

# Tecnologie per la valorizzazione: le attività ISPRA sul CCS Carbon Capture & Storage – La cattura e lo stoccaggio geologico della CO<sub>2</sub>

*Dott. Francesco Astorri*

ISPRA

Webinar: L'evoluzione qualitativa dei carburanti e lo sviluppo di soluzioni alternative «low carbon»

5 dicembre 2024

# Indice

- Introduzione
- Il Processo di CCS
- Quadro normativo
- Rischi ambientali, per la salute e la sicurezza dei sistemi CCS (Focus sugli aspetti legati alla sicurezza)
- L'attività di vigilanza e controllo
- Le attività del Ispra

## Introduzione

Le potenzialità dei sistemi CCS (Carbon Capture and Storage) per rallentare il tasso di aumento della CO<sub>2</sub> nell'atmosfera riducendo la quantità di CO<sub>2</sub> che viene rilasciata nell'aria sono ben note.

L'uso combinato dei sistemi CCS con programmi di efficientamento energetico e un maggiore uso di fonti energetiche rinnovabili, potrebbe dare un contributo significativo alla stabilizzazione della concentrazione atmosferica di CO<sub>2</sub> a un livello tollerabile per raggiungere gli obiettivi di neutralità climatica nel 2050.

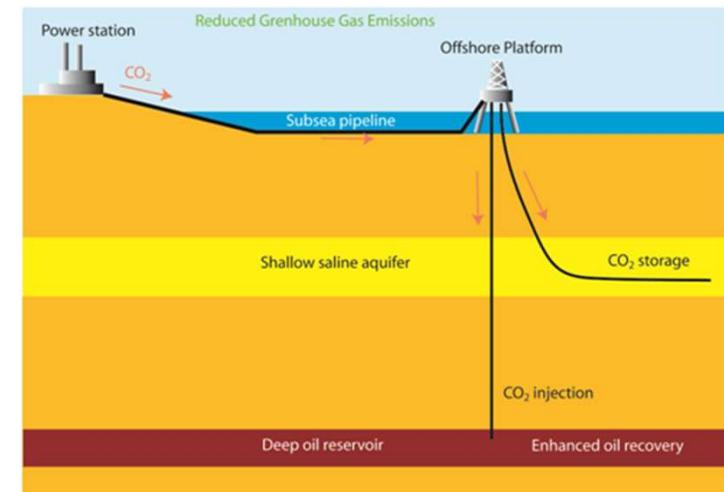
La natura dei pericoli connessi con la cattura, trasporto e stoccaggio dell'anidride carbonica non è ancora ben compresa e ci sono pochi dati su cui basare modelli di rilasci accidentali.

## Il processo di CCS

La CCS comporta una serie di processi attraverso i quali l'anidride carbonica viene separata dai gas prodotti, ad esempio in grandi centrali elettriche o grandi impianti industriali (cementifici, impianti siderurgici ecc.) depurata, compressa e trasportata in luoghi dove può essere immagazzinata in modo sicuro per un lungo periodo, «potenzialmente indefinito».

Il processo prevede tre fasi principali:

- Cattura
- Trasporto
- Confinamento permanente (CCS)



## Il processo di CCS – cattura in post-combustione

La cattura generalmente viene effettuata in fase di post-combustione e comporta la combustione tradizionale, ossia la normale combustione del combustibile fossile nell'aria. Il principio di cattura si basa sull'assorbimento chimico da parte di solventi liquidi (ammine o ammoniacca) che reagiscono con la CO<sub>2</sub> successivamente rilasciata per innalzamento termico

- Vantaggi:           elevata capacità di cattura  
                          basso costo del reagente.  
                          retrofit (modifica) degli impianti esistenti.
- Svantaggi:           Alto consumo di energia per rigenerazione di alcuni solventi (ammine)  
                          Tossicità di alcuni solventi (ammine)  
                          Produzione di residui di degradazione

## Il processo di CCS - trasporto

Una volta catturata, la CO<sub>2</sub> purificata deve essere trasportata in un luogo di stoccaggio. Il trasporto avviene solitamente tramite «pipeline» (condotta) poiché l'enorme quantità di CO<sub>2</sub> che i sistemi CCS comportano renderebbe impraticabile il trasporto come gas.

In alternativa possono essere usati il trasporto su nave o autocisterna (maggiore impatto ambientale)

# Il processo di CCS- Stoccaggio geologico

Esistono diverse opzioni per lo stoccaggio della CO<sub>2</sub> catturata, comprese le formazioni geologiche naturali, i giacimenti di petrolio e di gas esauriti, i giacimenti di carbone non estratti e le formazioni saline.

