

CONVEGNO

ISBN: 978-88-8286-451-4

The background of the cover features a photograph of terraced agricultural fields in a mountain valley. The fields are lush green and follow the contours of the hills. In the distance, there are mountains and a small village with a few buildings. The sky is clear and blue. The image is partially overlaid by large, diagonal, semi-transparent geometric shapes in shades of blue and green.

Mitigazione del
cambiamento climatico:
il contributo di
agricoltura e foreste

RACCOLTA DEI CONTRIBUTI
6-7 Ottobre 2022



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

Convegno Mitigazione del cambiamento climatico: il contributo di agricoltura e foreste

Aranciera dell'Orto Botanico
Largo Cristina di Svezia 24 – Roma

6-7 Ottobre 2022

RACCOLTA DEI CONTRIBUTI

Sommario

PRESENTAZIONE	3
AGENDA	5
SESSIONE 1	
Lo scenario di riferimento	8
Il contributo di agricoltura e foreste alla mitigazione della crisi climatica	9
Emissioni di gas climalteranti dai sistemi agroalimentari: il quadro globale	10
Come decarbonizzare i settori Agricoltura e LULUCF: la strategia italiana di lungo termine per la riduzione delle emissioni di gas serra	14
Mercato del carbonio da attività agricole e forestali: gli impatti delle nuove politiche	23
SESSIONE 2	
Contenimento delle emissioni dei gas-serra nei sistemi colturali e conservazione del carbonio nei suoli agricoli e forestali	24
La mitigazione dei cambiamenti climatici attraverso la decarbonizzazione dei sistemi agricoli e forestali	25
La mitigazione dei cambiamenti climatici con l'agricoltura conservativa	31
Agroecologia come base scientifica per la mitigazione dei cambiamenti climatici	32
La mitigazione dei (e l'adattamento ai) cambiamenti climatici nell'agroforestry	33
Il carbonio organico nei suoli forestali	36
SESSIONE 3	
Gestione e valorizzazione di scarti, sottoprodotti e reflui per mitigare le emissioni di climalteranti	39
La valorizzazione delle frazioni organiche di rifiuti	40
L'utilizzo delle biomasse residue, sottoprodotti e reflui zootecnici per finalità energetiche: biogas e biometano	41
Recupero di materia ed energia con la digestione anaerobica dell'umido della raccolta differenziata	43
Qualificazione del compost proveniente dalla frazione umida per le vigne di alta qualità	44
SESSIONE 4	
L'efficienza energetica e le fonti rinnovabili nei settori agroalimentare e forestale	45
L'integrazione delle rinnovabili nelle imprese agricole	46
Il biogas in Italia e l'opportunità del biometano per la competitività delle imprese e la decarbonizzazione	47
Le comunità energetiche opportunità per il mondo rurale	50
I sistemi agrivoltaici: soluzioni e modelli di integrazione nelle imprese agricole	51
SESSIONE 5	
La contabilizzazione e la certificazione delle emissioni	52
Il mercato internazionale del Carbonio (art. 6, CORSIA e mercato volontario)	53
Il sistema europeo di Emission Trading e il Registro dell'Unione	54
Come si inserisce il Carbon farming nell'attuale agenda politica sul clima?	56
Il codice forestale del carbonio	57
Considerazioni conclusive	62

PRESENTAZIONE

L'agricoltura, con inclusa la zootecnia, viene spesso indicata come un'importante fonte di emissione di gas climalteranti, anche se i dati resi disponibili dalle organizzazioni internazionali (IPCC, FAO) e nazionali (ISPRA) indicano un contributo meno rilevante rispetto a quello di altre attività umane. Rimane comunque prioritario agire in ottemperanza alle politiche comunitarie e nazionali per mitigare il contributo del settore primario (produzione agricola, uso del suolo e cambiamento di destinazione d'uso del suolo) all'effetto serra ed al cambiamento climatico. Mentre per qualsiasi altro settore possiamo solo immaginare un contenimento delle emissioni di gas climalteranti, per il settore primario possiamo promuovere anche un aumento della rimozione di anidride carbonica dall'atmosfera mediante la fotosintesi clorofilliana e la conseguente produzione di biomassa e l'azione di sequestro operata dai suoli agricoli e forestali. Se vogliamo mitigare il contributo dell'agricoltura e delle foreste all'effetto serra ed al riscaldamento globale, possiamo cioè agire su entrambi i membri dell'equazione, diminuendo le emissioni di gas serra e/o aumentando la cattura di anidride carbonica atmosferica operata dalle piante e dai suoli agricoli e forestali. Il Convegno "Mitigazione del cambiamento climatico: il contributo di agricoltura e foreste" organizzato in collaborazione con l'ENEA, intende analizzare questi temi e indicare delle soluzioni concrete.

COMITATO SCIENTIFICO

Nicola Colonna ¹
Eleonora Di Cristofaro ²
Sabrina Diamanti ³
Roberta Farina ⁴
Massimo Iannetta ¹
Marco Marchetti ⁵
Fabio Pistella ⁶
Andrea Sonnino ⁶
Mauro Uniformi ³
Domenico Ventrella ⁴
Marina Vitullo ²

¹ ENEA - ² ISPRA - ³ CONAF - ⁴ CREA - ⁵ Università del Molise - ⁶ FIDAF

AGENDA

6 ottobre - pomeriggio

Sessione 1

Lo scenario di riferimento

Coordinatore: Marco Marchetti - Università del Molise

Titolo	Relatore
Il contributo di agricoltura e foreste alla mitigazione della crisi climatica	Riccardo Valentini - Università della Toscana
Emissioni di gas climalteranti dai sistemi agroalimentari: il quadro globale	Francesco Tubiello - FAO
Come decarbonizzare i settori Agricoltura e LULUCF: la strategia italiana di lungo termine per la riduzione delle emissioni di gas serra	Eleonora Di Cristofaro - ISPRA
Mercato del carbonio da attività agricole e forestali: gli impatti delle nuove politiche	Davide Pettenella - Università di Padova
Discussione	
tea break	

Sessione 2

Contenimento delle emissioni dei gas-serra nei sistemi colturali e conservazione del carbonio nei suoli agricoli e forestali

Coordinatore: Domenico Ventrella - CREA AA di Bari – Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria – Centro di ricerca Agricoltura e Ambiente di Bari

La mitigazione dei cambiamenti climatici attraverso la decarbonizzazione dei sistemi agricoli e forestali	Domenico Ventrella, Roberta Farina - CREA
La mitigazione dei cambiamenti climatici con l'agricoltura conservativa	Tommaso Tadiello, Marco Acutis, Alessia Perego - Università di Milano
Agroecologia come base scientifica per la mitigazione dei cambiamenti climatici	Stefano Canali - CREA
La mitigazione dei cambiamenti climatici nell'agroforestry	Adolfo Rosati - CREA
Il carbonio organico nei suoli forestali	Tommaso Chiti - Università della Toscana
Discussione	

7 ottobre - mattina

Sessione 3

Gestione e valorizzazione di scarti, sottoprodotti e reflui per mitigare le emissioni di climalteranti

Coordinatore: Mauro Uniformi - Consigliere del CONAF – Consiglio dell'Ordine Nazionale dei Dottori Agronomi e dei Dottori Forestali

Titolo	Relatore
La valorizzazione delle frazioni organiche di rifiuti	Francesco Lombardi - Università Tor Vergata
L'utilizzo delle biomasse residuali, sottoprodotti e reflui zootecnici per finalità energetiche: biogas e biometano	David Mastrecchia - Ecofuel SpA Gestione e Servizi Progetti di Sviluppo Eni SpA - Energy Evolution
Recupero di materia ed energia con la digestione anaerobica dell'umido della raccolta differenziata	Paolo Rinaldi - A.D. Easy EnergiaAmbiente
Qualificazione del compost proveniente dalla frazione umida per le vigne di alta qualità	Alberto Mallarino - libero professionista ODAF Alessandria
Discussione	
Coffee break	

Sessione 4

L'efficienza energetica e le fonti rinnovabili nei settori agroalimentare e forestale

Coordinatore: Nicola Colonna - ENEA – Divisione Biotecnologie e Agroindustria

L'integrazione delle rinnovabili nelle imprese agricole	Massimo Monteleone - Università di Foggia
Il biogas in Italia e l'opportunità del biometano per la competitività delle imprese e la decarbonizzazione	Sergio Piccinini - CRPA
Le comunità energetiche opportunità per il mondo rurale	Mauro Annunziato - ENEA
I sistemi agrivoltaici: soluzioni e modelli di integrazione nelle imprese agricole	Stefano Amaducci - Università Cattolica di Piacenza
Discussione	

7 ottobre - pomeriggio

Sessione 5

La contabilizzazione e la certificazione delle emissioni

Coordinatori: Marina Vitullo e Eleonora Di Cristofaro - ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Il mercato internazionale del Carbonio (art 6, CORSIA e mercato volontario)	Vanessa Leonardi - MITE
Il sistema europeo di Emission Trading e il Registro dell'Unione	Chiara Proietti - ISPRA
Come si inserisce il Carbon farming nell'attuale agenda politica sul clima?	Valeria Forlin - DG CLIMA – EU
Il codice forestale del carbonio	Raoul Romano - CREA-MIPAAF
Discussione	
Considerazioni conclusive	Fabio Pistella - FIDAF
Chiusura convegno	

SESSIONE 1

Lo scenario di riferimento

Coordinatore: Andrea Sonnino

Il contributo di agricoltura e foreste alla mitigazione della crisi climatica

Riccardo Valentini

Università della Tuscia

Le diapositive presentate durante il Convegno sono disponibili al seguente link:

https://www.fidaf.it/wp-content/uploads/2022/10/06.10.2022_Riccardo-VALENTINI_Il-contributo-di-agricoltura-e-foreste-alla-mitigazione-della-crisi-climatica-1.pdf



Emissioni di gas climalteranti dai sistemi agroalimentari: il quadro globale

Francesco N. Tubiello

Statistics Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations

Corresponding author: Francesco N. Tubiello

Keywords: agriculture, agrifood systems, greenhouse gas, emissions

1. Introduzione

La filiera agro-alimentare è responsabile di un terzo delle emissioni annuali di gas climalteranti. Si presentano le stime FAO relative al periodo 1990-2020, arricchite da analisi condotte per paese, regione e infine globalmente, nonché a livello dei processi di filiera.

2. Abstract

Greenhouse gas emissions from agrifood systems were 16 billion tonnes of CO₂eq (Gt CO₂eq) in 2020, corresponding to 30% of total anthropogenic emissions. Nearly 50% of this total were generated within the farm gate in conneciotn with crop and livestock production, while only 20% was linked to land use change processes such as deforestation. The remianing one-thrid was emitted along food supply chains after commodities left the farm gate, through transport, manufacturing, retail and consumption.

3. Metodi

Le stime FAO di emissioni di gas climalteranti sono prodotte seguendo il modello delle linee guida IPCC, in uso presso i paesi membri della convenzione quadro UNFCCC per compilare gli inventari nazionali. Tale modello segue la formula semplificata per stimare le emissioni E come segue: $E = EF * AD$, dove AD sono i dati di attività sottostanti le emissioni (per esempio, quantità di fertilizzante azotato usato in un anno; numero di bovini da latte o carne; energia consumata sul campo per processi meccanici di semina o raccolta; energia usato in processi di filiera quali trasporto, manifatturiero, etc.); e EF sono fattori di emissioni di default, stabiliti dalle linee guida IPCC e di validità globale o regionale.

