



Modello M4 – Rapporto Tecnico di Chiusura Progetto

POR Puglia FESR 2014-2020 – Azione 1.3 – Sub azione 1.3 a

INNOAID

"SOSTEGNO PER L'ACQUISTO DI SERVIZI PER L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA, STRATEGICA, ORGANIZZATIVA E COMMERCIALE DELLE IMPRESE"

RAGGRUPPAMENTO/IMPRESA BENEFICIARIO/A

SISTEMI ENERGETICI S.P.A.

TITOLO DEL PROGETTO

SOLUZIONI E TECNOLOGIE INNOVATIVE PER IMPIANTI DI PRODUZIONE BIOMETANO

CODICE DEL PROGETTO

EPT0HQ4

RAPPORTO TECNICO DI CHIUSURA PROGETTO

1. Sintesi dell'iniziativa

‖ *Descrivere in modo sintetico l'iniziativa, le finalità, i risultati e gli obiettivi conseguiti confrontando la situazione ex-ante ed ex-post all'intervento*

L'iniziativa proposta dalla Sistemi Energetici S.p.A. (di seguito anche "la Sistemi") nell'ambito del presente Bando Innoaid si colloca nel settore dell'Economia Circolare e delle Fonti Rinnovabili e in particolare nel settore del biogas/biometano. La finalità del progetto è stata quella di ricercare, studiare e progettare soluzioni e tecnologie innovative per la valorizzazione dei due prodotti in uscita dagli impianti di digestione anaerobica, ovvero il biometano e il digestato.

Il biometano costituisce un bio-carburante derivante dal processo di depurazione del biogas prodotto mediante digestione anaerobica di scarti dell'agricoltura, della zootecnia, dell'agroindustria e dei rifiuti (tra cui la frazione organica del rifiuto solido urbano e i fanghi di depurazione civili). Per depurazione del biogas si intendono processi finalizzati alla rimozione dell'idrogeno solforato (H₂S) e all'abbattimento del contenuto di anidride carbonica (CO₂). Quest'ultimo processo in particolare viene chiamato Upgrading. Per quanto riguarda la depurazione del biogas dall'idrogeno solforato il progetto proposto dalla Sistemi ha avuto come obiettivo lo studio del comportamento adsorbente di materiali solidi porosi nei confronti dell'H₂S che possano essere utilizzati in sostituzione delle attuali tecnologie presenti sul mercato che comportano svantaggi soprattutto dal punto di vista ambientale. Per quanto riguarda l'abbattimento dell'anidride carbonica l'attività della Sistemi ha avuto come obiettivo principale lo studio del comportamento assorbente e desorbente di alcune soluzioni acquose nei confronti della CO₂ al fine di individuare i parametri chimico-fisici essenziali per la progettazione di un impianto prototipale.

Il biometano così prodotto e depurato è idoneo per essere inviato in rete oppure per essere liquefatto producendo bio-LNG. Quest'ultima soluzione costituisce una valida alternativa all'allacciamento alla rete gas in quanto in molte situazioni i terreni sui quali si vuole realizzare un impianto di produzione di biometano è distante dalla rete principale e le opere di connessione spesso sono molto onerose e richiedono elevati tempi di realizzazione. La liquefazione costituisce un'interessante alternativa alla connessione alla rete e favorisce un maggiore sviluppo nell'utilizzo di biocarburanti nel settore dei trasporti. Attualmente sul mercato le aziende che commercializzano impianti di liquefazione propongono soluzioni ad elevato costo di investimenti e di gestione. Da qui nasce l'esigenza dello studio e dell'ottimizzazione di un processo innovativo di liquefazione che possa ridurre i consumi energetici e i costi di investimento dell'impianto restituendo elevate rese in termini di biometano liquefatto.

Il digestato è un sottoprodotto della digestione anaerobica che attualmente viene trattato solo dal punto di vista fisico per la separazione della frazione solida e della frazione liquida e destinato allo spandimento sui terreni. Questa pratica comunemente utilizzata comporta dei limiti normativi sullo spandimento dovuti all'emissione sui terreni di composti nitrati che comportano un progressivo inquinamento delle falde. Inoltre, il digestato tal quale al suo interno possiede delle sostanze nutritive a base di azoto e fosforo che possono essere recuperate e valorizzate garantendo una migliore gestione del digestato stesso. Nell'ambito del trattamento del digestato, il progetto ha avuto una doppia finalità: la prima è stata testare una tecnologia innovativa per l'abbattimento dello ione ammonio (NH_4^+) dal digestato in modo tale da ridurre il contenuto di azoto che sarà poi inviato sui terreni, mentre la seconda è stata studiare e analizzare un processo per il recupero dei nutrienti contenuti nel digestato.

I risultati e gli obiettivi conseguiti dall'iniziativa proposta sono i seguenti:

OR1 – Studio di fattibilità: mediante la consulenza attivata con la Logos Italia S.r.l., per il presente progetto la Società ha potuto condurre uno studio sulla fattibilità tecnica che ha costituito a tutti gli effetti il punto di partenza per la migliore organizzazione e gestione del progetto proposto. In particolare, il lavoro svolto ha consentito alla Società di apprendere le principali caratteristiche tecniche e funzionali dei prodotti che saranno oggetto di successive realizzazioni individuando anche i relativi impatti ambientali. È stata inoltre effettuata un'analisi economica relativa alle ricadute che si avranno dal buon esito dei progetti di ricerca condotti dalla Società.

OR2 – Progettazione di un nuovo impianto di Upgrading per la produzione di biometano: in una prima fase la Società ha acquisito know-how essenziale sulle attuali tecnologie presenti sul mercato con analisi tecnico-economica, che ha permesso di effettuare un confronto tra le varie tecnologie e analizzare relativi vantaggi e svantaggi sia dal punto di vista tecnico-funzionale sia dal punto di vista ambientale. Successivamente la Società ha condotto prove di laboratorio e test su diverse tipologie di soluzioni chimiche assorbenti per identificare qualche soluzione restituisse i migliori risultati sia in termini di assorbimento che di rilascio dell'anidride carbonica. Il principale risultato ottenuto dalle analisi condotte in laboratorio è stato l'identificazione di una soluzione che presenta le migliori caratteristiche dal punto di vista chimico-fisico di assorbimento e di rilascio della CO_2 e consumi energetici inferiori rispetto alle attuali tecnologie in commercio. Ciò ha consentito alla Società di passare allo stadio successivo della ricerca, progettando un primo prototipo industriale con dimensionamento dei corpi principali (colonne di assorbimento e di rigenerazione) e con identificazione della componentistica necessaria.

