

Nome Gruppo	Ricerca e INnOVazione per la refrigerazione a stato solido
Acronimo	RINOVA
Responsabile	Prof. Adriana Greco
Gruppo	Prof. Adriana Greco (PO), Dott.ssa Claudia Masselli (RTDB), Dott. Luca Cirillo (RTDA), Dott.ssa Sabrina Gargiulo (PhD Student); Dott. Vincenzo Orabona (PhD Student); Dott.ssa Lucrezia Verneau (Post-Graduated Research Fellow).
Indirizzo	P.le Tecchio 80, Napoli
Link	
Mission	
Il gruppo RINOVA nasce con la missione di sviluppare tecnologie di raffreddamento sostenibile basate su refrigeranti solidi, come alternativa eco-compatibile ai tradizionali sistemi a compressione di vapore. I refrigeranti a stato solido o materiali calorici sono una classe di materiali intelligenti che mostrano una variazione significativa di temperatura quando sono sottoposti a un campo esterno variabile, come uno sforzo meccanico, un campo magnetico, elettrico o una variazione di pressione. Questo fenomeno, noto come effetto calorico, può essere sfruttato per realizzare sistemi di raffreddamento a stato solido alternativi ai tradizionali cicli a compressione di vapore, con il potenziale di ridurre l'impatto ambientale legato all'uso di gas refrigeranti. A seconda del tipo di stimolo applicato, si distinguono diversi effetti calorici: l'effetto elastocalorico, indotto da deformazioni meccaniche; l'effetto magnetocalorico, da campi magnetici; l'effetto elettrocalorico, da campi elettrici; e l'effetto barocalorico, associato a variazioni di pressione. Tutti questi effetti si basano su transizioni di fase reversibili nei materiali, accompagnate da variazioni entropiche e di temperatura, e rappresentano oggi un promettente fronte di ricerca per la realizzazione di dispositivi di raffreddamento efficienti, compatti e sostenibili. In questo contesto, il gruppo si occupa dello sviluppo e dell'ottimizzazione di sistemi calorici attraverso una modellazione avanzata multi-fisica e la validazione sperimentale. L'attività si concentra in particolare sull'analisi numerica di dispositivi innovativi basati su materiali elastocalorici, magnetocalorici ed elettrocalorici, con l'obiettivo di migliorarne le prestazioni energetiche e la fattibilità applicativa. Le simulazioni sviluppate da RINOVA integrano aspetti termici, meccanici e fluidodinamici, permettendo di esplorare il comportamento dei dispositivi in condizioni realistiche e di guidare la progettazione dei prototipi. L'utilizzo di codici FEM e CFD, assieme a modelli ridotti (ROM) per l'analisi rapida di scenari applicativi, consente non solo di progettare i dispositivi, ma anche di prevederne il comportamento in configurazioni realistiche, simulando cicli annuali di carico termico, efficienza stagionale, risposta dinamica a variazioni climatiche e profili di utilizzo reali. Tali modelli sono affiancati da strumenti sperimentali ad alta risoluzione, come sensori per temperatura, velocità dell'aria, pressione e potenza elettrica, collegati a sistemi CompactRIO per l'acquisizione e il controllo in tempo reale dei device modellati. Il gruppo si avvale del laboratorio RINOVA che dispone di un'infrastruttura di calcolo dedicata: server multi-core con GPU e RAM fino a 164 GB, storage RAID ad alta capacità e affidabilità (NAS da 8 TB ciascuno), librerie numeriche personalizzate e ambienti software per simulazione dinamica. Queste risorse consentono un'analisi dettagliata, rapida e scalabile, supportando l'intero ciclo di sviluppo dalla modellazione alla prototipazione fisica. Il laboratorio è coinvolto in progetti di ricerca nazionali e internazionali e collabora attivamente con gruppi internazionali per la realizzazione di tecnologie di raffreddamento e riscaldamento sostenibili, scalabili e ad alte prestazioni.	

Il gruppo RINOVA ha attualmente una competenza focalizzata sull'effetto elastocalorico sia per quanto riguarda le SMA che le gomme.

