



Allegato 6 – Tematiche di ricerca e innovazione oggetto del Bando CNMS – Spoke 12

Vengono di seguito elencate le Tematiche di ricerca oggetto del Bando a Cascata verso le Imprese del Centro Nazionale per la Mobilità Sostenibile – Spoke 12 Sustainable Propulsion.

Garantendo il rispetto dei diritti di proprietà, intendendo anche quella intellettuale, le soluzioni sviluppate nei progetti finanziati attraverso questo Bando dovranno essere rese disponibili per l'utilizzo in comodato d'uso gratuito, fino alla fine del Programma CNMS e successivamente per un periodo di almeno cinque anni, da parte delle istituzioni di ricerca pubblica coinvolte nello Spoke che le utilizzeranno per sole finalità di ricerca. Al termine dei cinque anni l'accordo di utilizzo potrà essere rinnovato qualora sussistano ulteriori attività di ricerca da sviluppare. Le istituzioni di ricerca, a loro volta, avranno l'obbligo di rendere disponibili, a titolo gratuito, i risultati delle attività di ricerca condotte con l'utilizzo delle soluzioni sviluppate nel progetto ai corrispondenti Beneficiari.

Tematica 1: Realizzazione e test di un impianto di fiamma a contro-diffusione per combustibili liquidi e gassosi ad alta pressione e temperatura di alimentazione

L'introduzione di nuovi combustibili (sia non carbonici come ad es. idrogeno e ammoniaca) sia provenienti da fonti rinnovabili e/o biologiche richiede la necessità di ricalibrare e, eventualmente, adattare, geometrie, configurazioni e modalità di funzionamento dei sistemi di combustione utilizzati in impianti di conversione di energia e propulsori termici. In particolare è necessario stabilire le proprietà reattive di questi nuovi vettori energetici in condizioni significative per questi impianti al fine di poter adattare i modelli numerici, necessari alla progettazione e alla gestione digitale degli stessi, alle mutate condizioni.

Ciò assume particolare rilevanza quando si considerino i sistemi di propulsione, sia terrestri che navali che aeronautici, per i quali le pressioni di esercizio elevate e la criticità dei parametri reattivi richiedono una particolare cura nella elaborazione dei suddetti modelli numerici.

Le proprietà reattive coinvolgono non solo le cinetiche omogenee di reazione ma anche le complesse interazioni tra queste e i gradienti locali di velocità (shear stresses) alla base dei fenomeni di intermittenza dei processi reattivi che sono causa di instabilità e inefficienza dei processi stessi.

Uno dei sistemi sperimentali che permette di studiare, in condizioni di completo controllo, i processi reattivi in relazione ai gradienti locali di concentrazione e velocità sono le fiamme a contro-diffusione. In particolare i sistemi capaci di lavorare a pressioni di alcune decine di bar e con temperature dei reagenti controllate (e regolabili dall'esterno) hanno potenzialità molto rilevanti nello sviluppo di metodologie innovative di propulsione. Questi sistemi consentono, infatti di studiare in maniera controllata e con diagnostiche ottiche e chimiche molto avanzate, i processi chimici-fisici e le loro interazioni e, di conseguenza, di elaborare e validare modelli numerici ad alta fedeltà (quantitative) dei processi e della formazione ed emissione di inquinanti (come ossidi di azoto e particolati carboniosi).

Questa tematica, quindi, propone uno studio di fattibilità e la realizzazione di un sistema prototipo di combustore a fiamma a contro-diffusione operato in un ambiente pressurizzato (accessibile otticamente) e con linee di alimentazione dei reagenti regolate digitalmente e preriscaldabili in un ampio campo di temperature. Ciò al fine di abilitare lo studio dei processi in un campo di pressioni, temperature dei reagenti e tempi di residenza capaci di simulare i valori caratteristici dei sistemi propulsivi.