OR3.1 – Ricerca di soluzioni tecnologiche innovative per la rimozione di ammoniaca da digestato: l'OR3.1 costituisce il primo filone di ricerca inerente al trattamento del digestato ed è finalizzato all'abbattimento del contenuto ammoniacale presente nel digestato. La Società ha condotto una preliminare ricerca di mercato studiando quali sono le attuali tecnologie utilizzate per l'abbattimento dell'ammoniaca dal digestato. Questa preliminare ricerca ha permesso alla Sistemi di individuare un processo di abbattimento dell'ammoniaca conosciuto (strippaggio), la cui tecnologia è stato ottimizzata dal punto di vista energetico. L'ottimizzazione del processo è stata effettuata mediante l'introduzione di corpi diffusori dell'aria che presentano aperture con grandezza dell'ordine dei micron che consentono la diffusione di microbolle all'interno della massa del digestato. Mediante lo svolgimento di prove di laboratorio è stato possibile analizzare le rese del processo sia in termini di quantità di ammoniaca rimossa dal digestato, che si è rilevata confrontabile con gli attuali processi in commercio, sia in termini di consumi energetici, che si sono rilevati molto più bassi e competitivi rispetto alle attuali tecnologie presenti sul mercato, in quanto nel processo studiato non si fa alcun utilizzo di energia termica.

OR3.2 - Test di soluzioni tecnologiche innovative per il recupero di nutrienti e di fertilizzante in processi di trasformazione di rifiuti organici: l'OR3.2 costituisce il secondo filone di ricerca nell'ambito del trattamento del digestato, finalizzato al recupero di sostanze nutrienti dal digestato. Le attività sono state svolte mediante l'attivazione di un contratto di servizio con l'Università degli Studi di Milano - Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali (Di.S.A.A.). L'obiettivo della ricerca è stato studiare e sperimentare un processo di recupero delle sostanze nutrienti (azoto e fosforo) dal digestato mediante la precipitazione di un sale a base di azoto-fosforo-magnesio (struvite). I risultati ottenuti durante lo svolgimento delle prove effettuate prevalentemente sul digestato di reflui zootecnici hanno portato sia al recupero di fosforo (70-80%) e di azoto (8-12%) sia alla comprensione che la quantità di sostanza secca presente nel digestato è un parametro che incide sul quantitativo di struvite precipitata. Si è pertanto deciso di effettuare delle prove di concentrazione della sostanza secca (%SS) nei reflui suini con successiva caratterizzazione del prodotto ottenuto per consentire una maggiore qualità nel digestato in uscita dal processo. Sono state, infine, svolte delle prove di metanazione sul refluo concentrato, al fine di valutare se il rendimento della frazione addensata in termini di produzione di biogas fosse minore rispetto al refluo di partenza. Il risultato è stato che grazie alla concentrazione del refluo suino non si è constatata una rilevante perdita del metano e pertanto una maggiore concentrazione della

sostanza secca garantisce buone prestazioni in termini di biogas prodotto e di sostanze nutritive separate dal relativo digestato prodotto.

OR4 – Progettazione di un innovativo impianto per la liquefazione del biometano: l'OR4 è stato condotto mediante l'attivazione di un contratto di consulenza stipulato con l'Ing. Maurilio Meschia, consulente in ingegneria ed esperto nel settore di industrializzazione degli impianti. Il progetto ha permesso alla Società di condurre una preliminare valutazione tecnico-economica per comprendere quali sono le tecnologie presenti sul mercato, i relativi costi in termini di investimento e di gestione dell'impianto e i cicli termodinamici che utilizzano. Successivamente si è passati allo studio e all'analisi di un ciclo termodinamico della tipologia SMR (refrigerazione con fluido refrigerante misto) da ottimizzare al fine di poter proporre una soluzione applicabile sugli impianti di produzione di biometano da digestione anaerobica. La prima fase di ricerca si è incentrata sulla ricerca dei composti e delle relative quantità da utilizzare come miscela di gas refrigerante. Il ciclo termodinamico è stato successivamente impostato e verificato mediante lo svolgimento di simulazioni sul software DWSIM. Infine, si è elaborata una distinta tecnica dei componenti necessari per la realizzazione di un impianto prototipale ed è stata effettuata una progettazione dello scambiatore di calore principale multi-fluido con i dettagli costruttivi. Il risultato ottenuto è stato la progettazione di un innovativo impianto di liquefazione del biometano che attraverso l'utilizzo della miscela refrigerante ipotizzata e della componentistica da utilizzare può restituire consumi energetici inferiori rispetto alle attuali tecnologie presenti sul mercato.

OR5 – Test di soluzioni tecnologiche innovative di purificazione del biogas dall'acido solfidrico: mediante l'attivazione di un contratto di servizio con l'Università degli Studi di Foggia - Dipartimento di Scienze Agrarie, degli Alimenti e dell'Ambiente (SAFE) è stato possibile effettuare presso i laboratori dell'Università delle sperimentazioni di nuovi materiali assorbenti da utilizzare in processi di rimozione dell'idrogeno solforato con metodi fisici e chimici a secco. In particolare, i test sono stati svolti su biochar prodotto da pirolisi di diverse materie prime come la frazione solida del digestato, il cippato di ulivo, il cippato di bosco, il fondo del caffè, i gusci di mitili, l'esoscheletro dei crostacei, ecc. L'OR5 ha permesso alla Società di individuare qual è il prodotto che restituisce i migliori risultati in termini di assorbimento dell'idrogeno solforato dal biogas confrontabili con i risultati che si ottengono dalle attuali tecnologie in uso (es. carboni attivi), ma con importanti benefici dal punto di vista ambientale e in particolare dall'utilizzo della matrice adsorbente una volta esausta, la quale essendo biochar a tutti gli effetti non costituisce un rifiuto, ma può

diventare un'importante risorsa in altri campi di applicazione (es. in agricoltura come fertilizzante).

|| *Descrivere in modo esaustivo gli sviluppi migliorativi ottenuti con l'intervento. Nel caso di aggregazione in rete, evidenziare il valore aggiunto rispetto alla attività pre-esistente delle singole imprese.*

Nel settore del biogas la Sistemi è presente sul mercato come fornitore di impianti e di tecnologie per la produzione di biogas mediante processo di digestione anaerobica. La Società ha rivolto grande attenzione al settore delle biomasse e vede nello sviluppo degli impianti a biometano la valorizzazione energetica di ciò che comunemente viene considerato come uno scarto o come un rifiuto producendo da un lato biocarburante avanzato da immettere nel settore dei trasporti e dall'altro lato un fertilizzante da poter inserire in agricoltura.

