

Università degli studi di Pavia

Dipartimento di ingegneria industriale e dell'informazione
Facoltà di ingegneria industriale
Curriculum meccanica

TITOLO

Presentazione e analisi del processo Solar Desalination Geoassisted Continuous

Relazione discussa in sede di laurea dal candidato:
Marco Giuseppe Agrò, matricola 410557

Relatore: Stefano Farné
Correlatore: Vito Lavanga

A.A. 2014/2015

Scopo

- Lo scopo principale di questa relazione, è quello di presentare il processo brevettato Solar Desalination Geoassisted Continuous, analizzarlo e confrontarlo con lo Stato dell'arte, col fine di valutarne la competitività tecnica ed economica.

Perché è importante dissalare?



Perché è importante dissalare?

- Con il passare degli anni la richiesta di acqua dolce continua a crescere con un ritmo nettamente superiore alla capacità di sfruttare l'acqua dolce disponibile in natura.
- Risulta quindi necessario trovare dei metodi per aumentare la disponibilità di acqua dolce presente in un determinato territorio.
- Sebbene la dissalazione sia un processo complicato, energeticamente dispendioso e soprattutto costoso, esso risulta essere il processo più vantaggioso per la produzione di acqua dolce. Questo perché l'acqua salata risulta essere una risorsa inesauribile e disponibile nella maggior parte del pianeta (il 93 % dell'acqua disponibile in natura è salata).

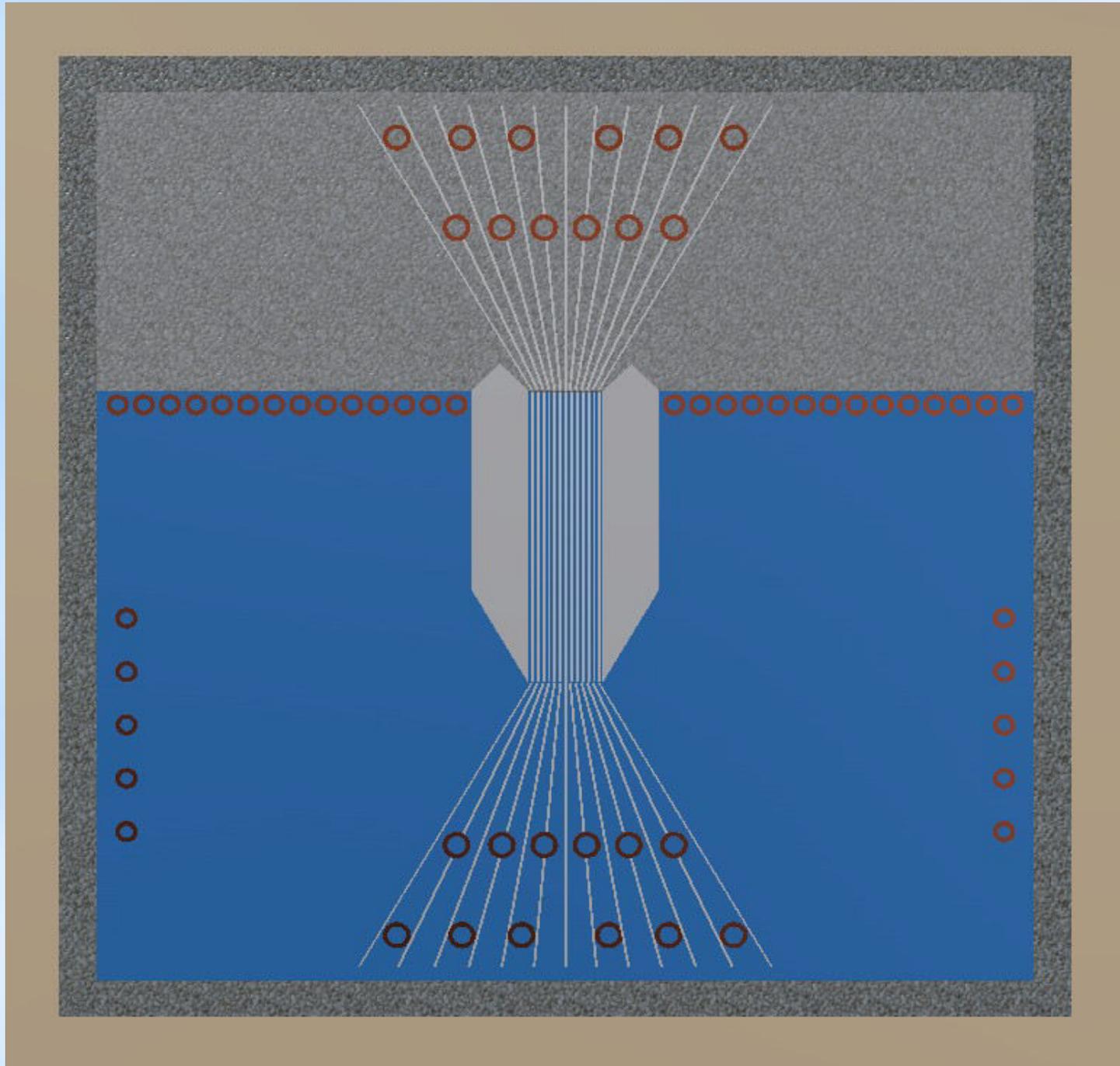
Stato dell'arte.

