



Ricerca di Sistema elettrico

International Sulcis Summer School on CCS Technologies 2017: sistemi di comunicazione e formazione on line

A. Trolese, P. Deiana, C. Bassano, A. Corleto

INTERNATIONAL SULCIS SUMMER SCHOOL ON CCS TECHNOLOGIES 2017: SISTEMI DI COMUNICAZIONE E
FORMAZIONE ON LINE

A. Trolese, P. Deiana, C. Bassano, A. Corleto (ENEA)

Settembre 2017

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2016

Progetto B2- "Polo Tecnologico del Sulcis: tecnologie e metodologie 'low carbon' e edifici ad energia quasi Zero (nZEB)"

Ob. e : Disseminazione dei risultati

Responsabile del Progetto: Franca Rita Picchia ENEA

Indice

SOMMARIO.....	4
1 INTRODUZIONE	6
2 <i>LE TECNOLOGIE DEL WEB 2.0: CMS, LMS E SOCIAL NETWORK</i>	6
2.1 IL CMS PLONE	8
3 IL SITO INTERNET	10
3.1 HOME PAGE	11
3.2 STRUTTURA E PAGINE TEMATICHE	14
3.3 IL FORM ISCRIZIONE	20
3.4 AREA RISERVATA	21
3.5 I “NUMERI” DEL SITO	22
4 LA PIATTAFORMA E-LEARNING	24
4.1 MOODLE	25
4.2 METODOLOGIA DIDATTICA E APPRENDIMENTO COLLABORATIVO	25
4.3 I CORSI E-LEARNING DELLA SUMMER SCHOOL	27
5 IL CORSO PER L’EDIZIONE 2017.....	28
5.1 LE ATTIVITÀ PRELIMINARI	28
5.2 STRUTTURA DEL CORSO	29
5.3 FEEDBACK: SUMMER SCHOOL'S OVERALL EVALUATION	39
5.4 IL TOPIC “WORKGROUPS WIKIS”	41
ALLEGATI.....	42
A1. WORKGROUPS WIKIS: GROUP 1 CO ₂ CAPTURE WITH MEMBRANES	43
A2. WORKGROUPS WIKIS: GROUP 2 CO ₂ UTILIZATION	50
A3. WORKGROUPS WIKIS: GROUP 3 CO ₂ GEOLOGICAL STORAGE.....	52
A4. PRESENTAZIONE “CCUS: ENEA ACTIVITIES”	54

Sommario

La presente sintesi descrive le attività relative alla predisposizione e realizzazione della quinta edizione dell'International Sulcis Summer School on CCS Technologies, che si è svolta dal 19 al 23 giugno 2017 presso il Centro Ricerche Sotacarbo di Carbonia, in Sardegna. In particolare la Scuola ha visto, come nelle versioni precedenti, la realizzazione e predisposizione di una serie attività di comunicazione, diffusione e formazione on line effettuate da ENEA. L'evento è stato preceduto da una serie di riunioni tra i partecipanti del Comitato Scientifico (rappresentato da personale di ENEA, Sotacarbo e Università di Cagliari (Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Chimica e dei Materiali), che hanno consentito di predisporre il programma definitivo ed organizzare l'evento.

Obiettivi della Summer School sono la costituzione di un centro stabile di formazione e ricerca sulle tecnologie di cattura e confinamento della CO₂ che dia continuità nel tempo alle attività didattiche e di sperimentazione; la costituzione di una rete di esperti sulla tematica che lavori congiuntamente scambiandosi know how ed esperienze anche su progetti diversi; l'istituzione di un polo di informazione sulle tecnologie CCS; la diffusione di informazioni alla popolazione su tale tecnologia in un'ottica di public participation.

Organizzata da ENEA, Sotacarbo e Università di Cagliari (Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Chimica e dei Materiali), in collaborazione con l'International Energy Agency Clean Coal Center (IEA CCC) e il CO₂GeoNet, con il fondamentale supporto di università, istituti di ricerca e importanti aziende del settore, la Scuola ha fornito a 28 studenti universitari, laureati e dottorandi, attraverso lezioni in aula, attività formative sul campo e on line, una visione più ampia possibile di tutte le problematiche che ruotano attorno a un tema che è oggi di pressante attualità, come quello della riduzione delle emissioni di anidride carbonica in atmosfera, e informazioni e documentazione sugli aspetti tecnologici della Carbon Capture and Storage (CCS), sullo sviluppo della ricerca, delle sue applicazioni, sullo stato di attuazione dei progetti in corso a livello europeo e internazionale.

La materia trattata ha richiesto, per i giovani universitari e ricercatori che hanno frequentato la scuola, l'acquisizione e l'approfondimento di competenze specifiche di settore (di ingegneria, geologia, chimica, scienze sociali) e, al contempo, l'acquisizione di un metodo multidisciplinare, in grado di fare sintesi delle diverse discipline, per sviluppare un approccio d'insieme ai molteplici aspetti che la tematica implica.

Il piano per la comunicazione e diffusione via web è stato sviluppato tenendo conto delle diverse tipologie di contenuti forniti e dell'eterogeneità dei soggetti destinatari: è stato necessario agire, quindi, su un fronte informativo articolato su più livelli, per garantire la massima diffusione e conoscenza delle informazioni e dei risultati raggiunti.

La strategia individuata per la comunicazione sul web si è avvalsa dell'utilizzo di diversi strumenti, riconducibili a modalità di comunicazione sia tradizionali che innovative, al fine di raggiungere i destinatari sulla base del loro grado di coinvolgimento ed interesse.

Gli strumenti che si sono utilizzati per la realizzazione degli obiettivi del piano di comunicazione sono stati: sito internet www.sulcisccssummerschool.it, social network, Twitter: account @SulcisCCSchool, Facebook: pagina [facebook.com/SulcisCcsSummerSchool](https://www.facebook.com/SulcisCcsSummerSchool) L'obiettivo era quello di riuscire a coniugare informazione, formazione e ricerca nell'ambito delle tecnologie di Carbon Capture and Storage, con le innovative strade aperte dal web 2.0 e il nuovo approccio che prevede, per la realizzazione di applicazioni web, un'aggregazione dei contenuti maggiormente dinamica, interattiva e partecipativa.

Il sito internet della International Sulcis Summer School on CCS Technologies, ospitato sul dominio www.sulcisccssummerschool.it, è stato pubblicato nel giugno 2013 ed è un sito di tipo "tematico". Implementato su CMS Plone, aggiornato alla versione 4.3.1, ospita contenuti in lingua italiana e inglese, per esaltare e favorire la vocazione internazionale della Scuola sulle CCS. Il sito, nel periodo dall'1/1/2017 al 18/12/2017, ha ricevuto 2.006 visite per un totale di 131.899 visualizzazioni di pagina (statistiche Google Analytics).

Al sito internet, sono stati affiancati due account social: la pagina Facebook e il profilo Twitter, che pubblicano quotidianamente decine di notizie, video e foto sulla tematica CCS: informazioni su eventi, articoli e post di istituzioni, aziende, università, enti di ricerca di tutto il mondo a vario titolo interessati alla materia.

Anche per l'edizione 2017 della Scuola estiva alle attività in presenza è stato affiancato un corso in lingua inglese in modalità e-learning, inserito sulla piattaforma <http://elearning.enea.it>, strutturata sul Learning Management System Moodle, che privilegia un approccio collaborativo alla costruzione della conoscenza. La progettazione e lo sviluppo di Moodle, infatti, sono guidati da una particolare filosofia dell'apprendimento, definita "pedagogia costruzionista sociale".

Avendo come riferimento il quadro teorico del costruzionismo sociale, per la Summer School è stato proposto un modello didattico che enfatizzasse il ruolo attivo dello studente nel processo di costruzione di conoscenza.

I documenti, i report, gli articoli, i video, le pubblicazioni internazionali e le normative sulle CCS hanno fornito un modello di lavoro e di supporto all'apprendimento. L'apertura del materiale didattico a fonti esterne, inoltre, ha avuto l'obiettivo di decontestualizzare il processo conoscitivo, rendendo possibile un processo metacognitivo di applicazione di quanto appreso in aula.

La seconda linea di intervento, ha posto l'accento sul ruolo della comunità dei corsisti, cercando di agevolare la nascita e la collaborazione attraverso lavori di gruppo. A tal fine l'interazione tra i corsisti è stata sostenuta ed incoraggiata attraverso strumenti di comunicazione asincrona e sincrona (web forum, chat, instant messaging, wiki) e il collegamento con social network molto diffusi (Twitter e Facebook). Quest'ultimo spazio, in particolare, è stato pensato in un'ottica di informal e-learning per alimentare i contatti informali e per sostenere il senso di appartenenza dei corsisti. Infine, quest'anno sono stati trasformati i wiki, elaborati dagli studenti, in poster da poter utilizzare in mostre, convegni, incontri, congressi ecc.

Per monitorare il livello di soddisfazione degli studenti verso l'edizione 2017 dell'International Sulcis Summer School on CCS Technologies anche quest'anno è stato predisposto un feedback di valutazione finale della Scuola estiva (Summer School's overall evaluation) utile ai fini della rilevazione del loro grado di soddisfazione relativamente alla globalità dell'esperienza formativa vissuta. Il questionario è stato implementato sulla piattaforma e-learning della Divisione ICT ENEA (<http://elearning.enea.it>) e messo a disposizione degli studenti.

La percezione dell'esperienza formativa vissuta dagli studenti è risultata attestarsi su un valore molto alto: il dato è relativo alle aspettative realizzate (64% Agree + 32% Strongly Agree); all'accrescimento dell'interesse verso la materia trattata (32% Agree + 64% Strongly agree); all'organizzazione del corso (media 4.50 su scala da 1 a 5); al bilanciamento tra attività pratiche e lezioni frontali (52% Agree); alla valutazione globale del corso (100% dei voti compreso tra "Good" ed "Excellent" su una scala di valutazione da "Poor" a "Excellent"); all'utilità delle tematiche trattate per il futuro professionale degli studenti; all'adeguatezza dei contenuti del corso rispetto al livello di preparazione degli studenti (su una scala da "too basic" a "too advanced" l'84% ha risposto "about right"). L'analisi dell'item su accoglienza e organizzazione della Summer School evidenzia una maggioranza di valutazione massima (76%), confermata anche nella domanda a risposta aperta relativa ai punti di forza della scuola.

Infine, l'area di analisi relativa all'utilizzo della piattaforma e-learning e all'integrazione del corso online con le lezioni in aula ha confermato chiaramente il valore aggiunto che tale strumento può fornire al tradizionale processo formativo (48% Agree + 28% Strongly agree), la facilità di utilizzo della piattaforma Moodle (il 76% la trova user-friendly) e la buona qualità del corso e-learning (il 96% ha dato una valutazione compresa tra "Good" ed "Excellent") che gli studenti hanno avuto a disposizione a partire da un mese prima dell'inizio delle lezioni in aula.

Infine si ricorda che questo imponente lavoro di informazione e formazione viene seguito lungo tutto l'anno e non soltanto nel periodo della scuola, perché solo con questa modalità di lavoro, si può offrire professionalità e competenza per la migliore International Sulcis Summer School.

1 Introduzione

Il piano per la comunicazione via web e la formazione on line è stato sviluppato tenendo conto delle diverse tipologie di contenuti forniti e dell'eterogeneità dei soggetti destinatari: è stato necessario agire, quindi, su un fronte informativo articolato su più livelli, per garantire la massima diffusione e conoscenza delle informazioni e dei risultati raggiunti.

La strategia individuata per la comunicazione e formazione sul web si è avvalsa dunque dell'utilizzo di diversi strumenti, riconducibili a modalità di comunicazione sia tradizionali che innovative, al fine di raggiungere i destinatari sulla base del loro grado di coinvolgimento ed interesse.

Gli strumenti che si sono utilizzati per la realizzazione degli obiettivi del piano di comunicazione sono indicati nell'elenco seguente:

- sito internet www.sulciscssummerschool.it
- social network
 - Twitter: account [@SulcisCCSchool](https://twitter.com/SulcisCCSchool);
 - Facebook: pagina facebook.com/SulcisCcsSummerSchool
- piattaforma e-learning <http://elearning.enea.it>

L'obiettivo era quello di riuscire a coniugare informazione, formazione e ricerca nell'ambito delle tecnologie di Carbon Capture and Storage, con le nuove strade aperte dal web e dall'e-learning 2.0, ponendo l'accento sulla costruzione comune della conoscenza, approccio che potrebbe avere un impatto dirompente sui modelli e processi di apprendimento, formale, non formale e informale, sia a livello individuale che organizzativo, e potrebbe fornire una chiave di volta per reinterpretare la metodologia di approccio alla ricerca scientifica, nella direzione auspicabile del collaborative learning e del collaborative-research.

2 Le tecnologie del web 2.0: CMS, LMS e social network

Il concetto di Web 2.0 è stato utilizzato per la prima volta nel 2004 durante una conferenza tra Tim O'Reilly e MediaLive International per indicare un nuovo modo di pensare alla creazione e alla condivisione delle risorse del Web: rispetto al web statico il "nuovo metodo" prevede la progressiva transizione al web inteso come desktop personale, la crescita della condivisione tra gli utenti di diverse risorse da loro create, la nascita di nuovi sistemi di formazione, ricerca e classificazione e lo sviluppo di sistemi di social networking.

Il Web 2.0 rappresenta un nuovo approccio alla realizzazione di applicazioni web che favorisce un'aggregazione dei contenuti maggiormente dinamica, interattiva e partecipativa grazie all'uso di diverse tecnologie e in differenti ambiti applicativi. L'aspetto specifico è che queste tecnologie permettono ai dati di diventare indipendenti dal sito in cui sono stati creati, facilitandone la diffusione e il riuso. Queste tecnologie attribuiscono anche un crescente potere all'utente, che esce dal suo ruolo passivo di mero fruitore di contenuti per trasformarsi in attore del processo di costruzione delle pagine web. E' per questo motivo che risulta particolarmente importante, nell'ottica sopra esposta, la scelta degli strumenti e delle tecnologie con cui "fare web" e condividerlo con gli utenti. Fin dal primo strumento che è possibile utilizzare per la creazione di un sito internet: il cosiddetto CMS o Content Management System.

Ma cos'è un CMS? Secondo una delle tante definizioni che si trovano sul web, raggiungibile al link <http://www.contentmanager.eu.com/history.htm>, "un CMS è uno strumento che consente ad una grande varietà di collaboratori tecnici (centralizzati) e non-tecnici (decentralizzati) di creare, modificare, gestire e infine

pubblicare un gran numero di contenuti (come testi, oggetti grafici, video e così via) mentre questi sono controllati da un insieme di regole centralizzate, processi e controlli di flusso che assicurano un'apparenza web validata e coerente".

Un Content Management System permette ad un utente abilitato di inserire o aggiornare i contenuti di un settore o di un'area del sito, attraverso la gestione di un sistema guidato e personalizzato di controlli ed approvazioni (workflow) da parte di figure diverse:

- l'amministratore, che sceglie gli autori e gli editori, assegnando loro le aree su cui lavorare,
- l'autore, che inserisce i contenuti nelle aree di propria competenza,
- l'editore, che approva, modifica, rifiuta e pubblica le pagine approvate.

Le principali caratteristiche di un sistema di gestione dei contenuti comprendono:

- gestione di interfacce basate su browser web per l'aggiornamento delle pagine,
- utilizzo di template grafici per la presentazione dei contenuti,
- gestione di ruoli distinti di utenti e di specifiche funzionalità di workflow,
- database per l'archiviazione di immagini e contenuti testuali e grafici,
- reperimento ed integrazione con contenuti provenienti da altri sistemi informatici,
- gestione di mailing list e messaggistica,
- gestione e classificazione di link, notizie, faq, eventi,
- funzionalità di interrogazione e ricerca,
- personalizzazione dei criteri grafici di presentazione dei contenuti.

Sempre nel 2004, Stephen Downes utilizzò l'espressione e-learning 2.0 per indicare un nuovo tipo di apprendimento basato sul Web 2.0, in opposizione ad una concezione di e-learning basata sulla visione trasmissiva della conoscenza, sull'utilizzo esclusivo delle piattaforme di Learning Management System (LMS). E' in questo contesto che la piattaforma, come setting didattico artificiale, viene affiancata dagli strumenti di social networking per il recupero di modalità d'apprendimento più spontanee ed informali, tipiche della vita quotidiana.

MA cos'è un LMS? E' la piattaforma applicativa che permette l'erogazione dei corsi in modalità e-learning per contribuire alla realizzazione delle finalità previste dal progetto educativo dell'istituzione proponente. In linea generale, il LMS supporta tutte le fasi dell'azione formativa:

- analisi competenze e fabbisogni formativi,
- progettazione,
- realizzazione e personalizzazione o importazione dei contenuti,
- erogazione,
- valutazione e monitoraggio.

In altri termini, una piattaforma consente di gestire gli utenti, i contenuti e gli oggetti didattici, le attività, le interazioni tra partecipanti, il monitoraggio e le valutazioni.