Prima dell'attuazione del presente progetto di ricerca, la Società aveva deciso di dare maggiore forza alla divisione aziendale del biogas costituendo un nucleo di Ricerca e Sviluppo, il quale, partendo dall'acquisizione di un consistente pacchetto brevettuale relativo al campo della depurazione del biogas a biometano dall'Università degli Studi Milano - Bicocca, ha potuto sviluppare e implementare diversi percorsi di ricerca negli ambiti relativi agli impianti di digestione anaerobica.

Da qui la necessità di avvalersi, in alcuni percorsi di ricerca, di consulenze specialistiche per l'ottimizzazione e lo sviluppo delle proprie attività di ricerca. Le consulenze attivate nell'ambito del presente progetto sono state:

- Logos Italia S.r.l.: ha condotto uno studio di fattibilità sulle attività di ricerca e sviluppo proposte che ha consentito alla Società di avere un quadro completo delle attuali tecnologie presenti sul mercato nei diversi percorsi di ricerca intrapresi, le possibili ricadute a seguito della buona riuscita del progetto in sé.
- Università degli Studi di Milano: ha supportato la Società nello svolgimento di prove di laboratorio per lo studio e lo sviluppo di un processo innovativo incentrato sul recupero delle sostanze nutrienti dal digestato. Grazie all'attivazione di questa consulenza, la Società ha potuto verificare l'effettiva efficienza del processo studiato e con i dati raccolti sarà possibile sia studiare e progettare un prototipo su scala reale sia valutare la possibile integrazione del processo di cristallizzazione della struvite con altre tecnologie note del trattamento del digestato.
- Università degli Studi di Foggia: ha supportato la Società nello svolgimento di test in laboratorio per lo studio e l'analisi del comportamento di materiali solidi adsorbenti durante

il processo di rimozione dell'idrogeno solforato dal biogas. In particolare, sono stati presi in esame dei biochar ottenuti mediante processo di pirolisi di diverse matrici. La consulenza ha consentito di ottenere dei dati interessanti come risultato delle prove effettuate e che consentiranno alla Società di proseguire il filone di ricerca intrapreso con la progettazione e la successiva realizzazione di un impianto su scala reale.

- Ing. Maurilio Meschia: è un consulente in ingegneria con più di 15 anni di esperienza nel settore della progettazione di impianti e dell'industrializzazione di processi innovativi. Mediante l'attivazione della presente consulenza la Società ha potuto sviluppare e progettare un innovativo impianto di liquefazione del biometano che utilizza un ciclo termodinamico con una miscela multicomponente come gas refrigerante. È stato inoltre realizzato il progetto esecutivo dello scambiatore criogenico principale con i dettagli costruttivi. Infine, è stata elaborata una distinta tecnica dei macchinari e delle attrezzature necessarie per il buon funzionamento del ciclo. Partendo da questi dati sarà possibile realizzare un primo prototipo su scala reale in grado di poter convalidare i dati ottenuti durante le simulazioni.

La Società ha inoltre svolto due dei percorsi di ricerca proposti senza l'acquisizione di alcune consulenze specialistiche, ma grazie al proprio team di ricerca e sviluppo. I due percorsi riguardano lo studio e l'analisi di un processo innovativo per la rimozione dell'ammoniaca dal digestato e lo studio e la progettazione di un processo innovativo di upgrading del biometano.

In sostanza l'esecuzione dell'intero progetto ha avuto ricadute positive sull'intera Società in quanto ha consentito di:

- condurre la prima fase di Ricerca in laboratorio sia internamente (OR2 e OR3.1) sia presso Centri di ricerca Universitari (OR3.2 e OR5) che hanno fornito il servizio richiesto dalla Società nel presente Bando Innoaid. Dai risultati ottenuti la Società proseguirà con la fase di Sviluppo che vedrà la progettazione e la realizzazione di soluzioni prototipali prima su piccola scala e in una fase successiva su scala industriale. In questo modo sarà possibile convalidare i risultati ottenuti nella fase di ricerca pura condotta nel presente progetto;
- condurre la fase di progettazione e sviluppo di un impianto prototipale di liquefazione del biometano (OR4). Dai risultati ottenuti dalla simulazione del ciclo termodinamico sul software DWSIM e dalla progettazione dei componenti principali dell'intero impianto, la Società potrà realizzare un primo prototipo su scala reale sul quale effettuare dei test per valutare gli effettivi consumi energetici e le rese in termini di biometano liquefatto e confrontare il sistema studiato con le attuali tecnologie presenti sul mercato.

La realizzazione del presente progetto ha consentito alla Società di incrementare la propria esperienza nel campo della Ricerca e di sviluppare soluzioni innovativi nel settore dell'Economia

Circolare, che mediante la successiva realizzazione di prototipi su scala reale darà la possibilità di proporre sul mercato degli impianti industriali da commercializzare e poter integrare agli attuali impianti di produzione di biogas.

~~2. Indicazione dei soggetti aderenti al raggruppamento partecipante al progetto~~

- ~~¶ Elencare tutti i soggetti aderenti al raggruppamento partecipante.~~
- ~~¶ Riportare le modifiche del Raggruppamento registrate in corso di attuazione del progetto rispetto al Raggruppamento inizialmente candidato specificando le date e gli atti di comunicazione e di approvazione delle modifiche apportate.~~

3. Piano delle attività svolte

a. Descrizione degli obiettivi fissati dal progetto

L'obiettivo principale del progetto proposto dalla Sistemi è stato studiare, analizzare e sviluppare soluzioni e tecnologie innovative nel settore della Green Economy relativamente alla valorizzazione del biometano e del digestato prodotto dalla digestione anaerobica di scarti dell'agricoltura, dell'agroindustria, della zootecnia e di rifiuti organici.

In particolare, il progetto è stato strutturato in 5 obiettivi realizzativi (OR) focalizzati sull'analisi di processi e soluzioni innovative per i due sottoprodotti della digestione anaerobica e svolti grazie all'attivazione di consulenze specialistiche nei relativi settori di competenza.