Durata massima: 10 mesi

TRL Minimo a fine progetto 4

Costo Minimo del progetto Euro 150.000,00

Costo Massimo del progetto Euro 370.000,00

Agevolazione massima Euro 270.000,00



Tematica 2: Digital twin di un motore innovative "opposed piston" a due tempi

Sulla base delle metodologie e delle risultanze delle attività di cui al WP5 dello spoke 12 del Centro Nazionale Mobilità Sostenibile è sorta la necessità di sviluppare un modello digitale avanzato di un motore innovativo a pistoni contrapposti ad alta velocità di rotazione e alimentato con combustibili innovativi,. Tale modello deve comprendere gli aspetti di design di base, gli aspetti termo-fluidodinamici e termo-strutturali integrandoli in un unico ambiente di sviluppo. Data la complessità e il grado di innovazione, è necessario prevedere un ampio spettro di simulazioni al fine di identificare da un lato le criticità e dall'altro di individuare i parametri chiave (geometrici, funzionali ed operativi) al fine di conseguire i target prestazionali (potenza specifica > 200 CV/litro) e l'efficienza richiesta. E' altresì necessario disporre di competenze altamente specializzate nella creazione e gestione di modelli "digital twin" ad elevata affidabilità e costo computazionale compatibile con le esigenze di ricerca e sviluppo aziendali.

La soluzione di motori alternativi a due tempi a cilindri contrapposti (di seguito 2SOP) presenta, in linea di principio, numerosi vantaggi: elevata potenza specifica, compattezza, elevato rapporto potenza/peso, possibilità di abbassare il centro di massa del veicolo. Nonostante questi potenziali vantaggi, oggi non esiste un esempio di 2SOP per applicazioni stradali ad elevate prestazioni, e gli unici esempi disponibili sul mercato sono indirizzati al settore heavy duty. Al fine di identificare in via preliminare le soluzioni più promettenti ed i vincoli progettuali principali, riducendo i costi ed i tempi di sviluppo, si ritiene fondamentale sviluppare un modello digitale di 2SOP che contempli al suo interno gli aspetti di progettazione, resistenza termo-strutturale e prestazioni termo-fluidodinamiche.

Durata massima: 10 mesi

TRL Minimo a fine progetto 4

Costo Minimo del progetto Euro 150.000,00

Costo Massimo del progetto Euro 320.000,00

Agevolazione massima Euro 230.000,00



Tematica 3: Progettazione, allestimento, e testing di un banco prova per generatori elettrici lineari ad alta frequenza completo di sistema di controllo con software non proprietario

Una delle linee di ricerca del progetto generale dello spoke 12 del Centro Nazionale Mobilità Sostenibile riguarda l'accrescimento di know-how e del TRL della tecnologia dei generatori elettrici a pistoncini lineari per applicazioni su veicoli commerciali ed imbarcazioni con sistemi di propulsione ibrida. La tecnologia può riguardarsi come "di frontiera" in quanto caratterizzata ancora da basso TRL e non è ancora applicata di serie su veicoli, sebbene essa offra un elevato potenziale in termini di efficienza energetica e compattezza.

Dal punto di vista sperimentale non vi sono esperienze sul territorio nazionale, mentre è in fase di sviluppo e perfezionamento in vari laboratori internazionali (prevalentemente USA e Cina).

In accordo con IVECO, la tematica è stata inserita come linea di ricerca di tipo "disruptive" rispetto alle altre allo studio.

Fulcro di questo tipo di macchina è l'attuatore elettromagnetico lineare, tecnologia di nicchia quando usato per la generazione elettrica.

Pertanto, al fine di avviare ed accrescere il know-how sulla progettazione, controllo e livello di efficienza della macchina si rende necessario realizzare un banco prova di generatore lineare, realizzato ad hoc per le esigenze della linea di ricerca indicata.

Il tema relativo al supporto tecnico-scientifico per lo sviluppo della tecnologia dei generatori elettrici lineari a pistoncini liberi riguarda la progettazione, realizzazione e sperimentazione di un banco prova del solo generatore elettrico a pistoncino.

Il sistema dovrà prevedere una macchina elettrica lineare, che funge da azionamento meccanico, accoppiata ad una analoga macchina elettrica lineare che funge da generatore. In virtù dei carichi dinamici previsti, il sistema elettro-meccanico dovrà essere ancorato ad un basamento da sala prova motori. Il sistema prevede inoltre un quadro elettrico in cui sarà installato il sistema di acquisizione e controllo delle macchine, basato su hardware National Instruments. La parte del telaio destinata all'installazione di strumentazione rack 19 pollici conterrà il PC di supervisione del banco, gli alimentatori, ed eventuali altri strumenti e accessori.