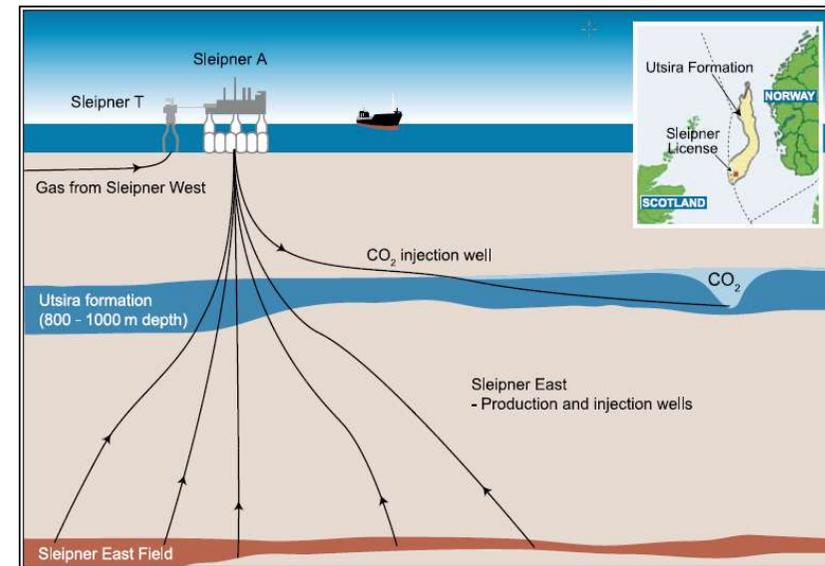
Lo stoccaggio si distingue in due macrogruppi:

## ONSHORE

- DGOF: Depleted gas and oil field
- SF: saline formation
- EOR CO<sub>2</sub>- enhanced oil recovery
- CB: Coal beds

## OFFSHORE

- DGOF: Depleted gas and oil field
- SF: saline formation
- EOR CO<sub>2</sub>- enhanced oil recovery



## Quadro normativo – La Direttiva madre 2009/31/CE

2009



**Direttiva 2009/31/EC sullo stoccaggio geologico della CO<sub>2</sub>**

2011



**Il Decreto Legge n. 162 del 14/09/2011**

✓ Recepimento Direttiva

2020



**Decreto 120/2020 introduce modifiche al D.L. 162/2011**

- ✓ Introduce procedure semplificate per i programmi di stoccaggio sperimentali in giacimenti esauriti off-shore (non obbligatorietà di presentazione di un piano di monitoraggio per programmi sperimentali)
- ✓ Esclude dalla VIA i programmi sperimentali con un volume di stoccaggio inferiore alle 100.000 tonnellate.

2023



**D.L. n. 181/2023 introduce nuovi emendamenti al D.L. 162/2011**

- ✓ I giacimenti esauriti di oil/gas sono considerati per legge aree idonee allo stoccaggio
- ✓ Richiede l'esecuzione di uno studio specifico sulla filiera CCS
- ✓ Richiede la predisposizione di standard tecnici per il trasporto in condotta della CO<sub>2</sub>

2024



**D.L. n. 89/2024 del 29 giugno 2024 introduce nuovi emendamenti al D.L. 162/2011**

- ✓ Introduce il Comitato CCS per il rilascio del parere obbligatorio (nelle more della costituzione spetta al Comitato ETS con supporto UNMIG, ISPRA e ISS)

## Quadro normativo - Il D.Lgs. N. 162 del 14/09/2011

Il D. Lgs. n. 162/2011 contiene riferimenti ad adempimenti e obblighi del Gestore in materia di sicurezza, ruolo e competenze delle autorità, misure di vigilanza e controllo sia durante l'iter autorizzatorio per il rilascio della licenza di stoccaggio, sia durante le fasi di esercizio, chiusura e post-chiusura dell'impianto

Tra gli adempimenti del gestore contenuti nel Decreto legislativo n. 162/2011 si rilevano:

- caratterizzazione del sito e del complesso di stoccaggio e valutazione della sicurezza di stoccaggio (articolo 7, comma 6, criteri di allegato I)
- descrizione delle misure di sicurezza adottate intese ad evitare incidenti o malfunzionamenti significativi, nonché a limitarne le conseguenze;
- piano di monitoraggio ambientale (articolo 19, comma 2)
- il piano sui provvedimenti correttivi contenenti le misure atte alla prevenzione di rilasci e di irregolarità tecnico-impiantistiche significative, le procedure e le misure atte ad eliminare completamente la fuoriuscita di CO<sub>2</sub> , nonché le misure atte a contenere gli effetti dannosi conseguenti ai rilasci;
- piano provvisorio per la fase di post-chiusura (articolo 23, comma 4);