- OR1: l'obiettivo principale dell'attività è stato effettuare una valutazione della fattibilità tecnico-economica del progetto di ricerca proposto dalla Società. Lo studio consiste nell'analisi delle finalità del progetto di ricerca individuando gli elementi fondamentali per il corretto svolgimento delle attività proposte e i relativi costi previsionali. Il fine è quello di fornire alla Società un quadro completo dell'intera iniziativa con identificazione sia dal punto di vista metodologico sia dal punto di vista economico e di effettuare un'analisi puntuale delle possibili ricadute derivanti il buon esito del progetto proposto sia nel medio periodo che nel lungo periodo con descrizione del mercato di riferimento e del relativo posizionamento della Società.
- OR2: l'obiettivo proposto dal presente OR è stato individuare una soluzione chimica che presentasse non solo un'elevata capacità assorbente nei confronti dell'anidride carbonica presente nel biogas, ma anche un'elevata capacità di rigenerazione mediante il rilascio

dell'anidride carbonica, con condizioni operative (pressione e temperatura) più basse rispetto alle attuali soluzioni presenti sul mercato, consentendo pertanto la progettazione di un impianto prototipale.

- OR3.1: l'obiettivo prefissato del presente OR è stato quello di individuare una soluzione tecnologica innovativa da applicare ad un processo convenzionale di rimozione dell'ammoniaca dal digestato, in grado di presentare una maggiore efficienza in termini di produttività e di costi di esercizio e che potesse superare tutti i limiti che le attuali tecnologie presentano.
- OR3.2: l'obiettivo prefissato del presente OR mira allo sviluppo ed alla sperimentazione di un processo per il recupero delle sostanze nutrienti presenti nel digestato (azoto e fosforo) attraverso la precipitazione di un sale formato da azoto-fosforo-magnesio, denominato struvite ed all'individuazione dei parametri fondamentali che governano il processo per governarli in modo tale da consentire una più alta resa.
- OR4: l'obiettivo del presente OR è stato progettare un impianto innovativo per la liquefazione del biometano partendo dalla definizione del ciclo termodinamico da applicare, per poi arrivare all'identificazione dei parametri fondamentali che governano il processo, alla selezione dei macchinari e delle attrezzature fondamentali per la realizzazione dell'impianto ed alla progettazione dello scambiatore di calore criogenico che costituisce l'elemento fondamentale e più sensibile dell'intero impianto.
- OR5: l'obiettivo del presente OR è stato quello di individuare un materiale solido adsorbente che presentasse un potere adsorbente nei confronti dell'idrogeno solforato contenuto nel biogas, che fosse confrontabile con le attuali soluzioni presenti sul mercato e che riducesse drasticamente gli impatti ambientali che le attuali tecnologie producono. Il materiale adsorbente oggetto di studio è stato il biochar prodotto mediante processo di pirolisi di diverse materie prime poste in diverse condizioni di temperatura e di tempo di permanenza. Il fine del progetto è stato identificare quale biochar restituiva le migliori condizioni di adsorbimento per confrontarlo con le rese delle attuali tecnologie, in particolare, con i carboni attivi. In questo modo è stato possibile individuare una soluzione alternativa ai carboni attivi che può avere delle ricadute ambientali positive superando i limiti imposti dalle attuali tecnologie.

b. Elencazione dei nuovi prodotti/servizi introdotti attraverso la rete ed il progetto finanziato

I nuovi prodotti che la Società intende realizzare nel medio-lungo periodo (biennio 2022-2023) derivanti dal presente progetto di ricerca sono:

- 1) Un impianto di rimozione dell'H₂S, costituito da un filtro a biochar. Sarà possibile commercializzare sia la parte impiantistica, sia il materiale solido filtrante.
- 2) Un impianto di Upgrading del biogas per l'abbattimento della CO₂, da poter commercializzare sia come singolo impianto di Upgrading sia come soluzione "chiavi in mano" insieme al filtro a biochar di cui al punto 1). L'impianto nel suo complesso comprende sia i macchinari sia la soluzione da utilizzare.
- 3) Un impianto di liquefazione del biometano in Bio-LNG. In questo caso la Società prevede di commercializzare l'intera soluzione "chiavi in mano" comprendendo anche, se necessario, sistemi di raffinazione ulteriore del biometano a monte dell'impianto di liquefazione, per assicurare le elevate performance del processo ed i contenuti consumi energetici.
- 4) Impianto di strippaggio a freddo per l'abbattimento dell'ammoniaca dalla frazione liquida del digestato.
- 5) Impianto di cristallizzazione della struvite e recupero delle sostanze nutrienti dalla frazione liquida del digestato in uscita dal separatore elicoidale.

c. Descrizione dettagliata delle metodologie e soluzioni adottate per lo sviluppo dei nuovi prodotti/servizi

Il presente progetto di ricerca svolto si integra all'interno di un piano di sviluppo industriale che la Sistemi ha posto in essere mediante l'acquisizione di un complesso industriale sito in Foggia, località Borgo Cervaro, che allo stato attuale risulta essere un sito dismesso ex Ferrovie dello Stato e presenta dei capannoni industriali dismessi, che la Società intende recuperare integralmente per esercitare attività di produzione industriale.

È all'interno di uno di questi capannoni che la Società realizzerà e produrrà la componentistica di base e assemblerà gli impianti che intende proporre sul mercato.

In riferimento ai nuovi prodotti elencati nel punto b. si riporta di seguita una descrizione sulle metodologie e sulle soluzioni adottate per lo sviluppo di nuovi prodotti.

- 1) Sulla base dei dati e dei risultati ottenuti mediante l'attivazione della consulenza con l'Università degli Studi di Foggia nell'ambito del presente progetto è stato possibile verificare il potenziale di adsorbimento di diverse tipologie di biochar nei confronti dell'idrogeno

solforato contenuto nel biogas. I biochar testati sono stati ottenuti dal processo di pirolisi di diverse matrici, tra cui il cippato di ulivo, il digestato di reflui zootecnici, le microalghe, ecc. Per la stessa matrice sono state prodotte diverse tipologie di biochar effettuando il processo di pirolisi a diverse temperature ed a diversi tempi di permanenza. I risultati ottenuti dalle prove effettuate sono stati successivamente confrontati con i risultati che si ottengono utilizzando come materiale adsorbente il carbone attivo, attualmente la soluzione più utilizzata sul mercato. Il biochar che ha restituito i maggiori risultati, sia in termini di adsorbimento dell'H₂S sia in termini di prodotto finale che si ottiene quando il materiale è saturo, è stato il biochar ottenuto mediante processo di pirolisi a 900°C del cippato di ulivo. In relazione ai dati ottenuti ed alla caratterizzazione chimico-fisica del biochar da utilizzare con materiale filtrante, la Società intende progettare in una fase iniziale un prototipo su scala reale che potrà convalidare i dati ottenuti in laboratorio e successivamente proporre sul mercato un prodotto innovativo che può superare le problematiche soprattutto ambientali e di gestione del materiale esausto, che rappresentano i punti deboli delle attuali tecnologie presenti sul mercato.

