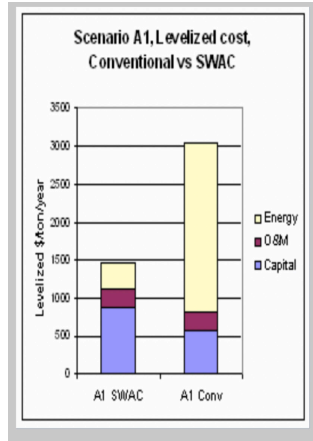
Nella figura a sinistra cinque scenari dove le due colonne confrontano la differenza di costo a vita tra SWAC e AC convenzionale:

- all'aumentare delle dimensioni delle tubazioni i costi di produzione diminuiscono;
- l'aumento della temperatura attraverso grandi tubazioni è praticamente trascurabile.

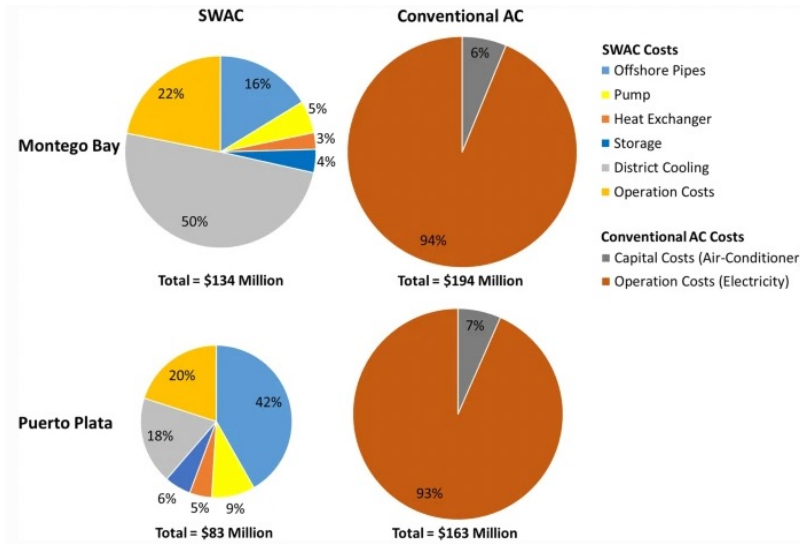
Gli studi dimostrano che il consumo elettrico di SWAC è ridotto dall'80 al 90 per cento.

L'ammortamento può variare dai cinque agli undici anni.