Gli strumenti che hanno caratterizzato maggiormente l'esplosione del Web 2.0 sono i cosiddetti social network (Facebook, Twitter, Instagram...). Anche il mondo della ricerca scientifica è obbligato a fare i conti con i social network. L'informazione e la formazione, oggi in maniera sempre più evidente, passano anche e soprattutto attraverso le varie piattaforme di condivisione informale delle notizie, come Twitter o Facebook. La natura

dell'informazione scientifica e il rapporto fra utente e scienziato cambia se si utilizza un nuovo mezzo di comunicazione. L'impatto del mondo digitale, infatti, non ha semplicemente introdotto nuovi strumenti nella comunicazione scientifica, ma ne ha letteralmente mutato la natura e, insieme, i modi della sua fruizione. Per questo motivo si è scelto di affiancare agli strumenti di informazione già esistenti, come il sito internet o la pagina Facebook della Sulcis CCS Summer School, anche un profilo Twitter, il più accreditato e utilizzato strumento per il micro-blogging diffuso sul web. La possibilità di diffondere messaggi sulle piattaforme di micro-blogging esalta la possibilità di condividere e acquisire informazioni in tempo reale, creando canali interattivi in cui si attiva la trasmissione delle notizie in un contesto collaborativo, formando gruppi e comunità intorno a un medesimo tema. Il profilo Twitter della Scuola è stato collegato alla pagina Facebook e pubblica quotidianamente decine di notizie sulla tematica CCS: informazioni su eventi, articoli e post di istituzioni, aziende, università, enti di ricerca di tutto il mondo a vario titolo interessati alla materia.

L'insieme di tutti questi strumenti, utilizzati in maniera coordinata e combinata, rispecchia il cambiamento avvenuto negli ultimi anni nel panorama delle ICT e, parallelamente, nello scenario di riferimento per quanto attiene ai modelli teorici sull'apprendimento, oltre che indirizzare il processo di formazione cui la Summer School sulle tecnologie CCS mira, verso un modello di apprendimento collaborativo in cui ogni individuo possa percepire la significatività della propria collaborazione, sentirsi una risorsa utile e valorizzare se stesso.

2.1 Il CMS Plone

Nella scelta del Content Management System da utilizzare per lo sviluppo di un sito web, in generale, e nello specifico del sito dell'International Sulcis Summer School on CCS Technologies, vari sono i fattori da considerare. In primo luogo, la scelta tra soluzioni Open Source e soluzioni proprietarie. Nel nostro caso ci si è orientati su una soluzione Open Source, in coerenza con la Direttiva del 19 dicembre 2003 "Sviluppo ed utilizzazione dei programmi informatici da parte delle pubbliche amministrazioni" (G.U. n. 31 del 7/2/2004), con la quale si forniscono alle pubbliche amministrazioni indicazioni e criteri tecnici e operativi per gestire più efficacemente il processo di predisposizione o di acquisizione di programmi informatici, e che invita, tra i criteri tecnici di comparazione, a privilegiare "soluzioni informatiche che, basandosi su formati dei dati e interfacce aperte e standard, assicurino l'interoperabilità e la cooperazione applicativa tra i diversi sistemi informatici della pubblica amministrazione".

In secondo luogo, va valutata la rispondenza alle proprie esigenze di determinate caratteristiche come:

- facilità di installazione e utilizzo,
- flessibilità,
- possibilità di estensione e integrazione,
- accessibilità dell'output prodotto,
- "forza" della community di riferimento,
- search engine optimization
- sicurezza del prodotto

La scelta, dunque, è ricaduta sul software Plone soprattutto per la sua affidabilità, flessibilità e la community di riferimento, molto attiva e partecipe nello sviluppo e sostegno di un vero progetto collaborativo e realmente "open".

Plone è un software a sorgente aperto (open source) licenziato sotto i vincoli della General Public License (GPL), diffusissima licenza open source che consente a chiunque il libero (ri)uso del codice sorgente. Questo significa, in termini concreti, che si può esaminare il codice sorgente di Plone in ogni suo aspetto, modificandolo secondo

le proprie necessità, e non ci sono onorari da pagare o licenze che scadono e tutto il codice è visibile. Da questa filosofia open source deriva il fatto che Plone ha una grande base di utilizzatori e molti sviluppatori, esperti di usabilità, traduttori, tecnici commentatori e designer grafici che sanno lavorare sul prodotto.

Queste le altre principali caratteristiche del prodotto^[1]:

- **Pacchettizzato:** Plone dispone di pratici programmi di installazione per Windows, Linux e Mac. Assieme a questi installer vengono forniti anche altri prodotti third-party e add-ons. La qualità nei rilasci di questi prodotti rende facili l'installazione e la manutenzione.
- **Internazionale:** l'intera interfaccia utente di Plone è tradotta in più di 20 lingue ed è facile inserire una nuova traduzione.
- **Usabile:** Plone consente una eccellente esperienza da parte dell'utente con un alto livello di usabilità ed accessibilità. Non si tratta solamente di presentare un buon HTML ma di un aspetto che parte dalle fondamenta Plone. L'interfaccia di Plone è completamente compatibile con gli standard industriali e governativi (WAI-AAA e U.S. Section 508). Ciò permette, per esempio, alle persone con disfunzioni visive di usare comunque i siti costruiti con Plone. Questa caratteristica ha un beneficio inatteso e correlato: le pagine sono indicizzate molto meglio dai motori di ricerca come Google.
- **Aspetto personalizzabile:** Plone separa il contenuto dai modelli effettivamente utilizzati per presentarlo, chiamati in gergo skin. Gli skin sono scritti con un eccellente sistema di modellazione HTML, lo Zope Page Template (ZPT) e un largo uso del Cascading Style Sheets (CSS). Anche con una scarsa conoscenza di Plone è possibile applicare skin multipli al proprio sito, dargli aspetti diversi e personalizzarne completamente l'apparenza.
- **Registrazione utenti e personalizzazione:** Plone offre un completo sistema di registrazione utenti. Gli utenti sono registrati nel sito Plone con i loro nome utente e password e qualsiasi altra informazione fosse necessario aggiungere all'utente. È possibile quindi personalizzare completamente l'interfaccia dell'utente. Inoltre, con degli add-ons, è possibile usare informazioni preesistenti sugli utenti, provenienti da fonti diverse come database relazionali, Lightweight Directory Access Protocol (LDAP), Active Directory, e altri.
- **Workflow e Sicurezza:** i workflow controllano la logica di elaborazione dei contenuti dell'intero sito. È possibile configurare questa logica usando strumenti grafici via web. Gli amministratori dei siti possono creare siti complessi o semplici quanto vogliono; per esempio è possibile aggiungere strumenti di comunicazione come la spedizione di posta o di messaggi istantanei agli utenti. Per ciascun elemento contenuto in un sito Plone è possibile impostare una lista di controllo degli accessi (Access Control Lists, o ACL) per decidere chi ha accesso a quell'elemento e come possa interagire con esso.
- **Estensibile:** essendo open-source Plone è facilmente modificabile. È possibile configurare quasi ogni aspetto di Plone per soddisfare qualsiasi necessità. Vi sono innumerevoli pacchetti e strumenti per Plone che forniscono un ampio spettro di opzioni valide per i siti di piccole aziende come per organizzazioni di larga scala. All'indirizzo <http://www.plone.org> sono disponibili dei repository che contengono numerose aggiunte (free add-ons).
- **Personalizzazione dei contenuti:** gli utenti di un sito Plone possono aggiungere qualsiasi tipo di contenuto senza limiti o costrizioni dei dati aggiunti.
- **Documentazione:** il progetto Plone mantiene la documentazione pubblicandola sotto la licenza Creative Commons.

¹ Comunità Plone Italiana, "Plone Book Versione italiana", pp. 10-12, <http://www.plone.org>

- Comunità: uno dei punti di forza di Plone è la comunità di programmatori ed organizzazioni che lo supportano e lo sviluppano.

3 Il sito internet

Il sito internet della International Sulcis Summer School on CCS Technologies, ospitato sul dominio www.sulciscssummerschool.it, è stato pubblicato nel giugno 2013 ed è un sito di tipo “tematico”. Implementato su CMS Plone, aggiornato alla versione 4.3.1, dispone di una skin responsive che permette una miglior navigabilità e fruizione dei contenuti anche per gli utenti che ne usufruiscono da device mobile (tablet e smartphone). Il sito è stato implementato anche nella versione inglese (<http://www.sulciscssummerschool.it/en>) per esaltare e favorire la vocazione internazionale della Scuola sulle CCS.



Figura 1 - Home page del sito www.sulciscssummerschool.it

3.1 Home page

La home page ha un ruolo di fondamentale importanza: è la pagina dove atterrano quasi il 70% del totale dei visitatori del sito ed è la prima pagina analizzata dai motori di ricerca per attribuirgli una posizione sulle SERP (Search Engine Report Page). La home del sito Summer School è stata progettata in funzione di alcune caratteristiche ritenute indispensabili, che di seguito descriviamo²:

- **Funzionalità:** in quanto via di accesso principale al sito fornisce, nella main body area, immediatamente informazioni sulla Summer School e su come partecipare e, attraverso il menù di navigazione posto sotto l'header, permette all'utente di orientarsi sulle principali sezioni del sito



Figura 2 - Nei riquadri in rosso il menù di navigazione e il main body della Home

² Laura Rosella e Natalina Teresa Capua (a cura di), "Linee guida sul web editing", pp. 8-10, Ufficio Attività Internazionali - Formez PA

- Usabilità: è il parametro, da estendere a tutto il sito, con cui si verifica l'adeguatezza e la facilità di utilizzo dei contenuti in base alla soddisfazione delle seguenti condizioni:
 - percezione: le informazioni e i comandi necessari per l'esecuzione dell'attività devono essere sempre disponibili e percettibili;
 - comprensibilità: le informazioni e i comandi necessari per l'esecuzione delle attività devono essere facili da capire e da usare;
 - operabilità: informazioni e comandi sono tali da consentire una scelta immediata dell'azione adeguata per raggiungere l'obiettivo voluto;
 - coerenza: stessi simboli, messaggi e azioni devono avere gli stessi significati in tutto l'ambiente web;
 - salvaguardia della salute: indica le caratteristiche che deve possedere l'ambiente per salvaguardare e promuovere il benessere psicofisico dell'utente;
 - sicurezza: indica le caratteristiche che l'ambiente deve possedere per fornire transazioni e dati affidabili, gestiti con adeguati livelli di sicurezza;
 - trasparenza: l'ambiente deve comunicare il suo stato e gli effetti delle azioni compiute; all'utente devono essere comunicate le necessarie informazioni per la corretta valutazione della dinamica dell'ambiente;
 - apprendibilità: indica le caratteristiche che l'ambiente deve possedere per consentire l'apprendimento del suo utilizzo da parte dell'utente in tempi brevi e con minimo sforzo;
 - aiuto e documentazione: fornire funzioni di aiuto come guide in linea e documentazione relative al funzionamento dell'ambiente. Le informazioni di aiuto devono essere facili da trovare e focalizzate sul compito dell'utente;
 - tolleranza agli errori: l'ambiente deve prevenire gli errori e, qualora questi accadano, devono essere forniti appropriati messaggi che indichino chiaramente il problema e le azioni necessarie per recuperarlo;
 - gradevolezza: indica le caratteristiche che l'ambiente deve possedere per favorire e mantenere l'interesse dell'utente;
 - flessibilità: l'ambiente deve tener conto delle preferenze individuali e dei contesti.

- Dinamicità: l'home page deve anche necessariamente avere alcune sezioni dedicate alle novità, all'inserimento di nuovi contenuti, in diversi formati (video, news, eventi, foto, file...), che stimolino la curiosità anche degli utenti "di ritorno". Sul sito della Summer School la colonna di destra dell'home page è dedicata prevalentemente a informazioni di questo tipo, con le sezioni "Notizie", "Video", "Photogallery", come mostrato nelle figure seguenti (3, 4, 5 e 6)

The image shows two side-by-side screenshots of the ENEA website's news section. The left screenshot shows a list of news items with a red arrow pointing to the second item. The right screenshot shows the same news list with a video player below it.

Notizie

- CCS e Summer School 2016 sulla rivista dell'ARPA Campania
- Gli scienziati studiano un modo per trasformare la CO2 in roccia
- Emissioni negative e CCS, una controversa ricetta contro il global warming
- Conclusa la quarta edizione dell'International Sulcis CCS Summer School

ARCHIVIO NOTIZIE

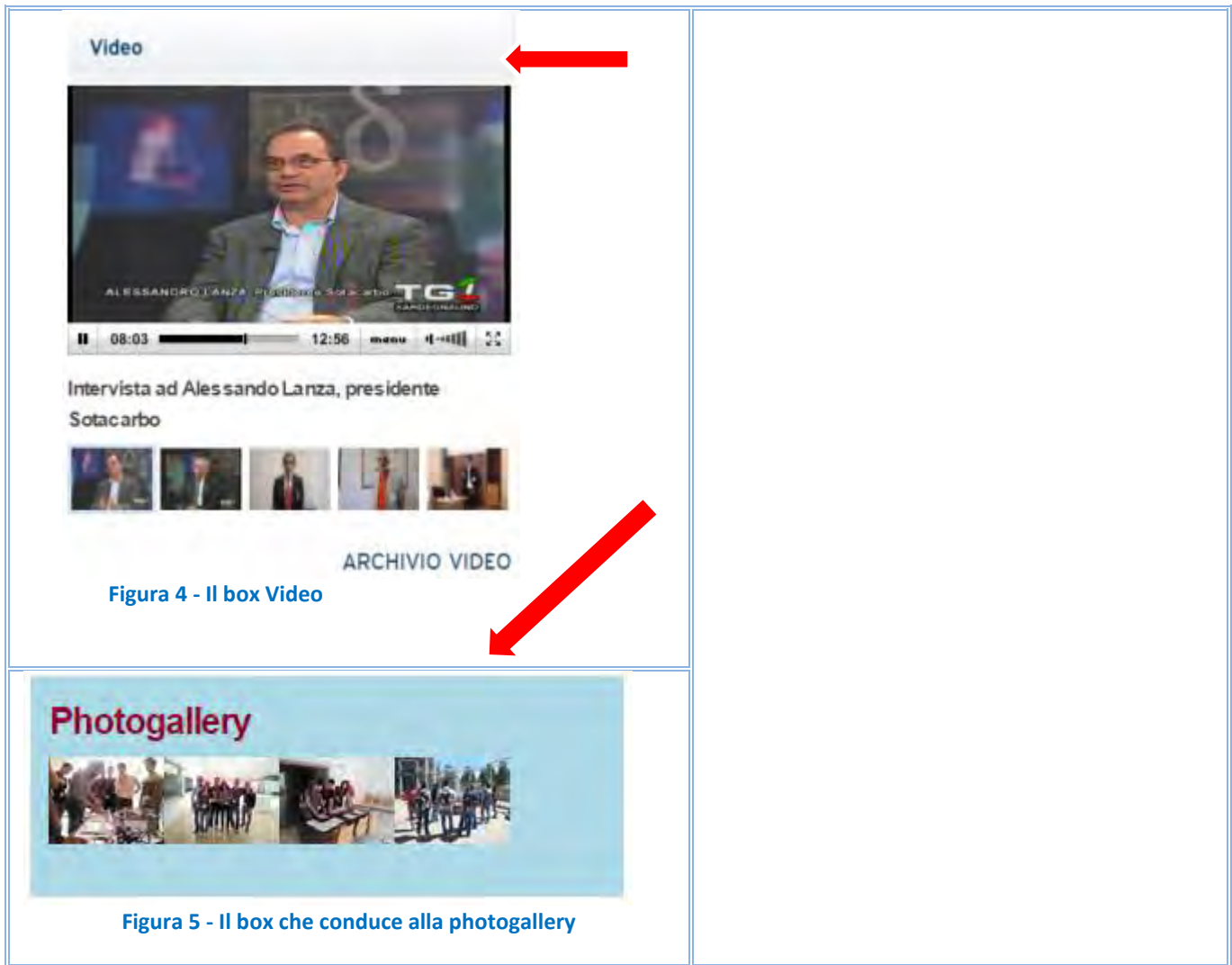
1 2

Video

intervista ad Alessandro Lanza, presidente Sotacarbo

ARCHIVIO VIDEO

Figura 3 - La sezione Notizie



3.2 Struttura e pagine tematiche

La struttura ipertestuale e di navigazione del sito è organizzata affinché gli utenti trovino facilmente e velocemente ciò che cercano. Il menù di navigazione di primo livello (figura 7), posto sotto l'header, riporta pochi item, in modo che con il minor numero di "click" possibile l'utente possa raggiungere le informazioni indispensabili, come ad esempio il programma della Summer School o la pagina per l'iscrizione.



Figura 7 - In rosso evidenziato il menù di navigazione di primo livello

Vediamo, in sintesi, i contenuti di alcuni item.

