Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO

Attività di supporto al monitoraggio della CO_2 nell'area del Sulcis

P. Deiana, C. Bassano, M. Subrizi

Report RdS/2013/223

ATTIVITÀ DI SUPPORTO AL MONITORAGGIO DELLA CO_2 NELL'AREA DEL SULCIS

P. Deiana, C. Bassano, M. Subrizi (ENEA)

Settembre2013

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA
Piano Annuale di Realizzazione 2012
Area: Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente
Progetto: Cattura e sequestro della CO_2 prodotta dall'utilizzo di combustibili fossili
Obiettivo: Tecnologie per la rimozione permanete della CO_2

Responsabile del Progetto: Stefano Giammartini, ENEA

Indice

SOMMARIO 4
1 INTRODUZIONE 5
2 IL MONITORAGGIO DELLA CO_2 DA SUOLO 5
2.1 MATERIALI ED ATTREZZATURE 5
2.2 MISURE DI FLUSSO SPECIFICO CON COLLARE DA SUOLO 8
2.3 MISURE DI CONCENTRAZIONE DI CO_2 AL SUOLO SU STAZIONE FISSA 10
2.4 MISURE DI CONCENTRAZIONE DI CO_2 AL SUOLO SU STAZIONE MOBILE 10
3 CONCLUSIONI 12
4 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI 12
5 ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI 12

Sommario

Il presente rapporto è relativo alle attività di supporto al monitoraggio della CO_2 nell'area del Sulcis svolte, nell'ambito della Ricerca di Sistema, durante l'ultima annualità, presso i laboratori del C.R. ENEA di Casaccia, per quanto riguarda una prima fase di acquisizione di competenze sull'utilizzo della strumentazione ed il trattamento dei dati, e presso differenti siti situati presso l'area del bacino minerario del Sulcis (provincia di Carbonia-Iglesias nel Sud Ovest Sardegna) per quanto attiene le attività di campionamento e misura.

In particolare quanto descritto si riferisce ad una prima fase di test e misura delle concentrazioni e dei flussi di CO2 da suolo effettuate nel corso del 2013 nell'area del bacino carbonifero del Sulcis.

Per poter supportare le attività di monitoraggio baseline delle concentrazioni e dei flussi di CO2 da suolo condotte da altri partner del progetto ENEA/UTTEI si è dotata di uno strumento apposito utilizzato diffusamente nella comunità scientifica e nel mondo della ricerca industriale.

A valle di una introduzione generale alle problematiche della cattura e dello stoccaggio dell'anidride carbonica viene descritta la metodologia della camera di accumulo per la misura della CO_2 contenuta nel gas naturalmente emesso dal suolo. Viene quindi brevemente descritta l'apparecchiatura in parola e vengono riportate le prime risultanze di una prima fase di test e misure effettuate a partire da Luglio 2013.

Si è operato su sei differenti siti posti nell'intorno dell'area di permesso di ricerca CARBOSULCIS e nei pressi del sito minerario di Nuraxi Figus effettuando misure di concentrazione e di flusso al suolo in corrispondenza delle centraline e sonde installate a ridotta profondità da CERI e in prossimità di alcuni piezometri più profondi utilizzati di norma da CARBOSULCIS per campionamento acque e controlli ambientali.

I primi risultati sono in linea con quanto ci si attendeva con valori normali relativi a flussi caratteristici di zone rurali non particolarmente emissive.