- 2) Per quanto riguarda il progetto di ricerca relativo allo studio di nuove soluzioni per l'assorbimento dell'anidride carbonica dal biogas per ottenere biometano ed alla progettazione di un impianto prototipale, le prove condotte in laboratorio hanno identificato una soluzione, a base di carbonato di calcio, che additivato con glicina e alcool etilico ha restituito elevati valori di assorbimento della CO₂ e bassi consumi energetici in fase di rigenerazione. I dati ottenuti dalle prove di laboratorio hanno consentito alla Società di effettuare una progettazione di un impianto prototipale di Upgrading che funzioni mediante l'utilizzo di colonne di assorbimento e di rigenerazione a letto fluidizzato con insufflazione di gas sul fondo della colonna. La Società procederà con la realizzazione del prototipo e con l'esecuzione di test per convalidare i risultati ottenuti in fase di laboratorio e successivamente procederà con la produzione di impianti da commercializzare e proporre sul mercato in maniera competitiva rispetto alle attuali soluzioni presenti.
- 3) La consulenza attivata nell'ambito dell'OR4 svolto nel presente progetto di ricerca ha permesso alla Società di progettare un impianto prototipale di liquefazione che opera mediante un ciclo termodinamico revisionato e integrato in modo da poterlo rendere adatto all'applicazione su impianti di piccola taglia. La consulenza ha inoltre permesso di realizzare i disegni costruttivi del principale componente dell'impianto ovvero lo scambiatore criogenico. La Società intende realizzare il prototipo su piccola scala e testare la bontà del processo simulato durante lo svolgimento del presente progetto in modo tale da confermare le previsioni teorizzate in fase di

progettazione. Successivamente si procederà con la vendita di impianti “chiavi in mano” in cui la Società fornirà l’intero impianto di liquefazione comprensivo anche di quadri di controllo e pacchetto di manutenzione. La produzione in questo caso sarà incentrata sullo scambiatore criogenico che la Sistemi potrà realizzare nel proprio complesso industriale, mentre tutti gli altri componenti (sensori, compressori, valvole, scambiatori a piastre) saranno acquistati all’esterno e assemblati nel complesso industriale della Società.

- 4) Sul trattamento del digestato la Società ha intrapreso due percorsi di ricerca nell’ambito del presente progetto: il primo riguarda la rimozione dell’ammoniaca dalla frazione liquida del digestato; mentre il secondo punta al recupero delle sostanze nutrienti contenute nel digestato mediante la precipitazione di un sale denominato struvite. Il primo percorso di ricerca intrapreso sulla rimozione dell’ammoniaca ha permesso alla Società di individuare un processo presente sul mercato che restituisce ottimi risultati del prodotto in uscita, ma che comporta elevati costi energetici. Il processo in questione è lo strippaggio che allo stato attuale viene effettuato mediante la somministrazione di calore. La Società ha deciso di ottimizzare il processo di strippaggio mediante un’innovazione di processo inserendo una tecnologia di insufflazione dell’aria che viene immessa nella frazione liquida del digestato, consentendo di avere le stesse efficienze dello strippaggio a caldo, ma con il vantaggio di non dover somministrare calore nel corso del processo. La tecnologia in questione è un diffusore cilindrico ad asse orizzontale che presenta sulla superficie dei fori delle dimensioni di una decina di micron che consentono la produzione di microbolle e quindi una maggiore turbolenza all’interno della massa da trattare. La Sistemi intende progettare e realizzare un prototipo su scala reale per convalidare le prove di laboratorio effettuate e successivamente proporre l’intero impianto di abbattimento dell’ammoniaca sul mercato, producendo i componenti principali dell’impianto presso il proprio insediamento industriale.
- 5) Il secondo percorso di ricerca intrapreso dalla Società riguarda lo studio di un processo di cristallizzazione della struvite mediante il recupero di sostanze nutrienti (azoto e fosforo) contenute all’interno del digestato. Le prove condotte in collaborazione con l’Università degli Studi di Milano hanno consentito di verificare alte rese di recupero dei nutrienti. La Società intende progettare e realizzare un prototipo su scala reale di un reattore di cristallizzazione della struvite che consenta di convalidare i risultati ottenuti durante la fase di laboratorio, per poi passare alla produzione di impianti da commercializzare. Concettualmente questo stadio di recupero dei nutrienti dal digestato si posiziona a valle del processo di separazione fisica operata dal separatore elicoidale. Il processo di cristallizzazione della struvite potrà essere

proposto sul mercato come sistema integrativo per una buona e corretta gestione del digestato, in modo tale da rendere più agevole lo spandimento della materia organica stessa.

Per un maggior dettaglio sulle attività svolte nel presente progetto di ricerca, si rimanda alle relazioni tecniche finali prodotte per ogni singolo OR svolto e trasmesse dalla Società a chiusura del progetto.

Il buon esito del progetto di ricerca svolto dalla Sistemi ha permesso alla Società di passare alla fase successiva di sviluppo delle diverse tecnologie in tutti gli obiettivi realizzativi portati a termine. Questo consentirà alla Società di affacciarsi al mercato del biogas/biometano in maniera competitiva e garantendo un buon posizionamento in quanto verranno commercializzati i principali impianti dell'intera filiera produttiva.

~~d. Descrizione delle eventuali soluzioni tecnico-logistiche adottate, finalizzate a favorire il lavoro delle persone disabili o la conciliazione lavoro/famiglia per le lavoratrici o per lavoratori in particolari condizioni discriminanti (ad es. malattie invalidanti, croniche, assenza per congedi parentali, ecc.).~~

e. Descrizione degli investimenti realizzati e della loro distribuzione tra le imprese aderenti al Raggruppamento

Tutti gli investimenti in Consulenze specialistiche effettuati nel presente progetto sono stati sostenuti dalla Sistemi Energetici S.p.A..