Summer School: all'interno di questa sezione, nella pagina di primo livello (figura 8), sono riportate le informazioni generali relative alla Scuola estiva: gli organizzatori, la sede, gli obiettivi, le tematiche trattate durante le lezioni, i requisiti per poter partecipare



Figura 8 - La sezione "Summer School"

Nelle pagine di secondo livello, invece, sono riportati i programmi delle lezioni d'aula della Scuola, suddivisi anno per anno (figura 9)

Carbon Capture & Storage Summer School

Home Summer School Polo tecnologico Iscrizione e-learning Organizzatori FAQ Link Area riservata

Tu sei qui: Home / Summer School / Summer School 2017

Summer School 2017
 Summer School 2016
 Summer School 2015
 Summer School 2014
 Summer School 2013
 Ospitalità

Programma provvisorio
Carbonia, Centro Ricerche Sotacarbo
19 - 23 giugno 2017

Lunedì 19 giugno 2017 - Introduction
 Session chairman: Alessandro Lanza (Sotacarbo, Italy)

11.00	Registrations	
13.00	Welcome lunch	
14.00	Open ceremony, welcome and general introduction	Alessandro Lanza (Sotacarbo, Italy)
14.15	Welcome speech by the Mayor of Carbonia	Paola Massidda (Mayor of Carbonia, Italy)
14.30	Title to be confirmed	Donatella Spano (Regional Government of Sardinia, Italy)
14.45	The role of the Energy in the Italian decarbonization pathway	Alessandro Federici (Enea, Italy)
15.15	The role of CCUS in the future of energy market	Alessandro Lanza (Sotacarbo, Italy)
15.45	Sources of CO2, energy balance and CCUS approaches	Giorgio Cau (University of Cagliari, Italy)
16.15	Interactive programme - Introduction	
16.45	interactive programme (meeting of the workgroups)	
18.00	End of day I	
20.00	Social dinner	

Figura 9 - La pagina del Programma 2017

- Polo tecnologico: in questa sezione (figura 10) sono contenute informazioni relative al “Progetto integrato Sulcis”, all’evoluzione delle fasi del piano di sviluppo per la Provincia del Sulcis - siglato a fine 2012 dal Ministero dello Sviluppo Economico, Ministero del Lavoro e Politiche Sociali, Ministero per la Coesione territoriale, Regione Sardegna e Provincia di Carbonia Iglesias e alle attività che, attualmente, ENEA e Sotacarbo portano avanti congiuntamente nel Centro Ricerche di Carbonia, sede dell’International Sulcis Summer School on CCS Technologies

MAPPA DEL SITO | ACCESSIBILITÀ | CONTATTI | PRIVACY

A A A ENGLISH ITALIANO



Carbon Capture & Storage Summer School

Home | Summer School | **Polo tecnologico** | Iscrizione | E-learning | Organizzatori | FAQ | Link | Area riservata

Tu sei qui: Home > Polo tecnologico

Il Piano di Sviluppo

La scelta del Sulcis

Il progetto integrato Sulcis

L'occupazione della miniera di Nuraxi Fagus nell'agosto del 2012, da parte dei minatori della Carbosulcis, ha portato all'affermazione dell'opinione pubblica e di tutti i media, oltre alla pressante questione "lavoro" anche le scelte sulle strategie di sviluppo industriale che il governo italiano è chiamato a intraprendere. I lavoratori chiedevano il finanziamento del Progetto integrato "centrale-miniera" per la cattura e il confinamento geologico della CO₂.

Il **"progetto integrato Sulcis"**, indicato dai minatori come ultima opportunità per salvare miniera e occupazione, si configura in realtà come una grande sfida e iniziativa di innovazione tecnologica, elaborata in Sardegna da Sotacarbo in stretta collaborazione con ENEA, che si pone l'obiettivo di sviluppare, qualificare e rendere competitive sul piano economico soluzioni impiantistiche d'avanguardia basate sulle CCS (Carbon Capture and Storage) volte a limitare drasticamente, riducendo quasi a zero, le emissioni di CO₂ prodotte da impianti termoelettrici alimentati a carbone.

Nato sotto la spinta della legge 99 del luglio 2009 e con l'intenzione di sfruttare i fondi previsti dal bando NER 300 della Commissione Europea (che mette a disposizione i fondi derivanti da 300 milioni di quote di CO₂, secondo l'Emission Trading System, per finanziare progetti dimostrativi su scala commerciale mirati alle CCS e a tecnologie innovative per le energie rinnovabili), il **progetto originario** prevedeva la realizzazione di una centrale termoelettrica, alimentata a carbone, avente una taglia di circa 450 MWe netti, dotata di impianti per la cattura e il confinamento del 67% della CO₂ prodotta (corrispondente a quella emessa da una centrale termoelettrica dimostrativa da 300 Mwe, la taglia allora indicata dall'UE per impianti dimostrativi di interesse comunitario). Il carbone utilizzato sarebbe stato per il 50% del Sulcis e per la restante parte di importazione e l'anidride carbonica, una volta "intrappolata" mediante trattamenti di separazione dai gas combustibili prima del loro scarico al camino, attraverso un processo di disidratazione e compressione volto a trasformarla in un fluido denso che occupa molto meno spazio della forma gassosa, sarebbe stata pompata mediante iniezione in giacimenti acquiferi e strati di carbone a profondità fra 800 e 1.000 metri.

archiviato sotto: polo tecnologico | CO2 | climate change | global warming | ccs | stoccaggio | carbone

Informazioni

Iscrizione

Dove siamo

Contatti

Didattica

Programmi

Comitato Scientifico

E-learning

E-learning

Area riservata

Figura 10 - La sezione Polo tecnologico e la pagina sul progetto integrato Sulcis

- E-learning: in questa pagina (figura 11) sono riportate le modalità di accesso alla piattaforma e-learning della Divisione ICT ENEA, la procedura per l'autenticazione per gli studenti iscritti alla Summer School e le informazioni e i contatti cui rivolgersi per questioni legate ai corsi on line

Carbon Capture & Storage Summer School

Home Summer School Polo tecnologico Iscrizione **E-learning** Organizzatori FAQ Link Area riservata

Tu sei qui: Home / E-learning

E-learning

Gli iscritti alla Summer School da questa pagina possono accedere all'area riservata del **sistema e-learning** messo a disposizione dalla Divisione *ICT (Divisione Sviluppo Sistemi per l'Informatica e l'ICT)* dell' **ENEA**.

La procedura di accesso è molto semplice:

- ▶ dopo aver ricevuto la conferma di iscrizione alla Summer School, riceverai una mail con la tua username e la password per accedere all'area riservata del sistema e-learning
- ▶ quindi puoi collegarti al link <http://elearning.enea.it>
- ▶ inserire **username** (nome.cognome) e **password**
- ▶ accedere dal menu di sinistra della homepage a: **"Corsi"** e poi sulla sezione **"International Sulcis CCS Summer School"**

In caso di difficoltà è possibile contattare i seguenti riferimenti:

- ▶ E-mail: elearning.admin@enea.it
- ▶ Tel.: **06/30483496**

Gruppo E-learning

Referenti

Andrea Quintiliani - andrea.quintiliani@enea.it

Amedeo Trolese - amedeo.trolese@enea.it

Ricercatori

Andrea Corleto - andrea.corleto@enea.it

archiviato sotto: formazione

Informazioni	Didattica	E-learning
Iscrizione	Programma	E-learning
Dove siamo	Comitato Scientifico	Area riservata
Contatti		

Figura 11 - La pagina E-learning

- Organizzatori: in questa pagina (figura 12) sono riportate brevi informazioni sugli organizzatori della Scuola estiva (ENEA, Sotacarbo, Università di Cagliari Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Chimica e dei Materiali, IEA Clean Coal Center e CO2GeoNet) e link di rimando ai rispettivi siti



Carbon Capture & Storage Summer School

Home
Summer School
Pala tecnologica
Iscrizioni
E-learning
Organizzatori
FAQ
Link
Area riservata

Ti sei qui: Home / Organizzatori

Organizzatori



ENEA - L'*Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA)*, prevista dall'articolo 37 della Legge n. 99 del 23 luglio 2009, è finalizzata "alla ricerca e all'innovazione tecnologica nonché alla prestazione di servizi avanzati nei settori dell'energia, con particolare riguardo al settore nucleare, e dello sviluppo economico sostenibile".

Attività del Laboratorio COMSO



UNIVERSITA' DI CAGLIARI - Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Chimica e dei Materiali (DIMCM)

Il **DIMCM** è stato fondato nel Gennaio 2012 dall'unione dei *Dipartimenti di Ingegneria Meccanica e di Ingegneria Chimica e Materiali*. Una delle unità di ricerca coinvolte fa riferimento al Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Chimica e dei Materiali dell'Università di Cagliari coordinata dal *Prof. Ing. Giorgio Cau* e costituita, oltre che dal Prof. Cau, dal *Prof. Ing. Daniele Cocca* e dal *Dott. Ing. Vittorio Tola*. Una seconda unità di ricerca è coordinata dal *Prof. Baratti* che nel corso della sua attività ha acquisito competenze nel campo delle operazioni unitarie dell'Ingegneria Chimica, della fisica dei processi di trasporto/reazione, dell'ottimizzazione e delle problematiche di controllo avanzato.



SOTACARBO - La *Società Sotacarbo - Società Tecnologie Avanzate Carbone - S.p.A.* è stata costituita il 2 aprile 1987, in attuazione dell'art. 5 della legge 351/85 "norme per la riattivazione del bacino carbonifero del Sulcis", con la finalità di sviluppare tecnologie innovative e avanzate nell'utilizzazione del carbone attraverso la costituzione in Sardegna del Centro di Ricerche, la progettazione e la realizzazione di impianti dimostrativi sull'innovazione tecnologica nell'utilizzazione del carbone; la realizzazione di impianti industriali per l'utilizzazione del carbone in alternativa alla combustione.



IEA Clean Coal Centre - Fondata nel 1975, la **IEA Clean Coal Centre** è uno dei principali fornitori di informazioni, analisi e ricerche su tutti gli aspetti del carbone. Un team di esperti professionisti raccoglie, analizza e distribuisce informazioni e conoscenze sull'uso efficiente e pulito del carbone. Il Centro pubblica relazioni tecniche e recensioni, facilita la R & S, organizza workshop e conferenze. La IEA Clean Coal Centre è una organizzazione non-profit finanziata principalmente dalle quote dei suoi membri.



CO2GeoNet - **CO2GeoNet** è l'organismo scientifico europeo sullo stoccaggio geologico della CO2. Comprende attualmente 24 Istituti pubblici per la ricerca provenienti da 16 paesi europei, e riunisce oltre 300 ricercatori con competenze multidisciplinari necessarie ad affrontare tutti gli aspetti dello stoccaggio di CO2.

Il CO2GeoNet svolge attività di ricerca congiunta, formazione, consulenza scientifica, informazione e comunicazione, e ha un ruolo importante e indipendente al fine di permettere un efficiente e sicuro stoccaggio geologico della CO2.

archiviato sotto: [didattica](#) - [formazione](#)

Informazioni	Didattica	E-learning
Iscrizioni	Programmi	E-learning
Dove siamo	Comitato Scientifico	Area riservata
Contatti		

Figura 12 - La pagina Organizzatori

3.3 Il form Iscrizione

La pagina per le iscrizioni alla Summer School (figura 13) è stata implementata utilizzando uno dei prodotti aggiuntivi (add-ons) che Plone mette a disposizione. L’add-on “Plone form gen” è un generatore di form che utilizza campi, widgets e validatori da archetipi. E’ possibile usarlo per costruire semplici moduli web che consentono di salvare o inviare modelli compilati sotto forma di posta elettronica. Nel form, che è disponibile in italiano e in inglese sul sito all’indirizzo <http://www.sulciscssummerschool.it/iscrizione>, gli studenti che intendono sottoporre domanda di iscrizione al Comitato Organizzatore della Summer School devono riempire tutti i campi obbligatori e allegare il loro curriculum.



Figura 13 - La pagina di Iscrizione

3.4 Area riservata

Quest'area del sito (figura 14) è ad accesso riservato e può essere utilizzata solo da personale autorizzato ENEA e Sotacarbo, munito di username e password. E' una sezione creata per lo scambio e la condivisione di documenti e materiale, una repository cui si accede con permessi limitati di "sola lettura" o "lettura e caricamento contenuti". In questo modo è stato creato una sorta di database on line sempre disponibile agli utenti autorizzati e che permette una rapida condivisione di materiali di varia natura (cartelle, file, foto...).

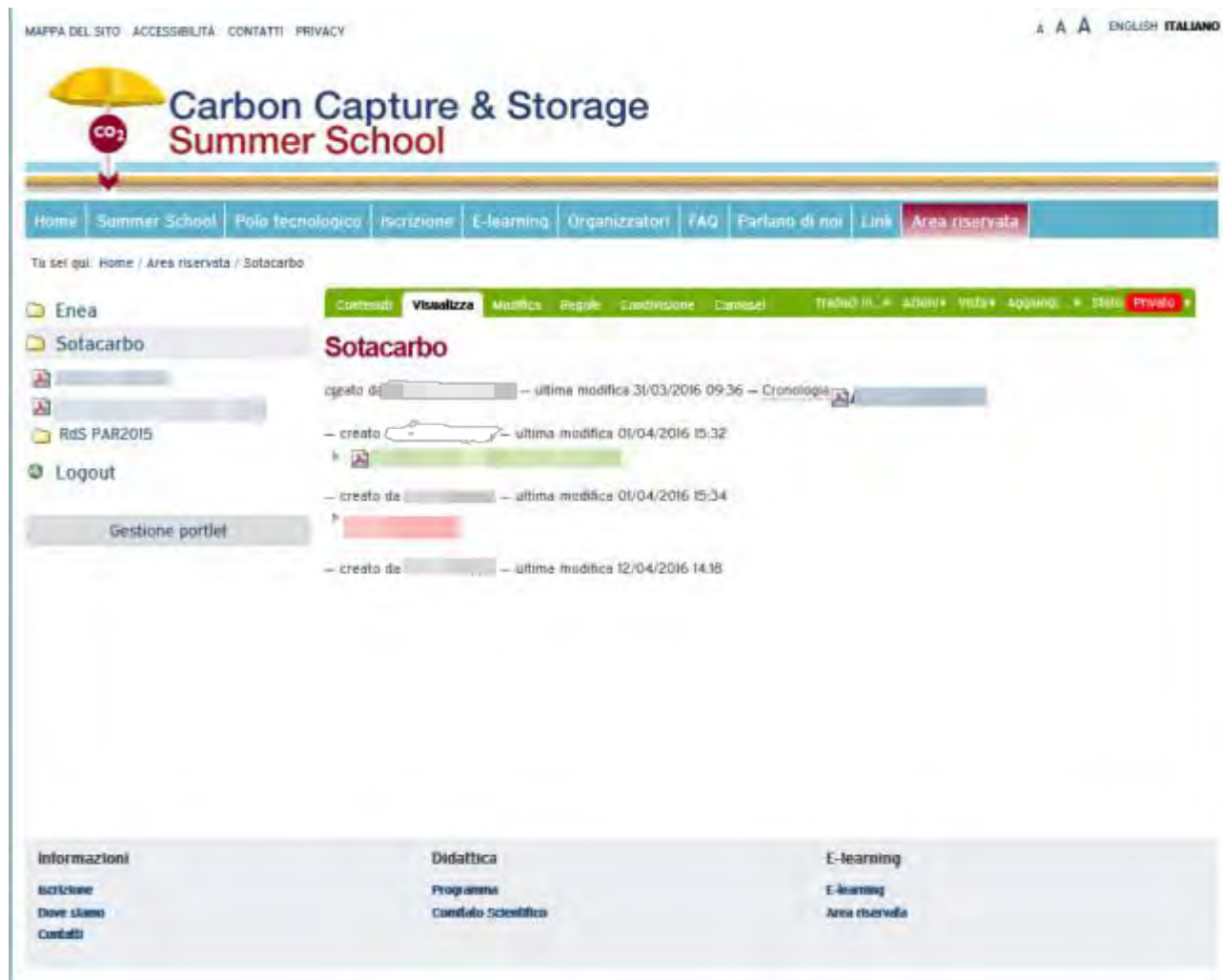


Figura 14 - La sezione Area riservata

3.5 I “numeri” del sito

Di seguito riportiamo alcuni numeri e dati che possono fornire un’idea e la misura della visibilità, anche a livello internazionale, che il sito ha contribuito a dare alla Summer School. Le statistiche sugli accessi al sito sono prodotte con il servizio di Google Analytics.