Al fine di facilitare una lettura delle informazioni presenti nell'inventario nazionale in chiave filiera agro-alimentare, la FAO mette a disposizione una mappa di corrispondenza tra reporting climatico e agro-alimentare (Fig. 1), in modo da poter meglio identificare il ruolo del "sistema cibo" nelle politiche nazionali di mitigazione.

Le categorie in Fig. 1 sono quelle riportate in FAOSTAT (Figura 2) per paese e per la serie temporale 1990-2020 (emissioni da agricoltura a partire dal 1961), consultabili ed utilizzabili liberamente da tutti come servizio di bene comune pubblico (vedi FAO, 2022). In particolare la FAO introduce tre raggruppamenti per le emissioni: farm-gate; uso e cambiamento del suolo; e processi di filiera.

	Emissions and Shares
Greenhouse gas	CO ₂ ; N ₂ O; CH ₄ ; F-gases
Spatial Coverage	194 Countries and 36 Territories
Temporal Coverage	1990-2020
Thematic Coverage	All IPCC sectors, all food system processes

Figura 2

IPCC	PROCESSES	FAO
LULUCF	Wetlands, Settlements and Other Land	OTHER
	Forest Land	FOREST LAND
AGRICULTURE	Burning Biomass	LAND USE CHANGE
	Forest land converted to cropland and grassland	
	Drained Organic Soils	FARM GATE
	Cultivation of Histosols	
	Inorganic N fertilizers	
	Crop Residues	
	Manure deposited on pasture, range and paddock	
	Manure Applied to Soils	
	Manure Management	
	Enteric Fermentation	
	Prescribed burning of savanna	
	Burning-Crop residues	
	Rice Cultivation	
	Liming; Urea application	PRE- AND POST-PROCESSING
	On-farm energy use	
Fertilizers Manufacturing		
Food Processing		
Food Retail		
IPPU	Food Transport	
WASTE	Household Consumption	
	Refrigeration	
	Waste Disposal	

Figura 1. Corrispondenza tra categorie statistiche usate per l'inventario nazionale (colonna a sinistra) e dall'FAO (colonna a destra) per descrivere i vari processi lungo la filiera agro-alimentare. Fonte: Tubiello et al., (2021).

4. Risultati

Le emissioni dal sistema agro-alimentare risultano essere molto importanti a livello globale, nonché regionale e nazionale per quasi tutti i paesi del mondo. Le stime FAO indicano livelli tra 14-16 miliardi di tonnellate di CO₂equivalenti annue (Gt CO₂eq), che nel 2020 corrispondevano a oltre il 30% delle emissioni totali climalteranti a livello planetario (Fig.

3). Questa proporzione è diminuita nel tempo (era di circa il 40% nel 2000), poiché le emissioni agro-alimentari sono cresciute solo del 6% dal 2000, molto meno di altri settori, dominati dall'uso dei combustibili fossili in energia—ovvero circa il 50% nello stesso periodo.

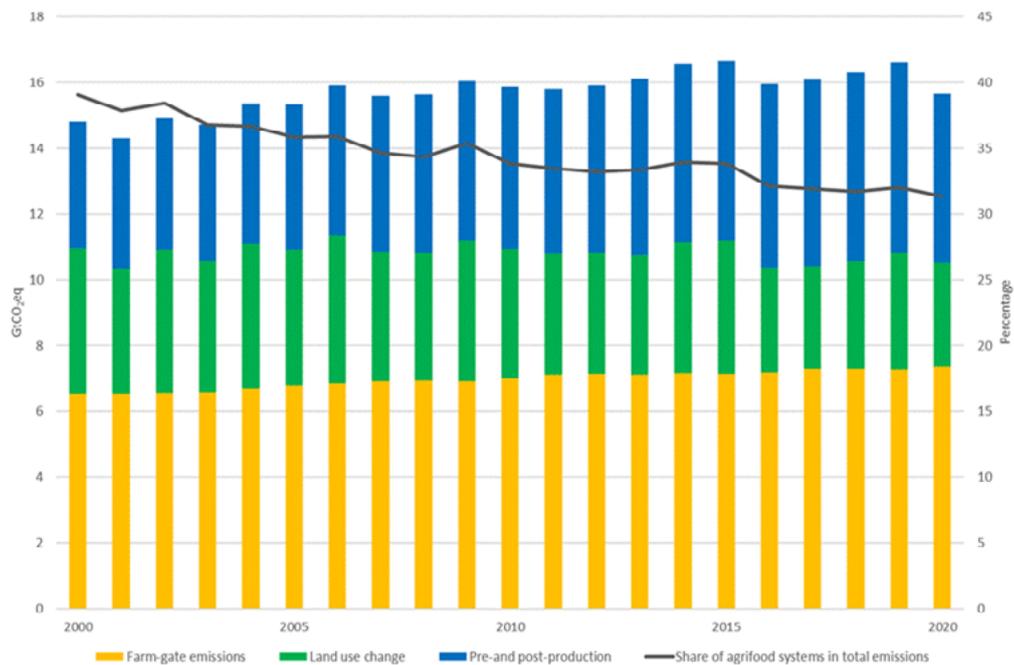


Figura 3. Emissioni climalteranti generate dai processi agro-alimentari. Fonte; FAO (2022).

Inoltre è interessante notare la composizione delle emissioni dalla filiera e i loro trends. La parte più consistente, circa il 50%, è rappresentata dalle emissioni di farm-gate, ovvero produzione agricola vegetale e animale, che hanno superato i 7 Gt CO₂eq nel 2020. Queste emissioni sono cresciute di circa il 13% nel periodo, e sono dominate dai gas non-CO₂, ovvero metano e ossido nitroso. Per contrasto, le emissioni di CO₂ dominano le altre due componenti, ovvero i processi di filiera e consumo (oltre 5 GtCO₂eq nel 2020) e quelli legati a uso del suolo (circa 3 Gt CO₂eq). Di grande rilievo sono le considerazioni di trend relative: mentre le emissioni dei processi di filiera sono aumentate nel periodo del 45%, quindi in linea con quello dei settori non-alimentari, le emissioni da uso del suolo sono invece diminuite del 30%.

Questi trends riassumono molto bene le caratteristiche e le sfide di mitigazione del sistema agro-alimentare, ovvero, con riferimento a Fig. 4: un nocciolo emissivo di gas non-CO₂ legato alla produzione sul campo; una componente di perdita di carbonio legata alla espansione su (e distruzione di) ecosistemi naturali, fortunatamente in forte contrazione soprattutto in relazione a deforestazione; e una componente di emissioni da combustibili fossili e gas refrigeranti, associati per la maggior parte a fenomeni recenti di produzione e distribuzione alimentari su grande scala.

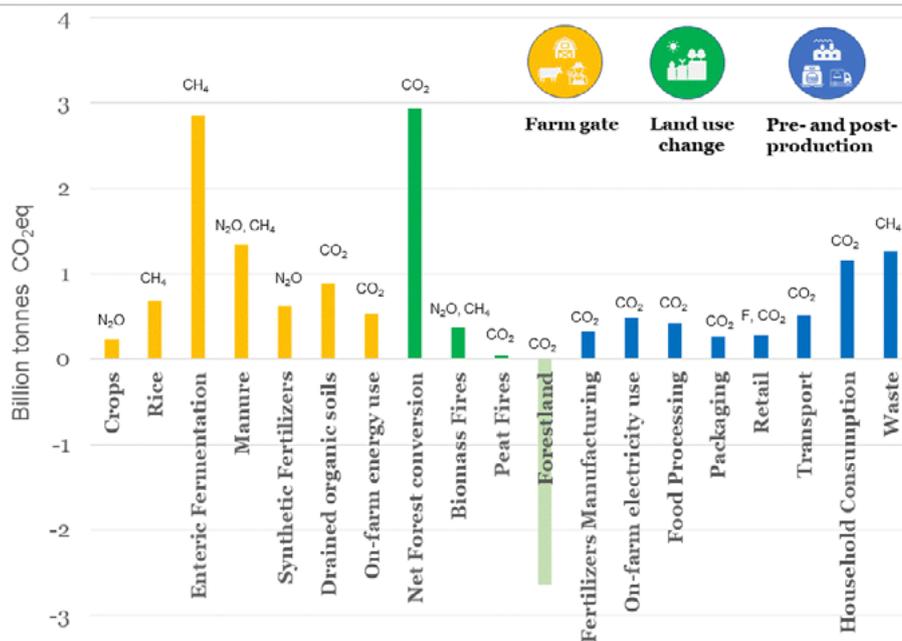


Figura 4. Emissioni climalteranti generate dai processi agro-alimentari. Fonte; FAO (2022).

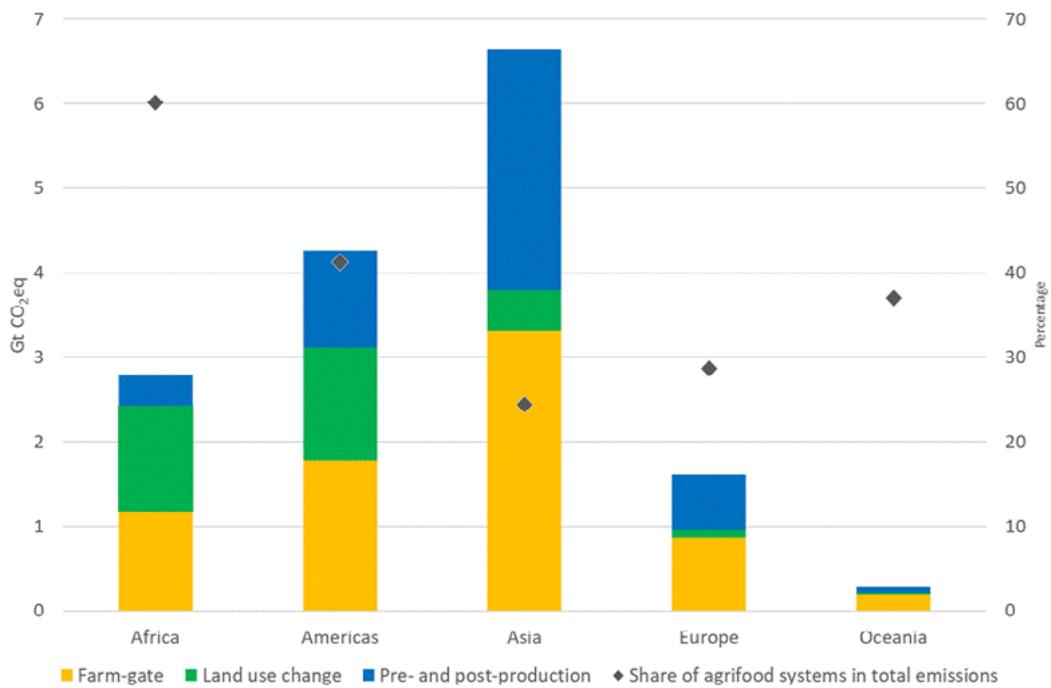


Figura 5. Emissioni regionali e contribuzioni relative alle emissioni climalteranti totali, 2020

Per quanto riguarda la componente regionale delle emissioni, interessa notare, aldilà delle differenze in valori assoluti che riflettono più che altro differenze di estensione, differenze strutturali importanti tra regioni del mondo. Si vede per esempio come sia in Asia che in Europa (è vero anche per il Nordamerica—non mostrato) la componente emissiva dei processi di filiera Fig. 5, barre blu) sia diventata importante quanto quella di produzione sul campo (barre gialle). Insieme al fatto che in queste regioni le emissioni da uso e cambio del suolo siano relativamente piccole, questa struttura caratterizza sistemi di produzione e distribuzione alimentari moderni in queste regioni del mondo. Per contrasto, in regioni dove l'impatto dell'agricoltura sui sistemi naturali è grande (via deforestazione per la maggior parte—barre verdi in Fig. 5) e le catene di distribuzione integrate tipiche delle grandi marche di supermercati ancora non pienamente sviluppate, ben più di tre quarti delle emissioni dal sistema agro-alimentare provengano da queste due categorie. Un indicatore complementare di queste dinamiche è rappresentato dal contributo proporzionale di queste emissioni a quelle totali climalteranti. Si vede dunque che nelle regioni caratterizzate da sistemi tradizionali o in evoluzione tale rapporto è molto alto, fino al 60% in Africa per esempio, indice del peso dell'agricoltura sulle economie e impiego nazionali in questo continente.

