

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale
Corso di Laurea in Ingegneria dell'Energia

Relazione per la prova finale
**«Atmospheric Water Harvesting:
il ruolo dei materiali nelle tecnologie a condensazione»**

www.dii.unipd.it

Tutor universitario: *Prof.ssa Elena Colusso*

Laureanda: *Lisa Corazza*

Matricola numero 2000286

Padova, 21/09/2023

Definiamo **Atmospheric Water Harvesting** il recupero dell'acqua a partire dall'aria andando a sfruttare l'umidità presente in essa.

Per attuare questo recupero e vincere in parte la crisi odierna dell'acqua, dobbiamo connettere il campo dei materiali con quello dell'energia, tenendo conto delle reali condizioni di lavoro.

Durante questa esposizione si affronteranno:

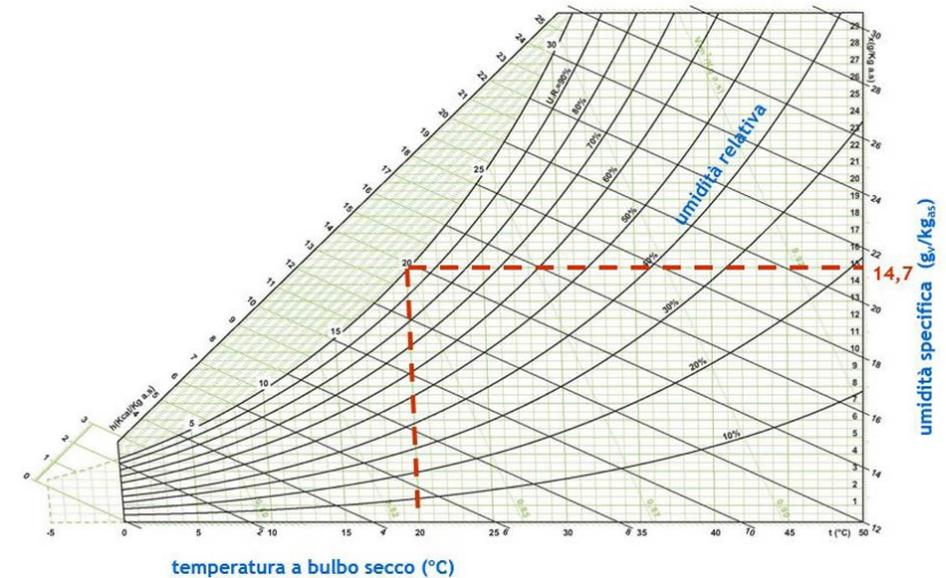
- ❖ Valutazione e definizione dell'**aria umida**;
- ❖ **Tecnologie e materiali** per l'AWH;
- ❖ Descrizione di un dispositivo per il recupero dell'acqua basato sulla **cella Peltier**;
- ❖ Descrizione di alcune **soluzioni innovative** e/o ancora in fase di sviluppo;
- ❖ Ipotesi sulle possibili **aree di studio** future.

Per poter comprendere i meccanismi e le modalità del recupero, è necessario definire l'aria umida:

L'**aria umida** non è altro che una miscela di vapor d'acqua e aria secca. Solo la prima componente è quella condensabile; l'aria secca, invece, è una miscela di gas già presenti nell'aria la cui concentrazione rimane invariata durante processi tra cui la deumidificazione e l'umidificazione.

Per valutare con precisione alcune soluzioni, è necessario precisare come avviene il processo di nucleazione e accrescimento.

Punto di Dew Point o Punto di Rugiada:
Temperatura alla quale, a pressione costante, l'aria umida diventa satura di vapore. In queste condizioni, siamo in grado di attuare la condensazione.



Parlando di **nucleazione e accrescimento**, definiamo il processo grazie al quale riusciamo, partendo da *nuclei*, ad arrivare a vere e proprie gocce di acqua.