- 2 lingue (it/en)
- 268 news pubblicate su tematiche relative a climate change, energia e CCS
- 28.520 visualizzazioni di pagina (Luglio 2014^[3]/Luglio 2016)
- 7.167 utenti
- 10.220 sessioni
 - 7.279 sessioni da nuovi visitatori
 - 2.941 sessioni da visitatori di ritorno
 - 4.846 sessioni Italia
 - 1.586 sessioni Stati Uniti
 - 1.003 sessioni di origine non attribuibile
 - 604 sessioni United Kingdom
 - 256 sessioni Cina
 - 198 sessioni Russia
 - 170 sessioni Germania
 - 153 sessioni Giappone
 - 87 sessioni Corea del Sud
 - 84 sessioni Paesi Bassi

Edizione 2016

- 9.870 visualizzazioni di pagina (1 Gennaio 2016/6 Luglio 2016)
- 1.771 utenti
- 3.010 sessioni
 - 1.761 sessioni da nuovi visitatori
 - 1.249 sessioni da visitatori di ritorno
 - 1.983 sessioni Italia
 - 434 sessioni United Kingdom
 - 106 sessioni Stati Uniti
 - 53 sessioni di origine non attribuibile
 - 36 sessioni Svezia
 - 31 sessioni Turchia
 - 28 sessioni Danimarca
 - 27 sessioni Germania
 - 24 sessioni Spagna
 - 20 sessioni Cina

³ Data di implementazione statistiche accessi al sito con Google Analytics

Edizione 2017

- 54.113 visualizzazioni di pagina (1 Gennaio 2017/31 dicembre 2017)
- 2.021 utenti
- 4.174 sessioni
 - 1998 sessioni da nuovi visitatori
 - 497 sessioni da visitatori di ritorno
 - 1.571 sessioni Italia
 - 206 sessioni Russia
 - 70 sessioni Stati Uniti
 - 28 sessioni Polonia
 - 14 sessioni Brasile
 - 13 sessioni di origine non attribuibile
 - 10 sessioni United Kingdom
 - 9 sessioni United Arab Emirates
 - 9 sessioni Cina
 - 8 sessioni India

4 La piattaforma e-learning

La Divisione ICT ENEA dispone di una piattaforma di Learning Management System raggiungibile all'indirizzo <http://elearning.enea.it> (figura 15). La piattaforma è sviluppata con il software Open Source Moodle attualmente aggiornato alla versione 2.7.1. Il layout grafico è stato implementato con plugin Essential Theme e l'interfaccia interamente customizzata. La piattaforma è disponibile in quattro lingue diverse (Italiano, Inglese, Francese, Spagnolo).



Figura 15 - Home page piattaforma e-learning

4.1 Moodle

Moodle (acronimo di Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment), è uno dei più diffusi ambienti di apprendimento, con più di 81.000 installazioni registrate in oltre 220 paesi di tutto il mondo ed è utilizzato da più di 70 milioni di persone. In sostanza, si tratta di una piattaforma web dinamica rivolta alla creazione e alla gestione completa di corsi on line con un alto livello di interazione tra il docente/tutor e gli studenti. Moodle è un prodotto gratuito di tipo Open Source (anche in questo caso, in coerenza con la Direttiva del 19 dicembre 2003 "Sviluppo ed utilizzazione dei programmi informatici da parte delle pubbliche amministrazioni", G.U. n. 31 del 7/2/2004) rilasciato con licenza pubblica GNU/GPL. Di conseguenza:

- Moodle può essere utilizzato da chiunque per creare siti web rivolti all'e-learning e alla formazione
- il codice di cui è composto può essere modificato e ridistribuito, mantenendo intatti il copyright e i riferimenti all'autore.

E' un software web-oriented che può essere installato su qualsiasi server internet in grado di supportare il linguaggio PHP oltre a diversi database, tra cui MySQL. Dal lato client, non c'è bisogno di alcuna installazione ma è sufficiente un semplice browser per la navigazione internet.

Utilizzato da istituzioni scolastiche di vario livello (dalle scuole primarie, sino alle facoltà universitarie) e non solo (molte pubbliche amministrazioni e molte società private fanno ricorso alla piattaforma ideata da Martin Dougiamas per fornire corsi di formazione e aggiornamento a distanza ai loro dipendenti), Moodle permette a qualunque insegnante o formatore di creare un ambiente virtuale dove studenti da ogni parte del mondo possano seguire, secondo i loro orari e le loro modalità, lezioni e corsi online.

All'interno della piattaforma di e-learning, così come all'interno di qualunque altra istituzione scolastica o formativa, gli utenti si dividono a seconda del ruolo ricoperto. All'interno di Moodle si contano sino a sei differenti Ruoli, ognuno dei quali con i suoi privilegi di amministrazione del corso. L'interazione docente-studente all'interno dei singoli corsi on line è garantita dalla presenza di diversi strumenti di comunicazione che Moodle mette a disposizione come forum, chat, instant messaging, bacheche condivise.

La natura open source e collaborativa di Moodle aiuta a definire e stabilire quale sia l'approccio pedagogico di questa piattaforma. Tutti gli utenti, siano essi studenti o docenti, possono collaborare nella costruzione e nella creazione dei materiali necessari allo svolgimento del corso on line: gli studenti, infatti, possono commentare e proporre modifiche tanto ai materiali proposti quanto alle modalità di verifica delle conoscenze. Viene enfatizzato, quindi, il ruolo che gli studenti possono avere nel costruire un'esperienza educativa che sia il più aperta e collaborativa possibile. Partendo da questi presupposti pedagogici e formativi, Moodle si propone come una piattaforma di e-learning flessibile e adattabile alle esigenze più disparate.

Infine, l'ampissima dimensione della community che si è creata nel mondo è una garanzia di continua aggiornabilità e di arricchimento funzionale della piattaforma stessa: quotidianamente, centinaia di utenti e sviluppatori sottopongono problemi e si confrontano sulla gestione del software all'interno del sito moodle.org, cui sono registrati oltre 75.000 utenti.

4.2 Metodologia didattica e apprendimento collaborativo

Tutti gli iscritti alla Summer School hanno avuto accesso alla piattaforma e-learning della Divisione ICT ENEA, sulla quale sono stati predisposti specifici corsi sulle tecnologie di Carbon Capture and Storage. La metodologia didattica individuata è stata quella del blended learning, cioè un approccio "misto" in cui le tradizionali attività di aula vengono integrate e completate dal corso realizzato in modalità e-learning.

La progettazione e lo sviluppo di Moodle sono guidati da una particolare filosofia dell'apprendimento, che può essere definita "pedagogia costruzionista sociale". Il concetto fondamentale del costruttivismo è che la conoscenza umana, l'esperienza, l'adattamento, sono caratterizzati da una partecipazione attiva dell'individuo. In questo contesto, è fondamentale l'aspetto sociale, per cui l'apprendimento più efficace è quello collaborativo, in cui il soggetto svolge insieme agli altri attività cognitive che da solo non riuscirebbe a svolgere: di conseguenza, la conoscenza, secondo questa prospettiva, emerge come attività condivisa.

Dunque, il primo assioma del costruzionismo da tenere presente è l'importanza che rivestono il mondo sociale e il mondo culturale del discente nel processo di apprendimento. Il modello di formazione da ricercare e attivare è pertanto un modello "ecologico", ossia una formazione strutturata, calata nell'ambiente, caratterizzata, in grado di innescare il dialogo e lo scambio tra i soggetti che sono coinvolti e tesa alle specifiche esigenze dell'ambiente in cui la persona, o l'impresa o il soggetto in formazione si inserisce.

In secondo luogo, l'altro punto su cui focalizzarsi è quello del problem-based-learning, l'apprendimento basato sul problema. Il discente deve conoscere e apprendere in modo attivo, per poter interiorizzare tali concetti e adattarli alla sua esperienza quotidiana. Il problem-based-learning permette al discente di partecipare attivamente al momento formativo e diventarne attore protagonista e non mero spettatore.

Il costruttivismo valorizza la diversità e l'adattabilità, e parte dal presupposto fondamentale che il discente apprende in modo attivo. Una prospettiva costruttivista vede chi impara come attivamente impegnato nel creare significati, e l'insegnare con questo approccio significa ricercare quello che gli studenti possono analizzare, investigare, quello per cui possono collaborare, condividere, costruire e sviluppare su ciò che essi già sanno, piuttosto che ricercare quali fatti, abilità e processi essi possono ripetere meccanicamente. Per fare questo realmente, un docente ha bisogno di essere anche uno studente e un ricercatore, di sforzarsi per una più grande consapevolezza dell'ambiente e dei partecipanti in una data situazione di insegnamento allo scopo di adattare continuamente le sue azioni per impegnare gli studenti nell'apprendimento, usando il costruttivismo come guida.

Avendo come riferimento, quindi, il quadro teorico del costruzionismo sociale, per la Summer School è stato proposto un modello didattico che enfatizzasse il ruolo attivo dello studente nel processo di costruzione di conoscenza. A tal fine l'ambiente on line è stato progettato secondo due linee di intervento: da un lato, sono stati predisposti spazi che potessero agevolare lo sviluppo di abilità cognitive e meta cognitive; dall'altro, si è cercato di facilitare l'interazione e la collaborazione tra i corsisti in un'ottica comunitaria.

La prima linea si è concretizzata con un intensivo utilizzo di Moodle nelle sue quattro funzioni fondamentali: gestione (per il tracciamento delle presenze, la gestione degli accessi, ecc.), valutazione (quiz, voti, registro, consegna compiti, ecc.), contenuto (caricare e organizzare learning objects, contenuti multimediali, ecc.) e comunicazione (forum di discussione, chat, email, ecc.).

I documenti, i report, gli articoli, i video, le pubblicazioni internazionali e le normative sulle CCS hanno fornito un modello di lavoro e di supporto all'apprendimento. L'apertura del materiale didattico a fonti esterne, inoltre, ha avuto l'obiettivo di decontestualizzare il processo conoscitivo, rendendo possibile un processo metacognitivo di applicazione di quanto appreso in aula.

La seconda linea di intervento, ha posto l'accento sul ruolo della comunità dei corsisti, cercando di agevolare la nascita e la collaborazione. A tal fine l'interazione tra i corsisti è stata sostenuta ed incoraggiata attraverso strumenti di comunicazione asincrona e sincrona (web forum, chat, instant messaging, wiki) e il collegamento con social network molto diffusi (Twitter e Facebook). Quest'ultimo spazio, in particolare, è stato pensato in un'ottica di informal e-learning per alimentare i contatti informali e per sostenere il senso di appartenenza dei corsisti. L'obiettivo complessivo era stimolare lo scambio di conoscenze e informazioni non solo in una prospettiva docente-studente (modello top-down), ma anche tra gli studenti stessi e in senso inverso dagli studenti ai docenti (modello bottom-up), nel tentativo di valorizzare i processi di costruzione e creazione congiunta del "sapere", in termini sia di combinazione sia di socializzazione delle esperienze individuali, e di

esaltare le caratteristiche peculiari dell'apprendimento collaborativo (collaborative learning) affiancando all'apprendimento formale quello informale.

4.3 I corsi e-learning della Summer School

Fin dalla sua prima edizione, nel 2013, il programma dell'International Sulcis Summer School on CCS Technologies ha visto affiancarsi, alle tradizionali lezioni frontali tenute in aula da docenti di diverse discipline, corsi in modalità e-learning a disposizione di tutti gli iscritti alla Scuola.

La tipologia di corso individuata, per "Topics", messa a disposizione dalla piattaforma Moodle, è rimasta invariata anche per le edizioni 2014, 2015 e 2016, ma gradualmente i contenuti, le risorse e le attività previste sono state intensificate e diversificate, con l'intento di rendere sempre più attiva la partecipazione degli studenti. Anche la lingua utilizzata per i corsi e-learning è stata cambiata con il susseguirsi delle varie edizioni, passando dall'uso esclusivo dell'italiano (2013), ad un utilizzo misto italiano/inglese (2014), al solo inglese (2015 e 2016), per esaltare e assecondare la vocazione internazionale della Scuola.

Il paradigma dell'apprendimento collaborativo ha costituito il cardine attorno al quale costruire e costituire i corsi on line. Paradigma che, tuttavia, è stato traslato e adattato alla ricerca ed esteso in un senso ancora più ampio, spingendo maggiormente sul concetto di condivisione, cercando di proporre nuovi metodi e mezzi non solo per erogare e condividere conoscenza, ma anche per creare e valorizzare processi di apprendimento collettivo. L'esplorazione, dunque, delle potenzialità di forme innovative di apprendimento collaborativo, mediato dalle tecnologie, in ambienti complessi.

I corsi, di conseguenza, si sono progressivamente evoluti da una modalità incentrata sulla consultazione di documenti e svolgimento di determinate attività (come la "Consegna compito" del 2013 necessaria per ottenere i crediti formativi riconosciuti dall'Università di Cagliari), ad una modalità basata sul processo dialogico e sociale di creazione ed elaborazione congiunta di significati, in cui il singolo, in quanto facente parte di un gruppo, riceve sostegno e motivazione all'interno del gruppo stesso, che trova la sua esaltazione nell'applicazione degli strumenti messi a disposizione dal Web 2.0 e dalle attività collaborative della piattaforma e-learning, quali forum, wiki, glossari.

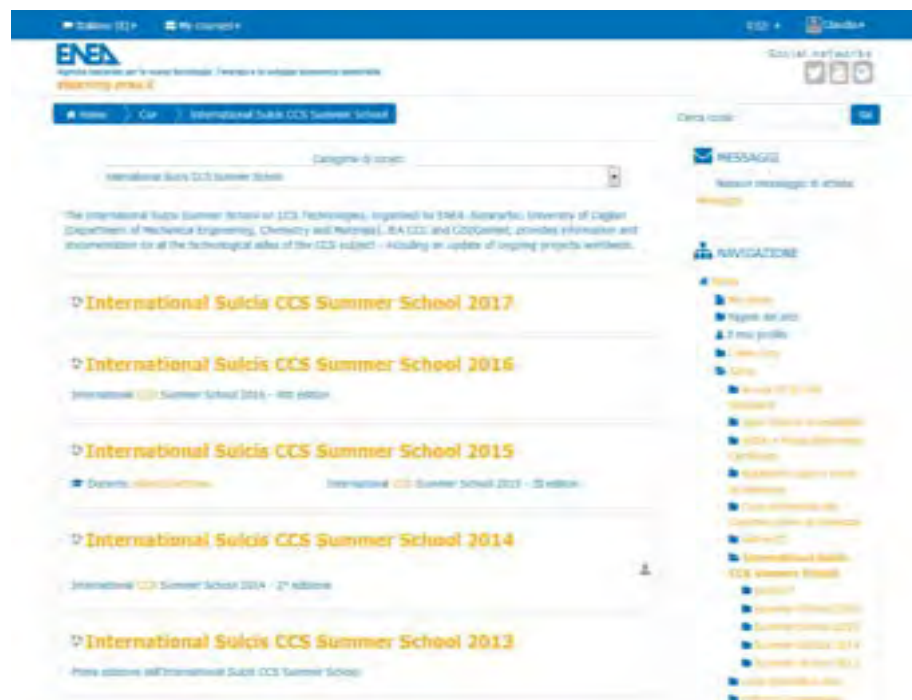


Figura 16 - La categoria di corsi dedicata alla Summer School

Il modello proposto ha evidenziato una sua potenziale validità, nella misura in cui ha determinato, negli anni, la nascita di una piccola “comunità di pratica” capace di orientare proficuamente il proprio processo di apprendimento e di sostenere la reciproca partecipazione. Lo scenario che potrebbe delinearsi, a partire da questo primo nucleo, è dato dalla costituzione di una comunità di ricercatori che possa affrontare specifiche sfide cognitive grazie all’interazione e alla collaborazione on line. Gli strumenti di riferimento sono quelli del Web 2.0, che hanno dimostrato di poter essere proficuamente integrati nel complesso processo di apprendimento formale e informale, in un efficace utilizzo di tutte le possibilità di comunicazione, condivisione e supporto ai processi di produttività individuale e di gruppo.

5 Il corso per l’edizione 2017


Il corso e-learning per l’edizione 2016 dell’International Sulcis Summer School on CCS Technologies (<http://elearning.enea.it/course/view.php?id=179>) ha previsto un programma di attività preliminari alle lezioni in aula, che gli studenti iscritti alla Scuola estiva hanno potuto svolgere a partire dal mese precedente all’inizio della formazione frontale.

5.1 Le attività preliminari


Le attività preliminari consistevano nella possibilità di consultare online o scaricare documentazione (documenti, pubblicazioni, articoli, report, video) a carattere generale, su tematiche CCS e cambiamenti climatici, e lo svolgimento di alcune attività obbligatorie per ottenere il rilascio del badge “SS2017-Participant” che attesta il superamento di tali attività. Il badge è una specie di “bollino” che viene rilasciato automaticamente dalla piattaforma e-learning per “certificare” che lo studente ha svolto la prima parte del suo percorso didattico. L’obiettivo di questa parte del programma era quello di fornire una base di conoscenza comune a tutti gli iscritti che si sarebbero presentati alle lezioni in aula, che hanno profili ed esperienze formative diverse (ingegneria, geologia, chimica, scienze sociali).



Queste le attività obbligatorie da svolgere:

-  **What does CO2 geological storage really mean?**
- **What does CO2 geological storage really mean?** (dalla brochure del CO2GeoNet) con questionario

finale. Una Lezione offre contenuto informativo in un modo interessante e flessibile. Consiste in più pagine. Ogni pagina normalmente finisce con una domanda e un numero di possibili risposte. In funzione della scelta dello studente la lezione avanza alla prossima pagina o torna indietro a una precedente. La navigazione attraverso la Lezione può essere semplice e diretta o complessa, in funzione soprattutto della struttura del materiale da presentare. Il questionario finale è strutturato su 10 domande di tipologia varia (v/f, risposta multipla...) con tentativi multipli e non è previsto un punteggio minimo da ottenere per il suo superamento. Lo studente è chiamato a consultare le pagine della Lezione e rispondere al questionario finale.

