

## Il progetto HENIX

**Il progetto HENIX**, nome cambiato in NANOHEX nel 2010, **è un progetto europeo finanziato nell'ambito del Settimo Programma Quadro**

(Tema 4: Nanosciences, Nanotechnologies, Materials and New Production Technologies) a cui

**l'ENEA partecipa con ricercatori appartenenti a tre diversi Dipartimenti**

(ACS, FIM e TER). Gli altri partner sono cinque SME's (Thermacore, ISIS, CPI, ItN e Dispersia), una grande industria (SIEMENS), tre Università (TUE, UBAM, UTW) e un Istituto di Ricerca (Weiz).

**Obiettivo del Progetto HENIX è l'applicazione a livello industriale di una nuova generazione di scambiatori di calore**, nei quali l'introduzione di nanoparticelle nei fluidi permetta il miglioramento nell'efficienza degli scambi termici, riducendo consumi energetici e costi complessivi.

## Scopo della ricerca

**Obiettivo della ricerca è la verifica del miglioramento delle proprietà di scambio termico** (in particolare la conducibilità) dei fluidi tipicamente utilizzati per il trasferimento di flussi termici, quando a questi siano addizionate particelle metalliche in sospensione.

La maggior parte degli studi sulla conducibilità termica delle sospensioni sono stati sviluppati rispetto a dimensioni delle particelle dell'ordine dei millimetri o dei micrometri. Il problema più rilevante in questo caso è la rapida deposizione delle particelle stesse sul fondo con conseguente degrado delle prestazioni attese. Inoltre tali particelle aumentano notevolmente l'erosione e l'abrasione dei componenti con cui vengono in contatto.

Oggi, la moderna nano tecnologia permette la **produzione di particelle con dimensioni dell'ordine dei nanometri** (nm), cioè le nanoparticelle.

A partire dalle esperienze di Choi nel 1995, molti esperimenti hanno indicato un sostanziale incremento della conducibilità termica nei nanofluidi rispetto ai liquidi ordinari.

Tutto ciò, quindi, li rende molto attraenti come fluidi per trasferimento di calore nelle applicazioni in cui c'è l'esigenza di raffreddare i sistemi minimizzando le dimensioni (ad esempio nei trasporti o nell'elettronica).

**Lo scopo del Progetto è quindi la comprensione su base scientifica delle proprietà e delle prestazioni termiche dei nano fluidi**, per gli aspetti di interesse nelle applicazioni industriali.

## L'Impianto HETNA

**All'interno del Work Package 3 del progetto HENIX, l'ENEA ha il compito di effettuare lo studio sperimentale dell'affidabilità dei nano fluidi nelle applicazioni industriali.** Per tale studio è prevista la realizzazione di un impianto sperimentale che permetta di valutare sedimentazione, agglomerazione, erosione e abrasione sui componenti reali. L'impianto deve quindi permettere di sottoporre i componenti (o parti di essi) al flusso continuo del nanofluido per tempi lunghi (anche settimane) in condizioni stazionarie, per poi poter misurare il danneggiamento della superficie e la variazione delle caratteristiche del fluido, e correlarle alle condizioni fisiche della prova (tipo di particelle e loro concentrazione, velocità di impatto, temperatura).

Gli studi sperimentali oggi disponibili riguardano soprattutto la **variazione delle caratteristiche fisiche e termiche del fluido stazionario**

, e in misura molto minore le variazioni in convezione forzata, mentre non si hanno invece dati sperimentali sull'erosione e corrosione.

Inoltre gli studi sperimentali sullo scambio termico hanno ottenuto risultati a volte controversi o contraddittori, per cui si è ritenuto utile estendere la sperimentazione anche all'incremento del coefficiente di scambio termico in convezione forzata, per moto laminare e turbolento.