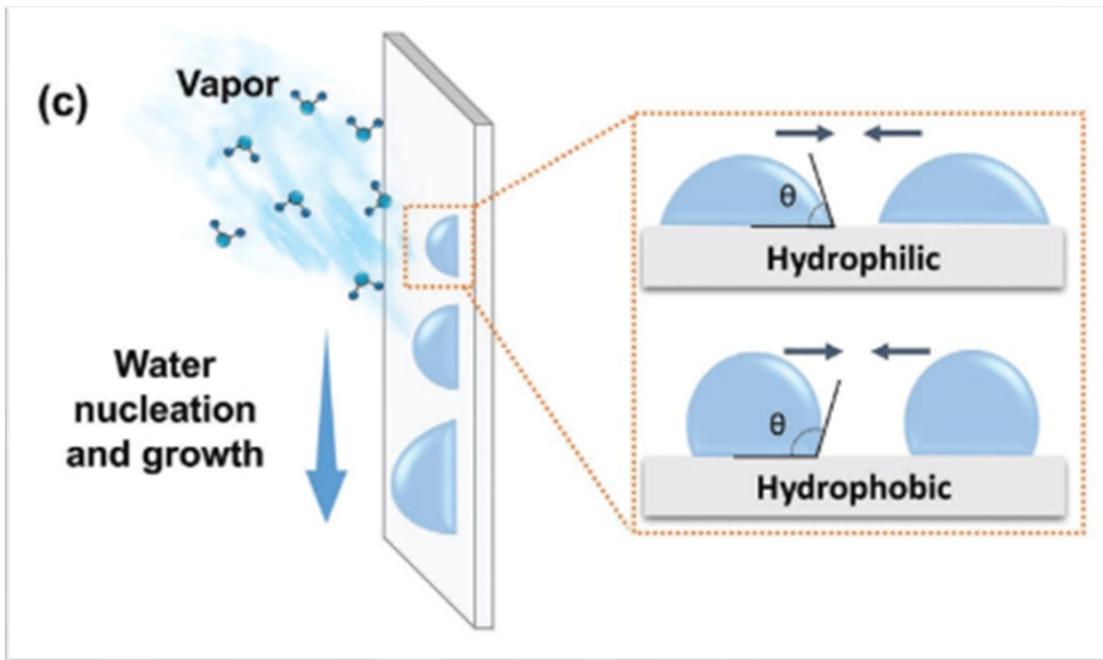
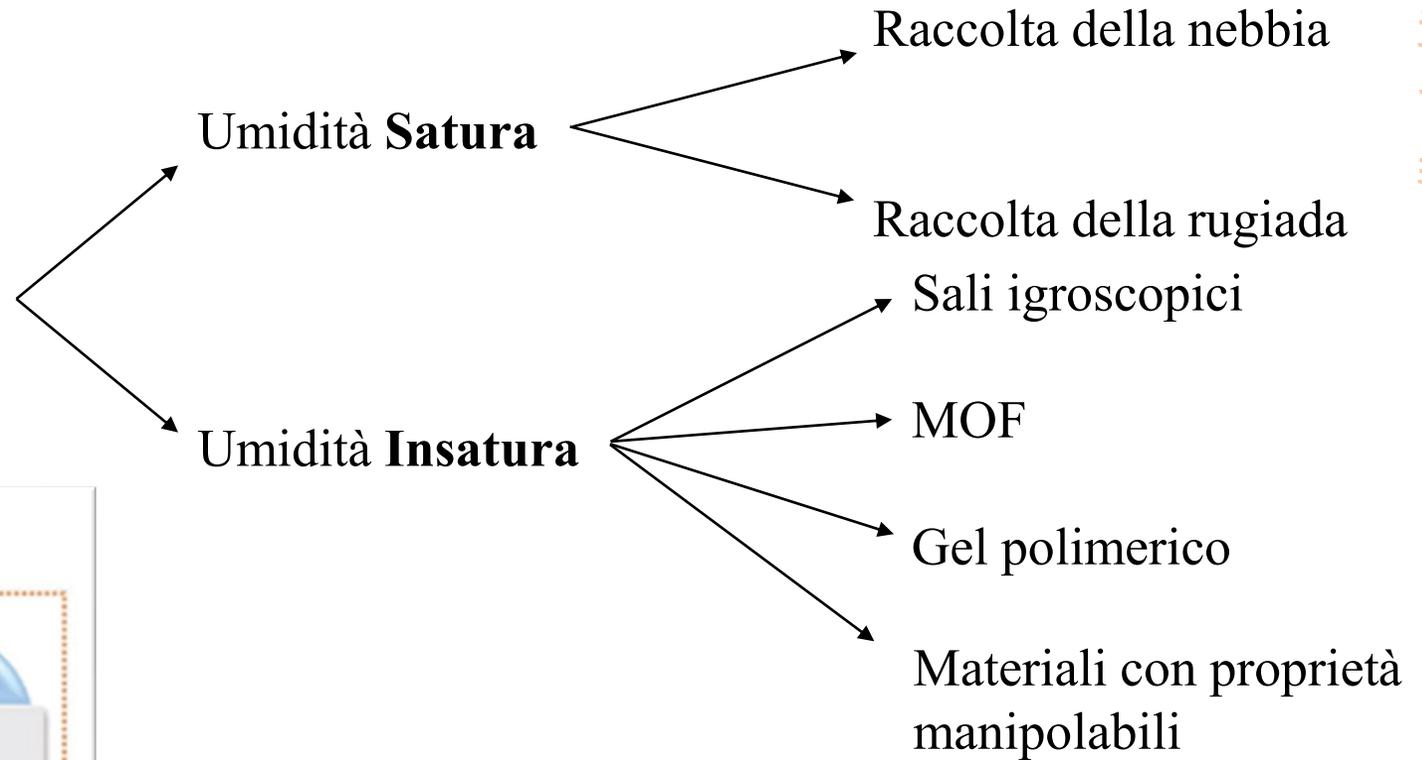
Ci soffermeremo principalmente sulle **TECNOLOGIE A CONDENSAZIONE**, le quali sono descritte dai seguenti parametri:

$$\diamond \textit{ Harvested water mass per hour} = \textit{WHR} = \frac{\textit{massa d'acqua} \left[\frac{\textit{kg}}{\textit{h}} \right]}{\textit{ore}}$$

$$\diamond \textit{ Power consumption unit mass of water harvested} = \textit{UPC} = \frac{\textit{consumo di energia} \left[\frac{\textit{kWh}}{\textit{kg}} \right]}{\textit{massa d'acqua}}$$

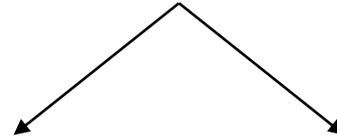
Possiamo comunque fare riferimento alla differenziazione tra tecnologie **ATTIVE** e **PASSIVE**.

Al variare della quantità di vapore presente, distinguamo in:



È utile andare anche a creare zone differenziate grazie all'uso di materiali **idrofilici** e **idrofobici**, tenendo quindi conto di proprietà come la **bagnabilità**.

Per poter scegliere il materiale adatto, dobbiamo tener conto di:

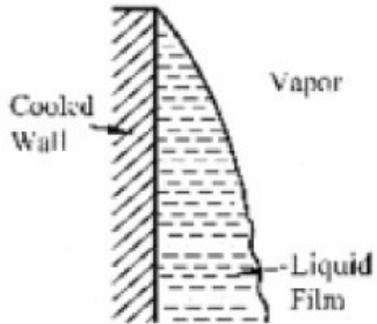


Modalità grazie alla quale il vapor d'acqua condensa sulla superficie:

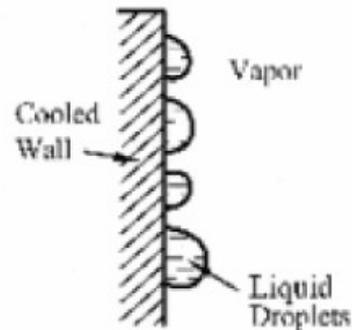
Angolo di contatto:

$$\cos \theta = \frac{(tensione\ solido\ aria) - (tensione\ solido\ liquido)}{tensione\ liquido\ aria}$$

il cui valore dipende dalle proprietà della superficie stessa.

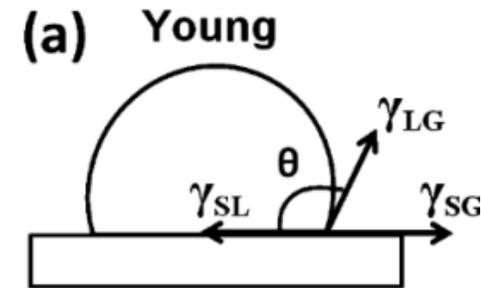


Condensazione a film

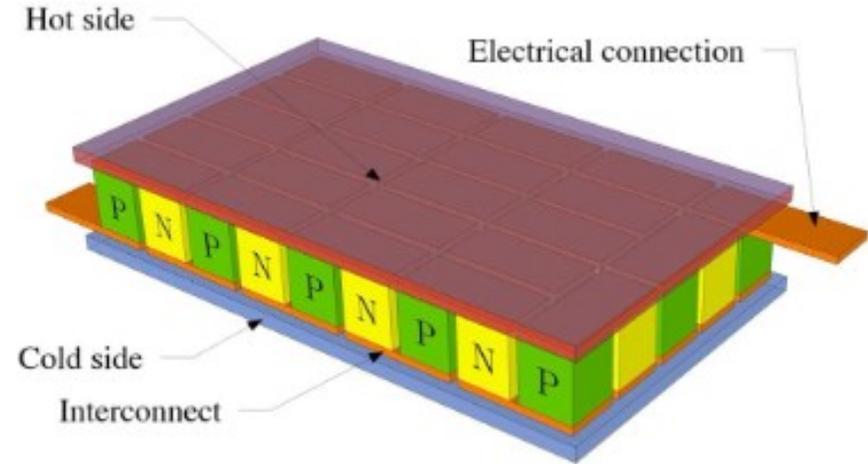


Condensazione a goccia

Valore angolo di contatto (°)	Tipologia di superficie	Bagnabilità
$0 \leq \theta \leq 90$	Idrofilica	Alta
$90 < \theta \leq 140$	Idrofobica	Medio-Bassa