1 Introduzione

Le tecnologie di cattura e sequestro dell'anidride carbonica (CCS) rappresentano un opzione a potenziale significativo per la riduzione delle emissioni di CO_2 in realizzate con il confinamento definitivo della CO2 in formazioni geologiche sotterranee profonde.
E' noto che l'anidride carbonica (CO_2) è un gas serra che contribuisce ai cambiamenti climatici. La CO2 viene emessa in atmosfera ogni volta che vengono utilizzati i combustibili fossili tramite la combustione. Le maggiori fonti di emissione di origine antropica di CO_2 sono relative all'esercizio di centrali elettriche a gas e a carbone e al trasporto automobilistico.
La cattura ed il sequestro geologico della CO_2 sono stati identificati come un modo per attenuare le emissioni di CO_2 in atmosfera. Differenti formazioni geologiche idonee per lo stoccaggio sotterraneo di CO_2 sono state identificate a livello mondiale. In genere, queste formazioni sono giacimenti esauriti di petrolio e di gas, strati carboniferi profondi non minierabili, e falde acquifere saline profonde. La potenziale capacità globale per lo stoccaggio geologico della CO_2 è grande e potrebbe corrispondere a quella relativa a centinaia di anni di emissioni antropiche.
La capacità di molti di questi serbatoi potenziali di immagazzinare gas naturale e CO_2 naturalmente accumulata nel corso di milioni di anni, aiuta a dimostrare la credibilità dell'opzione di stoccaggio geologico definitivo. Tuttavia per quanto una formazione di stoccaggio geologico possa sembrare perfettamente impermeabile, rimane la responsabilità di chi conduce progetti e attività in questo campo, di dimostrare nel tempo che non ci sono perdite.
Mentre la CO_2, presente in atmosfera a concentrazioni intorno ai 350-400 ppm è di fatto praticamente innocua, nel caso sia più concentrata può essere pericolosa e addirittura fatale per le piante e gli animali, compreso l'uomo. Per questo motivo è richiesta la certezza che non vi siano perdite dai siti di confinamento che mettano in pericolo la salute o che inficino gli sforzi fatti ed i benefici acquisiti grazie alle attività di cattura e stoccaggio della anidride carbonica. Il monitoraggio del suolo soprastante le formazioni geologiche utilizzate per il confinamento dà la prova effettiva dell'integrità e della tenuta di questi serbatoi geologici.
Lo scopo finale del monitoraggio, della verifica e della misura delle quantità di CO_2 stoccata è quello di fornire un resoconto accurato delle attività svolte ed una elevata garanzia che la CO_2 rimanga sequestrata permanentemente. Il successo di un progetto di sequestro consiste nel garantire la salute umana e la sicurezza e prevenire eventuali danni all'ecosistema ospitante. Il monitoraggio richiede tutta una serie di strumenti utili a comprendere in modo efficace l'iterazione tra la CO_2 e la struttura interna alla formazione geologica dello stoccaggio. Uno di questi strumenti è la comprensione e la quantificazione dei potenziali siti di degasamento superficiale. Le campagne di monitoraggio preventivo della superficie terrestre nei siti aiutano a quantificare l'entità dei flussi naturalmente presenti, il cosidetto baseline, cosa che rende più facile individuare e quantificare eventuali aree di potenziale degassamento di CO2. Il monitoraggio di superficie è anche un modo efficace per mostrare e quantificare al cospetto dell'opinione pubblica l'entità delle perdite e lo status di non pericolosità.

2 Il monitoraggio della CO2 da suolo

2.1 Materiali ed attrezzature

Lo svolgersi delle attività ha innanzi tutto visto la verifica di quanto presente sul mercato e l'acquisizione di un sistema stato dell'arte per il monitoraggio delle emissioni di CO_2 presente nel gas di suolo. La scelta è

ricaduta sul sistema LICOR 8100. Dispositivo a camera che consente sia la misura della concentrazione di CO_2 che la misura del flusso specifico da suolo con il metodo della camera.

Una delle tecniche comunemente utilizzate per la misura dei flussi di gas dal suolo è quella della "camera di accumulo". Questo metodo tiene conto della variazione della concentrazione di gas che nel tempo si accumula all'interno di una camera posta sopra la superficie del terreno.