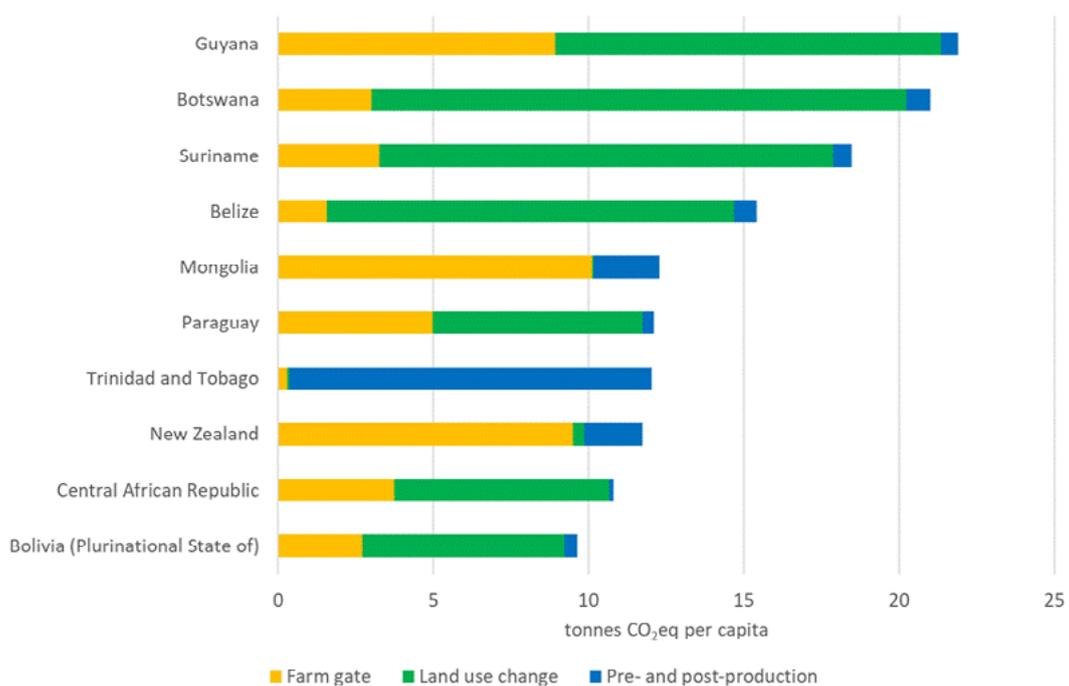


Figura 6. Emissioni nazionali pro capite, per componente emissiva, anno 2020

Per finire, le analisi FAO permettono di stilare paragoni tra nazioni in termini sia di emissioni totali assolute, per capita, e di guardare a eventuali differenze strutturali allo stesso modo a quanto fatto per le analisi a livello regionale. I risultati confermano, ma aggiungendo dettagli importanti, quanto già visto a scala regionale, ovvero che le emissioni (in questo caso analizzate per capita, normalizzando per uno dei fattori importanti che determino le emissioni totali) maggiori sono in quei paesi dove l'agricoltura è ancora in fase tradizionale o in espansione, cosa associata spesso con emissioni da cambio di uso del suolo. Importanti eccezioni sono paesi in cui il peso emissivo dell'allevamento del bestiame bovino o ovino sono particolarmente sviluppati. Un'ulteriore eccezione è rappresentata in questa particolare classifica da paesi che hanno pochissimo potenziale di produzione ma un forte sistema distributivo di cibo chiaramente importato per la maggior parte.

5. Conclusioni

I dati disponibili in FAOSTAT mostrano che la filiera agro-alimentare è responsabile di un terzo delle emissioni annuali di gas climalteranti, e che dunque non esiste soluzione di mitigazione globale senza un coinvolgimento importante di questo settore. La granularità dei dati disponibili, sia a livello paese che luna serie storiche, mostra che le tre componenti del settore, ovvero farm gate, uso del suolo e filiera produttiva, svolgono ruoli diversi, contribuiscono gas climalteranti diversi, e evolvono diversamente nel tempo, con caratteristiche regionali strettamente legate al livello di sviluppo economico nonché alla tipologia di produzione locale. È dunque importante leggere gli inventari nazionali anche in chiave di contributi del settore agro-alimentare, onde poter identificare strategie di mitigazione efficaci a cui tutti gli operatori e consumatori possano utilmente contribuire.

6. Bibliografia

1. FAO. 2022. Greenhouse gas emissions from agrifood systems. Global, regional and country trends, 2000-2020. FAOSTAT Analytical Brief Series No. 50. Rome, FAO.
2. Tubiello, F.N., Karl, K., Flammini, A., Gütschow, J., Obli-Laryea, G., Conchedda, G., Pan, X. et al. 2022. Pre- and Post-Production Processes Increasingly Dominate Greenhouse Gas Emissions from Agri-Food Systems. Earth System Science Data 14, no. 4 (2022): 1795–1809. <https://doi.org/10.5194/essd-14-1795-2022>

Le diapositive presentate durante il Convegno sono disponibili al seguente link:

https://www.fidaf.it/wp-content/uploads/2022/10/06.10.2022_Francesco-TUBIELLO_Emissioni-di-gas-climalteranti-dai-sistemi-agroalimentari.-Il-quadro-globale-1.pdf

Come decarbonizzare i settori Agricoltura e LULUCF: la strategia italiana di lungo termine per la riduzione delle emissioni di gas serra

Eleonora Di Cristofaro, Marina Vitullo

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale – ISPRA

Corresponding author: Eleonora Di Cristofaro

Keywords: decarbonizzazione, mitigazione, agricoltura, LULUCF, gas serra, carbonio, strategia

1. Introduzione

Nel 2015, in occasione della Conferenza sui cambiamenti climatici tenutasi a Parigi (COP21), le Parti della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC) hanno adottato l'Accordo di Parigi, che è un trattato internazionale, legalmente vincolante, finalizzato a regolare ulteriormente le emissioni di gas ad effetto serra individuate quali maggiori responsabili dell'aumento della temperatura del pianeta. È entrato in vigore il 4 novembre 2016, dopo la ratifica di 55 Paesi che rappresentano almeno il 55% delle emissioni globali di gas serra. Ad oggi 194 Paesi, dei 198 facenti parte dell'UNFCCC, hanno ratificato l'accordo di Parigi. L'obiettivo di lungo termine dell'accordo stabilisce di contenere l'aumento della temperatura media globale ben al di sotto dei 2°C rispetto ai livelli preindustriali e di perseguire gli sforzi di limitare l'aumento a 1,5°C rispetto ai livelli preindustriali. Per raggiungere questi ambiziosi traguardi, i Paesi devono raggiungere il picco emissivo globale quanto prima e dal 2050 conseguire una rapida riduzione delle emissioni fino a raggiungere il bilancio tra emissioni antropogeniche ed assorbimenti.

Nel 2015 l'Unione Europea ha inviato al Segretariato UNFCCC il Contributo Determinato a livello Nazionale (Nationally Determined Contribution, NDC), che prevede una riduzione delle emissioni di gas serra di almeno il 40% rispetto al 1990, entro il 2030, quale impegno per il raggiungimento degli obiettivi fissati dall'Accordo di Parigi. Per raggiungere tale obiettivo l'Unione Europea ha adottato un pacchetto di provvedimenti, il cosiddetto Pacchetto clima-energia 2030, volto a conseguire, nel 2030, la riduzione di almeno il 40% delle emissioni, il raggiungimento di una quota di energie rinnovabili di almeno il 32% e la riduzione dei consumi di energia primaria del 32,5%.

Nel 2020, nell'ambito del Green Deal europeo, la Commissione ha proposto di innalzare l'obiettivo di riduzione delle emissioni al 2030 ad almeno il 55% rispetto ai livelli del 1990, includendo anche gli assorbimenti del settore LULUCF (uso del suolo, cambiamento di uso del suolo e selvicoltura), nell'ottica di raggiungere la neutralità emissiva entro il 2050, che rappresenta l'obiettivo di mitigazione di lungo raggio che si è data l'Unione europea nell'ambito dell'Accordo di Parigi. Il nuovo obiettivo al 2030 è stato riportato anche nell'aggiornamento dell'NDC inviato dall'UE all'UNFCCC nel dicembre 2020.

Il pacchetto clima-energia 2030 ha quindi subito una revisione che ha aumentato il target europeo di riduzione delle emissioni di gas serra (dal 40% al 55%), della quota di energie rinnovabili (dal 32% al 40%), e della riduzione dei consumi di energia primaria (dal 32,5% al 39%). Il pacchetto di proposte legislative, noto come Fit for 55, presentato a luglio del 2021 dalla Commissione Europea consiste in una serie di proposte atte a riformare l'insieme di direttive e regolamenti che stabiliscono gli obiettivi in materia di ETS (Emission Trading Scheme), ESR (Effort Sharing Regulation), LULUCF, efficienza energetica e rinnovabili per gli Stati Membri. Per quanto riguarda l'ESR, l'obiettivo italiano, in fase di negoziazione, dei settori inclusi nel Regolamento (trasporti, riscaldamento degli edifici, parte dell'industria non inclusa in ETS, agricoltura e rifiuti) è complessivamente pari al 43,7% di riduzione delle emissioni entro il 2030 rispetto ai livelli del 2005. Per quanto concerne il Regolamento LULUCF, l'obiettivo al 2030 è stato suddiviso in due periodi temporali: per il 2021-2025 è previsto il No debit rule ossia un bilancio tra emissioni e assorbimenti del settore pari a zero; per il periodo 2026-2030 il target è in fase di negoziazione. È inoltre in fase di negoziazione l'ipotesi di neutralità del settore AFOLU al 2035, vale a dire un bilancio pari a zero tra emissioni e assorbimenti dei settori agricoltura e LULUCF.