 **Introduce yourself!**

- Ogni iscritto è tenuto a compilare la sezione del Forum “Introduce yourself” in cui si presenta agli altri studenti. Questa attività è intesa a favorire la creazione della comunità di pratica chiamata a lavorare insieme e a facilitare la socializzazione e lo scambio tra gli studenti, oltre a fornire un “archivio” dei profili degli iscritti alla Summer School.

 **Glossary**

- **"The language of CCS"** (Glossary realizzato nell'ambito del progetto FP7 ECO2 - Sub-seabed CO2 Storage: Impact on Marine Ecosystems - <http://www.eco2-project.eu/>). Il modulo di attività di glossario permette ai partecipanti di creare e mantenere una lista di definizioni, come un dizionario, o di raccogliere e organizzare le risorse o le informazioni. Gli studenti sono tenuti a compilare il Glossario con almeno una nuova voce aggiuntiva ed è possibile commentare le voci inserite dai propri colleghi.

5.2 *Struttura del corso*

La home del corso è organizzata su tre blocchi (figura 18):

- Topics: le sezioni al cui interno sono distribuite Risorse e Attività;
- Menù di gestione e amministrazione: l'area centrale della Home è occupata dai menù che permettono di gestire la pagina
- Area Blocchi dinamici: Twitter Feed, Calendario, Upcoming Events, Badge



Figura 17 - Home del corso 2017

La struttura del corso, di cui analizzeremo solo le sezioni principali, prevede inizialmente una serie di Risorse, divise in Topics. Il primo Topic, denominato "Welcome" (figura 18), ospita al suo interno due pagine informative sulla Scuola estiva e sul corso e-learning e due forum:

- "Asking for help": creato per dare supporto agli studenti che abbiano problemi tecnici relativi all'uso della piattaforma e del corso;
- "Course noticeboard": dove vengono pubblicate tutte le "News" sul corso e sulla Scuola. E' un forum utilizzato per fornire informazioni di qualsiasi tipo agli studenti.



Figura 18 - Il Topic "Welcome"

Nel Topic “Climate Change” (figura 19) sono disponibili una serie di documenti e video, sotto forma di link, dei più autorevoli organismi internazionali che forniscono una panoramica su cambiamenti climatici e riscaldamento globale, le loro cause e la necessità di ridurre l’emissione di anidride carbonica in atmosfera.

I documenti mettono in relazione la necessità di non aumentare la temperatura globale oltre 2° C al di sopra del livello pre-industriale e l’esigenza di ridurre del 50-85% le emissioni di gas serra entro il 2050: per assolvere a questo compito è necessario un portafoglio di soluzioni, che include l'efficienza energetica, un notevole aumento delle energie rinnovabili e di cattura e stoccaggio della CO2 (CCS). Gli studenti possono visualizzare i documenti on line o scaricarli sul loro pc per consultarli in maniera più agevole (figura 20).

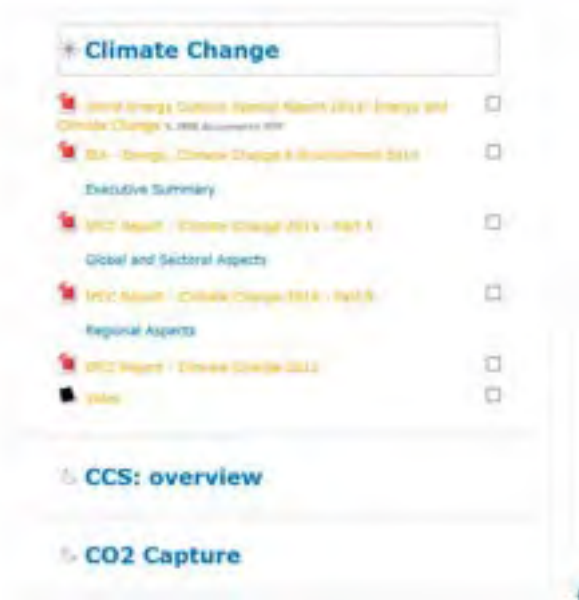


Figura 19 - Il Topic "Climate Change"

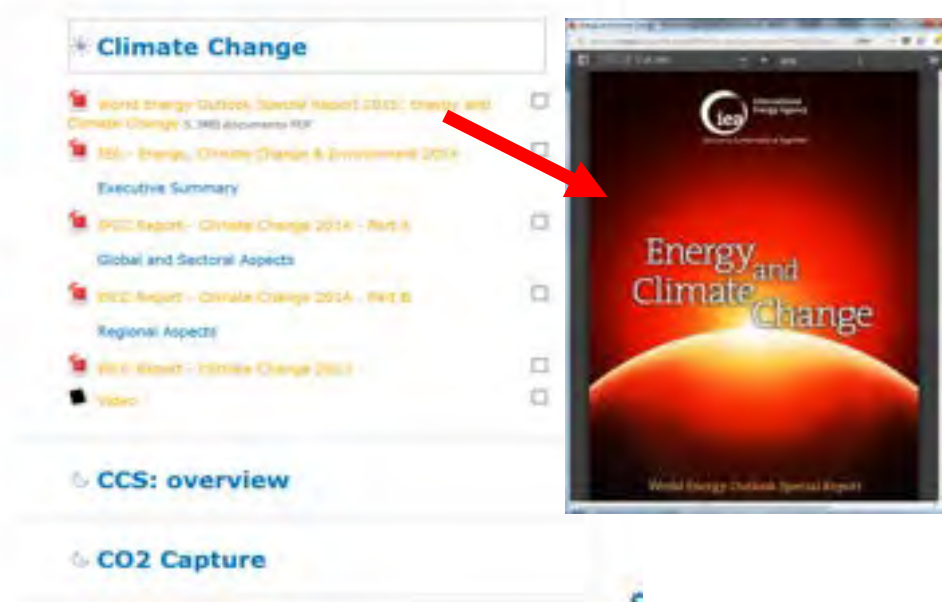


Figura 20 - Cliccando su uno dei link della sezione si apre il documento relativo

Continuando nell'analisi della struttura del corso, seguono una serie di Topics sulle tecnologie di cattura e stoccaggio della CO2 e alcuni importanti aspetti correlati.

- CCS: overview: panoramica sulla diffusione delle tecnologie CCS a livello mondiale e sulle possibili prospettive di sviluppo della tecnologia (figura 21)

The image shows a screenshot of a course topic page titled "CCS: overview". The page is organized into sections with sub-headers and a list of documents. Each document entry includes a small icon, the title, the file size, the format, and a checkbox on the right.

CCS: overview
Available from **28 May 2016**

Towards Sustainable Urban Energy Systems

- IEA - Energy Technology Perspectives 2016 - Executive Summary file 2.9MB PDF document
- IEA - Tracking Clean Energy Progress 2016 4.9MB PDF document
- IEA - Energy Technology Perspectives 2015 - Executive Summary 1.9MB PDF document

Mobilising Innovation to Accelerate Climate Action

- IEA - Tracking Clean Energy Progress 2015 4.9MB PDF document
- Global CCS Institute - The Global Status of CCS 2015 6.8MB PDF document

Summary Report:

- Global CCS Institute - The Global Status of CCS 2014 6.7MB PDF document
- IEA - CCS 2014 5.6MB PDF document
- IEAGHG - Overviews 2014 7.1MB PDF document
- DOE - Carbon Utilization and Storage Atlas - 2012 36.5MB PDF document
- IPCC - Carbon Dioxide Capture and Storage - 2007 22.8MB PDF document
- Belona Foundation Brochure - Why CCS now 8.8MB PDF document
- CO2 Geonet e-book - Reducing carbon dioxide emissions 1.5MB PDF document
- ZEP - Carbon Capture and Storage 5.2MB Powerpoint presentation
- Video

Figura 21 - Il Topic "CCS: overview"

- CO2 Capture: documenti, report e video sulle tecnologie di Cattura, pre-, oxy- e post-combustione, Bio-CCS (figura 22)



Figura 22 - Il Topic "CO2 Capture"

- CO2 Storage: documenti, report e video sullo storage geologico della CO2 e la caratterizzazione di reservoir (figura 23)



Figura 23 - Il Topic "CO2 Storage"

- CO2 Utilization: documenti e report sugli utilizzi industriali della CO2 ed Enhanced Oil Recovery (figura 24)

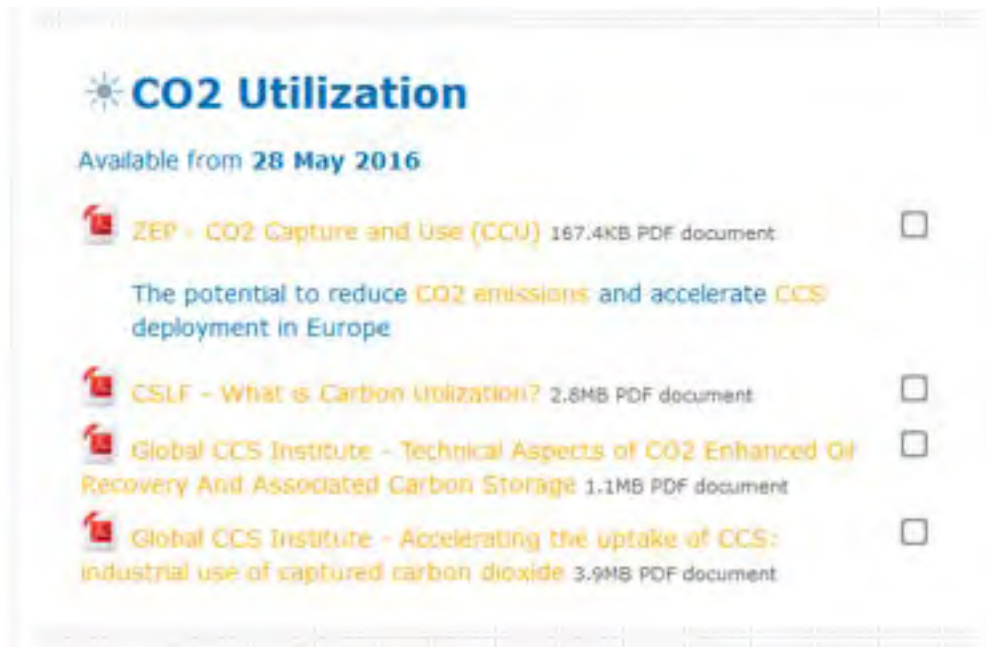


Figura 24 - Il Topic "CO2 Utilization"

- CCS Economics: documenti e report sugli aspetti economici legati alla cattura e stoccaggio di CO2 (figura 25)

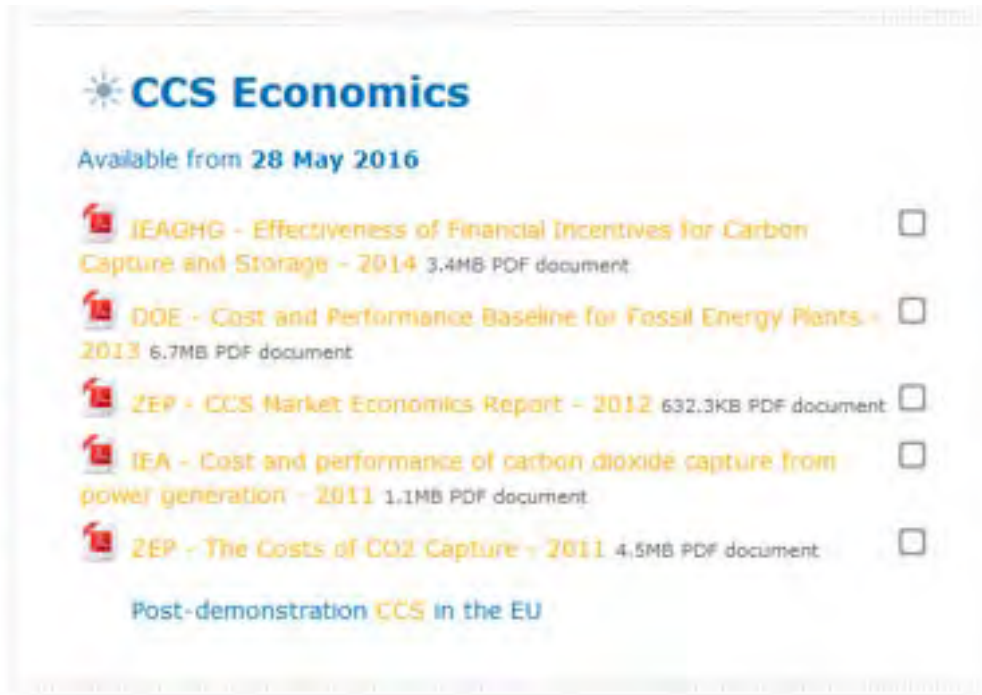


Figura 25 - Il Topic "CCS Economics"

Della sezione dedicata alle Attività (figura 26) abbiamo già detto, in parte, sopra, in riferimento alle attività preliminari da svolgere sulla piattaforma a partire da un mese prima dell'inizio delle lezioni frontali. Qui riportiamo ancora qualche dettaglio sui contenuti della sezione e poche righe sul "Feedback: Summer School's overall evaluation", cui dedichiamo una specifica analisi approfondita in altre pagine del Report.




Figura 26 - Il Topic "Activities"

Il forum "Introduce yourself!" (figura 27) ha come obiettivo la creazione di una comunità della Summer School, in cui gli iscritti si presentano e cominciano a conoscersi gli uni con gli altri già prima dell'avvio delle lezioni. Nel forum ogni studente deve inserire almeno un post in cui presenta se stesso, inserisce una propria foto, espone il suo curriculum studentesco, il profilo professionale, le esperienze in ambito CCS e nel settore dell'energia. Ogni studente può replicare ai post inseriti dai suoi colleghi. Il forum è il primo step per la costruzione di quella comunità di apprendimento, di cui si è detto nelle pagine precedenti, formata da diversi soggetti e strumenti, ognuno portatore di una propria prospettiva conoscitiva per il sostegno dell'apprendimento individuale e della comunità nel suo insieme.

Discussione	Iniziato da	Repliche	Ultimo intervento
Introduce yourself!	[Avatar]	0	dom, 10 giu 2017, 19:08
Hello!	[Avatar]	0	dom, 10 giu 2017, 17:32
Introduce yourself!	[Avatar]	0	dom, 10 giu 2017, 16:47
Hello!	[Avatar]	0	dom, 10 giu 2017, 16:11
[Redacted]	[Avatar]	0	dom, 10 giu 2017, 15:29
Hello everyone!	[Avatar]	0	gio, 13 giu 2017, 10:20
Hello everyone!	[Avatar]	0	dom, 10 giu 2017, 15:08
Hello!	[Avatar]	0	ven, 9 giu 2017, 17:00
Hello everyone!	[Avatar]	0	gio, 9 giu 2017, 16:21
Hello from Montreal	[Avatar]	0	mer, 7 giu 2017, 12:15
Hello everyone!	[Avatar]	0	mer, 7 giu 2017, 10:57
QUI INTRODUCTION	[Avatar]	1	dom, 10 giu 2017, 22:00
Hello I am your Mother... about myself...	[Avatar]	0	mer, 7 giu 2017, 21:50

Figura 27 - Alcuni post degli studenti inseriti nel forum "Introduce yourself"

L'attività Glossario (figura 28) prevede una glossario di base impostato su "The language of CCS Glossary" realizzato nell'ambito del progetto FP7 ECO2 - Sub-seabed CO2 Storage: Impact on Marine Ecosystems. Gli studenti possono implementare le voci del glossario inserendo nuovi termini e commentando quelli esistenti e quelli aggiunti dai colleghi. Il glossario mette a disposizione degli studenti la terminologia base necessaria per una piena comprensione delle materie trattate e stimola la collaborazione attiva alla creazione e scambio di informazioni e conoscenza. I termini del Glossario vengono visualizzati come link in tutte le pagine del corso.

L'attività "Lezione" (figura 29) è basata sulla brochure del CO2GeoNet "What does CO2 geological storage really mean?" e ne ripropone i contenuti sotto forma di pagine web da navigare. Nelle pagine si analizzano le cause dei cambiamenti climatici e la necessità dello stoccaggio geologico della CO2 per contenere le emissioni

in atmosfera. La Lezioni si conclude con un questionario di 10 domande appositamente sviluppato per il corso on line.



Figura 28 - Alcune voci del glossario aggiunte dagli studenti



Figura 29 - Una delle pagine dell'attività "Lezione"

I Topics "Teaching aids and presentations" ospitano tutte le presentazioni che i diversi relatori hanno tenuto durante le quattro giornate di lezione in aula. Le presentazioni sono state caricate giornalmente in formato pdf, facendo in modo che gli studenti le avessero a disposizione e potessero consultarle già dal tardo pomeriggio di ogni giornata in programma. Nei Topics sono state inserite anche risorse utili all'approfondimento della materia trattata ("Tip of the day") che potevano essere consultate già a partire dal giorno prima della lezione frontale, per introdurre all'argomento gli studenti e fornire loro qualche interessante spunto di riflessione (figura 30).