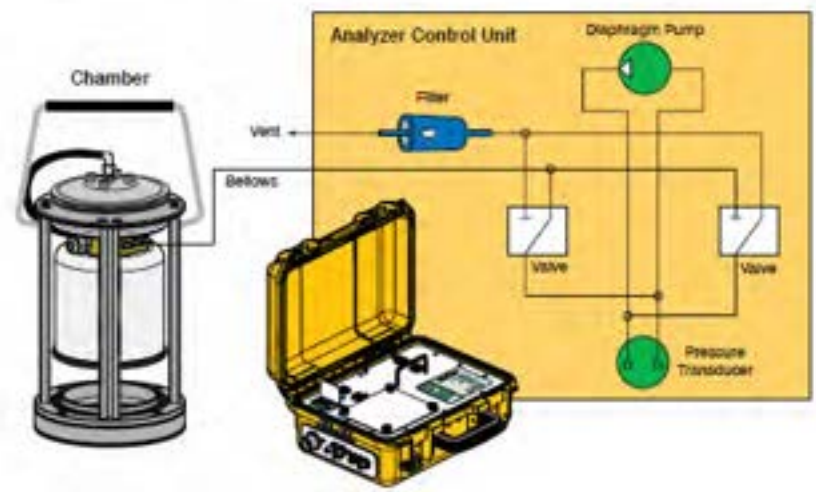

Figura 1 – Strumentazione portatile per la misura della concentrazione e del flusso di CO2 dal suolo

Il tasso di variazione della concentrazione riflette il tasso di emissione del gas e quindi il flusso. Ci sono due tipi di camere quelle così dette statiche e quella dinamiche. Nelle prime si effettua il campionamento a intervalli temporali prestabiliti dopo aver ricoperto la superficie del terreno con la camera. Nelle camere dinamiche invece si fa circolare in continuo l'aria tra la camera ed un strumento che monitora la concentrazione di CO2.

Figura 2 – Strumentazione portatile per la misura della concentrazione e del flusso di CO2 dal suolo

Il sistema utilizzato è del secondo tipo, completamente automatizzato e appositamente dedicato a fare le misurazioni di flusso di CO_2 da suolo. L'unità principale di controllo, che contiene l'elettronica e l'analizzatore di CO_2, può essere collegata ad una camera compatta adatta ad primo screening (come quella

in questo caso utilizzata) o ad una camera per misure di lungo periodo più ingombrante ma più precisa ed accurata. Un'altra possibilità testata è stata quella di eseguire misure di concentrazione in continuo anche con lo strumento in movimento.

L'analizzatore IRGA (Infra Red Gas Analyzer) , del tipo ad infrarosso , viene utilizzato per misurare la variazione delle concentrazioni di CO_2 e H_2O in una camera posta in contatto con il suolo attraverso un apposito collare opportunamente predisposto nel terreno.

I dati raccolti dal LI-8100A possono essere memorizzati nella memoria interna dello strumento oppure su di una scheda CF asportabile oppure possono essere trasferiti direttamente ad un personal computer. I protocolli di raccolta dei dati sono definiti all'interno del software di gestione che opera all'interno dell'ambiente Windows.

L'unità di controllo e trasmissione dei dati è contenuta all'interno della custodia di colore giallo che ospita sia l'elettronica che l'analizzatore di gas a infrarossi. L'interno dell'unità è dotato di un pannello indicatore, dell' alloggiamento e delle staffe per il montaggio della batteria ricaricabile e di un pannello di accesso per l'inserimento delle unità di memoria estraibili e del modulo di trasmissione senza fili.

Figura 3 – Attività di monitoraggio della concentrazione e del flusso di CO2 dal suolo

Sul lato sinistro invece sono presenti le connessioni per i sensori ausiliari dedicati alla misura di grandezze come temperatura, umidità e altri parametri di interesse, oltre che le interfacce di collegamento per le camere flussimetriche, la porta seriale e le connessioni per l'ingresso e l'uscita del gas campione.

Le misure che sono state effettuate sono essenzialmente di tre tipi:

1. Misure di flusso specifico con collare da suolo;
2. Misure di concentrazione di CO_2 al suolo su stazione fissa;
3. Misure di concentrazione di CO_2 al suolo su stazione mobile.

Tali misure sono state condotte in fase di test per acquisire una certa dimestichezza con le strumentazioni ed il software di controllo e successivamente in siti di potenziale interesse per lo storage ed in corrispondenza ai punti di ove il monitoraggio viene condotto in collaborazione con il partner scientifico CERI.