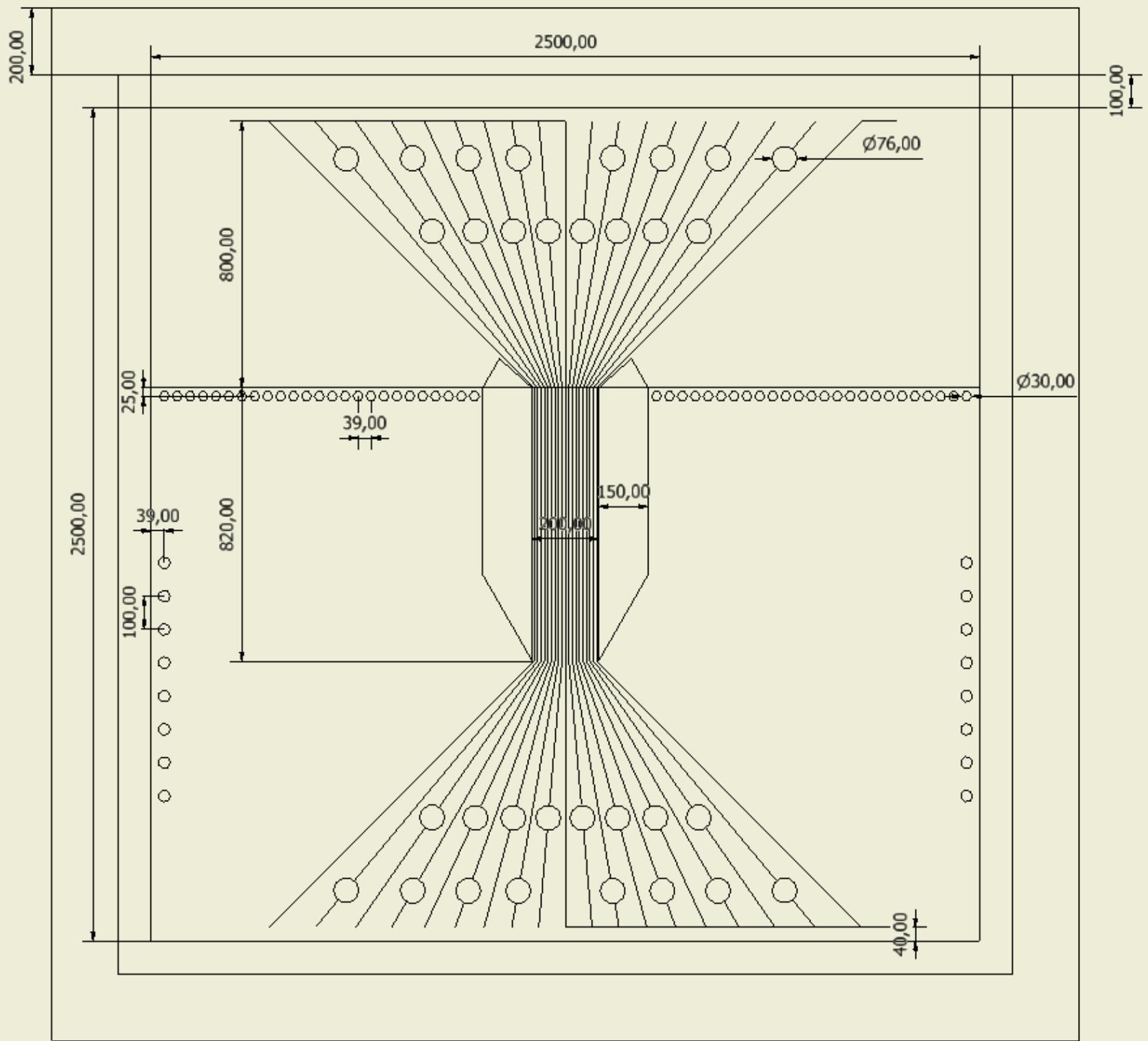
- Impianti tradizionali ad evaporazione:
 - Multistage Flash;
 - Multi Effect Distillation;
- Processi a membrana:
 - Osmosi inversa;
 - Elettrodialisi;
- Dissalazione mediante fonti di energia rinnovabile:
 - Solar Still;
 - Solar humidification-dehumidification-desalination.