Teaching aids and presentations - Day 1 - 19 June 2017

Introduction - Session chairman: Alessandro Lanza (Sotacarbo, Italy)

Tip of the day 1

Take a look at this infographic on the [ZEP website](#)

- 5th Annual International Sulcis CCS Summer School. Welcome and general introduction-Alessandro Lanza, Ph.D.
- Welcome speech by the Mayor of Carbonia-Paola Massidda
- World Energy Demand and related issues to CO2 Production-Giorgio Cau
- The role of CCUS in the future of energy market-Alessandro Lanza
- The role of energy efficiency in the Italian decarbonization pathway recent figures and trends-Roberto Moneta and Alessandro Federico

Figura 30 - Il Topic "Teaching aids and presentations" della prima giornata

5.3 Feedback: Summer School's overall evaluation

Il “**Feedback: Summer School's overall evaluation**” (figura 30) è l’ultima Attività che gli studenti sono chiamati a svolgere. Si tratta di un questionario per monitorare il livello di soddisfazione degli studenti verso l’edizione 2017 della Scuola estiva. Il feedback di valutazione dell’esperienza complessiva è stato strutturato con riferimento a tre aree di attenzione:

- Percezione globale dell'esperienza
- E-learning
- Organizzazione e servizi

Per ogni domanda è stata fornita una scala di valutazione del gradimento che va da 1 (Strongly disagree) a 5 (Strongly agree). Sono state inserite, inoltre, delle domande a risposta aperta per la raccolta di informazioni di tipo qualitativo (opinioni, suggerimenti, critiche)

La percezione dell’esperienza formativa vissuta dagli studenti è risultata attestarsi su un valore molto alto: il dato è relativo alle aspettative realizzate (64% Agree + 32% Strongly Agree); all’accrescimento dell’interesse verso la materia trattata (32% Agree + 64% Strongly agree); all’organizzazione del corso (media 4.50 su scala da 1 a 5); al bilanciamento tra attività pratiche e lezioni frontali (52% Agree); alla valutazione globale del corso (100% dei voti compreso tra “Good” ed “Excellent” su una scala di valutazione da “Poor” a “Excellent”); all’utilità delle tematiche trattate per il futuro professionale degli studenti; all’adeguatezza dei contenuti del corso rispetto al livello di preparazione degli studenti (su una scala da “too basic” a “too advanced” l’84% ha risposto “about right”). L’analisi dell’item su accoglienza e organizzazione della Summer School evidenzia una maggioranza di valutazione massima (76%), confermata anche nella domanda a risposta aperta relativa ai punti di forza della scuola.

Infine, l’area di analisi relativa all’utilizzo della piattaforma e-learning e all’integrazione del corso online con le lezioni in aula ha confermato chiaramente il valore aggiunto che tale strumento può fornire al tradizionale processo formativo (48% Agree + 28% Strongly agree), la facilità di utilizzo della piattaforma Moodle (il 76% la trova user-friendly) e la buona qualità del corso e-learning (il 96% ha dato una valutazione compresa tra “Good” ed “Excellent”) che gli studenti hanno avuto a disposizione a partire da un mese prima dell’inizio delle lezioni in aula.

Feedback: Summer School's overall evaluation

Made: Anonymous

There are required fields in this form marked *

1) The course corresponded to your expectations*
 Strongly disagree Disagree Neutral Agree Strongly agree

2) The course increased my interest in the subject*
 Strongly disagree Disagree Neutral Agree Strongly agree

3) The course was well-organized and ran smoothly* (1 - 5)

4) The course provided an appropriate balance between instruction and practice*
 Strongly disagree Disagree Neutral Agree Strongly agree

5) What overall rating would you give the course?*

Poor
 Fair
 Good
 Very good
 Excellent

6) To what extent do you think you can apply the information presented during the Summer School to your professional skills?*

Not at all
 A little bit
 Quite
 Quite a bit
 A lot

7) For my experience level, the Summer School was*

Too basic
 About right
 Too advanced

8) The e-learning platform is*

User-friendly
 Not so easy to use
 Handy
 Troublesome

9) The e-learning course is*

Poor
 Fair
 Good
 Very good
 Excellent

10) The e-learning course is an additional benefit for your learning experience*
 Strongly disagree Disagree Neutral Agree Strongly agree

11) Rigorosity and organization corresponded to your expectations*
 Strongly disagree Disagree Neutral Agree Strongly agree

12) What are the strong points of the Summer School?*

13) And the weaknesses ones?*

14) Would you recommend the Summer School to others?*

Yes
 No

15) Why?*

16) Please provide any comments or suggestions that might help improve this course in the future*

Figura 31 - Il feedback di valutazione complessiva della Summer School 2017

5.4 Il Topic "Workgroups Wikis"

Il Topic dedicato ai "Workgroups Wikis" (figura 32) ha messo a disposizione degli studenti uno degli strumenti principali della piattaforma Moodle per l'apprendimento collaborativo: il Wiki. L'attività Wiki mutua il suo nome dal termine Hawaiano "wiki wiki", che significa "molto veloce". Un wiki collaborativo è, infatti, un metodo veloce per la creazione di contenuti di gruppo. Si tratta di un formato molto popolare sul Web per la creazione di documenti di gruppo in cui, solitamente, non c'è redattore centrale né una sola persona che ha il controllo editoriale finale. Al contrario, la comunità modifica e sviluppa il proprio contenuto e il prodotto finale nasce dal consenso e dal lavoro di molte persone sul documento.

Caratteristiche del Wiki:

- consente a tutti di modificare i contenuti
- consente di inserire commenti alle pagine sviluppate
- mantiene lo storico delle modifiche, elencando ciascuna modifica accanto al rispettivo autore e facilitando il processo di revisione
- consente di esportare il documento finale in versione pdf o epub

Il lavoro sui Wiki si è svolto durante l'orario delle lezioni in aula, configurandosi quindi come attività di blended-learning (misto in presenza e on line). Ad ogni gruppo di studenti è stato assegnato un tema specifico e ad ogni gruppo è stato assegnato un tutor con il compito di guidare e coadiuvare gli studenti sul tema indicato.

Quattro i gruppi di lavoro e i temi assegnati (negli allegati i lavori sviluppati dagli studenti):

- CO2 Capture with Membranes
- CO2 Utilization
- CO2 Geological storage

Infine, quest'anno sono stati trasformati i wiki, elaborati dagli studenti, in poster da poter utilizzare in mostre, convegni, incontri, congressi ecc.



Figura 32 - Gruppi di lavoro wiki e poster elaborato dagli studenti

ALLEGATI

Di seguito riportiamo i lavori svolti dagli studenti durante i Workgroups Wikis e la presentazione dell'ingegnere Paolo Deiana, su "CCUS: Enea activities", della Summer School 2017.

A1. WORKGROUPS WIKIS: GROUP 1 CO₂ Capture with Membranes

Tutor: Francesco Benedetti

Partecipanti

- Almenhali Saeed Zaid
- Avanzato Giulia
- Balogun Hammed
- Desogus Gaia
- Pisano Camilla
- Santos Rafael
- Usai Lorenzo

CO₂ Capture with Membranes

Carbon Capture and Storage

Carbon Capture & Storage is a technology that can be utilized to capture carbon dioxide (CO₂) from fossil fuel based power generation and other industries, such as cement, steel and chemical. With a potential to capture up to 90% of the plant's CO₂ emissions, this technology will play an important role in combating climate change, alongside with renewables sources of energy and increasing energy efficiency (Huhne, 2011). This importance is showcased by the International Energy Agency (IEA), where a 19% reduction in the global CO₂ emissions are expected to come from CCS projects. Additionally, CCS can work as a bridge, linking the current fossil fuel based energy sector to the desired renewable sources objective.

CO₂ Separation Technologies

In the pre-combustion carbon capture, the implementation of a water-gas shift reaction into the process leads to the production of fuel gas rich in carbon dioxide (known as syngas and is mainly composed of carbon dioxide and hydrogen). With high concentration of CO₂ (25 - 40%) (Zhao, Jung et al. 2014) in the syngas, there is need for the CO₂ to be capture before fuel combustion. A lot of studies have been done, in recent years, on the separation of CO₂ from syngas. (Kenarsari, Yang et al. 2013). Figure 1 below shows current technologies that can be suitable for CO₂ separation.

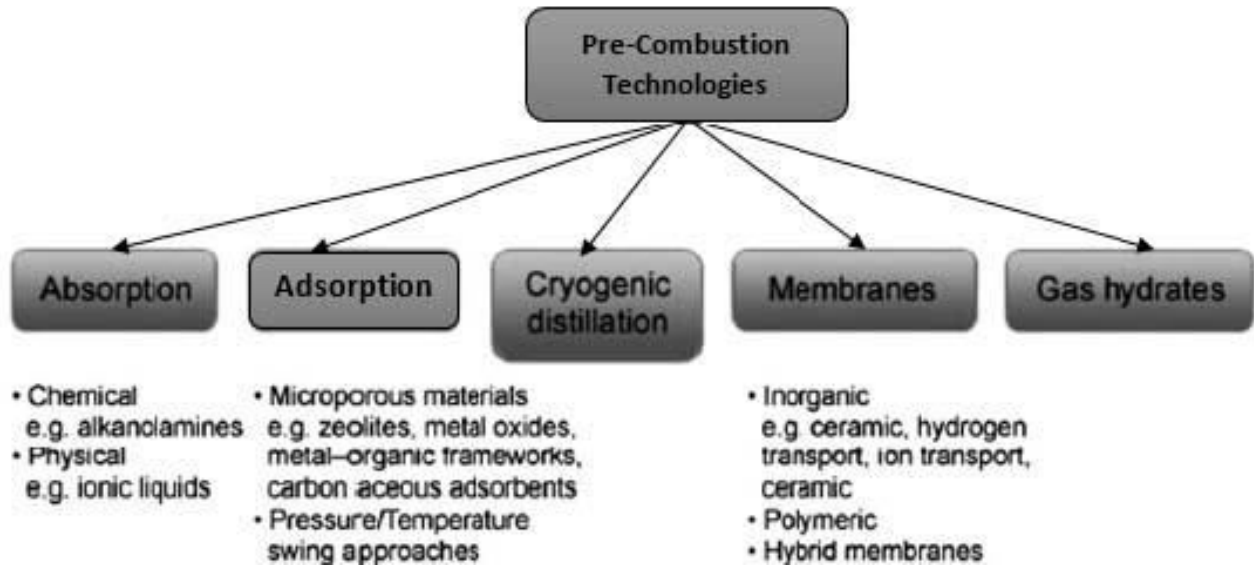


Figure 1: Separation Processes for CO₂/H₂ Separation (adapted from(Kenarsari, Yang et al. 2013))

A critical review of these available separation process is needed to evaluate their technical and sustainable potentials and in the identification of the most promising technology for CO₂ separation from syngas. Table 1 below present the advantages and disadvantages of separation techniques.

Table 1: Comparison of Processes for CO₂/H₂ Separation (Wong and Bioletti 2002, Yang, Xu et al. 2008, Kenarsari, Yang et al. 2013, Li, Duan et al. 2013, Zhang, Sunarso et al. 2013, Lin, He et al. 2014, Zhao, Jung et al. 2014) Advantages Disadvantages

	Advantages	Disadvantages
Absorption	The only mature commercial capture technology Low cost of solvent	Environmental impact as regards the solvents been used, High equipment corrosion rate Plant size corresponds to amount of CO₂ to be captured Large amount of energy needed absorbent regeneration
Adsorption	Suitable for high temperature separation, avoiding cooling cost Simple operation	Involves the use of adsorbent which might be non-biodegradable, Cost of sorbent regeneration might be high
Cryogenic distillation	Does not involve the use of a material carrier Mostly suitable for high concentration of CO ₂	Substantial energy penalty involved,

Membranes	Less energy requirement and high energy efficiency, Reduced equipment size, compartment No potential hazardous chemicals, Low operating cost Operational simplicity, Steam loading is unnecessary Can deliver CO ₂ at high pressure, thus avoiding compression cost. Simple and modular design No regeneration is needed	Membranes are prone to fouling
Gas hydrates	High CO₂ capture efficiency , Ability to regenerate CO ₂ at elevated pressure, reduce compression cost, Does not requires a chemical agent	Might be difficult to scale up,

From Table 1 above, membrane technology can be deduced to be the most promising separation process for [CO₂/H₂](#) separation due to its versatility, lesser environmental impact and cost.

Membrane Separation

[Membranes](#) is one of the major separation process that is used by many industries. They require less energy and cost compared to the other conventional process. For the separation of the mixture, the membrane selectivity allows one of the species of the mixture to flow through the membrane. The flow of the species happened because of a driving force. This driving force can be the pressure difference between the two bulk phases or it can be the concentration gradient of that species. The species will flow from the high pressure phase to the lower pressure phase for the case of the pressure difference driving force. The same for the concentration, where the species flows from the phase that has more of the selective species to the phase with lower content.

[Permeability](#) is another property of [membranes](#). The fluid that is selectively allowed to pass through the membrane, is called the permeate, while [permeability](#) is the flow of that permeate. Usually the higher the [permeability](#) the lower the selectivity. (Winston et al., 1992) For the case of syngas, the membrane should selectivity permeate H₂ and in the same time it should reject other component in the syngas like the [CO₂](#). For this process the [CO₂](#) is called retentate, and H₂ is the permeate. Three types of [membranes](#) that is considered for the H₂/[CO₂](#) separation: (i) dense metal [membranes](#), (ii) nanoporous [membranes](#) and (iii) polymeric [membranes](#).

The shape of the membrane system will depend on the material used for the membrane layer and the module configuration for the membrane. Three modules are used for **membranes** are flat, spiral wound and hollow fiber. In each model of them there are three flow patterns for the retentate and the permeate phases, which are: countercurrent flow, co-current flow and crossflow. (Winston et al., 1992)

Table 2: Different types of H₂/CO₂ separation **membranes** (Liu et al., 2010)

	Polymeric	Dense Metal	Porous
Examples	Polyimide; cellulose acetate	Palladium alloys	Silica; alumina; zeolites; carbon
Diffusion Mechanism	Solution diffusion	Solution diffusion	Size exclusion
Driving Force	Pressure gradient	Pressure gradient	Pressure gradient
Operating Temperature	≤ 110 ° C	150 - 700 ° C	≤ 1000 ° C
Relative Permeability	Moderate - high	Moderate	Low - moderate
Typical Selectivity	Moderate	Very high	Low - moderate
Relative Cost	Low	Moderate	Low

Polymeric Membranes

Polymeric **membranes** have been widely used in the industry. The main reason behind this is its inexpensive cost associated with an easy scalability (Kosuri, 2009)(Basu et al., 2009). These **membranes** separate gases by sorption-diffusion mechanism, This two step mechanism works by, first, having an **absorption** of the gas molecules into the membrane, followed by the diffusion of said molecules through it. The rate of flow for the permeate molecule through the membrane is governed by the fick's law of diffusion.

$$J_i = P \times (\Delta p/L)$$

Where J_i is the flux of component i, P is the **permeability** of the membrane, Δp is the pressure difference between the two bulk phases and L is the thickness of the membrane. The higher the pressure difference between the permeate side and the retentate side, the faster the permeate molecule will travel through the membrane. (Liu et al., 2010)

Nonetheless, one important limitation of this type of membrane is its inverse **permeability** /selectivity behavior. Meaning that there is a trade-off between the flux through the membrane and its separation capacity. This was illustrated by Robeson in 2008, showing an upper bound trade-off curve for selectivity/**permeability** (Figure 2). In this figure, it is possible to the upper bound limit and where most types of polymers (glassy and rubbery) are situated in that relationship.

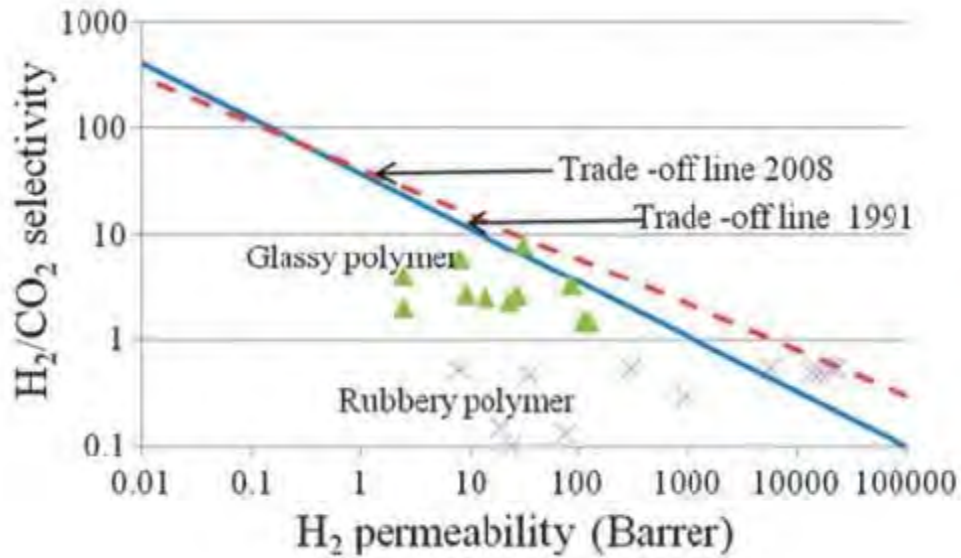


Figure 2: Selectivity/ **permeability** and upper bound limit of polymers (Robenson, 1991) Table 3, created by Basu et al., 2009 shows the selectivity and **permeability** values for some of the most common polymers utilized for **membranes**.