A livello nazionale, nell'ambito del Regolamento di Governance (Regolamento UE 2018/1999), che mira ad attuare una serie di strategie e misure volte a conseguire gli obiettivi in materia di clima ed energia dell'Unione per il periodo 2021-2030, l'Italia ha adottato nel gennaio 2021 la Strategia nazionale di lungo termine sulla riduzione delle emissioni dei gas a effetto serra (LTS). Nella LTS sono stati individuati i possibili percorsi che potrebbero consentire di raggiungere entro il 2050 una condizione di neutralità emissiva, ossia l'equilibrio tra le emissioni antropogeniche di gas serra e gli assorbimenti di CO₂, con l'eventuale ricorso a sistemi di cattura e stoccaggio geologico o riutilizzo della stessa (Peschi et al, 2021; MITE, 2021).

Nel presente studio, verranno illustrate le misure di riduzione delle emissioni e di aumento degli assorbimenti considerati nella definizione della LTS per i settori agricoltura e LULUCF.

2. Abstract

Italy adopted the National Long-Term Strategy on the reduction of greenhouse gas emissions (LTS) in January 2021, identifying possible pathways that could achieve a condition of emission neutrality by 2050, i.e., a balance between GHG emissions and CO₂ removals, with the possible use of CO₂ capture and geological storage or reuse. The document is the result of collaboration between several ministries, which started in 2019, and a technical working group composed of ISPRA, RSE (Ricerca sul Sistema Energetico, GSE group company), GSE (Gestore dei Mercati Energetici), Politecnico di Milano, ENEA and CMCC (Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici). In this study, the emission reduction and removal enhancement measures considered in the LTS for the agriculture and LULUCF sectors will be outlined. Emissions from agriculture in Italy account for only 9%, yet the scope for improvement seems limited since most of

these emissions come from livestock biological processes. Nonetheless, some policies can be implemented especially by changing animal diets and manure management, also considering potential biogas production. Emissions and removals from the LULUCF sector could be strongly affected by climate change in the coming years. Since this sector is destined to a critical role in achieving climate neutrality, it is crucial to adopt policies that can improve carbon sequestration and enhance the fires prevention activities.

Settore Agricoltura

Il settore agricoltura dell'inventario nazionale, che include le emissioni derivanti dall'allevamento del bestiame e dalle coltivazioni dei suoli, rappresenta il 9% circa delle emissioni nazionali di gas serra. Si tratta di circa 33 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente, di cui il 59% sono emissioni di metano (CH₄), il 39,5% di protossido di azoto (N₂O) e solo l'1,5% di anidride carbonica (CO₂).

Le emissioni del settore dell'anno 2020 derivano principalmente dalla fermentazione enterica¹, che espressa in CO₂ equivalente rappresentano il 41,4% del totale settoriale di emissioni di gas serra, e dall'apporto ai suoli agricoli di azoto, che determina il 33,1% di emissioni di gas serra totali, costituite interamente da emissioni di protossido di azoto, derivanti dall'applicazione ai suoli di fertilizzanti sintetici ed organici azotati, dal pascolo, dai residui colturali interrati e dai suoli organici. Le altre categorie emissive sono: lo stoccaggio e il trattamento delle deiezioni animali (che producono emissioni di metano e di protossido di azoto ad opera di microrganismi), che rappresentano complessivamente il 19,0% del totale settoriale di emissioni di gas serra; la coltivazione del riso (da cui derivano emissioni di metano), che rappresenta il 4,8% del totale del settore; l'applicazione ai suoli di urea e calce (che produce emissioni di anidride carbonica), che rappresenta l'1,5% del totale; la combustione dei residui cerealicoli (che produce emissioni di metano e protossido di azoto), che rappresenta lo 0,1% del totale del settore agricoltura (Figura 1).

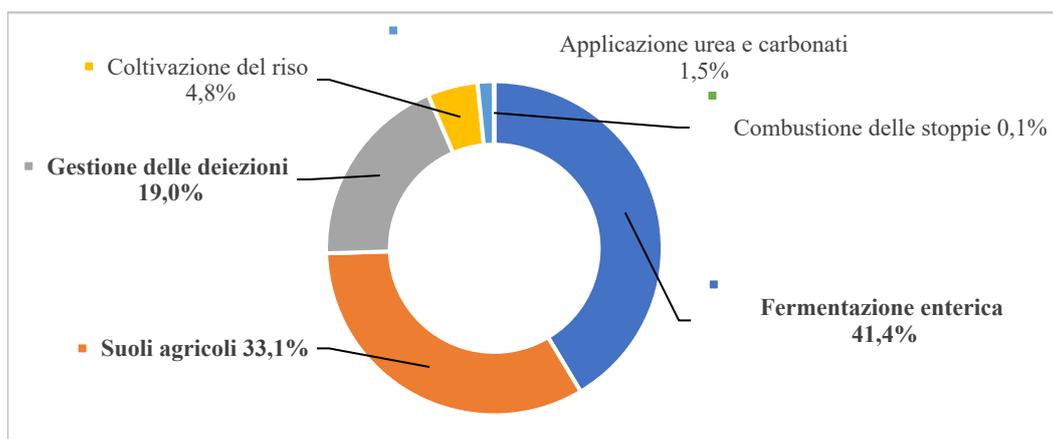


Figura 1: Emissioni del settore agricoltura per categoria emissiva del 2020 (esprese in percentuale)

Considerando le emissioni derivanti dagli allevamenti (Figura 2), esse rappresentano il 72% delle emissioni totali del settore agricoltura. Sono date dalle emissioni di metano da fermentazione enterica, di metano e protossido di azoto dallo stoccaggio delle deiezioni, di protossido di azoto dallo spargimento al suolo di deiezioni e dal pascolo. Le categorie animali maggiormente impattanti sono i bovini e i suini, che complessivamente rappresentano l'80% delle emissioni totali di gas serra degli allevamenti.

La stima delle emissioni di gas serra è effettuata sulla base delle linee guida dell'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) del 2006. Per stimare le emissioni, occorre definire i dati di attività (per esempio, il numero di capi

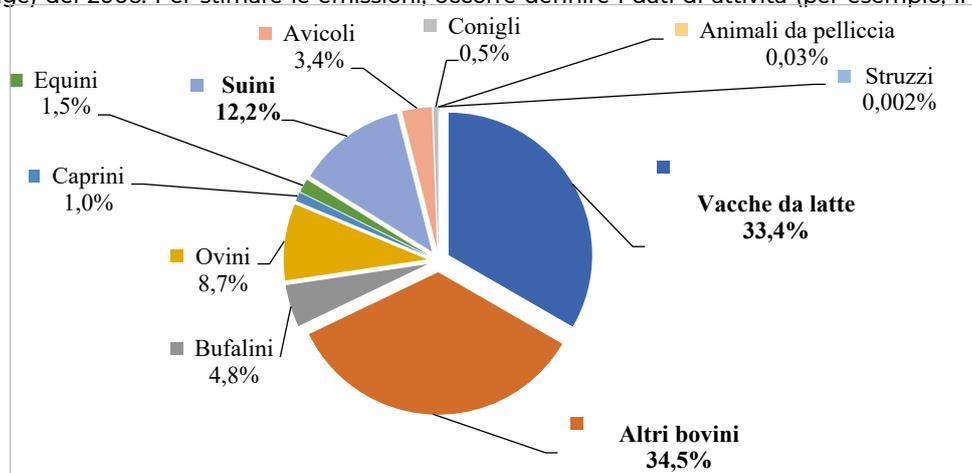


Figura 2: Emissioni derivanti dagli allevamenti per categoria animale del 2020 (esprese in percentuale)

¹ un processo digestivo attraverso il quale i carboidrati sono scomposti da microrganismi in molecole semplici per l'assorbimento nel flusso sanguigno; il metano, che è un sottoprodotto di questo processo, deriva principalmente dai ruminanti.

allevati o le quantità di fertilizzanti usati durante l'anno) e considerare i diversi fattori di emissione (espressi, per esempio, come chilogrammi di sostanza inquinante rispetto ad un capo allevato o ad un chilogrammo di fertilizzante utilizzato all'anno). I dati di attività principali del settore sono il numero capi per tipologia di bestiame allevato, la quantità e la tipologia di fertilizzanti utilizzati, le superfici e produzioni agricole. I fattori di emissione possono essere i valori di default delle linee guida IPCC o valori specifici nazionali, frutto di studi condotti da esperti della materia basati su evidenze scientifiche, che sono rappresentative della realtà nazionale. Inoltre, nel processo di stima si utilizzano parametri specifici, quali per esempio il peso medio per categoria animale, la produzione di latte annua e grasso contenuto, la digeribilità della dieta somministrata, l'azoto escreto per categoria animale. Le fonti di questi dati sono molteplici: la più importante è l'ISTAT, che attraverso le indagini statistiche annuali, quelle strutturali triennali e il Censimento dell'Agricoltura decennale fornisce una mole di dati considerevole; altre fonti rilevanti sono Enterisi, FAO, UNAITALIA, AIA, TERNA, CRPA. Informazioni dettagliate sui metodi, parametri e fattori di emissioni utilizzati per il processo di stima del settore sono riportati nel National Inventory Report (ISPRA, 2022[a]; 2022[b]).

Per la definizione degli scenari della LTS è stata utilizzata la stessa metodologia di stima usata per la stima delle emissioni storiche, fin qui descritta. Nell'ambito della LTS sono stati prodotti due scenari per ogni settore dell'inventario nazionale delle emissioni, uno scenario di riferimento e uno di decarbonizzazione, utilizzando la serie storica dei dati 1990-2018, trasmessi dall'Italia al segretario dell'UNFCCC nel 2020.

Il primo passo è stato quello di valutare le consistenze dei capi allevati dal 2020 al 2050, tramite l'applicazione di un modello ENEA basato su parametri, quali la popolazione, le produzioni e i consumi alimentari della popolazione. Il modello impiegato si basa sulla costruzione di rapporti con i parametri considerati e dall'osservazione degli andamenti storici di questi rapporti. A prescindere dall'andamento della popolazione, il rapporto dei consumi di carne totale pro-capite è stato mantenuto inalterato, considerando l'evoluzione storica dell'andamento ed estendendolo al 2050, mantenendolo sostanzialmente stabile. Si sono tuttavia considerate le statistiche di settore (in particolare le analisi di ISMEA - Istituto di Servizi per il Mercato Agricolo Alimentare) relative al consumo di carne per categoria animale: rispetto al consumo di carne totale, si è ridotto il consumo di carne dai bovini, mentre è leggermente cresciuto per suini e avicoli (si assume un maggiore consumo di carne bianca rispetto alla carne rossa sul totale di carne consumata).