Gli investimenti hanno riguardato le seguenti attività:

- A.2 Servizi di supporto all'innovazione di prodotto/servizio: l'importo speso è stato di 35.000,00 € per la consulenza specialistica fornita dall'Ing. Maurilio Meschia, consulente in ingegneria ed esperto nell'industrializzazione dei processi. La consulenza ha riguardato la realizzazione dell'obiettivo di ricerca OR4 e quindi la progettazione di un innovativo impianto di liquefazione del biometano in bio-LNG. Le attività svolte sono state articolate secondo le seguenti fasi di lavoro:
 1. Studio preliminare con analisi di differenti cicli di refrigerazione e scelta finale del ciclo per l'impianto prototipo.
 2. Definizione e ottimizzazione del ciclo termodinamico, calcolo delle portate, pressioni e temperature per il flusso del metano e dei fluidi refrigeranti utilizzati per la taglia del prototipo. Definizioni delle specifiche per i componenti del circuito.

3. Revisione del ciclo sulla base delle indicazioni dei fornitori dei componenti commerciali.
 4. Progettazione esecutiva: meccanica 3D della macchina, impianto per il metano e per i fluidi refrigeranti, definizione dei sensori per la macchina. Definizione della configurazione HW elettronico, preparazione schemi elettrici della macchina.
 5. Sviluppo del SW di controllo dell'impianto.
 6. Produzione della distinta base del prototipo.
 7. Revisione del progetto e della distinta base nella fase esecutiva di realizzazione del prototipo.
- A.3 Studi di fattibilità: la Società ha sostenuto un investimento di 30.000,00 € per la realizzazione di uno studio di fattibilità commissionato all'azienda Logos Italia S.r.l.. Il documento finale fornito alla Sistemi è stata una relazione relativa alla fattibilità tecnico-economica del progetto proposto con analisi del mercato di riferimento in cui si colloca il progetto e delle possibili ricadute future derivanti dal buon esito dei progetti di ricerca intrapresi. È stata inoltre fornita un'analisi costi-benefici delle iniziative proposte dalla Sistemi derivanti dalla promozione di nuovi prodotti sul mercato di riferimento.
 - B.1 Servizi Tecnologici di sperimentazione: in questa voce la Società ha deciso di stipulare due convenzioni con due centri di ricerca universitari italiani per lo svolgimento di prove di laboratorio nell'ambito degli obiettivi realizzatici OR5 e OR3.2, per un importo complessivo di 40.000,00 €, come di seguito ripartito:
 - 25.000,00 € sono stati investiti per l'attività relativa all'OR5 mediante la stipula di una convenzione con l'Università degli Studi di Foggia, Dipartimento di Scienze Agrarie, degli Alimenti e dell'Ambiente – SAFE. L'attività svolta ha riguardato l'esecuzione di test per la ricerca di materiali solidi adsorbenti per la rimozione dell'idrogeno solforato dal biogas. L'attività svolta si è articolata nelle seguenti fasi:
 1. individuazione della materia prima da sottoporre a pirolisi per la produzione di biochar;
 2. processo di pirolisi delle materie prime selezionate, condotto a diverse temperature e per diversi tempi di permanenza;
 3. svolgimento di prove di adsorbimento dell'H₂S dal biogas e valutazione del potere adsorbente della matrice solida utilizzata;

4. selezione dei biochar che hanno restituito le migliori performance di processo confrontabili con le attuali tecnologie presenti sul mercato;
 5. caratterizzazione del biochar esausto per la comprensione dei legami chimici formati con l'H₂S adsorbito e analisi della possibilità di reimpiego del materiale così composto in agricoltura.
- 15.000,00 € sono stati investiti per l'attività relativa all'OR3.2 mediante stipula di un contratto di servizio con l'Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali Di.S.A.A. Le attività svolte nell'ambito della presente ricerca riguardano lo svolgimento di prove di laboratorio finalizzate al recupero delle sostanze nutrienti presenti nel digestato. In particolare, l'attività di ricerca è stata così ripartita:
 1. prove di laboratorio per l'analisi del processo di riduzione contemporaneo dell'azoto e del fosforo nei digestati provenienti da reflui zootecnici;
 2. prove di flocculazione per separare la frazione organica contenuta in un refluo suino, al fine di incrementare il valore della %SS.
- f. Descrizione dei risultati ottenuti e dell'utilità industriale del progetto e capacità dello stesso di accrescere la competitività e lo sviluppo dell'impresa/imprese del raggruppamento

I risultati ottenuti dal presente progetto di ricerca sono di seguito riportati:

OR1 – Studio di fattibilità: l'attivazione della presente consulenza ha consentito alla Società di avere ad inizio delle attività di ricerca uno studio sulla fattibilità tecnica del progetto che ha costituito a tutti gli effetti il punto di partenza per la migliore organizzazione e gestione del progetto proposto. Il lavoro finale è stato costituito da una relazione specialistica in cui è stata riportata: un'analisi di fattibilità dell'intero progetto di ricerca, un'analisi tecnica e funzionale dei prodotti che saranno oggetto di successiva realizzazione e derivanti dall'attivazione del presente progetto di ricerca, ed un'analisi economica relativa alle ricadute che si avranno dal buon esito dei progetti di ricerca condotti dalla Società.

OR2 – Progettazione di un nuovo impianto di Upgrading per la produzione di biometano: i risultati ottenuti dall'OR2 sono stati:

- acquisizione di know-how sulle attuali tecnologie presenti sul mercato con analisi tecnico-economica che ha permesso alla Società di effettuare un confronto tra le varie

tecnologie e analizzare relativi vantaggi e svantaggi sia dal punto di vista tecnico-funzionale sia dal punto di vista ambientale;

- identificazione di una soluzione acquosa a base di carbonato di potassio, glicina e alcool etilico che presenta le migliori caratteristiche dal punto di vista chimico-fisico di assorbimento e di rilascio della CO₂ dal biogas, con relativa stima dei consumi energetici che risultano da una prima analisi inferiori rispetto alle attuali tecnologie in commercio. L'assorbimento viene condotto a temperatura ambiente ed a pressione atmosferica. La rigenerazione della soluzione avviene a temperature di 45°C, ben al di sotto delle attuali soluzioni in commercio che richiedono una temperatura di almeno 85-90°C;
- progettazione preliminare di un prototipo su piccola scala che funzioni con la tecnologia a letto fluidizzato e secondo le modalità previste dalle prove di laboratorio.