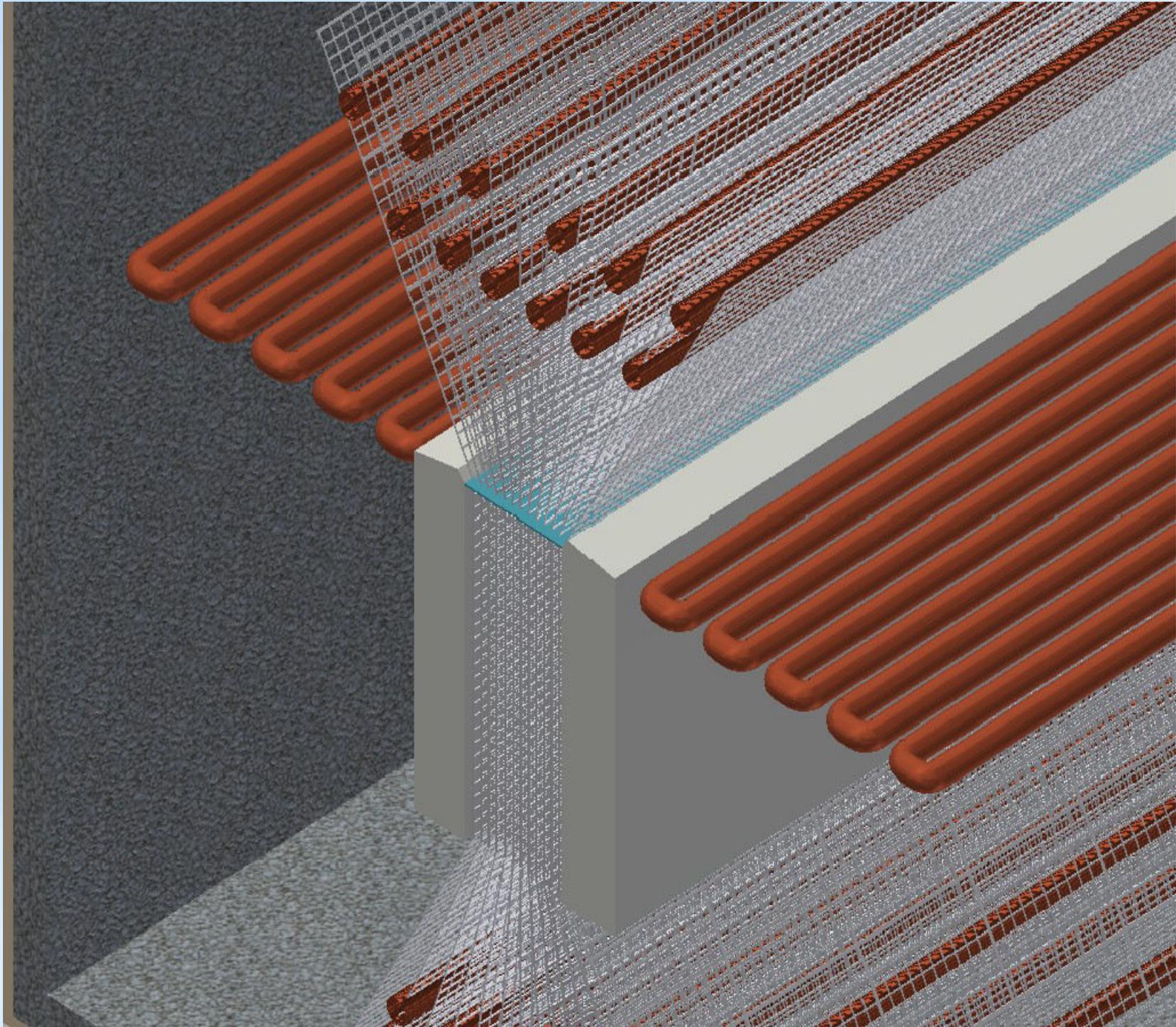
Solar Desaliantion Geoassisted Continuous.