2.2 Misure di flusso specifico con collare da suolo

Il metodo a camera chiusa è l'approccio più comune utilizzato per stimare (in moli a metro quadro al secondo)i flussi di CO_2 e di altri gas presenti in traccia sulla superficie del suolo. È una procedura ampiamente usata nelle analisi e ricerche sul ciclo del carbonio, nonché in altri settori di ricerca ambientale. In questo metodo, una piccola porzione di aria viene fatta circolare da una camera ad un analizzatore di gas a infrarossi (IRGA) e poi rimandato alla camera.

Il flusso di CO2 dal suolo viene stimato attraverso l'equazione di seguito riportata che tiene conto del volume della camera, della superficie del suolo, della temperatura dell'aria, della pressione atmosferica e del tasso di aumento della concentrazione di CO_2 all'interno della camera che viene disposta ad di sopra della superficie del terreno per un breve periodo di tempo.

$$F_c = \frac{PV}{RTS}\frac{dC_c}{dt} \qquad (1)$$

con P è la pressione atmosferica, V è il volume totale del sistema, compreso il volume della camera, la pompa ed il tubo di connessione e di misura, R è la costante universale dei gas, T è la temperatura assoluta e S è l'area di terreno coperta dalla camera. Molti sistemi chiusi su misura sono stati descritti in letteratura e diversi sistemi commerciali sono a oggi disponibili possono anche essere utilizzati.

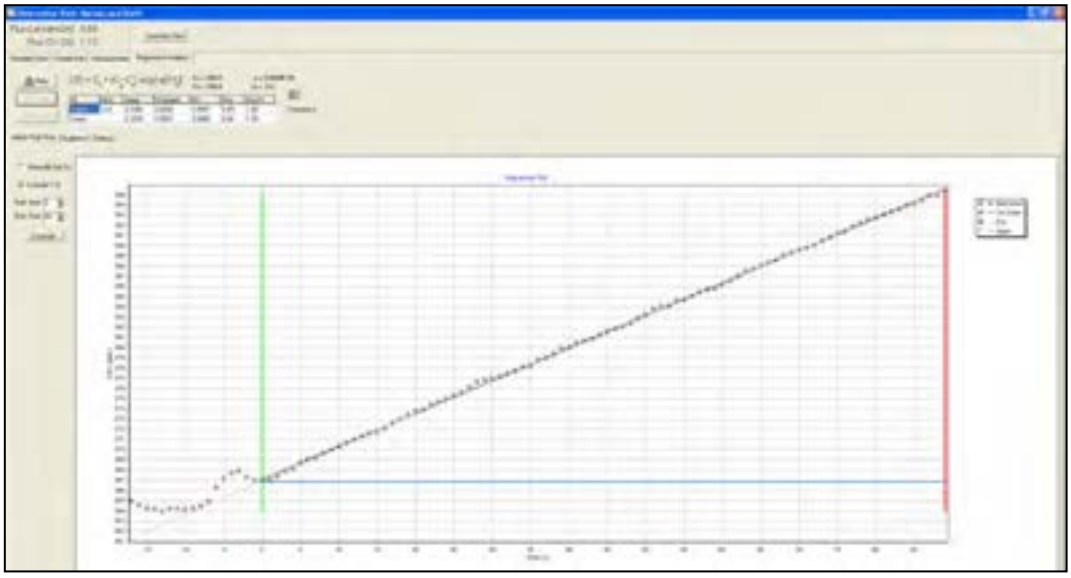

Figura 4 – Misura del flusso di CO2 dal suolo: andamento delle concentrazioni di CO2 in camera di accumulo

Una misura di questo tipo fornisce una stima della quantità di CO_2 che degasa istante per istante attraverso l'unità di superficie del suolo. Chiaramente è una quantità che varia a seconda a secondo dei diversi parametri citati (temperatura del terreno, umidità del suolo, contenuto organico) ma anche dal tipo di

terreno, dall'attività biologica presente, dalla presenza di falde acquifere più o meno profonde e da eventuali fenomeni di degassamento dal sottosuolo. Di conseguenza, il flusso CO_2 da suolo spesso mostra una forte variabilità sia temporale che spaziale, il che significa che il flusso può cambiare in modo significativo sia nel tempo che nello spazio.
Un esempio applicativo di misura di flusso di CO_2 da suolo ricavato con questa metodica è riportato nella figura seguente. Il grafico viene ottenuto riportando la concentrazione di CO_2 misurata nel tempo all'interno della camera posta in comunicazione con il solo suolo.