OR3.1 – Ricerca di soluzioni tecnologiche innovative per la rimozione di ammoniaca da digestato: l'OR3.1 è finalizzato alla ricerca e allo studio di un processo innovativo di abbattimento del contenuto ammoniacale presente nel digestato. I risultati ottenuti dal presente OR sono stati:

- acquisizione di know-how sulle attuali tecnologie presenti sul mercato con analisi tecnico-economica che ha permesso alla Società di effettuare un confronto tra le varie tecnologie e analizzare relativi vantaggi e svantaggi sia dal punto di vista tecnico-funzionale sia dal punto di vista ambientale;
- ottimizzazione tecnologica del processo di strippaggio per la rimozione dell'ammoniaca dalla frazione liquida del digestato, mediante inserimento di un componente che riduce in maniera significativa i consumi energetici. Si pensi che lo strippaggio convenzionale necessita di riscaldare l'aria che assorbe l'ammoniaca fino a temperature che vanno dai 70 agli 80°C. Con l'introduzione di un elemento di diffusione dell'aria che consente la generazione di microbolle e quindi una maggiore turbolenza nella massa liquida del digestato si elimina completamente la componente relativa all'energia termica. Inoltre, la quantità di ammoniaca recuperata è dell'ordine dell'80% rispetto al quantitativo iniziale.

OR3.2 – Test di soluzioni tecnologiche innovative per il recupero di nutrienti e di fertilizzante in processi di trasformazione di rifiuti organici: l'OR3.2 costituisce il secondo filone di ricerca nell'ambito del trattamento del digestato, finalizzato al recupero di sostanze nutrienti dal digestato. I risultati ottenuti dallo svolgimento delle prove di laboratorio effettuate su digestati di reflui zootecnici per la produzione di struvite e il recupero contemporaneo di azoto e fosforo sono stati:

- comprensione dei parametri fondamentali che regolano il processo di cristallizzazione della struvite, in primis la quantità di sostanza secca presente nel digestato;
- analisi dei quantitativi di azoto e di fosforo recuperati mediante il processo di cristallizzazione della struvite: percentuale di fosforo recuperato che varia tra il 70-80%, percentuale di azoto recuperato che varia tra l'8-12%.
- concentrazione della sostanza secca (%SS) nei reflui suini per l'incremento delle rese e della produttiva del processo di cristallizzazione della struvite con ottenimento di riduzione del volume del refluo di almeno 5-6 volte;
- analisi del potere metanigeno del refluo concentrato che sostanzialmente resta costante nonostante la fase di concentrazione del refluo che ha prodotto una riduzione considerevole del volume iniziale.

OR4 – Progettazione di un innovativo impianto per la liquefazione del biometano: il progetto di ricerca relativo alla progettazione di un innovativo impianto di liquefazione svolto mediante l'attivazione di un contratto di consulenza stipulato con l'Ing. Maurilio Meschia, ha portato ai seguenti risultati:

- acquisizione di know-how sulle attuali tecnologie presenti sul mercato con analisi tecnico-economica che ha permesso alla Società di effettuare un confronto tra le varie tecnologie e analizzare relativi vantaggi e svantaggi dal punto di vista tecnico-funzionale;
- sviluppo di un ciclo termodinamico del tipo SMR applicabile a impianti di piccole dimensioni (da 0,4 ton/gg a 20 ton/gg) con identificazione dei composti e della relativa composizione utilizzati come miscela di gas refrigeranti;
- progettazione del prototipo di impianto da realizzare con identificazione della componentistica e progettazione esecutiva dello scambiatore di calore criogenico, che costituisce il cuore dell'intero impianto.

OR5 – Test di soluzioni tecnologiche innovative di purificazione del biogas dall'acido solfidrico: i risultati ottenuti dai test di adsorbimento dell'H₂S svolti su biochar prodotti da pirolisi di diverse materie prime sono stati:

- identificazione delle materie prime che hanno mostrato maggiore affinità nei confronti dell'H₂S del biogas tal da poter essere confrontate con le attuali tecnologie (es. carboni attivi). Tra queste si può trovare: il cippato di ulivo, il cippato di bosco, il fondo del caffè e le microalghe. La matrice di maggiore interesse dal punto di vista applicativo e industriale è sicuramente il cippato di ulivo;

- caratterizzazione del biochar esausto per l'analisi chimica che dei composti formati con l'idrogeno solforato con valutazione positiva nell'utilizzo di questa matrice in agricoltura. Quest'ultimo risultato valorizza una sostanza che è arrivata a fine vita nel ciclo di produzione e che può essere impiegata in agricoltura con effetti positivi, rispetto alle attuali tecnologie che invece generano rifiuti nel corso del processo di desolfurazione del biogas e che pertanto restituiscono impatti ambientali considerevoli.

L'utilità industriale del progetto risiede nella possibilità di realizzare impianti industriali che possono essere introdotti sul mercato di riferimento. Il progetto svolto dalla Sistemi ha riguardato in alcuni casi le attività di ricerca pura svolte in laboratorio (OR2, OR3.1, OR3.2, OR5) ed in altri la progettazione preliminare con sessioni di simulazione mediante l'utilizzo di un software (OR4). Dai risultati ottenuti dal progetto di ricerca esposto sarà possibile passare alla fase successiva di progettazione di prototipi industriali sia su piccola scala che su scala reale per la convalidazione dei dati ottenuti nella prima fase del progetto. Infine, la Sistemi potrà proporre sul mercato di riferimento impianti industriali innovativi che superano alcuni ostacoli e svantaggi che gli attuali impianti commercializzati presentano, e che permetteranno alla Società di aumentare la propria posizione e competitività sul mercato.

Il progetto di ricerca svolto ben si integra nel piano di sviluppo industriale che la Sistemi ha posto in essere mediante la realizzazione di un complesso industriale all'interno del quale svolgerà attività produttiva prevalentemente incentrata sulla componentistica principale degli impianti a biogas e degli impianti derivanti dal progetto di ricerca svolto. La realizzazione in house di parte della componentistica degli impianti da commercializzare e la fase di assemblaggio e check della qualità del prodotto finito consentiranno alla Società di limitare i costi di produzione e proporre i propri prodotti a prezzi competitivi rispetto alle attuali tecnologie presenti sul mercato.