Per le proiezioni delle vacche da latte, è stato considerato il rapporto della produzione di latte vaccino (pari a circa il 94% del totale di latte prodotto) rispetto alla produzione di latte totale, che è stato assunto sostanzialmente stabile fino al 2050, e il consumo pro-capite (dato dal rapporto tra produzione totale di latte vaccino e popolazione), che è stato considerato fisso dal 2020 in poi e pari a 0,2, secondo quanto osservato per l'anno 2017 sulla base dei dati EUROSTAT. Per le galline da covata, è stato assunto un leggero aumento del consumo di uova pro-capite ed una sostanziale stabilità (intorno all'unità) del rapporto tra produzione e consumo di uova (le fonti dati sono i database di EUROSTAT). I risultati del modello sono riportati in Figura 3, dove si può osservare un tendenziale aumento delle consistenze dei capi suini ed avicoli e una riduzione dei capi bovini.

Un parametro che incide in misura rilevante sulle emissioni di metano da fermentazione enterica, per la categoria

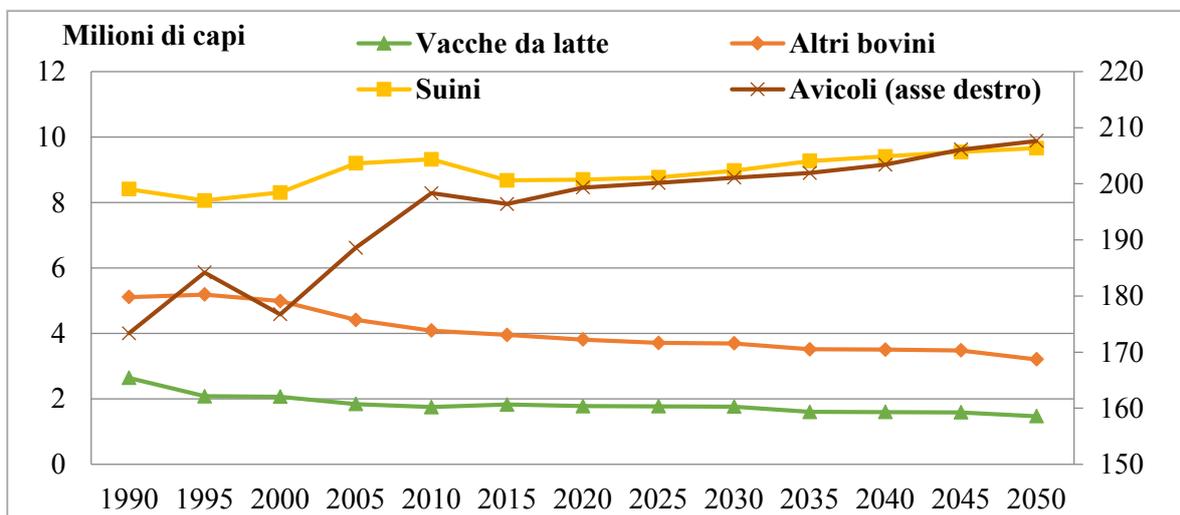


Figura 3: Serie storica e proiezioni delle consistenze del bestiame per categoria animale (dati storici e proiezioni dal 2020)

dei bovini da latte, è la produzione di latte vaccino a capo. I valori della serie storica e delle proiezioni si calcolano rapportando la produzione di latte vaccino e il numero di vacche da latte. Per le proiezioni di questo parametro al periodo 2020-2050, sono stati considerati i dati della produzione di latte vaccino e del numero di capi, calcolati come descritto precedentemente. I risultati delle stime sono riportati in Figura 4.

Una volta definiti le proiezioni dei dati di attività, sono stati considerati i fattori di emissione. Nella stima degli scenari dei fattori di emissione è stata ipotizzata la diffusione di possibili misure di riduzione di gas serra al 2030 e al 2050, considerando anche le tecniche di riduzione delle emissioni di ammoniaca. Tale passaggio è cruciale, visto che, nel settore agricoltura, le emissioni di ammoniaca sono strettamente connesse con le emissioni di gas serra: l'ammoniaca e il protossido di azoto sono due composti che contengono azoto e le perdite ammoniacali, che si hanno delle diverse fasi di gestione delle deiezioni e che hanno delle ricadute al suolo, sono una fonte indiretta delle emissioni di protossido di azoto. La metodologia di riferimento per la stima delle emissioni di ammoniaca sono le linee guida dell'Agenzia Europea

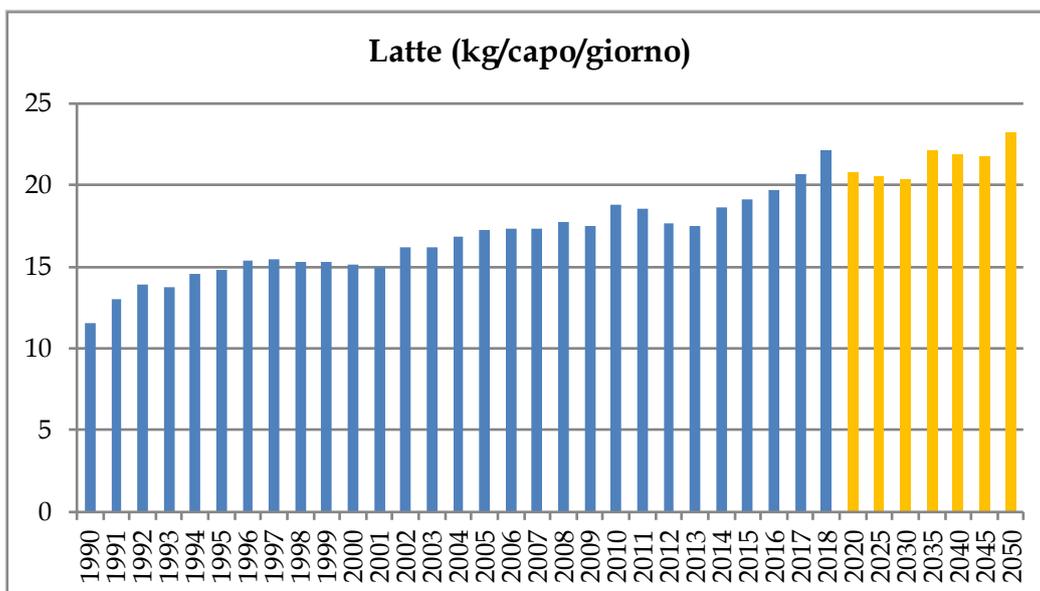


Figura 4: Produzione giornaliera di latte vaccino per capo bovino da latte (dati storici e proiezioni dal 2020)

dell'Ambiente, che vengono aggiornate ogni tre anni e le ultime sono state pubblicate nel 2019.

Le misure di riduzione delle emissioni di ammoniaca considerate sono relative ad interventi sull'alimentazione degli animali (considerando diete a basso tenore proteico), sulla tipologia di ricoveri degli animali, sullo stoccaggio (incluso il trattamento dei reflui zootecnici negli impianti di digestione anaerobica per la produzione di biogas) e sullo spandimento delle deiezioni zootecniche per le categorie animali bovini, suini e avicoli, secondo lo studio del Centro Ricerche Produzioni Animali (CRPA) effettuato per conto di ISPRA nel 2018. Le misure considerate sono state valutate prendendo in considerazione le misure previste negli ambiti della direttiva Emissioni Industriali (IED), della direttiva Nitrati e dei Programmi di Azione Nitrati, nei Piani Aria e nei Programmi di Sviluppo Rurale delle regioni padane. Tali misure sono anche contenute nelle "Linee guida per la riduzione delle emissioni in atmosfera provenienti dalle attività agricole e zootecniche", pubblicate nel 2016 dal Ministero delle politiche agricole alimentari, forestali e del turismo (MIPAAFT). Analoghe misure di riduzione sono anche state incluse nel "Codice nazionale indicativo di buone pratiche agricole per il controllo delle emissioni di ammoniaca", predisposto dal MIPAAFT in allegato al Programma Nazionale di Controllo dell'Inquinamento Atmosferico redatto nell'ambito della National Emission Ceilings Directive (Direttiva NEC 2016/2284/UE), approvato con DPCM del 23 dicembre 2021.

Per l'elaborazione degli scenari del settore agricoltura, il CMCC ha fornito i dati relativi alle variazioni delle temperature medie e alle variazioni delle rese cerealicole (di frumento tenero e duro e mais) nel modello climatico IPCC RCP 4.5 per il trentennio 2036-2065, rispetto al periodo 1976-2005 per le temperature e 1981-2010 per le rese cerealicole. Sulla base di questi dati, sono state calcolate, per lo scenario di riferimento, le emissioni derivanti dalla gestione dei reflui zootecnici, che dipendono anche dalle temperature, e le quantità utilizzate di fertilizzanti sintetici, le cui proiezioni sono state stimate sulla base delle produzioni agricole, che dipendono a loro volta dalle variazioni delle rese.

Nella Figura 5 sono riportate le ipotesi di diffusione al 2020, 2030 e 2050 delle tipologie di alimentazione animale (diete a basso tenore proteico) che consentono di ridurre l'azoto escreto e quindi di ridurre le emissioni di ammoniaca e di protossido di azoto, per la categoria dei bovini. Le diete a basso tenore proteico sono previste nel documento Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs del 2017, nell'ambito della direttiva IED.

Categorie animali	Tecniche di riduzione	% di penetrazione			Efficienza riduzione tecniche (%)
		2020 CLE	2030 CLE	2050 Scenario di decarbonizzazione	
Bovini	Nessuna tecnica alimentazione	100%	70%	10%	0%
	Alimentazione (bassa efficienza)	0%	20%	0%	5%
	Alimentazione (media efficienza)	0%	10%	90%	10%

Figura 5: Percentuali di diffusione delle tecniche dell'alimentazione animale ed efficienza di riduzione dell'azoto escreto per i bovini

Sempre nel settore dell'alimentazione, nello scenario di decarbonizzazione, sono stati considerati interventi che riducono l'emissione di metano da fermentazione enterica. In particolare, è stata assunta una maggiore digeribilità della razione

dei bovini da latte, attraverso la sostituzione di una parte dei foraggi, ricchi di carboidrati strutturali, cioè fibra, con i concentrati (poveri di fibra e dove prevalgono i carboidrati non strutturali, cioè amido - granelle di cereali e semi di proteaginose, e residui delle loro lavorazioni industriali). In tal modo, si riducono le emissioni di metano poiché la quota di fibra della razione è minore, pertanto si ridurrà l'azione dei microorganismi metanogeni attivi soprattutto nel ruminante (ISPRA, 2022[c]).

Sulla base dei dati di digeribilità della razione per livello produttivo delle linee guida IPCC 2019 e dei dati dell'Associazione Italiana Allevatori (AIA) sulle produzioni di latte vaccino per razza e per regione, è stato possibile stimare un nuovo valore di digeribilità della razione al 2050. Le percentuali di vacche da latte secondo i tre livelli di produttività individuati dall'IPCC (che sono 'alta produzione' con un valore medio annuo maggiore di 8500 kg di latte prodotto per capo all'anno; 'media produzione' per valori compresi tra 5000 e 8500 kg di latte prodotto per capo all'anno; 'bassa produzione' per valori inferiori a 5000 kg di latte prodotto a capo), nell'anno 2018, sulla base dei dati AIA, sono state pari a 72,9%, 14,9% e 12,2%. Si assume che tali percentuali possano diventare pari a 90%, 10% e 0% nel 2050. Secondo quanto appena illustrato, il valore digeribilità della dieta varierà dal valore del 2018 pari a 65% a 70% nel 2050. Allo stesso modo è stato stimato il fattore di conversione in metano (Ym) della sostanza secca ingerita.