VIABILITÀ ECONOMICA E CONSUMI ENERGETICI

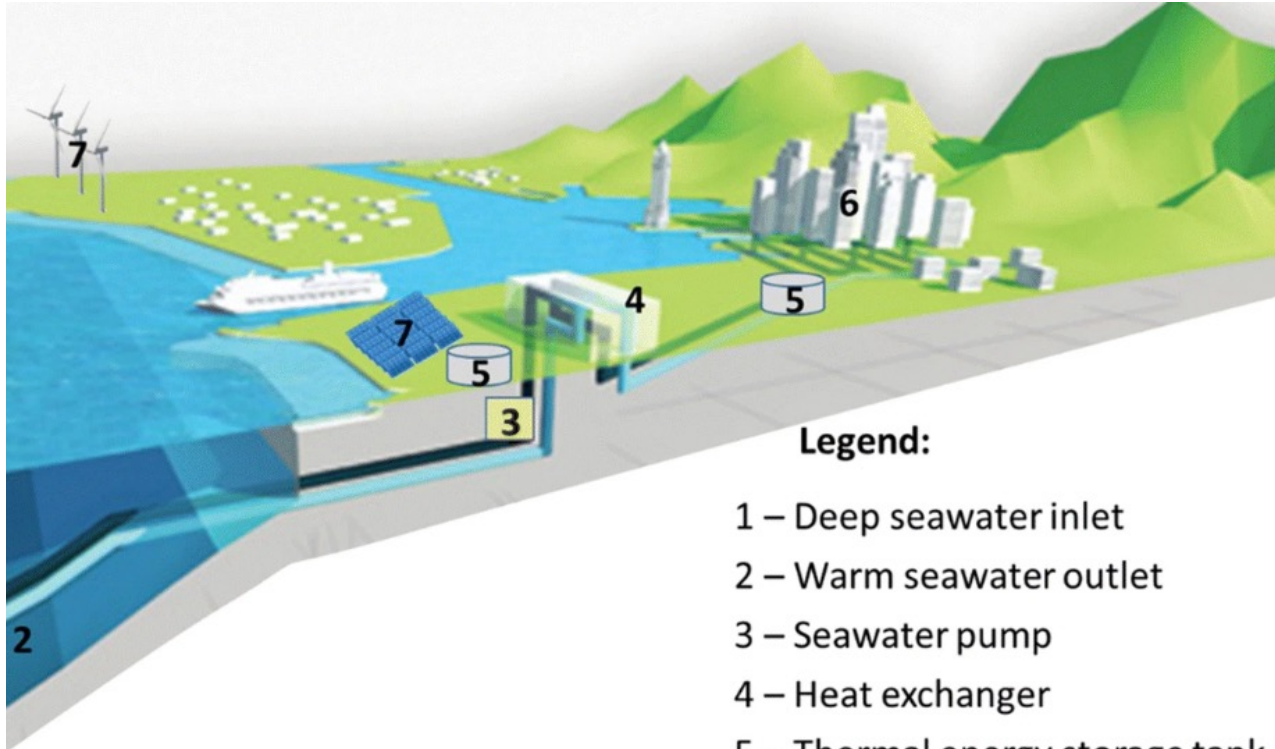


La figura illustra la differenza tra i costi di vita per un sistema AC convenzionale e un sistema SWAC a livello di capitale da investire, manutenzione e consumo elettrico.



Un investimento medio richiesto per un sistema SWAC è di circa 4000 USD/kWh di carico di condizionamento e il costo medio livellato dell'energia è di 0,055 USD/kWh .

MIGLIORAMENTI IMPIANTO SWAC



Legend:

- 1 – Deep seawater inlet
- 2 – Warm seawater outlet
- 3 – Seawater pump
- 4 – Heat exchanger
- 5 – Thermal energy storage tank
- 6 – District cooling
- 7 – Renewable sources of energy

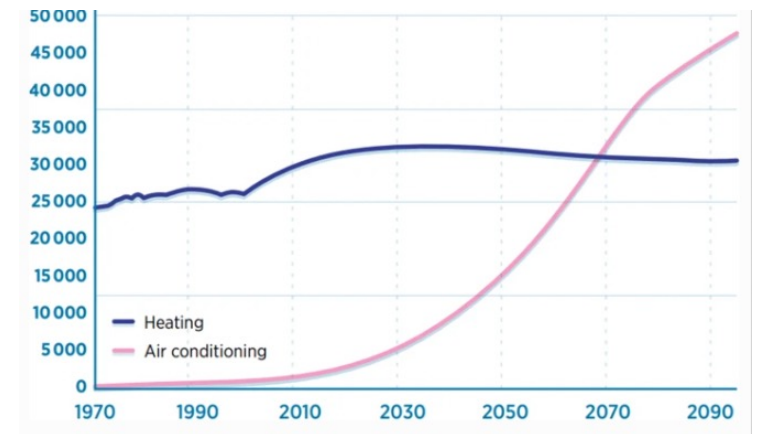
- Aumento della velocità nelle tubazioni;
- Sinergia con energie rinnovabili: collaborazione con impianti eolici e solari;
- Accumulo di acqua ghiacciata mediante una pompa di calore.

CONCLUSIONI

Il rapido e continuo aumento della domanda di raffreddamento per il condizionamento dell'aria in tutto il mondo comporta la necessità di soluzioni di raffreddamento più efficienti.

La tecnologia SWAC consente di risparmiare una considerevole quantità di energia elettrica rispetto ad un sistema AC convenzionale.

Apportando miglioramenti come l'aumento di velocità e la sinergia con fonti rinnovabili, emerge la possibilità di aumentare il carico da raffreddare: si incrementa così l'efficienza e si giustifica l'investimento economico per questi impianti.



Domanda globale prevista per il riscaldamento rispetto al raffreddamento, 1970-2090 (Isaac e Van Vuuren 2009).