- g. Descrizione delle ricadute del progetto in termini di impatto positivo sull'ambiente, sulla salute umana e la sicurezza e sul bilancio energetico d'impresa.

Dall'analisi dei risultati ottenuti dai diversi obiettivi realizzativi intrapresi dalla Sistemi nel presente progetto di ricerca, le ricadute che il progetto ha prodotto soprattutto in termini di impatto ambientale si possono considerare positive. Di seguito si riportano gli impatti prodotti dal progetto svolto:

OR3.1: il processo innovativo di abbattimento dell'ammoniaca dalla frazione liquida del digestato propone una soluzione che mediante l'insufflazione dell'aria sotto forma di

microbolle consente di abbattere un elevato contenuto di ammoniaca (fino all'80%) senza l'utilizzo di fonti energetiche quali il calore che convenzionalmente vengono utilizzati nei processi di strippaggio. Questo consente una maggiore gestione della frazione liquida del digestato che pertanto potrà essere inviato in spandimento sui terreni, diminuendo il rischio di inquinamento delle falde dai nitrati in quanto gran parte della frazione ammoniacale è stata rimossa dal processo di strippaggio a freddo studiato. Inoltre, l'azoto ammoniacale rimosso dall'aria durante il processo potrà ulteriormente essere recuperato mediante insufflazione in un letto di acido solforico e contestuale formazione di solfato di ammonio che a tutti gli effetti costituisce un fertilizzante ai sensi del D.Lgs. 75/2010.

OR3.2: il processo di recupero delle sostanze nutrienti a base di azoto e fosforo dal digestato ha importanti risvolti ambientali relativi alla gestione della frazione solida e della frazione liquida del digestato stesso. La precipitazione della struvite consente di ottenere un sale con elevate proprietà fertilizzanti ottimizzando il rilascio di sostanze quali l'azoto e il fosforo sui terreni.

OR5: il processo di desolforazione del biogas studiato nell'ambito del presente progetto di ricerca ha avuto ricadute positive non solo in termini di percentuali di abbattimento dell'acido solfidrico confrontabili con i processi attualmente presenti sul mercato, ma ha presentato risultati notevoli anche dal punto di vista dell'impatto ambientale. Gli attuali processi di desolforazione del biogas presentano alcuni svantaggi legati alle modalità di processo che comportano la produzione e la relativa gestione di rifiuti. Ad esempio, la desolforazione mediante scrubber non solo richiede l'utilizzo di soda caustica che periodicamente deve essere sostituita con soda fresca, ma comporta anche il deposito di zolfo elementare sui corpi di riempimento dello scrubber che costituiscono dei rifiuti speciali da smaltire. Ugualmente l'utilizzo di carboni attivi, benché restituisca elevate quantità di rimozione di idrogeno solforato, comporta anche la produzione di un rifiuto (carbone attivo esausto) che deve necessariamente essere smaltito. Il processo studiato nel presente progetto di ricerca ha visto l'utilizzo di biochar prodotto da diverse matrici, che non solo restituisce elevate quantità di H_2S catturato dal biogas, ma una volta esausto non costituisce un rifiuto bensì possiede caratteristiche chimico-fisiche tali per cui può essere utilizzato come ammendante sui terreni.

4. INVESTIMENTI REALIZZATI:

(indicare le spese totali sostenute nel corso del progetto)

A.1 Servizi di supporto all'innovazione guidata dal design				
N.	Denominazione e Rag. Sociale impresa beneficiaria	Consulenze specialistiche (Euro)	Descrizione	Fornitore (denominazione, ragione sociale, sede, PIVA)
1				
2				
3				
4				
	TOTALE			

A.2 Servizi di supporto all'innovazione di prodotto/servizio				
N.	Denominazione e Rag. Sociale impresa beneficiaria	Consulenze specialistiche (Euro)	Descrizione	Fornitore (denominazione, ragione sociale, sede, PIVA)
1	Sistemi Energetici SpA	35.000,00 €	Progettazione di un innovativo impianto per la liquefazione del biometano	Ing. Maurilio Meschia, Consulente in Ingegneria, P.IVA. 01590050058, studio/sede in Asti, Via Conti 2, CAP 14100
2				
3				
4				
	TOTALE	35.000,00 €		

A.3 Studi di fattibilità				
N.	Denominazione e Rag. Sociale impresa beneficiaria	Consulenze specialistiche (Euro)	Descrizione	Fornitore (denominazione, ragione sociale, sede, PIVA)
1	Sistemi Energetici SpA	30.000,00 €	Studio di fattibilità soluzioni tecnologiche innovative	Logos Italia Srl, sede in Bari alla Via Cardassi N.26, P.IVA. 07700550721
2				
3				
4				
	TOTALE	30.000,00 €		

B.1 Servizi tecnologici di sperimentazione				
N.	Denominazione e Rag. Sociale impresa beneficiaria	Consulenze specialistiche (Euro)	Descrizione	Fornitore (denominazione, ragione sociale, sede, PIVA)
1	Sistemi Energetici SpA	15.000,00 €	Test di soluzioni tecnologiche innovative per il	Università degli studi di Milano - Dipartimento di Scienze Agrarie e

			recupero di nutrienti e di fertilizzante in processi di trasformazione di rifiuti organici	Ambientali Di.S.A.A., sede di Milano (MI), 20133, in via Celoria 2, P.IVA. 03064870151
2	Sistemi Energetici SpA	25.000,00 €	Test di soluzioni tecnologiche innovative di purificazione del biogas dall'acido solfidrico	Università degli studi di Foggia – Dipartimento di Scienze Agrarie, degli Alimenti e dell'Ambiente – SAFE, sede in Foggia (FG), 71121, alla Via Napoli 25, P.IVA. 07520230967
.				
s				
	TOTALE	40.000,00 €		

B.2 Servizi di supporto alla gestione della proprietà intellettuale e alla certificazione di prodotto				
N.	Denominazione e Rag. Sociale impresa beneficiaria	Consulenze specialistiche (Euro)	Descrizione	Fornitore (denominazione, ragione sociale, sede, PIVA)
1				
2				
.				
s				
	TOTALE			

FIRMA DIGITALE CERTIFICATA

Apporre la Firma digitale certificata del Legale rappresentante della PMI/ capofila del Raggruppamento Beneficiario.