Il sistema dovrà essere installato in un laboratorio adatto al testing di sistemi elettrici ed elettromeccanici. Il sistema dovrà quindi essere avviato e testato sia per una prima caratterizzazione del funzionamento delle macchine lineari, che l'apprendimento, ed eventuale ottimizzazione, delle logiche di controllo richieste per l'applicazione a sistemi di propulsione dei veicoli.

Durata massima: 10 mesi

TRL Minimo a fine progetto 4

Costo Minimo del progetto Euro 130.000,00

Costo Massimo del progetto Euro 370.000,00

Agevolazione massima Euro 270.000,00



Tematica 4: Progettazione ed integrazione di un sistema di condizionamento in temperatura, flessibile e modulare per sistemi propulsivi in grado di simulare condizioni ambientali variabili e funzionale allo studio di fenomenologie di combustione idrogeno in condizioni critiche

La tematica di ricerca si inserisce nell'ambito delle attività del WP2 con particolare riferimento allo studio e sviluppo di sistemi propulsivi ad alte prestazioni alimentati ad idrogeno. L'ottimizzazione delle funzionalità del motore H₂ deve prevedere non solo lo studio in condizioni nominali ma anche la sperimentazione in condizioni termiche critiche, ovvero a bassa ed alta temperature (nella fattispecie -10, +30°C), in linea con le direttive di controllo emissioni inquinanti e riduzione dei consumi di carburante.

L'obiettivo finale quindi è l'emulazione in laboratorio di possibili condizioni ambientali estreme che consentano di studiarne l'impatto sulle grandezze caratteristiche della combustione idrogeno ed individuando le strategie necessarie per la gestione ottimale. L'attività prevederà la progettazione e lo sviluppo di impianti tecnologici adeguati al raggiungimento dei target di temperatura dell'aria comburente, dell'olio lubrificante e dell'acqua di raffreddamento. L'attività prevederà quindi l'integrazione di diversi componenti meccanici, elettromeccanici, elettrici ed elettronici per la realizzazione di tali impianti di condizionamento. Nella fase di progettazione di cercherà di renderli flessibili ed adattabili per il loro uso nel testing in condizioni controllate di altre tecnologie (Fuel cell, pacchi batterie, etc.). All'uopo, ciascun modulo del sistema sarà dotato di una specifica unità di controllo "slave" che farà capo ad una unità "master". La logica di programmazione del controllo, in real-time o FPGA, sarà oggetto di valutazione in fase progettuale. Il sistema sarà dotato di un'interfaccia utente semplificata integrante logiche di controllo, di visualizzazione e salvataggio. Lo scopo è anche rendere il sistema integrabile con sistemi di controllo monitoraggio tipicamente utilizzati nei laboratori di testing definendo i protocolli di comunicazione più adatti allo scopo finale.

Durata massima: 10 mesi

TRL Minimo a fine progetto 5

Costo Minimo del progetto Euro 130.000,00

Costo Massimo del progetto Euro 370.000,00

Agevolazione massima Euro 270.000,00



Tematica 5: Ottimizzazione numerica e realizzazione di prototipi di sistemi di raffreddamento realizzati in additive manufacturing

Nell'ambito delle attività del WP3 dello Spoke 12, relative all'introduzione di combustibili carbon neutral, è previsto lo sviluppo di metodologie sperimentali per la caratterizzazione delle performance dei sistemi di raffreddamento interni per componenti real-hardware a partire dalla distribuzione di temperatura esterna misurata.

L'utilizzo dei processi di additive manufacturing (AM) garantisce maggiori libertà per il design di features geometriche per il miglioramento dell'efficienza dei sistemi di raffreddamento interni, allo scopo di massimizzare l'incremento di scambio termico, minimizzando al contempo l'incremento di perdita di carico. Al tempo stesso i componenti realizzati in AM presentano caratteristiche geometriche e una rugosità superficiale molto diverse dai derivati di lavorazioni tradizionali; tali caratteristiche, inoltre, risentono fortemente dei parametri e dei processi di stampa utilizzati.