Nella Figura 6 sono riportate le ipotesi sulla diffusione delle tecniche per la riduzione delle emissioni di ammoniaca dalle stabulazioni per gli anni 2020, 2030 e 2050, per i bovini. Tali tecniche consistono nella rimozione frequente delle deiezioni, nel rinnovo frequente delle lettiere, nel mantenimento nei limiti degli spazi minimi previsti delle aree esterne di esercizio (paddock), provvedendo a una regolare e frequente pulizia, una buona climatizzazione dei ricoveri, con coibentazione del tetto e/o ventilazione naturale controllata automaticamente (Peschi et al, 2021; MITE, 2021).

Per quanto riguarda gli stoccaggi dei reflui zootecnici, è stata ipotizzata la diffusione di tecniche che hanno un'efficienza di riduzione emissioni di ammoniaca che varia dal 40% all'80% e che prevedono una riduzione della circolazione dell'aria

Categorie animali	Tecniche di riduzione	% di penetrazione			Efficienza riduzione tecniche (%)
		2020 CLE	2030 CLE	2050 Scenario di decarbonizzazione	
Bovini	Nessuna tecnica ricoveri	90%	70%		0%
	Ricoveri	10%	30%		20%

Figura 6: Percentuali di diffusione delle tecniche di riduzione delle emissioni dalle stabulazioni ed efficienza di riduzione per i bovini

sulla superficie esposta, mediante diverse forme di copertura o riducendo il rapporto superficie esposta/volume. Tali tecniche sono: la formazione di croste superficiali, che in talune condizioni già spontaneamente si formano; l'uso di strati di copertura fatti di materiali naturali (paglia, stocchi di mais, oli vegetali, argilla espansa) o di materiali plastici galleggianti; le coperture solide e non permeabili, in cemento o teli plastici; la sostituzione dei bacini in terra con vasche a pareti verticali con basso rapporto superficie volume (altezza maggiore di 5 metri), come efficace via per ridurre le emissioni (Peschi et al, 2021; MITE, 2021).

Relativamente allo stoccaggio, è stata inoltre considerata nello scenario di decarbonizzazione una massimizzazione dell'avvio a digestione anaerobica delle deiezioni zootecniche. Questo processo consente di ridurre le emissioni di metano poiché i reflui zootecnici vengono avviati "freschi" negli impianti, dove ne viene controllata la degradazione e massimizzata la produzione di biogas. Questo gas, derivante dalla decomposizione dei reflui zootecnici, non finisce quindi in atmosfera, ma viene recuperato a scopi energetici. Nello scenario di decarbonizzazione, è stata assunta che la quantità di deiezioni avviate ai digestori anaerobici sarà pari al 90% delle deiezioni di bovini e suini e all'80% di quelle avicole rispetto alle produzioni totali annue di reflui zootecnici. Considerando la totalità delle deiezioni animali di bovini, suini e avicoli avviate ai digestori, si passerà da una percentuale attuale pari al 14% di quantità avviata ai digestori (rispetto alla produzione totale di reflui zootecnici) a circa il 90%. Inoltre, abbiamo assunto che la percentuale media degli altri substrati inviati ai digestori (colture energetiche e scarti di lavorazione agro-industriale) sarà pari al 15%. Sono inoltre conteggiate nel settore agricoltura le perdite degli impianti di digestione anaerobica, fissate pari all'1% della produzione di biogas. Allo stato attuale, le perdite sono di poco inferiori alle emissioni "evitate" di metano per due motivi: primo, le perdite vengono calcolate sul totale del biogas prodotto, considerando tutti i substrati organici che alimentano il digestore anaerobico; secondo, la quota parte di deiezioni avviate ai digestori è ancora molto bassa rispetto alla totalità delle deiezioni prodotte, pertanto, sarà altrettanto bassa la quantità di emissioni di metano "evitate", che non finiscono in atmosfera.

In tale contesto, bisogna inoltre considerare l'attenzione che sta avendo, già da qualche anno, la produzione di biometano, che deriva dalla produzione di biogas attraverso un processo di upgrading del biogas, che consiste nel rimuovere l'anidride carbonica. Tale produzione, che sarà incentivata anche attraverso il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, dovrebbe supportare anche una maggiore produzione di biogas derivante principalmente dai reflui zootecnici.

In Figura 7, sono riportate le ipotesi sulla diffusione delle tecniche per la riduzione delle emissioni di ammoniaca dallo spandimento delle deiezioni zootecniche per gli anni 2020, 2030 e 2050, per i bovini. Tali tecniche consistono nella riduzione della superficie o del tempo di contatto fra gli effluenti e l'atmosfera, attraverso, per esempio: l'iniezione diretta (profonda o poco profonda); lo spandimento rasoterra in bande con tubi di convogliamento, eventualmente attrezzati con appositi deflettori (trailing hose e trailing shoe). L'incorporazione deve avvenire in modo dilazionato ed è essenziale

che il tempo che intercorre fra le due operazioni sia il più breve possibile (inferiore alle quattro ore).

Per quanto riguarda le emissioni dai suoli agricoli, l'ENEA ha stimato le proiezioni del consumo di fertilizzanti sintetici. Sulla base delle proiezioni dell'Associazione di categoria dei produttori europei di fertilizzanti sintetici (Fertilizers Europe),

Categorie animali	Tecniche di riduzione	% di penetrazione			Efficienza riduzione tecniche (%)
		2020 CLE	2030 CLE	2050 Scenario di decarbonizzazione	
Bovini	Nessuna tecnica distribuzione effluenti	54%	34%		0%
	Distribuzione effluenti, bassa efficienza	21%	30%	0%	40%
	Distribuzione effluenti, media efficienza	14%	20%	10%	60%
	Distribuzione effluenti, alta efficienza	11%	16%	90%	80%

Figura 7: Percentuali di diffusione delle tecniche di riduzione delle emission dallo spandimento ed efficienza di riduzione per i bovini

è stata assunta una riduzione complessiva dei consumi di azoto dal 2020 al 2030 pari a circa l'1,5% (suddiviso tra urea e altri fertilizzanti azotati sintetici in base al rapporto della serie storica dei dati, ossia assegnando il 60% dei consumi totali di fertilizzanti azotati all'urea e il restante 40% agli altri fertilizzanti azotati). Dal 2030 in poi, il valore è stato variato in funzione delle proiezioni delle produzioni agricole.

Nello scenario di decarbonizzazione, è stata considerata la diffusione di misure sul contenimento delle emissioni derivanti dall'uso dei fertilizzanti azotati sintetici (tra cui urea). Al 2050, è stata assunta una riduzione (in termini di azoto contenuto nei fertilizzanti) rispetto al dato totale del 2018 pari al 18% (passando da circa 500000 a 400000 tonnellate di azoto). Tale percentuale è stata ottenuta considerando una riduzione di consumo di azoto dovuta alla combinazione di due fattori: la diffusione delle tecniche dell'agricoltura di precisione (AdP) e la riduzione negli anni delle superfici e delle produzioni agricole. Per quanto riguarda l'AdP, si ipotizza la diffusione di tecniche che consentono di ridurre gli input produttivi (in particolare le macchine spandiconcime), rispetto alle tecniche convenzionali. In Figura 8, è riportata la serie storica delle quantità di azoto contenuto nei fertilizzanti sintetici e le proiezioni a partire dall'anno 2020.

Sempre per quanto riguarda le emissioni dai suoli agricoli, è stata assunta una riduzione del 75% dell'azoto lisciviato, calcolato sulla quantità di azoto da fertilizzanti sintetici applicato al suolo, che può essere ottenuta con la fertilizzazione a

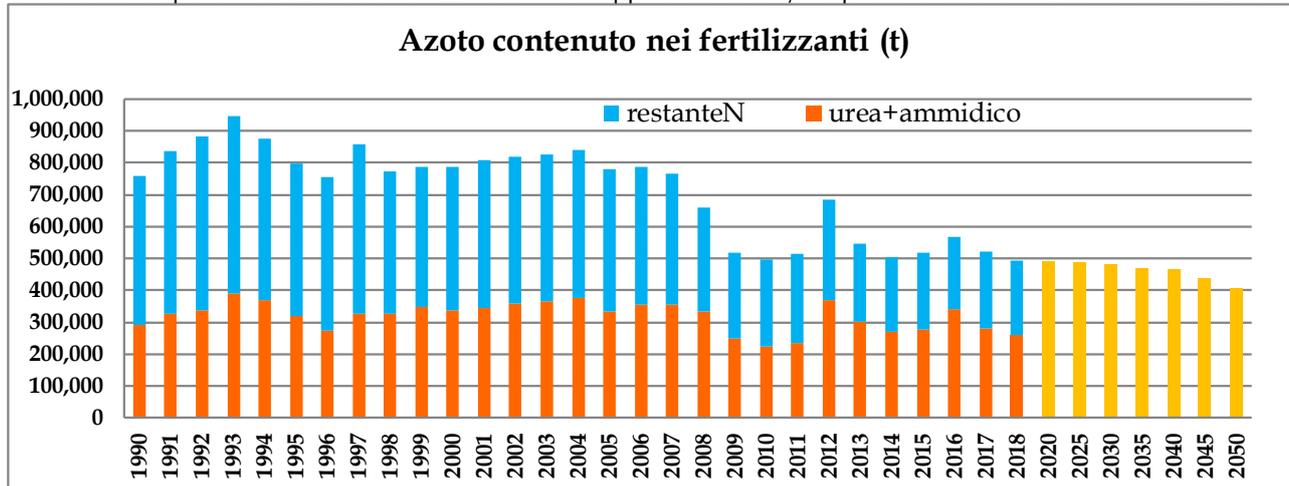


Figura 8: Contenuto di azoto nei fertilizzanti sintetici (dati storici e proiezioni dal 2020)

dosaggio variabile con i principi dell'AdP (attraverso le mappe di prescrizione, date dalla sovrapposizione di informazioni sulla tipologia dei suoli e delle colture); tuttavia tale tecnica viene applicata realmente da non più di 200 aziende in tutta Italia e solo per quanto riguarda il controllo della concimazione, sia minerale che organica. La riduzione dell'azoto perso per lisciviazione contribuirà a ridurre le emissioni indirette di protossido di azoto dalla categoria emissiva dei suoli agricoli (Peschi et al, 2021; MITE, 2021).

Settore LULUCF

Il settore LULUCF ha la capacità di generare degli assorbimenti di carbonio, contribuendo alla mitigazione dei cambiamenti climatici. Si stima che nel 2020 il settore abbia assorbito oltre 32 milioni di tonnellate CO₂ equivalente, principalmente grazie alle foreste ed ai prati, pascoli ed altre terre boscate.

Analogamente a quanto fatto per l'agricoltura, l'elaborazione degli scenari è stata condotta sulla base dei dati e delle

metodologie attualmente utilizzate per l'inventario delle emissioni (ISPRA, 2022[a]; 2022[b]).

Gli assorbimenti totali del settore LULUCF mostrano un'elevata variabilità influenzata soprattutto dalle superfici percorse annualmente da incendi e dalle relative emissioni di gas serra, come è possibile vedere nella Figura 9.