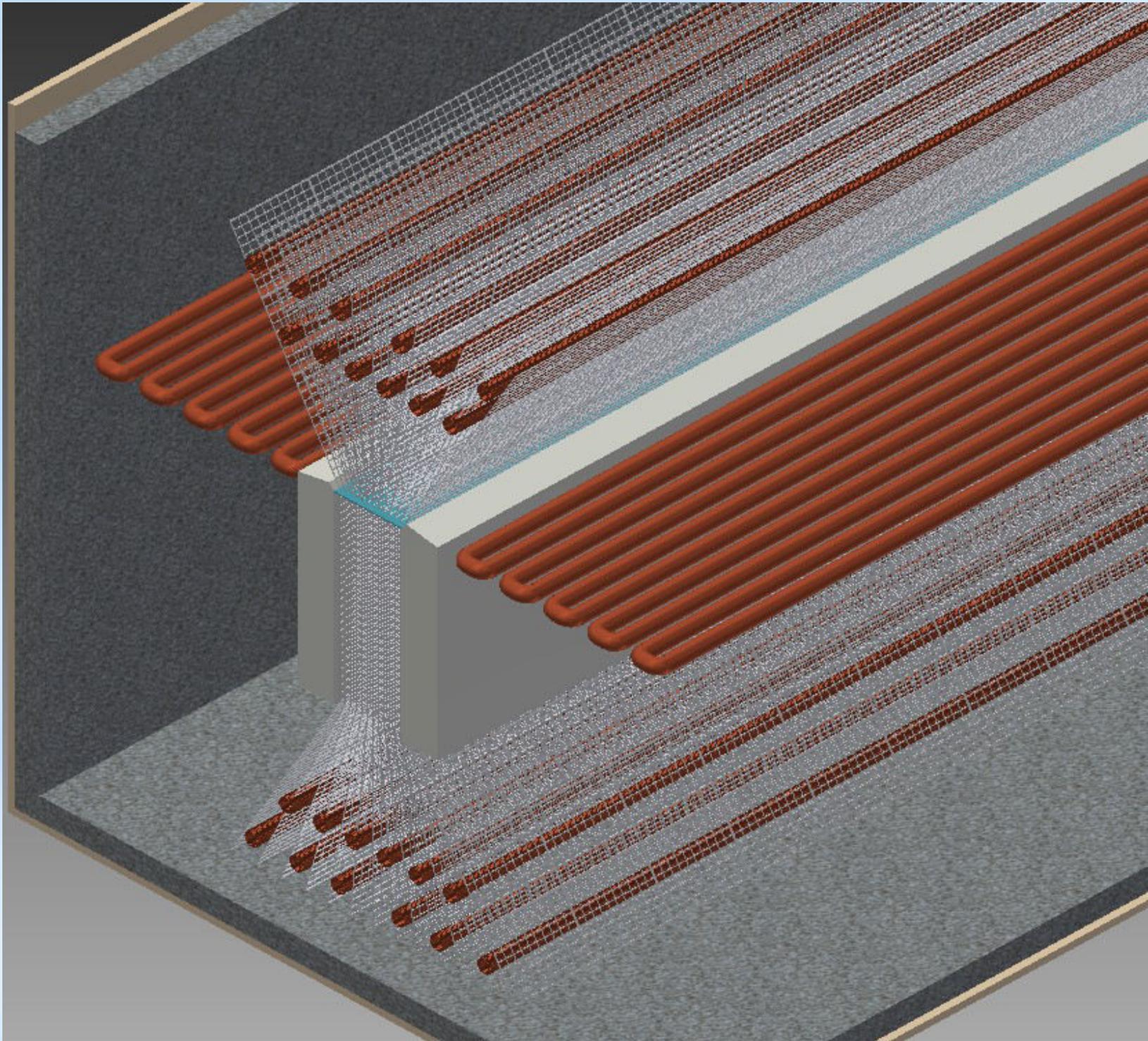
Processo di dissalazione brevettato che utilizza come unica fonte di energia quella solare. Tramite l'innovativo designed permette di ottenere acqua distillata. Si basa essenzialmente su una prima fase di umidificazione e su una successiva deumidificazione dell'aria.

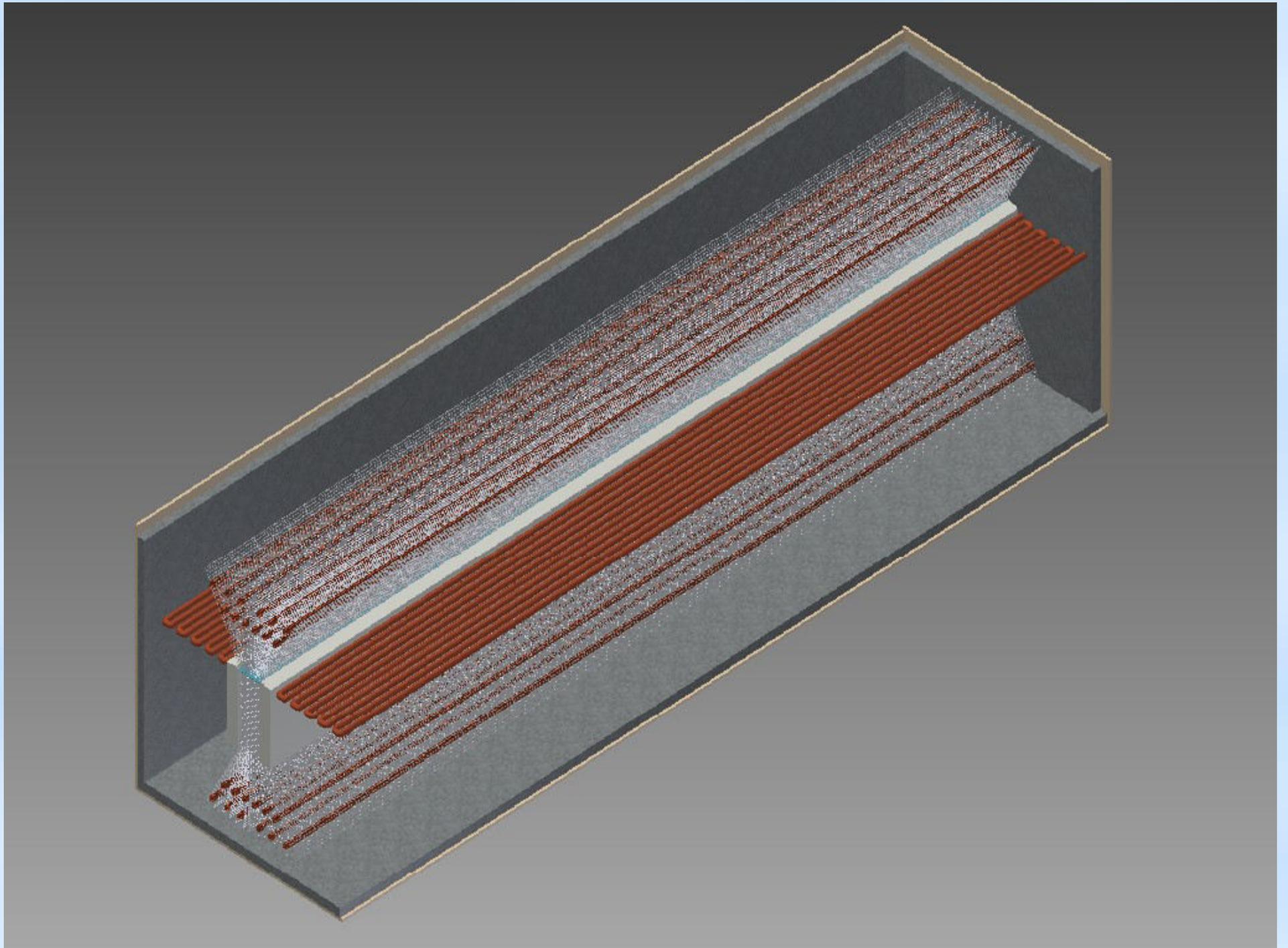
SDGC: descrizione impianto.