Considerando quindi che l'eventuale aumento dell'erosione (rispetto al fluido puro) dovrebbe essere molto più piccolo di quello che si verifica con le polveri tradizionali e forse addirittura trascurabile, e che anche per lo scambio termico è necessario eseguire un confronto più preciso possibile, si è deciso di **realizzare un impianto sperimentale** che permetta di eseguire il confronto in tempo reale utilizzando due circuiti gemelli.

**I dati sperimentali** attualmente disponibili in letteratura **sono stati tutti ottenuti confrontando il coefficiente di scambio termico del nano fluido con quello del liquido puro ottenuto in prove sullo stesso circuito in tempi diversi,**

oppure con le previsioni di modelli o correlazioni.

**Nel primo caso si limita molto il numero di prove sperimentali,**

in quanto per ogni serie bisogna poi svuotare e ripulire l'impianto, riempirlo con l'altro fluido e riportarsi nelle stesse condizioni, ed inoltre si introduce un errore aggiuntivo dovuto alle eventuali differenze delle condizioni fisiche complessive.

**Nel secondo invece si ha l'incertezza insita nel metodo di calcolo,**

che spesso è dello stesso ordine di grandezza della variazione ottenuta. Se questo può portare ad un aumento dell'errore sulla misura dello scambio termico, per quanto riguarda le prove di erosione questo limite potrebbe essere non accettabile, visto che le variazioni potrebbero essere piccole e visibili solo dopo tempi molto lunghi.

**L'impianto HETNA è invece costituito da due circuiti identici** funzionanti simultaneamente

nelle stesse condizioni, uno riempito con liquido puro e l'altro con il nano fluido. Il vantaggio è che il confronto del comportamento è immediato, e questo rende possibile anche variazioni della matrice sperimentale in tempo reale in base ai risultati ottenuti. La precisione è quindi più alta, in quanto il sistema di controllo automatico mantiene i due circuiti nelle stesse condizioni per cui anche le eventuali variazioni causate dalle condizioni esterne (vista la lunga durata delle prove) sono ininfluenti per il confronto.

I test di erosione sono effettuati facendo impattare un getto di liquido su una lastrina di metallo per un certo tempo e confrontando poi lo stato della superficie con quella iniziale e con quella della lastrine equivalente nell'altro circuito, con un profilometro ottico (risoluzione verticale 0.1 nm) e un microscopio elettronico a scansione. Si possono montare contemporaneamente tre bersagli in serie (di materiali diversi o con differenti velocità del getto).

L'agglomerazione e la sedimentazione sono valutate estraendo piccoli campioni di liquido a intervalli regolari durante il funzionamento e misurandone la dimensione delle particelle (con la tecnica del laser scattering).

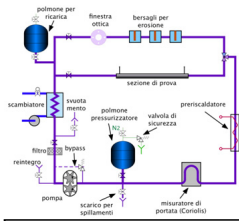
Una seconda linea, alternativa a quella per l'erosione, permette di effettuare il confronto dello scambio termico tra fluido base e nano fluido. La sezione di prova è riscaldata per effetto Joule e strumentata con quattro termocoppie di parete e due di fluido, un trasduttore di pressione assoluta e uno differenziale tra ingresso e uscita.

**Un'importante caratteristica dell'impianto HETNA è il piccolo volume di nano fluido necessario**, per permettere la sperimentazione anche di nanoparticelle disponibili in quantità ridotta. Questo valore è inferiore a due litri (0.54 l per i tubi, 0.7 l nel pressurizzatore, 0.5 l come riserva per l'estrazione dei campioni), con possibilità di ridurlo ulteriormente a:

- 1.2 litri per le prove complete di erosione e scambio termico (limitando i campioni estratti);
- 0.65 litri per le prove di solo scambio termico.

**Lo schema dei due circuiti è mostrato in fig. 1**, mentre in **fig. 2 si vede l'impianto reale**, con in primo piano il circuito acqua e nel contenimento di sicurezza quello per il nanofluido.





**Fig.1**

- Schema dei circuiti

(Nano fluidi)



**Fig.2**

- Impianto HETNA

(Nano fluidi)