Per la definizione degli scenari emissivi del settore, il punto di partenza è la definizione delle proiezioni di uso e cambiamento di uso del suolo in relazione alle rispettive categorie e sottocategorie del settore, che rappresentano

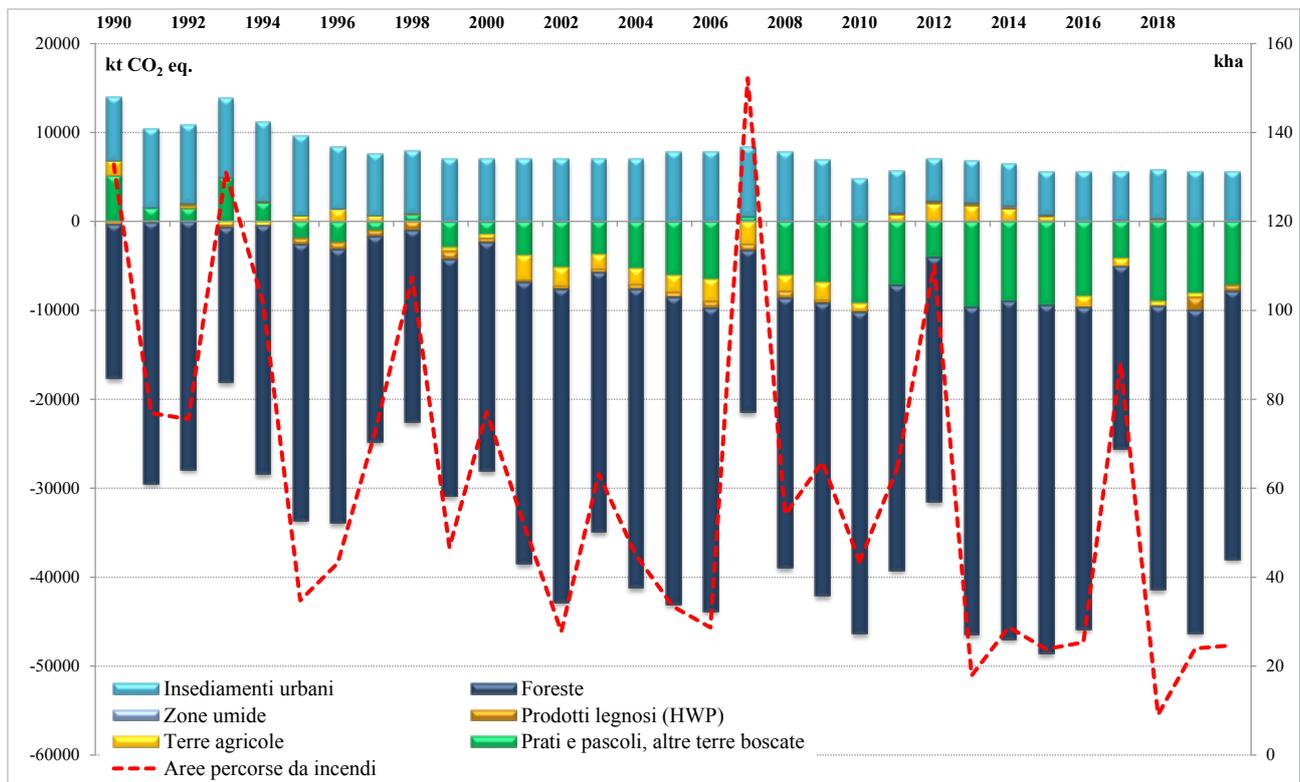


Figura 9: Emissioni e assorbimenti del settore LULUCF per categoria del periodo 1990-2018

l'uso del suolo che rimane inalterato da un anno all'altro e quello che si converte ad altro uso. La categoria Cropland comprende i seminativi (che includono le foraggere temporanee) e le coltivazioni legnose; la categoria Grassland include le foraggere permanenti (prati, pascoli) e le altre terre boscate.

Per quanto riguarda le proiezioni, per i seminativi, sono state effettuate sulla base dello scenario FAO per l'Italia, applicato alla serie storica nazionale. Si evidenzia una crescita di tali superfici fino al 2040 e, successivamente, una stabilizzazione. L'andamento è determinato dall'incremento delle aree cerealicole e dalla decrescita delle coltivazioni legnose e industriali. Per le colture foraggere (temporanee e permanenti), le proiezioni sono state effettuate considerando le proiezioni di animali (considerati in termini di unità di bovino adulto) delle categorie di bovini, bufalini, equini e ovicapri. Per le categorie delle foreste e degli insediamenti urbani, nello scenario di riferimento, la superficie è stata mantenuta costante dal 2030 al 2050 per foreste e dal 2020 al 2050 per gli insediamenti urbani (Peschi et al, 2021; MITE, 2021).

La procedura di stima degli scenari ha previsto, in un primo momento, la definizione delle proiezioni delle categorie di uso del suolo al 2050; su tali basi, sono state costruite le matrici annuali di transizione di uso del suolo considerando un periodo di transizione pari a 20 anni) e, infine, sono stati stimati gli assorbimenti di CO₂ e le emissioni di gas serra per ogni categoria di uso del suolo

Nello scenario di riferimento, vedi Figura 10, è stato ipotizzato che la gestione forestale in Italia possa aumentare le attività di prelievo fino ad un massimo del 40-45% dell'incremento annuo, partendo dall'attuale utilizzo stimato del 33%, coerentemente con quanto riportato nel Piano Nazionale della Contabilizzazione Forestale e nella Strategia Forestale Nazionale. È stato, inoltre, incluso un aumento significativo di frequenza/intensità degli incendi, stimato sulla base degli scenari climatici, che incide sulla capacità di assorbimento forestale e su un incremento emissivo derivante dalle superfici agricole e foraggere.

Nello scenario di decarbonizzazione è stato considerato un miglioramento delle pratiche agricole e di uso del suolo con l'applicazione crescente di tecniche virtuose sul piano emissivo, quali la minima lavorazione del suolo, la concimazione organica dei suoli e i metodi di coltivazioni sostenibili, come l'agricoltura biologica e integrata, le pratiche conservative e il set aside. Inoltre, è stata considerata un'azione rafforzata di prevenzione degli incendi, con la realizzazione di infrastrutture di protezione e sistemi di allerta. L'applicazione diffusa di tali sistemi sul territorio dovrebbe consentire di mantenere al 2050 una superficie percorsa da incendi pari a quella media registrata nel periodo 2008-2017.

3. Conclusioni

Sulla base di quanto sin qui trattato, possiamo concludere che le misure considerate nel settore agricoltura, che sono inerenti all'alimentazione animale, alla gestione delle deiezioni animali, alla produzione di biogas e biometano e alla diffusione di pratiche agricole sostenibili, consentirebbero di ridurre le emissioni di gas serra del 17% nello scenario di decarbonizzazione rispetto allo scenario di riferimento al 2050, attestandosi intorno alle 23 milioni di tonnellate di

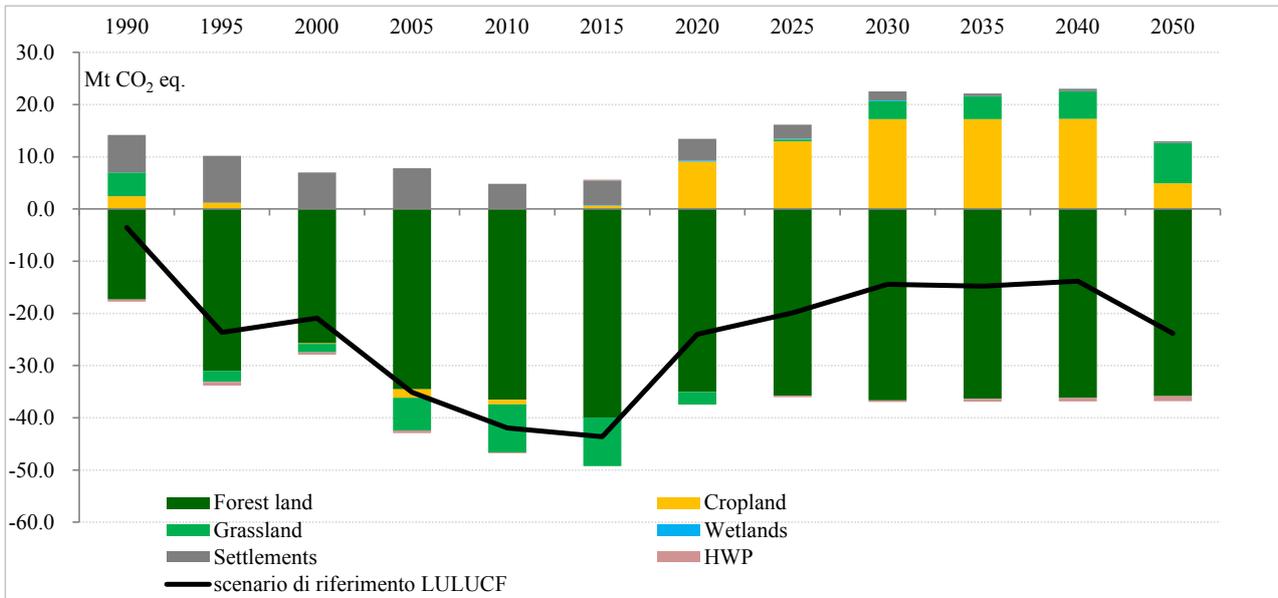


Figura 10: Serie storica e scenario di riferimento del settore LULUCF (dati storici e proiezioni dal 2020)

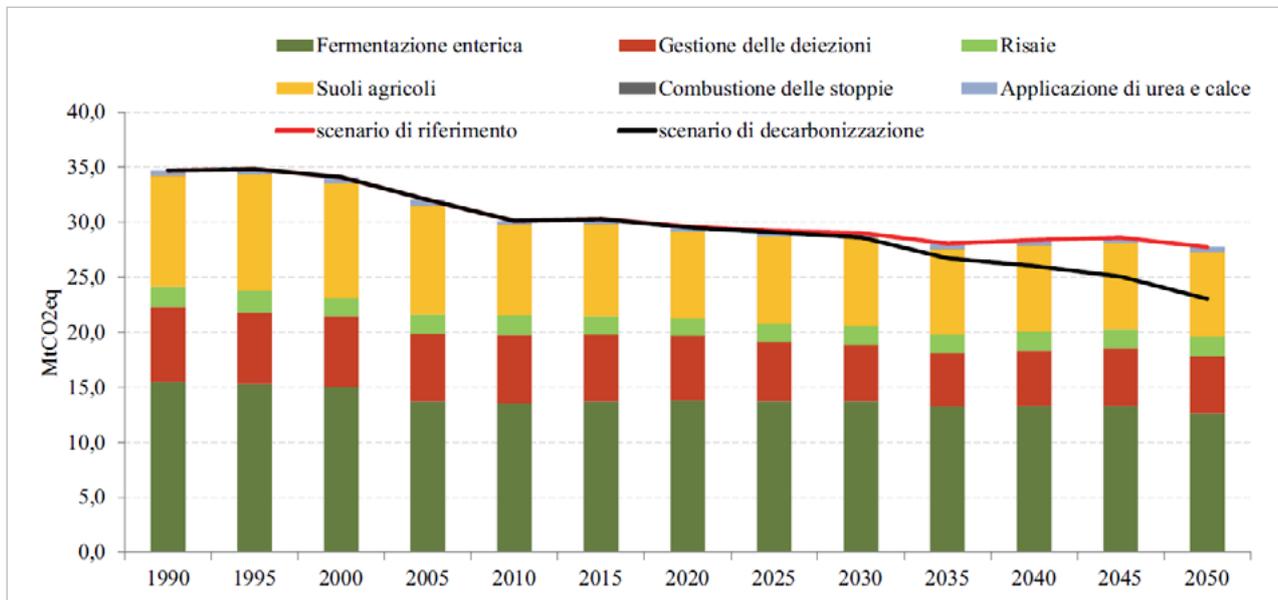


Figura 11: Serie storica e proiezioni delle emissioni del settore agricoltura (dati storici e proiezioni dal 2020)