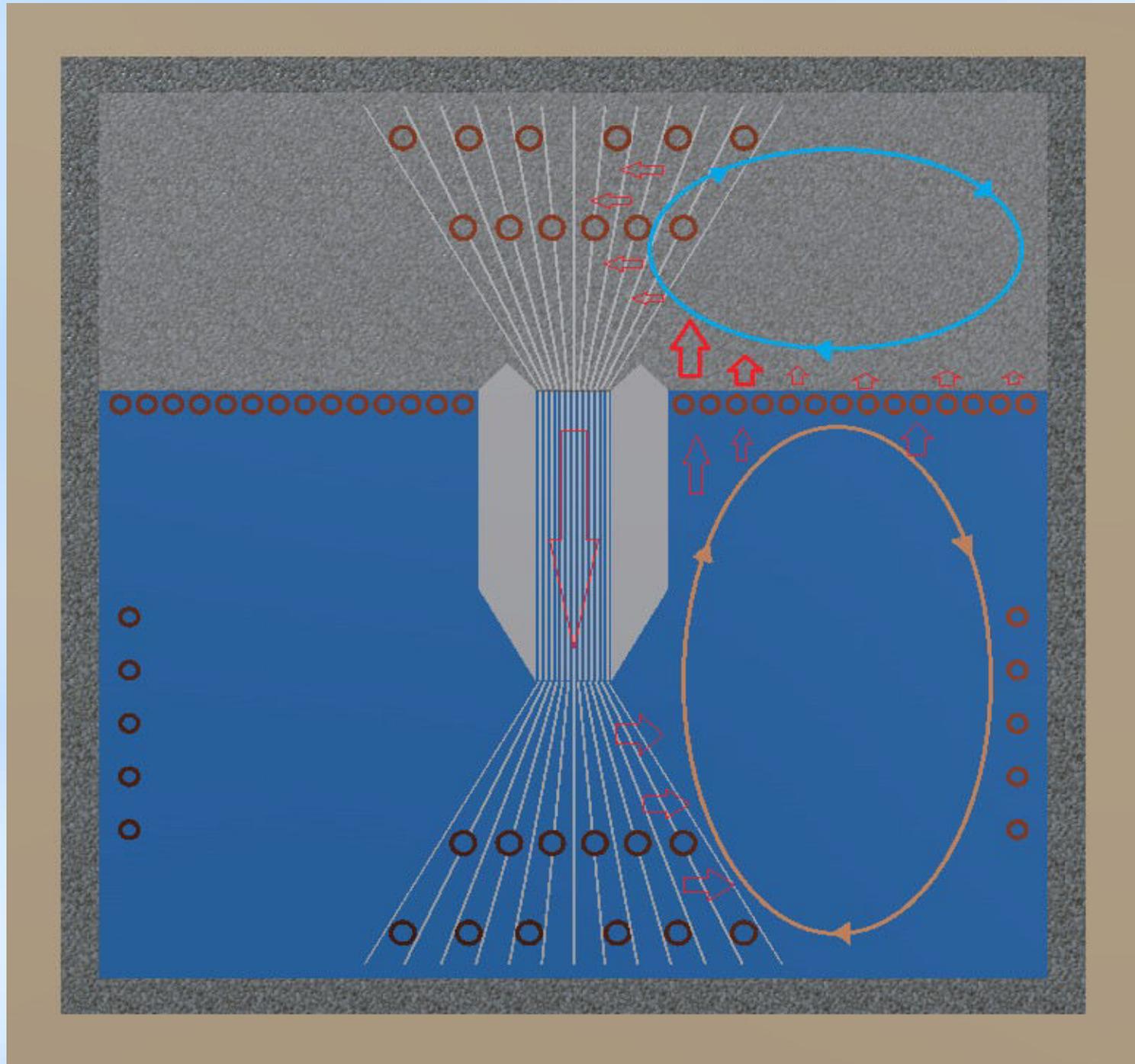








Descrizione del funzionamento.