I processi di *design for AM* sono dunque volte allo sviluppo di geometrie innovative, tenendo conto degli effetti delle procedure sulle caratteristiche geometriche dei componenti e, di conseguenza, degli effetti di esse sulle performance.

Per lo sviluppo di sistemi di raffreddamento innovativi, si rende necessario dunque una attività di ottimizzazione numerica, volta alla definizione di promettenti geometrie per l'incremento dell'efficienza di raffreddamento, tenendo in considerazione l'impatto delle caratteristiche geometriche dei componenti ottenuti per AM.

La tematica riguarda il design di features per sistemi di raffreddamento, tramite ottimizzazione numerica. L'attività sarà volta a progettazione e realizzazione di coupon con differenti soluzioni di raffreddamento e dovrà prevedere:

- caratterizzazione delle performance (scambio termico, perdite di carico) delle configurazioni ottimizzate, valutazione dei margini di miglioramento rispetto a configurazioni standard di riferimento;
- valutazione dell'impatto dei principali parametri e/o procedure di stampa sulle performance.

Obiettivo dello studio dovranno essere due diverse tipologie di sistemi di raffreddamento:

- Sistemi basati su micro-canali posti in prossimità della parete;
- Sistemi basati su canali con varie tipologie di turbolatori.

L'output dell'attività sarà costituito dalla realizzazione di un totale di almeno 12 coupon rappresentanti le configurazioni ottimizzate, con relative verifiche volte ad accertare una accettabile corrispondenza tra design e geometria realizzata. All'interno della suddetta totalità di coupon dovranno essere studiate entrambe le tipologie di sistemi di raffreddamento e almeno 2 procedure e/o parametri di stampa.

I materiali e le procedure selezionate per i coupon dovranno essere scelti allo scopo di raggiungere proprietà di rugosità superficiale e numero di Biot caratteristici di componenti "real hardware" realizzati in leghe per alta temperatura.

Durata massima: 10 mesi

TRL Minimo a fine progetto 3

Costo Minimo del progetto Euro 130.000,00

Agevolazione massima Euro 260.000,00

Costo Massimo del progetto Euro 350.000,00



Tematica 6: Progettazione e Realizzazione di un Sistema di Controllo Modulare per Propulsori ad Alimentazione Alternativa

L'obiettivo della presente attività, concepita nell'ambito delle Spoke 12, è quello di sviluppare logiche di controllo avanzate per architetture complesse di propulsori ibridi elettrici-termici, al fine di ridurre le emissioni di carbonio dei propulsori convenzionali e consentire un utilizzo pulito e sostenibile grazie all'idrogeno e a combustibili neutri o privi di carbonio. L'attività mira a realizzare un sistema di controllo modulare avanzato che possa testare propulsori per veicoli automotivi e aeronautici, compresi motori a combustione interna alimentati da combustibili alternativi privi di carbonio e motori elettrici. Questo sistema deve essere in grado di gestire contemporaneamente sia i propulsori endotermici che quelli elettrici in condizioni estreme di funzionamento. Dovranno essere considerate potenze massime fino a 400 kW e condizioni operative estreme, comprese temperature che vanno da -40°C a +80°C. Dovrà essere fornita l'identificazione dei protocolli di comunicazione e delle interfacce necessarie per integrare gli inverter per motori a riluttanza assistita, i motori endotermici, i motori elettrici e i pacchi batterie. Successivamente, dovrà essere effettuata la progettazione del sistema di controllo, con particolare attenzione all'architettura modulare che consenta una gestione flessibile dei motori endotermici ed elettrici, sia in configurazione ibrida che separata. Sarà definita una logica di controllo per il funzionamento in serie o in parallelo dei motori, con l'obiettivo di garantire prestazioni ottimali e sicurezza in tutte le condizioni operative. Il software di controllo dovrà comprendere l'implementazione di algoritmi avanzati per la gestione dinamica della potenza e del carico tra motori endotermici ed elettrici. Tutti i componenti hardware dovranno essere integrati e testati per garantire la compatibilità e la robustezza del sistema. L'attività prevede quindi la realizzazione di un banco prova adatto a testare motori endotermici ed elettrici in condizioni realistiche, con sistemi di carico dinamico e di raffreddamento. Al termine dell'attività, saranno disponibili un sistema di controllo modulare completo, comprensivo di software e hardware, un banco prova funzionante e validato per testare motori a combustione interna e motori elettrici, oltre a una documentazione dettagliata, inclusi manuali utente e specifiche tecniche.