I dispositivi elastocalorici sviluppati nel laboratorio RINOVA sfruttano in particolare leghe a memoria di forma (Shape Memory Alloys, SMA), che mostrano effetti termoelastici reversibili in risposta a cicli di carico e scarico meccanico. Tali materiali, come il NiTi, sono in grado di generare variazioni significative di temperatura durante la trasformazione di fase martensitica, costituendo una risorsa chiave per lo sviluppo di nuove pompe di calore a stato solido. La prima fase di attività ha visto la progettazione, simulazione e realizzazione di un dispositivo che rappresenta la prima pompa di calore elastocalorica italiana, rotativa con potenze frigorifere dell'ordine di 1 kW. Tale device è basato su fili sottili di NiTi (lega binaria) sollecitati a trazione. Questo primo prototipo, sviluppato nell'ambito di un progetto nazionale, ha permesso di esplorare le potenzialità dell'effetto elastocalorico in configurazione rigenerativa, con moduli SMA attivati ciclicamente per garantire il trasferimento di calore lungo un rigeneratore. L'attività sperimentale ha confermato le previsioni modellistiche, mostrando un comportamento termico ciclico stabile, buone prestazioni energetiche e un'elevata ripetibilità dei cicli. Con le prestazioni energetiche ricavate sono state fatte simulazioni dinamiche del dispositivo con il software TRNSYS in modo da testarlo anche come pompa di calore in condizioni reali, dimostrando un'efficienza energetica comparabile ai sistemi a compressione di vapore di pari taglia e aprendo la strada a una nuova generazione di macchine per il condizionamento domestico e commerciale.

L'evoluzione tecnologica è proseguita con lo sviluppo del dispositivo SMACOOOL, nato nell'ambito di un progetto europeo Horizon. Il nuovo prototipo ha adottato la compressione meccanica al posto della trazione, al fine di aumentare la vita a fatica dei materiali e migliorare l'integrazione con geometrie compatte. Il sistema è stato progettato con una configurazione rotativa, dove i rigeneratori, disposti lungo una corona cilindrica, ruotano attraverso zone calde e fredde, consentendo un trasferimento termico continuo. Le simulazioni FEM, combinate a modelli CFD e a un'analisi dinamica della distribuzione dello strain, hanno guidato l'ottimizzazione del design.

Nell'ambito delle attività di ricerca sui materiali elastocalorici, RINOVA collabora attivamente con il gruppo di ricerca dell'Università di Barcellona, con cui conduce studi avanzati sulle gomme elastocaloriche, una classe promettente di materiali polimerici che mostrano ampie variazioni di temperatura in risposta a cicli di deformazione meccanica. L'interesse per queste soluzioni deriva dalla loro bassa isteresi, elevata deformabilità e potenziale scalabilità industriale, che le rendono particolarmente adatte per applicazioni in dispositivi flessibili, leggeri e a basso costo. Le attività congiunte includono sia caratterizzazioni termo-meccaniche che lo sviluppo di modelli predittivi del comportamento adiabatico e ciclico delle gomme, con l'obiettivo di ottimizzare il materiale in funzione delle condizioni operative dei sistemi elastocalorici rigenerativi. Questa sinergia ha già prodotto risultati rilevanti in termini di comprensione del ruolo della microstruttura sul comportamento termomeccanico e di identificazione delle condizioni ottimali di funzionamento.

Sebbene la refrigerazione elastocalorica costituisca il nucleo principale delle attività, il laboratorio ha ampliato il proprio raggio d'azione ad altri ambiti sinergici. Uno di questi riguarda l'integrazione di materiali a cambiamento di fase (PCM) nei sistemi di trasporto refrigerato. Utilizzando TRNSYS, è stato modellato il comportamento termico di vani frigo con PCM, dimostrando una riduzione dei consumi energetici fino al 79% e una maggiore stabilità della temperatura interna, con implicazioni significative per il settore alimentare e farmaceutico.

Un altro filone parallelo ha riguardato lo studio degli scambiatori aria-terra (EAHX) per il pretrattamento passivo dell'aria in impianti HVAC industriali. È stato sviluppato un modello bidimensionale FEM del sottosuolo con tubazioni interrate, validato con dati sperimentali, per simulare l'impatto di tali sistemi in vari contesti climatici italiani. I risultati mostrano riduzioni del fabbisogno energetico tra il 30% e il 45% in riscaldamento e fino al 43% in raffrescamento, con ritorni economici positivi entro il ciclo di vita atteso dell'impianto.

Complessivamente, le attività del gruppo RINOVA si caratterizzano per un approccio integrato, multidisciplinare e orientato alla transizione energetica. La combinazione di sperimentazione, modellazione, ottimizzazione e validazione costituisce la base di un processo di innovazione continua, con l'obiettivo di

portare la tecnologia elastocalorica – e in prospettiva quella multicalorica – a un livello di maturità tecnologica sufficiente per applicazioni commerciali.

RINOVA si propone come punto di riferimento per lo sviluppo di tecnologie energetiche avanzate, grazie a una visione coerente con gli obiettivi della neutralità climatica, della riduzione dell'uso di refrigeranti nocivi e dell'elettrificazione sostenibile degli usi finali. Con un'attenzione particolare alla scalabilità, alla replicabilità e all'impatto industriale, il laboratorio contribuisce attivamente alla definizione dei nuovi paradigmi della climatizzazione e della refrigerazione del futuro.