Table 3: **Permeability** and selectivity for different types of polymers (Basu et al., 2009)

Polymer	Permeability at 30 °C/Barrer					Selectivity		$T_g/^\circ\text{C}$
	H ₂	N ₂	O ₂	CH ₄	CO ₂	H ₂ -CO ₂	CO ₂ -CH ₄	
CA	263	0.21	0.59	0.21	6.3	0.41	30.3	80
EC	87	8.4	36.5	19	26.5	3.33	1.39	43
PC	—	0.18	1.36	0.15	4.25	—	32.5	150
PDMS	550	290	500	800	2700	0.70	3.38	-123
PI	28.1	0.32	2.13	0.25	10.7	2.63	42.8	317
PMP	125	6.7	27	14.9	84.6	1.49	5.75	30
PPO	113	3.81	16.8	11	75.8	1.49	6.89	210
PSi	14	0.25	1.4	0.25	3.6	2.5	32.4	190

1 Barrer = 10^{-10} cm³ (STP) cm cm⁻² s⁻¹ cmHg⁻¹.

Mixed matrix **membranes**

As aforementioned, two major types of polymeric **membranes** are rubbery and glassy (or porous) separation **membranes**. Generally, rubbery polymers have a high **permeability** and low selectivity whilst porous compounds are characterized by opposite behavior. In light of the recent developments in the field of the **membranes**, combined with the need of capturing effectively **CO₂** generated by the combustion of **fossil fuels**, the research efforts brought the creation of **Mixed Matrix Membranes** which can couple the benefits of various types of polymers and porous **membranes** together (Ma J.C. et al, 2010).

The most common compound used is Zeolite, which is an inorganic molecule. Since the polymer is generally an organic compound, the affinity of the Zeolite and the polymer combined will be affected by this key difference. The low affinity of the two compounds would cause several imperfections of the membrane (essentially unwanted holes) with the consequent reduction of the process' effectiveness.

Therefore, recently, more and more research tried to find solutions in order to have a higher affinity between the polymers and a good compromise has been found with the so-called ZIF. ZIFs (Zeolitic Imidazolate Framework) are microporous materials that belong to the class of Metal-Organic Frameworks (MOFs).

During the designing phase of a MMM for the separation of H₂ and **CO₂**, a key parameter for the success of the membrane is given by the size discrimination ability. In this particular application, ideally the diameter should be 3 ångström because the kinetic diameters of H₂ and **CO₂** are 2.89 and 3.30 ångström respectively (First et al., 2013).

A filler that ideally could be used is the so-called ZIF-7 which has a diameter of 3 ångström; however this filler has not been largely used so far and its commercial substitute is the ZIF-8 that has a pore diameter of 3.4 ångström (First et al., 2013). The MMM **membranes** built with polymers and either ZIF-7 or ZIF-8 are still a membrane under development and optimization but they are promising and with further research with the consequent decrease in costs of production, they will be deployed effectively.

References

- 1 - Chris Huhne. Why **CCS**?. Carbon **Capture & Storage** Association. 2011.URL: <http://www.ccsassociation.org/why-ccs/>
- 2 - First, E. L., Floudas, C. A. MOFomics: Computational pore characterization of metal-organic frameworks. *Microporous and Mesoporous Materials*, 165:32-39, 2013
- 3 - Ho , W.S.W. and Sirkar , K.K. (1992). *Membrane Handbook* . New York : Van Nostrand Reinhold
- 4 - John D. Perry, Kazukiyo Nagai, Wiliam J. Koros. Polymer **Membranes** for Hydrogen Separations. *MRS Bulletin*, Vol. 31. October, 2006
- 5 - Kenarsari, S. D., D. Yang, G. Jiang, S. Zhang, J. Wang, A. G. Russell, Q. Wei and M. Fan (2013). "Review of recent advances in carbon dioxide separation and **capture** ." *Rsc Advances* 3(45): 22739-22773.

- 6 - Lloyd M. Robeson. Correlation of separation factor versus **permeability** for polymeric **membranes**. Journal of Membrane Science, 2008
- 7 - Li, B., Y. Duan, D. Luebke and B. Morreale (2013). "Advances in CO₂ **capture** technology: a patent review." Applied Energy 102: 1439-1447.
- 8 - Lin, H., Z. He, Z. Sun, J. Vu, A. Ng, M. Mohammed, J. Kniep, T. C. Merkel, T. Wu and R. C. Lambrecht (2014). "CO₂-selective **membranes** for hydrogen production and CO₂ **capture**-Part I: membrane development." Journal of Membrane Science 457: 149-161.
- 9 - Liu, K., Song, C., & Subramani, V. (2010). Hydrogen and syngas production and purification technologies. Oxford: Wiley-Blackwell.
- 10 - Madhava R. Kosuri. Polymeric **Membranes** for Super Critical Carbon Dioxide (sc**CO₂**) Separations. Doctor of Philosophy Dissertation. Georgia Institute of Technology. May, 2009. URL: https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/28242/Kosuri_Madhava_R_200905_PhD.pdf.pdf
- 11 - Ma. Josephine C. Ordonez, Kenneth J. Balkus Jr., John P. Ferraris, Inga H. Musselman. Molecular sieving realized with ZIF-8/Matrimid(r) mixed-matrix **membranes**. Journal of Membrane Science 361 (2010) 28-37
- 12 - Subhankar Basu, Asim L. Khan, Angels Cano-Odena, Chunqing Liu, Ivo F. J. Vankelecom. Membrane-based technologies for biogas separations. Chemical Society Review. October, 2009. DOI: 10.1039/b817050a
- 13 - Wong, S. and R. Bioletti (2002). "Carbon dioxide separation technologies." Alberta Research Council.
- 14 - Yang, H., Z. Xu, M. Fan, R. Gupta, R. B. Slimane, A. E. Bland and I. Wright (2008). "Progress in carbon dioxide separation and **capture**: A review." Journal of environmental sciences 20(1): 14-27.
- 15 - Zhang, Y., J. Sunarso, S. Liu and R. Wang (2013). "Current status and development of **membranes** for CO₂/CH₄ separation: a review." International Journal of Greenhouse Gas Control 12: 84-107.
- 16 - Zhao, Y., B. T. Jung, L. Ansaloni and W. W. Ho (2014). "Multiwalled carbon nanotube mixed matrix **membranes** containing **amines** for high pressure CO₂/H₂ separation." Journal of Membrane Science 459: 233-243

A2. WORKGROUPS WIKIS: GROUP 2 CO₂ Utilization

Tutor: Simone Meloni and Giorgio Cucca

Participants

Conqua Noemi

Contu Federico

Erriu Francesco

Marti Chiara

Melis Luca

Mistrone Marco

A3.WORKGROUPS WIKIS: GROUP 3 CO₂ Geological Storage

Tutor: Venerio Anardu

Participants

Casula Elisa

Chirigu Stefania

Marcello Francesca

Previtali Daniele

Roccasalva Elisa

Sharon D'Amico



CO₂ GEOLOGICAL STORAGE

TRAPPING MECHANISMS OF CO₂ STORAGE

When CO₂ is injected in a reservoir, the following four types of trapping mechanisms could occur, which involve physical and chemical processes. The first of them is the most important because it prevents CO₂ rising to the surface. The other three enhance the security of the storage with time.

1. Structural trapping

Supercritical carbon dioxide characteristic

In order to be stored, the CO₂ is brought to the supercritical state (s-CO₂), a fluid state of carbon dioxide where it is held at or above its critical temperature and pressure: at the critical point (31.10°C - 72.9atm) the CO₂ acquires properties between gas and liquid, slightly miscible only with water or brine; furthermore, s-CO₂ occupies much less space, so it's possible to storage a larger mass.

Structural trapping mechanism

This is the main trapping mechanism. The CO₂ at to be injected at least at the depth of 800 meters (where normally lithostatic pressure is enough to reach the critical pressure to maintain CO₂ supercritical fluid state).

As the s-CO₂ is less dense than water, it begins to percolate up through the porous rocks towards the top reservoir where the cap-rock, acting as a trap, prevents the CO₂ from rising any further, and leading to its accumulation directly beneath.

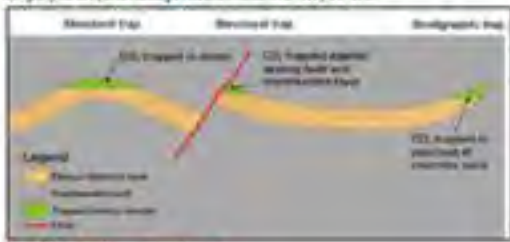


Figure 1. Structural trapping mechanism

Rocks characteristics

CO₂ storage: supercritical CO₂ in structural or stratigraphic trap requires a combination of a porous and permeable rock (reservoir) that will act as the storage reservoir and an aquitard or aquiclude in a configuration that will isolate the CO₂ from the atmosphere (cap-rock).

2. Residual trapping

Residual immobilization occurs when the pore spaces in the reservoir rock are so narrow that the CO₂ no longer can move upwards, despite the difference in density with the surrounding water. This process occurs mainly during the migration of CO₂ and typically immobilizes a few percent of the injected CO₂, depending on the properties of the reservoir rock.



Figure 2. Residual trapping mechanism

3. Dissolution (Dissolution trapping)

About 15% of the initially injected CO₂ after 1000 years, is dissolved in the brine present in the narrow pore spaces of the reservoir. The maximum quantity of gas that can be dissolved in a liquid depends on various parameters and it is described by Henry's Law.

$$C = k \cdot p$$

Where C is the concentration of gas in the liquid, k is the Henry's constant typical of the gas and p is the partial pressure of the gas. The storage conditions are about 227 atm and 75°C, and the CO₂ solubility is about 55g/l.

During first stages of injection, pure CO₂ into the reservoir, is over the brine since it is a gas. CO₂ near to liquid is dissolved due to Henry's Law. This mixture is heavier than pure water and brine so moves downwards to the bottom of the reservoir, causing a convective movement where pure water or brine, coming from the bottom of the reservoir, is continuously put in contact with CO₂, increasing the dissolving rate.

4. Mineralization (Mineral trapping)

The capture and storage of CO₂ in geological formation is one of the most promising approaches to reduce the emissions. Mineral carbonation is the fixation of CO₂ as

stable carbonate minerals; due to the availability worldwide, the use of magnesium based silicates, source of oxides and hydroxides of Ca and Mg, is favored for carbonation (Metz et al., 2005). In nature, carbonation takes place on a geological time scale.

After 10000 years only the 5% of the injected CO₂ should be mineralized. The challenge for mineral carbonation is to find ways of accelerating carbonation and to exploit the heat of reaction within the environmental constraints.

Carbonation can be carried out either ex-situ in a chemical processing plant, or in-situ, by injecting CO₂ in silicate-rich geological formations or in alkaline aquifers.

Carbonate is formed when CO₂ reacts with metal oxides (MO), according to the following chemical reaction: $MO + CO_2 \rightleftharpoons MCO_3 + heat$.

Mineral Carbonation Process Routes (MCT)

MCT routes can be classified under three groups, namely ex-situ MCT, in-situ MCT and other MCT routes.

Ex-situ MCT

The "ex-situ" MCT involves the carbonation of natural minerals and industrial alkaline wastes via industrial chemical processes.

The final product of indirect mineral carbonation is usually quite a pure carbonate. The scale up of this thermodynamically favorable process is not easy due to huge dimension of the ex-situ CO₂ mineralization effort, to the need to accelerate the rate of carbonate formation to make it efficient and to relevant energy costs (Rubin, 2008).

In-situ MCT

"In-situ" mineral carbonation consists in CO₂ injection into porous rocks in the subsurface, where it can react directly with the host rock that must contain dissolved metal cations and have sufficient permeability and pore volume. This carbonation process is more effective in basalt or ultramafic rock (McGinnis et al., 2006; Marler et al., 2007). Challenges include the availability of water for carbonation, the need for impermeable cap rocks, and the possible mobilization of trace and toxic metals.

Other MCT routes

Bio-mineralization

Bio-mineralization is the process by which living forms influence the precipitation of mineral materials, creating biogenic and inorganic compounds. Bio-mineralization of CO₂ by calcium carbonate (CaCO₃) precipitation is a common phenomenon in marine, freshwater, and terrestrial ecosystems and is a fundamental process in the global carbon cycle (Ridgwell and Ziehe, 2005).

Accelerating carbonation rates

In nature, mineral carbonation reactions are thermodynamically favored but very slow. To optimize mineralization it needs to increase dissolution rate because dissolution rates are slower than the carbonate precipitation rates, as well the water-mineral interface area (grinding the silicate source materials) and temperature, use catalysts, add acid or, in some cases, bases (DeJans, 2001; Carnall and Krauss, 2006).

Conclusions

Among all of trapping methods, caprock trapping is the most effective because of the high amount of CO₂ stored. Nowadays, mineralization allows only 5% CO₂ capture after 10000y, nevertheless this mechanism determines a definite trapping. For this reason, further researches can lead to more efficient methodologies to enhance this process.

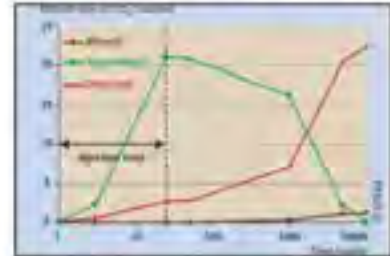


Figure 3. Comparison among different trapping methods times

Bibliography

- Carbon dioxide separation by mineral carbonation technology: A state-of-the-art review Alessio A. Gagliardi, Journal of Petroleum Science and Engineering, 2013
- What does CO₂ geological storage really mean? Edited by CO₂ Geolink, 2008, ISBN: 978-3-7159-2453-6

A4. Presentazione “CCUS: Enea activities”

ENEA
AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE, L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

Carbon Capture & Storage Summer School

5nd Sulcis Summer School on CCS Technologies

CCUS: Enea activities

Paolo Deiana
ENEA
Italian National Agency for New Technologies,
Energy and Sustainable Economic Development
Energy Dept.

Solcarolo Research Center
Orania Mine in Sardinia
Cagliari, June 21, 2017

Carbon Capture & Storage Summer School

Outline

- ENEA presentation
- ENEA activities and the Sulcis Technological Pole
- Carbon Capture Utilization & Storage Technologies
- Solid sorbents for CO₂ capture
- SNG production and P2G technology

What is ENEA?



ENEA is the Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development (Law n. 99 of July 23rd, 2009)



ENEA activities are targeted to research, innovation technology and advanced services in the fields of energy.

ENEA performs research activities and provides agency services in support to public administrations, public and private enterprises, and citizens.



ENEA: the Institutional Role



Main tasks are:



Promote and conduct activities of basic and applied research, develop technological innovation also with prototypes realization and industrialization of new products;



Disseminate and transfer the results obtained, encouraging their use in productive and social sectors;



Supply high technical content services to public and private entities with studies, researches, measurements and valuations.

Technologies at ENEA







ENERGY

- Nuclear Fusion
- Nuclear Fission
- Renewable Energy Sources
- Energy Efficiency
- Advanced Technologies for Energy and Industry

SUSTAINABLE ECONOMIC DEVELOPMENT

- Environmental Characterization, Prevention and Recovery
- Environmental Technologies
- Seismic Protection
- Radiation Biology and Human Health
- Sustainable Development and Innovation of the Agro-Industrial System

NEW TECHNOLOGIES

- Robotics Applications
- Nanoscale Technologies
- Energy and Environment Modeling
- ICT



Energy Tech, Sustainable Fossil Fuels and CCS





- + Advanced Power Plants
- + CO₂ Capture and Storage
 - Pre and post combustion, oxy combustion
 - CO₂ geological storage (aquifers and ECBM), mineralization
 - Process analysis and integration
 - Cost analysis
- + Advanced technologies for energy and industry research
 - Experimental tests on test rigs, pilot and demo plants
 - High performance computing and process simulation
- + Advanced combustion in gas turbines and boilers



Energy Tech, Sustainable Fossil Fuels and CCS



Operates in the following fields of energy area:

- Combustion;
- Gasification and pyrolysis;
- CO₂ capture with solid sorbents;
- CO₂ utilization for fuels production;
- Advanced CO₂ gas turbine cycles ("capture ready").



Different Scale Approaches



ENEA and the Sulcis Technological Pole



On August 2014 the **Italian Ministry of Economic Development** and the **Autonomous Region of Sardinia** sign an agreement for the implementation of a Memorandum of Understanding for giving the green light to the establishment of the "Polo Tecnologico del Sulcis", the "**Sulcis Technological Pole**".

The actors are **ENEA and Sotacarbo** and activities are carried out at the Research Center Sotacarbo and more generally in the Sulcis Basin Area.

Activities include **research on clean coal in a 10 year program** including:

- Project of a plant from **oxyfuel** 50MWt.
- Development of new systems for separation and capture of CO₂, **precombustion** and **postcombustion** cheaper and less energy demanding than the current and new techniques for regeneration of solvents.
- Experimenting with different techniques of confinement in deep underground layers of the Sulcis coalfield, with compression techniques, cryogenic **storage, transportation and confinement of captured CO₂**.