Durata massima: 10 mesi

TRL Minimo a fine progetto 7

Costo Minimo del progetto Euro 150.000,00

Costo Massimo del progetto Euro 420.000,00

Agevolazione massima Euro 280.000,00



Tematica 7: Disegno, realizzazione e test di un sistema di prova per l'iniezione di combustibili liquidi in camere di combustione per applicazioni aeronautiche

L'importanza dell'utilizzo di nuovi vettori energetici sostenibili (combustibili carbon-free o SAF) e la necessità del loro incremento per le esigenze del trasporto aereo sostenibile, richiede la necessità di ricalibrare e, eventualmente, adattare, geometrie, configurazioni e modalità di funzionamento dei sistemi di combustione utilizzati per i sistemi propulsivi. In particolare è necessario valutare le proprietà fisiche rilevanti per i processi di iniezione ed atomizzazione di questi nuovi vettori energetici in condizioni significative per questi impianti al fine di poter adattare i modelli numerici, necessari alla progettazione e alla gestione digitale degli stessi, alle mutate condizioni.

Tali aspetti sono particolarmente rilevanti per i sistemi di propulsione aeronautici, per i quali le pressioni di esercizio elevate e la criticità dei parametri chimico-fisici richiedono una particolare cura nella elaborazione dei suddetti modelli numerici.

Tali proprietà fisiche coinvolgono non solo la caratterizzazione delle quantità rilevanti per i processi di frammentazione ed atomizzazione dei combustibili liquidi ma anche ciò che concerne le complesse interazioni tra la corrente liquida e quella di aria utilizzata nel processo di combustione.

Uno dei sistemi di prova sperimentali che permette di studiare, in condizioni di completo controllo, i processi fisici di atomizzazione conseguenti all'iniezione di un combustibile liquido in camere di combustione aeronautiche sono le configurazioni del tipo getto liquido in flusso d'aria trasverso (o getto in cross-flow, LJCF). In particolare i sistemi di prova capaci di lavorare a pressioni di esercizio e di iniezione fino a 20 bar e con possibilità di regolazione e controllo della temperatura di preriscaldamento del flusso d'aria hanno potenzialità molto rilevanti nello sviluppo di metodologie innovative di propulsione. Tali sistemi consentono, infatti di studiare in maniera controllata e con diagnostiche ottiche molto avanzate, i processi di frammentazione ed atomizzazione del flusso liquido iniettato in camera e le sue interazioni con il flusso d'aria. Ciò consente di elaborare e validare modelli numerici rigorosi ed ad alta fedeltà dei processi di atomizzazione primaria per poterli integrare in una modellazione CFD dell'intera camera di combustione.

La presente tematica, quindi, propone uno studio di fattibilità e la realizzazione di un sistema di prova per l'iniezione di combustibili liquidi in camere di combustione per applicazioni aeronautiche con una configurazione in flusso d'aria trasverso, operato in un ambiente pressurizzato (accessibile otticamente) e con linee di alimentazione sia del combustibile liquido che dell'aria regolate digitalmente, con la possibilità di preriscaldare il flusso d'aria in un ampio campo di temperature. Ciò al fine di abilitare lo studio dei processi in un campo di pressioni e temperature capaci di simulare i valori caratteristici dei sistemi propulsivi.