## 2. Il rilascio delle autorizzazioni e la catena di valutazione dei progetti di stoccaggio sotterraneo della CO<sub>2</sub>

### **MASE**

Autorità Competente per il rilascio del provvedimento autorizzativo

### **Comitato CCS**

Autorità preposta per il rilascio del parere obbligatorio sui progetti di stoccaggio

### **Segreteria Tecnica CCS**

Organo Tecnico in seno al Comitato CCS per il supporto tecnico-scientifico al Comitato CCS nella valutazione dei progetti di stoccaggio

### **Organi Tecnici (in casi eccezionali)**

ISPRA (GdL CCS)  
INGV

...

...nelle more della costituzione

### **Comitato ETS**

ISPRA, ISS e UNMIG

## I rischi dei sistemi CCS - Cattura

Carenza di dati reali a livello nazionale, per cui è solo possibile un confronto con operazioni simili a livello europeo o mondiale

- Sistemi analoghi sono già oggi operativi in grandi impianti industriali, come quelli per il trattamento del gas naturale e per la produzione dell'ammoniaca
- Gli aspetti di monitoraggio, di rischio e legali della cattura della CO<sub>2</sub> non dovrebbero presentare particolari elementi di novità rispetto a queste esperienze industriali
- L'unico aspetto significativo dovrebbe essere rappresentato dal consumo di energia necessario per il funzionamento di questi sistemi e dall'uso dei solventi amminici

## I rischi dei sistemi CCS - Trasporto

Le pipelines di CO<sub>2</sub> operano attualmente in un mercato maturo (extra UE) e rappresentano la tecnologia più utilizzata per il trasporto della CO<sub>2</sub>

Il Decreto 181/2023, introduce la predisposizione di standard tecnici relativi alle caratteristiche delle pipeline per il trasporto della CO<sub>2</sub> in condotta in corso di ratificazione.

Alcuni standard tecnici internazionali prevedono norme tecniche sulla qualità del gas trasportato (H<sub>2</sub>S, umidità) e normative specifiche per la protezione delle popolazioni esposte, relative, ad esempio, alla scelta del percorso, alla protezione dalle sovrappressioni, ai rischi di perdite e ad altri aspetti progettuali.

Gli incidenti sono stati fin qui inferiori a uno per anno (0.0003 per km-anno), nessuna lesione e nessun incidente mortale.

## I rischi dei sistemi CCS - Stoccaggio

A metà del 2011, erano in corso otto progetti a scala industriale: In Salah (Algeria), Sleipner e Snøhvit (Norvegia), Weyburn (Canada), Salt Creek EOR (USA), Enid Fertilizer (USA), Sharon Ridge EOR (USA), Rangely Weber Sand Unit (USA).

Molti aspetti operativi sono ancora da investigare.

Attraverso un'appropriata scelta del sito, un programma di monitoraggio per individuare le criticità, un adeguato sistema di procedure (SGA+SGS), l'individuazione dei metodi di intervento per fermare o controllare le fughe di CO<sub>2</sub> se esse si manifestano (PEI), il rischio è comparabile a quelli di attività simili attualmente operative (stoccaggio di gas naturale, EOR, deposito di gas acidi)

## Gli aspetti legati alla sicurezza - Focus Stoccaggio

Rischi significativi collegati con la interazione fluido/impianto di iniezione/formazione geologica riconducibili a:

- pressione di iniezione più alta della pressione originaria del giacimento tale da indurre fratture nelle rocce di copertura (cap rock) e fuoriuscite di CO<sub>2</sub>;
- rilascio di CO<sub>2</sub> da discontinuità della copertura impermeabile e/o attraverso sistemi di faglie e fratture causata da una inadeguata rilevazione di tali strutture geologiche;
- rilascio di CO<sub>2</sub> da pozzi non eseguiti secondo specifiche di progettazione adeguate o mal progettati;
- rilascio di CO<sub>2</sub> da pozzi di monitoraggio;
- rilascio di CO<sub>2</sub> da pozzi dismessi non rilevati;

## Gli aspetti legati alla sicurezza - Focus Stoccaggio

- rilascio di CO<sub>2</sub> da pozzo di iniezione per sovrappressione locale a livello di pozzo di iniezione anche per diminuzione progressiva del volume dei vuoti causato dalla dissoluzione/precipitazione dei carbonati (self-sealing);
- sovrappressione nel serbatoio e superamento dell'estensione laterale del sito di stoccaggio per una inadeguata selezione della "trappola" geologica di CO<sub>2</sub>;
- incremento rischio sismico per iniezioni fluidi e mobilizzazione di sistemi di faglie e fratture,
- incremento dell'acidità delle acque, insorgenza di fenomeni di dissoluzione e incremento rischio sinkhole per effetto di azioni sismiche;
- possibilità di mobilizzare altre sostanze gassose come Radon, H<sub>2</sub>S o CH<sub>4</sub>