SDGC: aspetti fondamentali per il buon funzionamento.

- I gradienti termici (tra superficie dell'acqua e fondo, fra parte superiore e inferiore delle lamiere); hanno fondamentale importanza in quanto rappresentano il vero motore del processo;
- Zona critica in prossimità delle superficie e in corrispondenza delle lamiere (il gradiente termico potrebbe presentare delle distorsioni e il flusso termico essere limitato o addirittura impedito);
- Quantità di calore che circola è sempre la stessa, nel caso ideale in cui non ci fossero scambi di calore e materia con l'esterno, il processo sarebbe in grado di autoalimentarsi.
- Per questo motivo il processo può lavorare per 24 ore al giorno.

SDGC: casi di funzionamento anomalo.

- Lamiere superiori con temperatura prossima a quella dell'aria:
 - Si potrebbe verificare questa situazione quando il tunnel termico non risulta più sufficiente per permettere il passaggio di calore;
 - Il processo di deumidificazione non avviene più in maniera efficiente;
 - Si può rimediare al problema facendo scorrere l'acqua all'interno dei tubi superiori e inferiori e portare il calore in eccesso nella parte inferiore;
- Gradienti termici bassi:
 - Si verifica quando le temperature dei vari punti dell'impianto sono molto simili tra loro, sia a temperature basse che a temperature alte.

SDGC: modellizzazione matematica.

- Funzionamento a regime plausibile:
 - Temperatura acqua superficie: 45 °C ;
 - Temperatura acqua sul fondo: 15 °C ;
 - Temperatura delle lamiere sopra: 35 °C ;
- Energia in ingresso:
 - Si ipotizza di disporre di 100 kWh day⁻¹ , dato l'irraggiamento termico medio a Milano, questa quantità è disponibile con un impianto solare di 25 m²

SDGC: modellizzazione matematica.

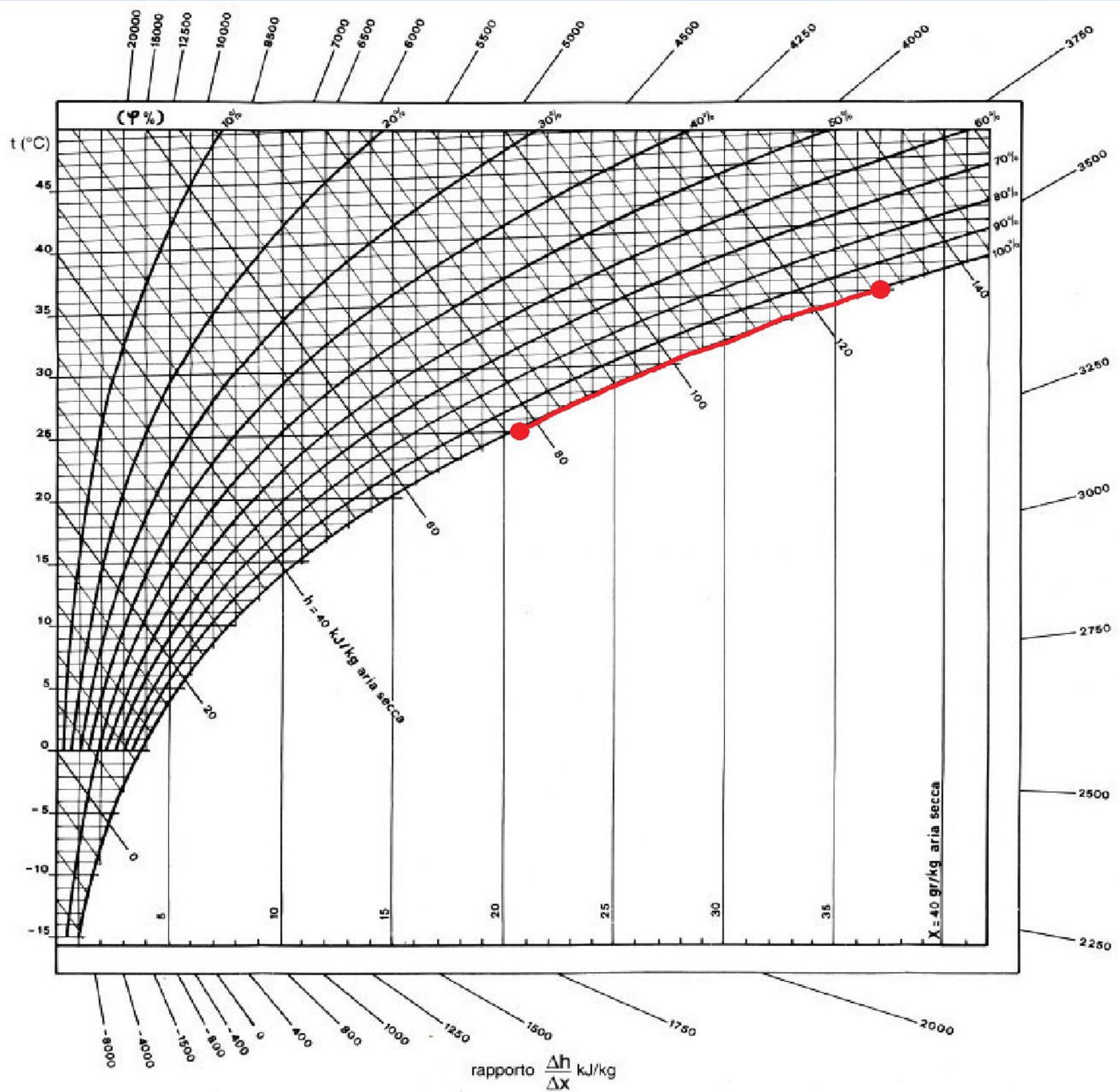
- Per procedere alla modellizzazione matematica, si è fatto riferimento al diagramma psicometrico dell'aria umida, il cui stato è determinato dalle seguenti grandezze:
 - Entalpia: $h = 1.005 * t + x * (2500 + 1.87 * t)$;
 - Umidità specifica: $x = 0.622 * i * p_s / (p_{atm} - i * p_s)$;
 - Temperatura;
 - Umidità relativa “i”;
- La pressione di saturazione si calcola tramite la seguente formula:
 - $P_s = 610.5 * e^{(17.269 * t / 237.3 + t)}$;