Le unità sull' asse delle ordinate sono micromoli di CO_2 per mole di aria (o ppmv) e l'asse delle ascisse rappresenta invece il tempo in secondi. La camera viene connessa al tempo zero e l'aumento della concentrazione ha una pendenza di circa 0,3 ppmv / secondo.

Figura 5 – Vista aerea dell'area interessata e indicazione geografica delle stazioni di monitoraggio

Sono state effettuate in corrispondenza dei punti riportati nella soprastante mappa d'area che si riferisce all'area del Sulcis. Le stazioni di rilevamento sono lungo la direttrice Nord-Sud:

1. Nuraxi Figus Rilancio — tra gli insediamenti abitati e il sito minerario
2. Sughereta — a est dell'area inerti
3. Cane Morto — a ovest del carbonile in prossimità del parco eolico
4. Littoria 5 — in ambiente rurale zona pascolo
5. Monte Ulmus — nei pressi dell'omonima collina presso un fosso
6. Matzaccara — lungo la strada provinciale su terreno sabbioso

2.3 Misure di concentrazione di CO_2 al suolo su stazione fissa

Queste misure di concentrazione servono a dare un'immediata stima del baseline di punti di interesse come quelli in corrispondenza dei piezometri per il prelievo di acque di falda, su teste di pozzi profondi o in corrispondenza di faglie segnalate da mappe o dalla consulenza di personale esperto. L'utilità è quella di poter predisporre un adeguato campo scala sugli strumenti dedicati alle acquisizioni di più lungo periodo.

Figura 6– Stazione di monitoraggio in prossimità dei piezometro campionamento acque e gas di suolo

2.4 Misure di concentrazione di CO_2 al suolo su stazione mobile

La possibilità di utilizzare un analizzatore IRGA a risposta rapida consente di effettuare acquisizioni della concentrazione al suolo lungo percorsi preordinati. La tal cosa consente di mappare a tappeto vaste aree del territorio o specifici transetti di attraversamento di faglie, fossi o zone di particolare interesse.

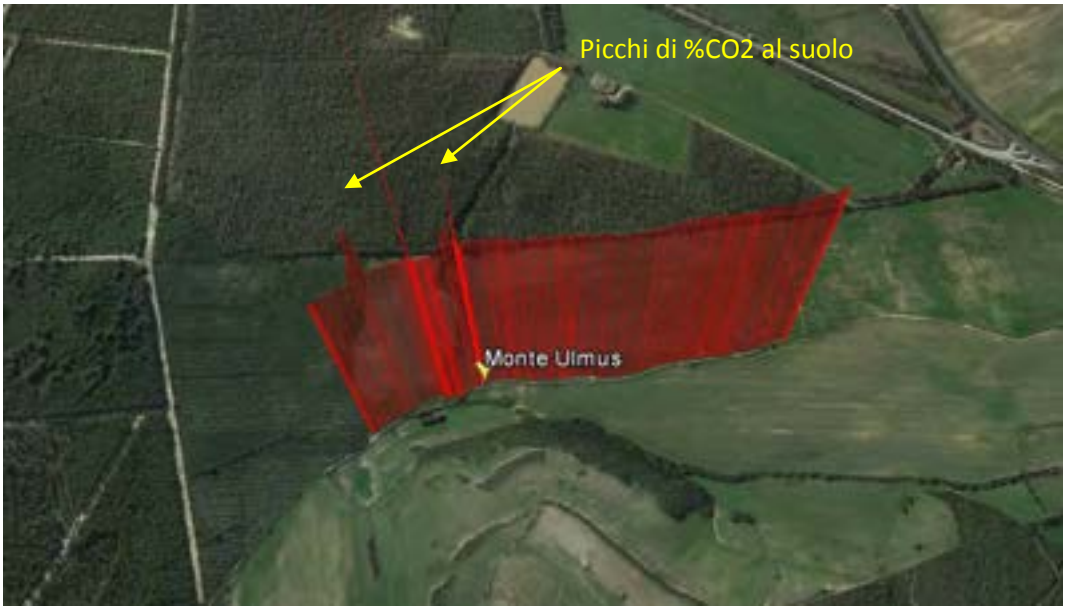

Figura 7 – Profilo della concentrazione della CO2 dal suolo nei dintorni della stazione di Monte Ulmus