## Gli aspetti legati alla sicurezza - Focus Stoccaggio

	Danni per il sistema climatico	Danni alla salute dell'uomo e all'ecosistema	Modifiche pH, contaminanti nella falda acquifera	Impatti sull'ecosistema marino
<b>Rischi operazionali</b>				
• Guasti ai pozzi di iniezione	x	x		
• Guasti lungo le condotte	x	x		
• Corrosione dei componenti	x	x		
<b>Rischi al sito di stoccaggio</b>				
• Fuoriuscita di grandi quantità di CO <sub>2</sub> (incidenti, eventi naturali...)	x	x		
• Lenta fuoriuscita di CO <sub>2</sub> (per difetti nella struttura degli strati impermeabili)	x	x		
• Fuoriuscite causate dalla reazione tra la CO <sub>2</sub> e le rocce di copertura	x	x		
• Perdite da pozzi mal sigillati	x	x		
• Migrazione della CO <sub>2</sub>	x		x	
• Fuoriuscita in ambiente marino	x			x

Fonte: IPCC Special Report "Carbon Dioxide Capture and Storage", 2005

## Gli aspetti legati alla sicurezza- Focus Stoccaggio (rischi ecologici)

### Conseguenze ambiente marino

- Modifiche del pH, shock termico.
- Mortalità degli organismi oceanici
- Conseguenze per gli ecosistemi
- Effetti cronici sconosciuti
- Modifiche nell'abbondanza di batteri, nanobenthos e meiobenthos dopo esposizione a 20,000 e 5,000 ppm per 77-375 ore durante esperimenti condotti alla profondità di 2000 nel Pacifico nord-occidentale

## Le attività di vigilanza e controllo

L'attività di vigilanza e controllo ha lo scopo di verificare che non siano violate le disposizioni del decreto, i provvedimenti e le prescrizioni contenute nella licenza di esplorazione e nell'autorizzazione allo stoccaggio o che siano state effettuate modifiche sostanziali all'impianto non preventivamente autorizzate, e viene espletata da:

- a) l'**UNMIG** ed i suoi Uffici territoriali, per l'applicazione delle norme di polizia mineraria e per il supporto tecnico al comitato nell'ambito della Segreteria tecnica di cui al comma 2 dell'articolo 4;
- b) l'**ISPRA** per i controlli ambientali e di monitoraggio del complesso di stoccaggio avvalendosi anche delle Agenzie Regionali per la protezione dell'ambiente (ARPA) e per il supporto tecnico al comitato nell'ambito della Segreteria tecnica di cui al comma 2 dell'articolo 4;
- c) Il **Corpo nazionale dei vigili del fuoco (VVF)**, per gli spetti di competenza in merito alla verifica dell'adozione di tutte e misure tecniche e gestionali finalizzate al controllo dei rischi e alla gestione delle situazioni di emergenza.

## Le attività di vigilanza e controllo

L'attività di vigilanza e controllo comprende:

- ispezioni periodiche (ogni 1, 3, 5 anni a seconda dei casi previsti dal decreto)
- occasionali nei casi in cui il Comitato CCS, su indicazione degli organi di vigilanza e controllo, lo ritenga opportuno e comunque:
  - nel caso di irregolarità significative o di fuoriuscite ai sensi dell'articolo 22, comma 1;
  - nel caso di inadempimento delle condizioni fissate nelle autorizzazioni;
  - a seguito di segnalazioni riguardanti pericoli per l'ambiente o la salute e l'incolumità pubblica.

# Sanzioni

Sanzioni amministrative riguardanti principalmente:

- Esercizio senza autorizzazione;
- Modifiche impiantistiche non autorizzate;
- Mancato adempimento delle prescrizioni dell'autorizzazione;
- Mancato adempimento delle prescrizioni di monitoraggio;
- Omessa comunicazioni dei report annuale;
- Omessa comunicazione di fuoriuscite o irregolarità;
- Omessa comunicazione di trasformazioni societarie o cessioni di rami di azienda che comportano il trasferimento dell'autorizzazione.