SDGC: modellizzazione matematica.

- Ipotesi semplificative di funzionamento:
 - Durante il suo moto convettivo l'aria a contatto con l'acqua durante la fase di umidificazione, arriva a raggiungere la temperatura di 45 °C (la stessa dell'acqua) ;
 - Durante la fase di deumidificazione a contatto con le lamiere, la sua temperatura si abbassa fino a 35 °C (la stessa delle lamiere);
 - In entrambe le fasi, l'aria si trova in condizioni di saturazione;

SDGC: modellizzazione matematica.

- Valori dell'aria umida dopo la fase di umidificazione:
 - $i = 100\%$ (ipotesi);
 - $t = 45 \text{ }^\circ\text{C}$ (ipotesi);
 - $p_s = 9576 \text{ Pa}$;
 - $x = 64,92 \text{ g kg}^{-1}$ di aria secca;
- Valori dell'aria umida dopo la fase di deumidificazione:
 - $i = 100\%$ (ipotesi);
 - $t = 35 \text{ }^\circ\text{C}$ (ipotesi);
 - $p_s = 5619 \text{ Pa}$;
 - $x = 36,5 \text{ g kg}^{-1}$ di aria secca;



SDGC: modellizzazione matematica.

- Così facendo la produzione di acqua distillata è data dalla differenza di titolo, ed è quindi di $28,42 \text{ g kg}^{-1}$ di aria secca.
 - Per trovare ora la produzione oraria dell'impianto, occorre trovare la portata massica di aria secca coinvolta nel moto ascendente in prossimità delle lamiere.
 - Per calcolare la portata massica di aria secca, si utilizza questa formula:
 - $Q_{as} = (Q_{au} * p_{as}) / (R_a * T)$
- $R_a = 287.05 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$;
- Per calcolare la portata volumetrica di aria umida si è ipotizzato che la velocità fosse di 0.3 m s^{-1} , passante per una sezione di $30 * 994 \text{ cm}$. Risulta quindi essere di $0.8946 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