ENEA/Sotacarbo Taskforce for Joined Activities



A **dedicated task force** to the shared management of activities on gasification and CO₂ capture has been set up with the participation of **ENEA and Sotacarbo staff**.

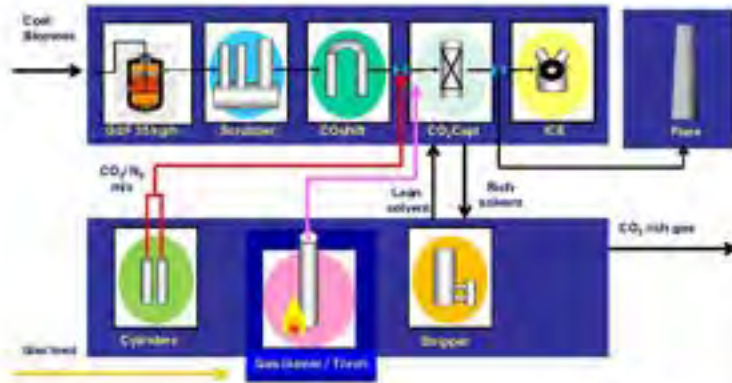
The topics covered in the frame of the project related to "**Capture and Storage of CO₂ Produced by Fossil Fuels**", funded by the Italian MISE in the framework of the RdS are :

- innovative technologies for capturing CO₂ in pre-combustion, with production of gaseous fuels through gasification
- Technologies for the optimization of oxy-combustion
- Monitoring and storage of CO₂
- Studies and experiments on the production of SNG from CO and CO₂
- Communication and dissemination of results (e.g. this CCS Summer School)

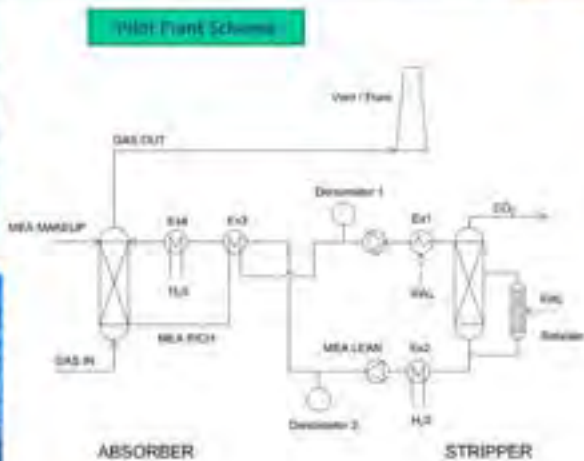


Moreover **ENEA as National Agency on New Technologies and Energy** plays its role to promote and conduct activities of basic and applied research and to develop technological innovation... I'll give you just a small taste on three different CCS topics...

CO₂ capture Pilot Plant Description 1 



CO₂ capture Pilot Plant Description 



CO2 capture Pilot Plant Description 

CO2 column absorber



DI	0,107 m
packing type	6 mm ceramic BERL saddles
packing number	5
packed height	0,8 m



Laboratories and offline analysis 

AMINE CHARACTERIZATION
 Density
 Viscosity
 pH
 CO₂ loading



$$\alpha_{\text{CO}_2/\text{amine}} = \frac{\text{CO}_2 \text{ moles}}{\text{MEA moles}_{\text{CO}_2/\text{amine}}}$$

CO₂ loading
 Based on precipitation of BaCO₃ 

CO2 Capture: Experimental Activities



First experimental activities carried out to assess the CO₂ absorption/desorption performance with monoethanolamine (MEA/SM)

The section was feed with different gas mixtures

Operating procedures include the following main phases:

1. testing and start-up of the auxiliary systems;
2. start-up of the plant;
3. operational phase;
4. shut-down of the plant.



ZECOMIX Platform



Aim of the project is to demonstrate, via a series of modelling and experimental activities, the feasibility of an **innovative new process** for the production of electricity and hydrogen "zero emission" by coal

ZECOMIX platform includes several processes: coal gasification, clean-up of syngas, CO₂ capture by means of solid sorbent (**Calcium Looping**) and combustion of hydrogen in gas turbines

Zecomix Cycle → higher overall efficiency $\eta = 50\%$





ZECOMIX Platform: the Gasification Section

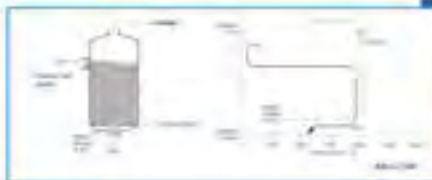


Gasifier type : 300 kWth **bubbling fluidized bed reactor**

Coal feed: 50 kg/h

Olivine and **dolomite** is added to the coal enhancing the fluidization, controlling temperature, capturing the tar formed in the coal gasification and occurring a preliminary **desulphurization** by means of naturally dolomite

The olivine acts as a catalyst for the TAR reforming



ZECOMIX Platform: the Carbonation Section



Carbonator Reactor

Fluidized bed reactor load with Ni-based catalyst (methane steam reform and water gas shift) and Ca-based sorbent (dolomite), the aim of the component is to separate the CO₂ from coal syngas for hydrogen production

Homogeneously gas-solid contact in the fluidized-bubbling carbonator



CO₂ Capture at High Temperature 

Calcium Looping

In this technology, CaO is converted into CaCO₃ during the CO₂ uptake; the spent solid sorbent is subsequently regenerated by releasing CO₂ in a calcination step at temperature ranges of 850 to 900 °C.

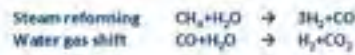


(carbonation step)

(calcination step)

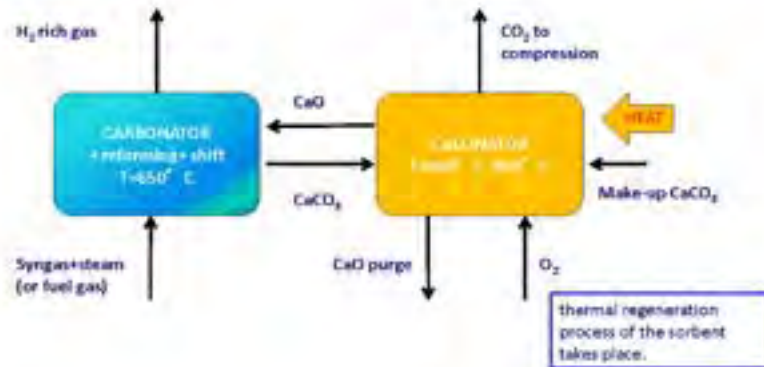
chemisorption non-catalytic gas-solid reaction

Enhanced steam methane reforming: in CO₂ capture unit, a simultaneous process of CO₂ capture from coal syngas, and reforming of methane happens.



CO₂ Capture at High Temperature 

Calcium Looping



ZECOMIX Platform: Power Section



Power Section

Oxycombustion: high-hydrogen content syngas is burnt with pure oxygen stream

100 kW micro-turbines test bench, in which significant modifications to the combustion chamber have been made to make it able to burn H_2 with steam as temperature moderator.



CO₂ Capture High Temperature



Lab Activity

Development of an advanced CaO based solid sorbent ($CaO/Ca_{1-x}Al_xO_{y+z}$)

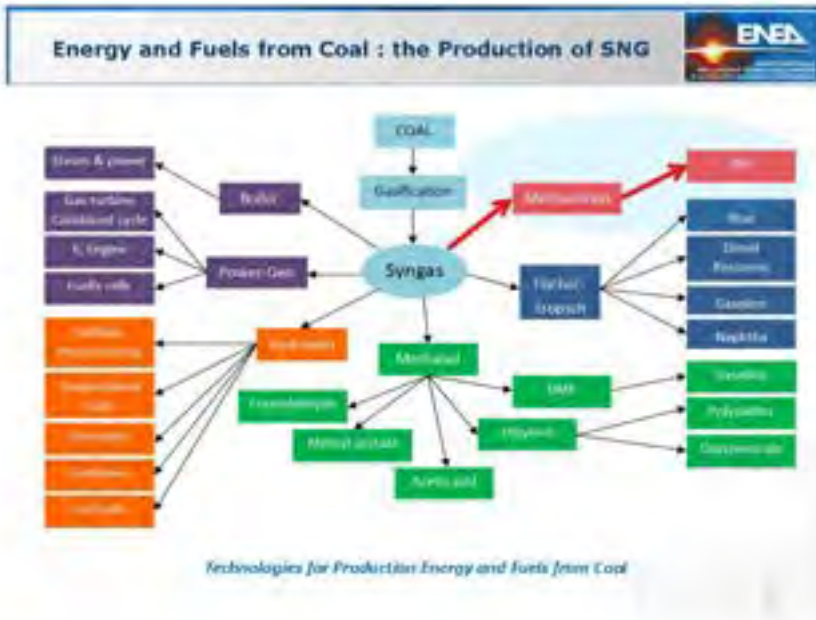
Avoid sintering and occlusion of grains

Characterized by high capture and regeneration efficiencies – up to 1000 cycles capture/regeneration



CaO based solid sorbents advantages

- Low cost
- Wide availability of the starting material (naturally occurring sorbent such as limestone or dolomite)
- High reactivity when it reacts with CO₂
- Environmentally benign compared to other state-of-the-art solutions (e.g. amine-based liquid solvents)



- ### SNG R&D Activities at ENEA
1. Experimental tests of commercial catalysts on laboratory scale
 2. Pilot-scale testing of systems and components
 3. System modeling and economic assessment
 4. Coordination and projects, collaborations with Universities (POLIMI, UNIRO, UNICA, ...)
 5. Technology transfer, patents, involvement in round table discussions



SNG Technology Platform



New interest arises in the coal and Biomass conversion technologies to produce synthetic natural gas (SNG) ensuring **energy sources differentiation**.

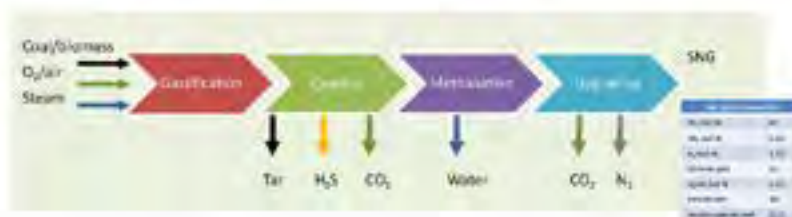
SNG has good market opportunities in the world of refining (used as fuel gas) and in the automotive sector.

SNG produced from coal can be used either locally (in the case of area not supplied by natural gas) or injected into the methane pipeline, partly alleviating the energy dependency on foreign gas and enhancing energy security.

Implementation in the **Power To Gas P2G** as energy storage technology

Goal of the activity is to enhance the **economic competitiveness** of gas from coal compared to competitors (Natural Gas and LPG)

SNG Integration with CCS Technologies



The SNG technology is CCS integrated natural born...


Removing part of the produced CO₂ is mandatory to meet the pipeline requirements for natural gas




SNG R&D Challenges

R&D key topics

- Development of different process schemes
- Development of different reactors design
- Development of new catalysts
- Test of full chain process at pilot scale






Increase of the temperature in the reactor
Optimal use of reaction heat
CO feed: → Potential formation of carbonyls

$$\text{CO} + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \quad \Delta H_{\text{comb}}^{\circ} = -206 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \quad \Delta H_{\text{comb}}^{\circ} = +165 \text{ kJ/mol}$$

→

Highly Exothermic Reaction




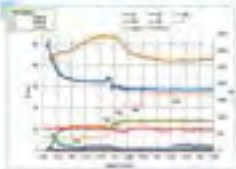
SNG: Experimental Tests on Laboratory Scale


Experimental tests of commercial catalysts on laboratory scale

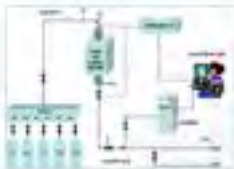
Catalysts	Ru/Al ₂ O ₃ - Ni/Al ₂ O ₃
Pressure	1-5 bar
Gas mixtures	N ₂ /CO/H ₂ /CO ₂ /CH ₄
Temperature	300-350 °C

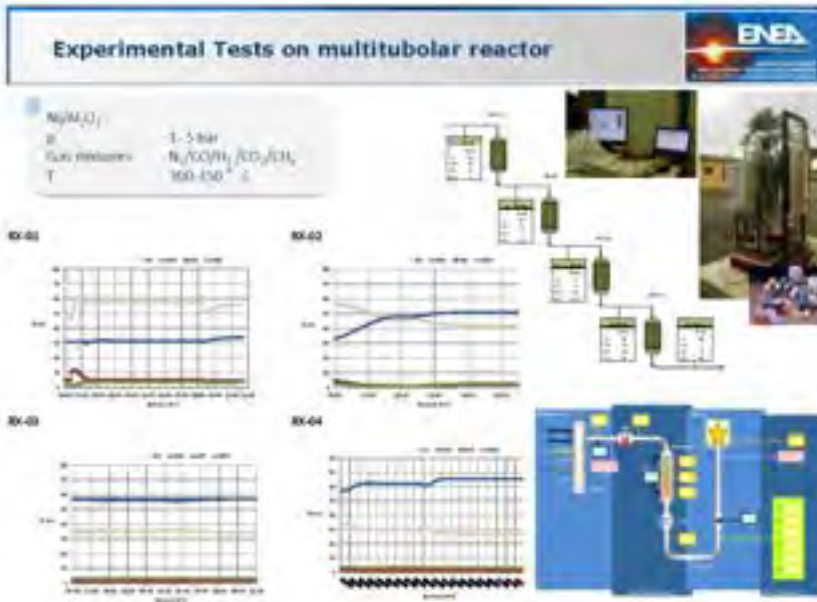
Operative conditions in order to optimize the CH₄ yield



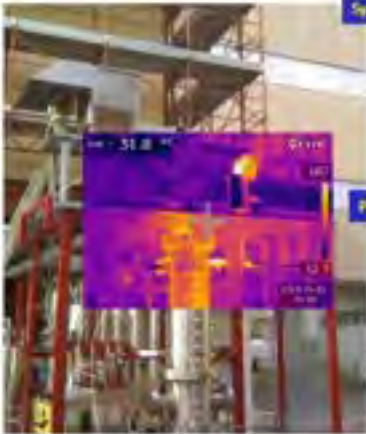









SNG: Experimental tests on pilot scale







Syngas composition

Plant data sheet

Converter type	Continuous/Discontinuous
Feed	10-15 kg/h
Steam	25 kg/h
CO ₂ input	3-12 kg/h
Gasifier (SNG) gas efficiency	~70 %
Air treatment	Automatic
Fuel feeding	Automatic
Membrane	3-5 m ² /h
Average efficiency production	~40-50 %
CO ₂	
CH ₄ yield	0.2-0.5 m ³ /m ³ gas
Plant size	30-40 m ³ reactor

SNG: System Modeling



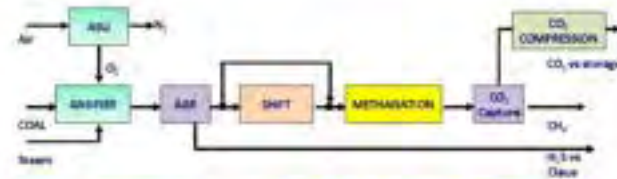


Syngas composition

Plant data sheet

Converter type	Continuous/Discontinuous
Feed	10-15 kg/h
Steam	25 kg/h
CO ₂ input	3-12 kg/h
Gasifier (SNG) gas efficiency	~70 %
Air treatment	Automatic
Fuel feeding	Automatic
Membrane	3-5 m ² /h
Average efficiency production	~40-50 %
CO ₂	
CH ₄ yield	0.2-0.5 m ³ /m ³ gas
Plant size	30-40 m ³ reactor

Modeling and economic evaluation of carbon capture and storage technologies integrated into SNG plants.



CO₂ capture technology (1/1)

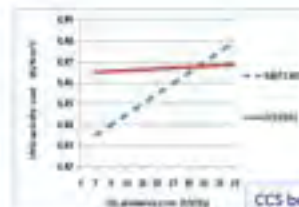
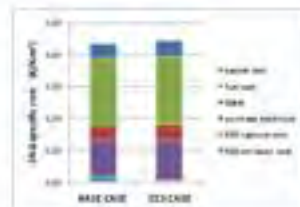
SNG: Economic Analysis



Assess the economic impact of the introduction of CCS.

Introducing CCS generates a *slightly increasing* of SNG cost production, since the only added cost is for the CO₂ compression and storage.

The CCS option is more or less competitive depending on the applied price of CO₂ allowance



CCS becomes less costly than paying all emitted CO₂

SNG: Energy Storage P2G



Renewables are steadily becoming a greater part of the global energy mix, in particular in the power sector

Fossil fuel power plants will continue to play an important role (including the CCS option) due to the aleatory nature of some types of renewable source



The excess of electrical energy can be used to produce H₂ (by electrolysis) that reacts with CO and CO₂

Alternative way of use of CO₂ (CCU carbon capture and utilisation)