Competente ad emettere ingiunzione di pagamento delle sanzioni è il Comitato di cui all'articolo 4 ovvero Comitato CCS (nelle more della sua costituzione il Comitato ETS)

## Le attività di Ispra a supporto del CCS

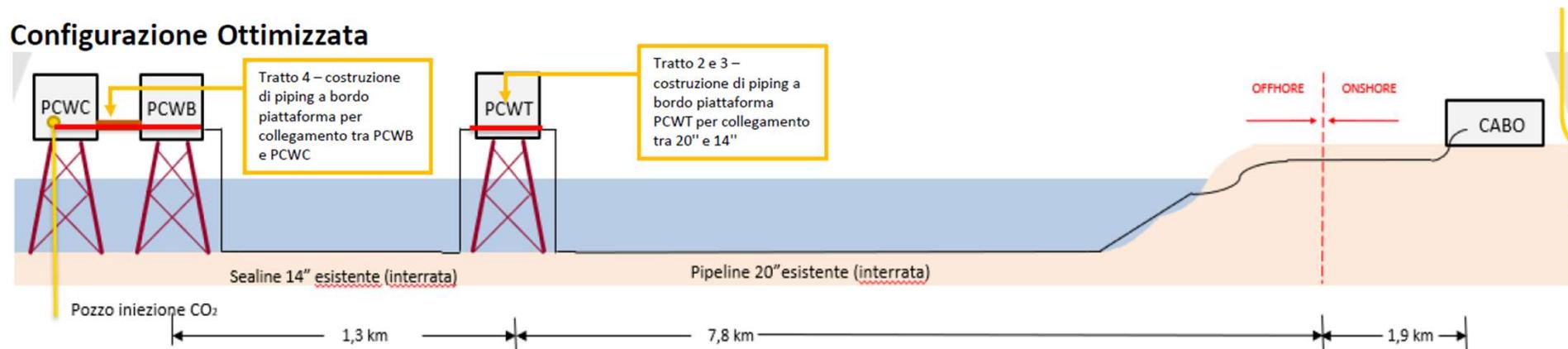
**Ispra** è coinvolta nel processo di rilascio dell'autorizzazione allo stoccaggio geologico della CO<sub>2</sub> catturata dai fumi di un camino a servizio di una turbina di una centrale di compressione del metano a Porto Corsini (RA) a supporto della segreteria nazionale per lo stoccaggio della CO<sub>2</sub> e nelle istanze di riesame del provvedimento autorizzativo presentate da ENI.

**Ispra** è coinvolta nello studio della filiera CCS prevista dal decreto D.L. 181/2023 per quanto la tematica del «clustering», ovvero individuazione dei gruppi di emettitori e di zone potenzialmente idonee allo stoccaggio della CO<sub>2</sub> catturata per l'individuazione di potenziali corridoi di trasporto su pipeline.

**Ispra** svolge funzioni di coordinamento dell'Interest Group Europeo (IGCCS) nell'ambito della rete europea delle agenzie ambientali (EPA network).

**Ispra** è coinvolta anche a livello internazionale United Nation (UN) presso l'International Maritime Organization (IMO) nel gruppo per corrispondenza per la CCS per la revisione delle linee guida del 2011 per lo stoccaggio della CO<sub>2</sub> nei giacimenti sottomarini e presso l'UNECE (TEIA-United Nations Economic Commission for Europe-UNECE) nell'ambito dei workstreams 2025/26 della Convention on the Transboundary Effects of Industrial Accidents con riferimento al workstream "CO<sub>2</sub> Storage".

# Primo progetto sperimentale approvato in Italia



Il primo progetto sperimentale di stoccaggio geologico di CO<sub>2</sub> in Italia è stato autorizzato nel gennaio 2023.

La durata del processo di autorizzazione è stata inferiore a un anno.

Il progetto consiste in:

- cattura della CO<sub>2</sub> da emissioni in un impianto onshore
- il trasferimento tramite le linee di tenuta esistenti alle piattaforme offshore nel Mare Adriatico settentrionale;
- l'iniezione e lo stoccaggio permanente in un livello esaurito di un giacimento di gas naturale situato in profondità superiore per un volume totale di CO<sub>2</sub> iniettata di 50.000 tonnellate con una durata massima di due anni (circa 25.000 tonnellate all'anno).

Lo spessore della colonna d'acqua nell'area interessata varia da 0 a 18 metri.

È importante notare che l'iniezione verrà effettuata ricondizionando un vecchio pozzo fino a 350 metri di profondità e proseguendo poi in sidetrack fino a intercettare la formazione geologica del serbatoio a circa 2.900 metri di profondità.

# Grazie per l'attenzione!

[francesco.astorri@isprambiente.it](mailto:francesco.astorri@isprambiente.it)