A titolo di esempio si riporta nella figura soprastante l'andamento della concentrazione di CO_2 al suolo lungo la stradina che costeggia il Monte Ulmus. In prossimità della stazione si notano due picchi intorno ai 600 ppm (il baseline era 360ppm).

Le operazioni risultano meno alterate se effettuate in assenza di vento e con gradienti termici trascurabili. La possibilità di riportare i dati di concentrazione via via ottenuti in corrispondenza di locazioni rilevate con il GPS fornisce interessanti risultati che possono essere visualizzati in 3D utili per orientare la ricerca di punti anomali e per la scelta di locazione delle stazioni di rilevamento fisse.

Figura 8 – Installazione delle sonde e monitoraggio nella stazione Sughereta

Le misure di flusso a suolo hanno dato risultati confortanti con valori in linea con quanto rilevabile in siti di tipo rurale (0.7 – 3.5 umol*m-2*sec-1) con incrementi via via più sensibili dalla Stazione Matzaccara (0.7), Cane morto (1.5), Monte Ulmus (2.7) fino a Sughereta (3.6).

Le concentrazioni al suolo rilevate con il campionamento mobile variano dacirca 350 fino a 1200ppm. Con le stazioni fisse il massimo di concentrazione lo si è raggiunto nella stazione Sughereta con circa 2%vol di CO2 in corrispondenza di un piezometro di profondita di circa 50m.

3 Conclusioni

L'attività di supporto al monitoraggio geochimico nell'area del Sulcis ha consentito una prima verifica del livello baseline di CO_2 presente nei flussi di degassamento da suolo naturalmente presenti aggiungendo una misura di confronto a quanto sviluppato dagli altri partner di progetto. L'adozione di metodi ed attrezzature di comprovata validità ha di fatto allargato l'orizzonte delle metodiche e dei materiali utilizzati nel monitoraggio della CO_2 al suolo.

La tal cosa ha dato vita ad un miglior integrazione e dialogo con gli operatori del mondo universitario e industriale che vantano lunga esperienza sul campo. Il ventaglio delle prospettive future comprende da un lato l'esecuzione di campagne di misura che infittiscano spazialmente il reticolo dei punti monitorati e dall'altro l'esecuzione di campagne che invece valutino le variazioni temporali legate al susseguirsi delle stagioni e degli eventi climatici. Non da ultimo vengono citati i positivi risvolti sull'attività di divulgazione e disseminazione verso l'utente finale anche attraverso strumenti e dimostrazioni di tipo didattico e formativo.

4 Riferimenti bibliografici

1. Conen F, Smith KA (1998) A re-examination of closed flux chamber methods for the measurement of trace gas emission from soils to the atmosphere. European Journal of Soil Sciences 49, 701-707
2. Davidson EA, Savage K, Verchot LV, Navarro R (2002) Minimizing artifacts and biases in chamber-based measurements of soil respiration. Agricultural and Forest Meteorology 113, 21-37.
3. LI-8100A Automated Soil CO2 Flux System & LI-8150 Multiplexer Instruction Manual, LICOR Biosciences. Publication Number 984-11123, July, 2012.
4. 8100-405 CO2 Mapping Kit Instruction Manual, LICOR Biosciences. Publication No. 984-12425, November 2011.
5. Savage KE, Davidson EA (2003) A comparison of manual and automated systems for soil CO2 measurements: trade-offs between spatial and temporal resolution. Journal of Experimental Botany 54, 891-899.
6. Surface Monitoring for Geologic Carbon Sequestration, LICOR Biosciences.

5 Abbreviazioni ed acronimi

CCS	Carbon Capture and Storage
CO2	Anidride carbonica
IRGA	Infra Red Gas Analyzer