Durata massima: 10 mesi

TRL Minimo a fine progetto 4

Costo Minimo del progetto Euro 150.000,00

Costo Massimo del progetto Euro 400.000,00

Agevolazione massima Euro 290.000,00



Tematica 8: Progettazione e realizzazione di un banco per la diagnostica di sistemi di accensione, con plasmi termici e non, per propulsori alimentati da combustibili carbon free

Oggetto dell'attività sarà la progettazione e la realizzazione di un banco per la caratterizzazione di sistemi di accensione da utilizzare per ottimizzare la combustione in propulsori alimentati con combustibili carbon-free, come l'idrogeno, e operanti con miscele ultra-magre. In tali condizioni di funzionamento la stabilità del processo di combustione è fortemente legata alla possibilità di sostenere l'accensione e di conseguenza un adeguata formazione del kernel di fiamma. Il banco dovrà prevedere un volume simile ad una camera di combustione in termini di caratteristiche geometriche, con la possibilità di flussaggio/ricircolo del gas ad alta pressione, in modo da stabilire condizioni tipiche dei sistemi con sovralimentazione.

Il dispositivo dovrà permettere di investigare le diverse fasi dell'accensione, breakdown, arco e glow, mediante diagnostiche di tipo ottico basate su chemiluminescenza ad elevata risoluzione spaziale e spettroscopia di emissione naturale. L'applicazione di tali tecniche darà modo di produrre un set di dati statisticamente robusto sulla morfologia dei canali di plasma (termici e non) indotti in differenti condizioni di funzionamento oltre che informazioni sull'energia ceduta al gas e sulle temperature elettroniche e roto-vibrazionali del plasma indotto da utilizzare per la validazione di modelli multidimensionali e metamodelli ridotti per esplorare vari layout, soluzioni e strategie di controllo per ottimizzare l'accensione e la conseguente combustione nei diversi sistemi propulsivi. La diagnostica dovrà quindi prevedere lo sviluppo di tool basati su tecniche di intelligenza artificiale e machine learning (AI/ML) attivo e in continuo training per la determinazione di fenomeni indesiderati, come i re-strike o il branching dell'arco, in modo da correggere effetti di accensioni anomale ed incrementare l'efficienza globale del sistema.

Durata massima: 10 mesi

TRL Minimo a fine progetto 6

Costo Minimo del progetto Euro 110.000,00

Costo Massimo del progetto Euro 300.000,00

Agevolazione massima Euro 220.000,00



Tematica 9: Sviluppo di un modulo di controllo per propulsori ad idrogeno con estensione della digitalizzazione e connettività per massimizzare l'efficienza e l'efficacia

L'architettura "classica" di controllo dei propulsori dovrà essere modificata per massimizzare gli effetti positivi dell'utilizzo dell'idrogeno e assicurare il grado di efficacia per l'utente finale. Partendo dalla configurazione standard, si dovrà sviluppare un modulo in grado di coprire tutti i requisiti di controllo pre-esistenti, con le specificità dell'impiego dell'idrogeno. La parte software è centrale in tal senso, che dovrà abbinare i requisiti menzionati con l'applicazione dei modelli "fast-running" in grado di adattare le logiche di controllo alle condizioni di utilizzo (per esempio tenendo conto della disponibilità di rifornimento con idrogeno e del profilo di potenza richiesto). La digitalizzazione dovrà essere implementata su due linee: la parte di modelli capaci di fornire risultati in tempo reale e integrazione con dati disponibili attraverso la connettività aumentata. I modelli assicureranno la base per definire le strategie di controllo che massimizzano l'efficienza del propulsore, mentre l'impiego di dati attraverso connessione "module-to-x" (abbinata per esempio al "machine learning") dovrà contribuire alla definizione delle condizioni al contorno in modo da migliorare l'efficacia.

La versione finale del modulo di controllo dovrà essere testata su un propulsore ad alimentazione H2, con benefici evidenziati rispetto alla configurazione standard. Nello specifico, l'insieme di software e hardware dovrà essere testato a banco in vari condizioni di impiego (diversi profili di potenza richiesta) e scenari con condizioni a contorno di vari gradi di rilevanza rispetto alle esigenze dell'utente finale. Il monitoraggio delle emissioni allo scarico dovrà essere implementato in tempo reale per la conferma del raggiungimento dello scopo principale di massimizzare gli effetti positivi della propulsione a zero emissioni di CO2.

Durata massima: 10 mesi

TRL Minimo a fine progetto 6

Costo Minimo del progetto Euro 70.000,00

Costo Massimo del progetto Euro 150.000,00

Agevolazione massima Euro 110.000,00