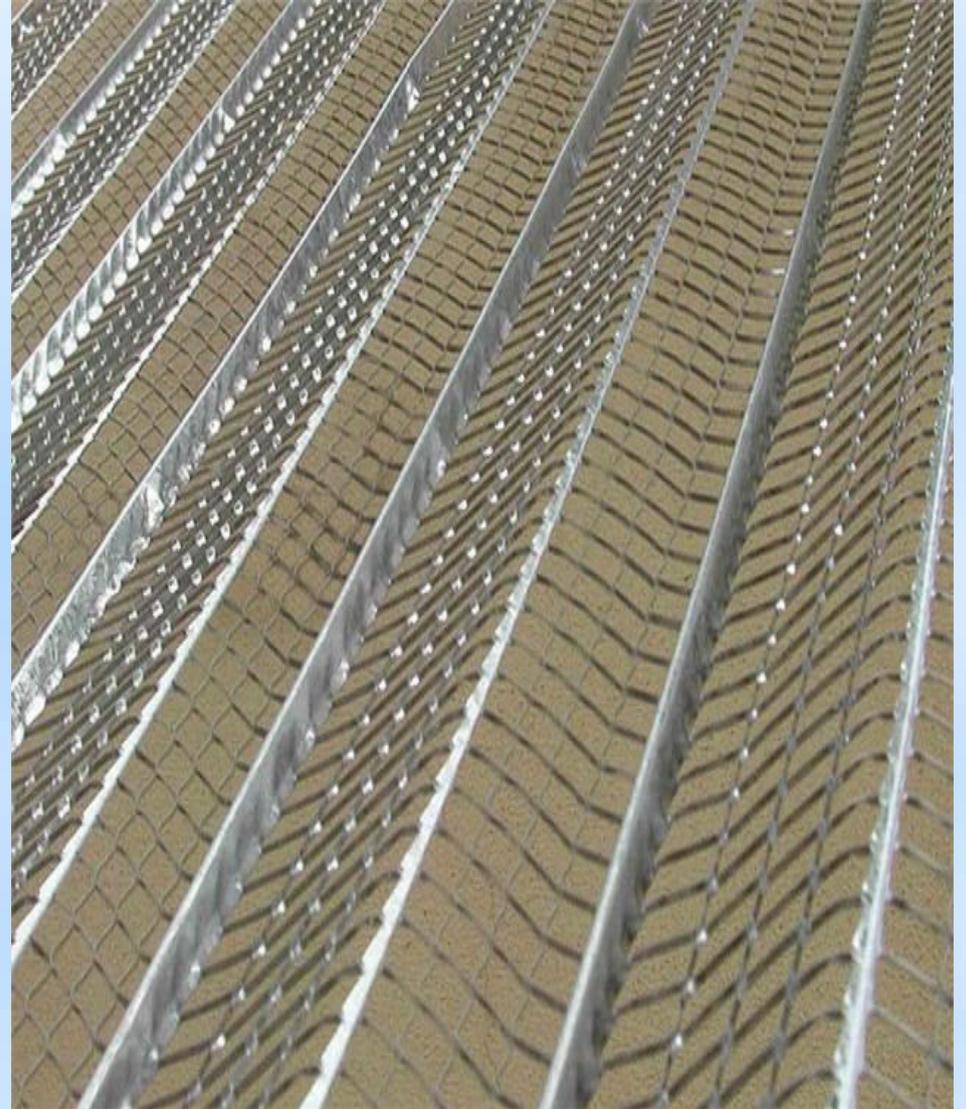
SDGC: modellizzazione matematica.

- Svolgendo i calcoli, si trova che la produzione oraria di acqua distillata è di 920 kg h^{-1} , e quindi di $22080 \text{ kg day}^{-1}$ se si considera un funzionamento di 24 ore al giorno.
- Osservazioni:
 - Questi livelli produttivi sono riferiti alla particolare condizione di funzionamento considerata;
 - I livelli di produzione variano in funzione delle temperature presenti all'interno dell'impianto, e quindi in funzione delle stagioni, delle condizioni metereologiche e delle particolari ore del giorno.
 - Possono comunque essere installati componenti di immagazzinamento termico.

SDGC: prodotti scelti.

- Contenitore in calcestruzzo:
 - Questi tipi di contenitori vengono prodotti dalle aziende e venduti come prefabbricati. Il calcestruzzo deve essere scelto opportunamente perché deve resistere all'azione corrosiva dell'acqua di mare. Un esempio è il prodotto della società Gazebo che utilizza calcestruzzo autocompattante.
- Lamiere stirate:
 - Il prodotto ideale sarebbe di alluminio. Si è optato per una scelta molto più economica, ovvero la rete portaintonaco di acciaio zincato. Resiste alla salinità dell'acqua, presenta una buona conducibilità termica ($50 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$), il prezzo è davvero molto basso, è facilmente lavorabile, presenta delle canaline.

SDGC: prodotti scelti.



SDGC: prodotti scelti.

- Pannelli di poliuretano espanso:
 - Presentano una conducibilità termica molto bassa di circa $0.0023 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$; società Stiferite, pannelli esterni Class SK rivestiti su entrambe le facce con del velo di vetro saturato, pannelli interni Al 4 rivestiti con una sottile lamiera di alluminio goffrato.
- Tubazione alluminio corrugato:
 - L 'alluminio è un buon conduttore, con una conducibilità di circa $290 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$. I tubi corrugati creano una sorta di alettatura che permette di aumentare la superficie di scambio termico, inoltre conferiscono al fluido un moto di regime turbolento.

SDGC: conclusioni.

Si conclude che:

- Processo semplice che utilizza l'energia in maniera molto efficiente (tunnel termico, ciclo perpetuo, recupero energia);
- Consumo specifico di energia basso ($< 5 \text{ kWh per m}^3$);
- Completamente alimentato da energia solare (pannelli solari e fotovoltaici);
- Costo dei prodotti basso (materiali usati in edilizia);
- Livello di produzione elevato ($20 \text{ m}^3 \text{ day}^{-1}$ per una singola unità che occupa circa 25 m^2 di spazio);
- Funzionamento a basse temperature (non ci sono problemi di corrosione o incrostazione);
- Manutenzione scarsa;
- Produzione di acqua distillata.