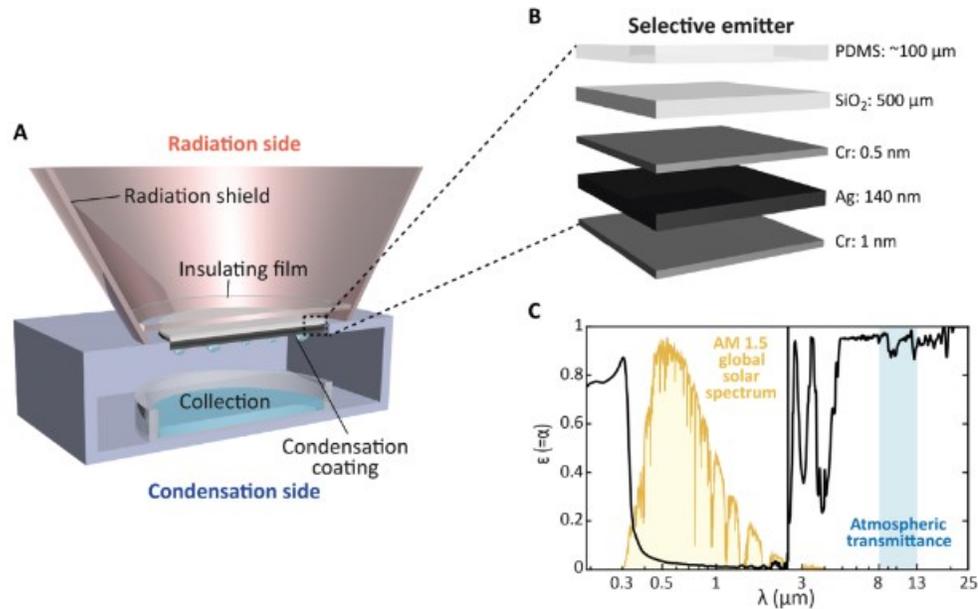


La cella Peltier è un dispositivo elettrotermico che, grazie alla corrente continua, riesce a produrre una sorgente fredda.



- ❖ Per ottenere la condensazione del vapor d'acqua, sfruttiamo il lato freddo per arrivare al *Dew Point*.
- ❖ È possibile utilizzare semplicemente l'**energia del sole** per il suo funzionamento.

La massima produzione potrebbe aggirarsi intorno a **1 litro di acqua all'ora**.



Questa soluzione passiva è composta da:

- ❖ Un **emettitore selettivo** composto da materiali differenti tra cui Cromo, Argento, PDMS, Silice;
- ❖ Uno **strato super idrofobico** in CNF.

Questa tecnologia lavora in condizioni di umidità molto satura:

Se UR = 90%, il tasso di raccolta dell'acqua vale **28,6 g/m² h**

Questa tecnologia sfrutta l'energia del sole grazie all'associazione di **moduli fotovoltaici** con **idropannelli**.

È in grado di funzionare in luoghi molto aridi ma non in situazioni dove le temperature sono al di sotto dei 0 °C.



Il recupero dell'acqua potabile può arrivare anche fino a 5 litri al giorno.

- ❖ Il recupero dell'acqua può essere attuato mediante molte soluzioni differenti, utilizzando l'energia del Sole, materiali selettivi, controllando la bagnabilità delle superfici, ...:
 - **Raffreddamento radiativo:** soluzione che non richiede la luce solare diretta e che funziona in *completa autonomia*, grazie anche al controllo delle proprietà delle superfici;
 - **Sfruttamento delle celle solari:** è necessario lavorare con più *radiazione solare diretta* possibile, poiché andiamo a utilizzare i pannelli solari per produrre energia elettrica.

- ❖ Nella totalità, il recupero a partire dall'umidità definisce la «scoperta» di una nuova fonte per **l'estrazione di acqua**;
- ❖ Possiamo aspettarci un'intensificazione degli studi in questo campo e un **miglioramento dell'efficienza e della versatilità** di applicazione delle tecnologie e dei materiali già testati;
- ❖ I limiti restano, ad oggi, i **costi** e i **tempi** necessari per il recupero.

***GRAZIE PER
L'ATTENZIONE***