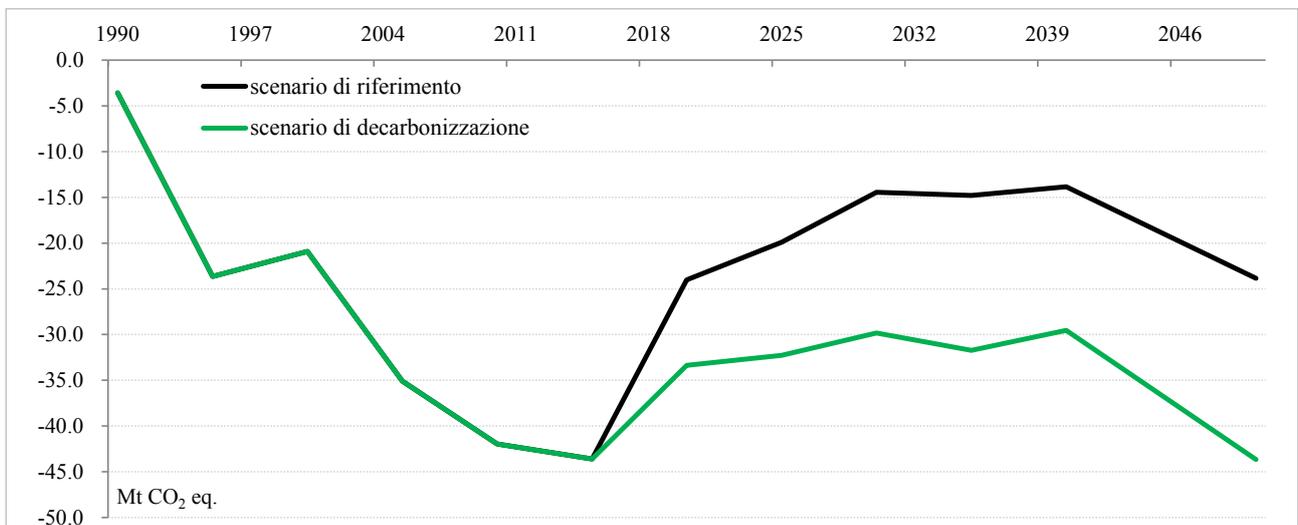


Figura 12: Lo scenario di decarbonizzazione e lo scenario di riferimento per il settore LULUCF

CO₂ equivalente. In Figura 11, sono riportate la serie storica delle emissioni e le proiezioni fino al 2050, nello scenario di riferimento e di decarbonizzazione (Peschi et al, 2021; MITE, 2021).

Per quanto riguarda il settore LULUCF, le misure considerate nello scenario di decarbonizzazione, che consentirebbero di aumentare gli assorbimenti e ridurre le emissioni, si riferiscono all'aumento dell'accumulo di carbonio nelle foreste (in termini di quantità e tempo di residenza), all'aumento dell'accumulo di carbonio nei suoli agricoli, al contrasto degli incendi e del consumo di suolo. Nella Figura 12, sono riportate la serie storica delle emissioni e degli assorbimenti e le proiezioni fino al 2050, nello scenario di riferimento e di decarbonizzazione. Lo scenario di riferimento restituisce un quadro con assorbimenti netti poco inferiori a 25 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente, in riduzione rispetto al livello attuale; nello scenario di decarbonizzazione, risulta che, al 2050, il settore LULUCF può generare assorbimenti netti per quasi 45 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente, raggiungendo un livello già riscontrato nella serie storica del settore (Peschi et al, 2021; MITE, 2021).

4. Bibliografia

1. ISPRA, 2022[a]. Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2020. National Inventory Report 2022. Rapporti 360/2022 <https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/italian-greenhouse-gas-inventory-1990-2020-national-inventory-report-2022>
2. ISPRA, 2022[b]. Le emissioni di gas serra in Italia alla fine del secondo periodo del Protocollo di Kyoto: obiettivi di riduzione ed efficienza energetica. Rapporti 362/2022 <https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/le-emissioni-di-gas-serra-in-italia-alla-fine-del-secondo-periodo-del-protocollo-di-kyoto>
3. ISPRA, 2022[c]. Il metano nell'Inventario nazionale delle emissioni di gas serra. L'Italia e il Global Methane Pledge. Rapporti 374/2022 <https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/il-metano-nell2019inventario-nazionale-delle-emissioni-di-gas-serra-l2019italia-e-il-global-methane-pledge>
4. Peschi E., Caputo A., Di Cristofaro E., Colaiezzi M., Pantaleoni M., Vitullo M., Gaeta M., 2021. La strategia italiana di lungo termine sulla riduzione delle emissioni di gas serra: scenari emissivi e trend storici. Ingegneria dell'Ambiente Vol. 8 n. 3/2021 <https://www.ingegneriadellambiente.net/ojs/index.php/ida/issue/view/30>
5. MITE, 2021. Strategia italiana di lungo termine sulla riduzione delle emissioni dei gas a effetto serra https://www.mite.gov.it/sites/default/files/lts_gennaio_2021.pdf

Le diapositive presentate durante il Convegno sono disponibili al seguente link:

https://www.fidaf.it/wp-content/uploads/2022/10/06.10.2022_Eleonora-DI-CRISTOFARO-e-Marina-VITULLO_-Come-decarbonizzare-i-settori-Agricoltura-e-LULUCF-1.pdf

Mercato del carbonio da attività agricole e forestali: gli impatti delle nuove politiche

Davide Pettenella

Università di Padova

Le diapositive presentate durante il Convegno sono disponibili al seguente link:

https://www.fidaf.it/wp-content/uploads/2022/10/06.10.2022_Davide-PETTENELLA_-Mercato-del-carbonio-da-attivita-agricole-e-forestali.-Gli-impatti-delle-nuove-politiche-1.pdf



SESSIONE 2

Contenimento delle emissioni dei gas-serra nei sistemi colturali e conservazione del carbonio nei suoli agricoli e forestali

Coordinatore: Domenico Ventrella

La mitigazione dei cambiamenti climatici attraverso la decarbonizzazione dei sistemi agricoli e forestali

Domenico Ventrella, Roberta Farina

Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria – Centro di ricerca Agricoltura e Ambiente

Corresponding author: Domenico Ventrella

Keywords: agronomy, emissions, global warming potential

1. Introduzione

Nel contesto dei Cambiamenti Climatici (CC) la parola “resilienza”, a volte fin troppo utilizzata, assume un significato particolare e al tempo stesso più chiaramente definito. È lo stesso Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ad affermare che l'agricoltura, e analogamente i sistemi colturali e forestali, possono definirsi resilienti ai CC nella misura in cui si contraddistinguono e si basano su strategie che abbiano contemporaneamente un'alta capacità di adattamento e di mitigazione; che abbiano cioè la capacità di adattarsi efficacemente ai CC climatici riducendone gli impatti negativi sulla produttività e qualità dei prodotti agricoli e forestali e al tempo stesso la capacità di ridurre gli effetti dei processi chimico-fisici che causano i CC. In definitiva minimizzando le emissioni di gas climalteranti che causano appunto i CC. Obiettivo di questo lavoro è di analizzare le pratiche agronomiche per la loro capacità ed efficacia di mitigazione, in altre parole di individuare le leve agronomiche attraverso le quali l'imprenditore agricolo può ridurre l'emissione dei gas climalteranti, ottimizzando così i sistemi colturali con un approccio integrato che preservi la produttività delle colture e la fertilità del suolo.

Questo contributo si basa in gran parte sull'ampia e recente analisi bibliografica condotta da Young et al. (2021), opportunamente integrata con le risultanze dell'attività di ricerca e delle sperimentazioni di lungo periodo tutt'ora in atto presso il CREA-AA.

L'obiettivo dello studio di Young et al (2021) è stato quello di esaminare gli articoli scientifici riguardanti la valutazione degli impatti delle pratiche agronomiche, quali avvicendamento, colture di copertura, gestione dei residui colturali, lavorazioni, irrigazione, ammendamento e fertilizzazione, sulla produttività delle colture, la fertilità del suolo e l'impatto sull'ambiente.

Gli indicatori di risposta esaminati nello studio, riportati in Fig. 1, si raggruppano in tre categorie riguardanti la coltura, il suolo e i rilasci di carbonio, azoto e fosforo in atmosfera e nei corpi acquiferi. In questo contributo sono state considerate le seguenti variabili di risposta: resa colturale, carbonio organico del suolo, emissioni di anidride carbonica (CO₂), protossido di azoto (N₂O) ed ammoniaca (NH₃).

Le figure 2 e 3 riportano invece le pratiche agronomiche considerate da Young et al. (2021). Per ognuna di esse è riportata una descrizione dell'intervento e il trattamento di controllo utilizzato per misurare la variazione percentuale. Ad esempio, l'avvicendamento biennale è stato confrontato con la monocoltura, il mantenimento in superficie dei residui colturali e il loro interrimento sono stati rapportati all'asportazione, la non-lavorazione e la lavorazione minima sono state valutate rispetto all'aratura.

La figura 2 riporta le pratiche agronomiche riguardanti la coltura e il suolo. La Fig. 3 entra nel dettaglio delle concimazioni

Group name	Variables included
Crop yield	Crop yield, grain yield, crop productivity
Crop N	Nitrogen use efficiency (NUE), N uptake, crop N content
Crop P	Phosphorus use efficiency (PUE), P uptake, crop P content
Soil organic carbon	Soil organic carbon content, soil organic carbon stock, soil organic matter
Soil organic nitrogen	Total organic N
Soil phosphorus	Available P
Soil compaction	Bulk density, aggregate stability
CO ₂ emissions	Soil carbon dioxide emissions
N ₂ O emissions	Soil nitrous oxide emissions
NH ₃ emissions	Soil ammonia emissions
N losses	N surplus, leaching or runoff as dissolved inorganic N, nitrate, or ammonium
P losses	P leaching or runoff

Fig. 1: Indicatori e variabili di risposta riportati in tabella 1 della metanalisi di Young et al. (2021).

Agronomic Practice	Treatment description	Control
Rotation or multi-cropping	crop rotation with a second crop type instead of single crop	monoculture
	crop diversification by more than two crops in rotation	2 crop rotation / monoculture
	double cropping for multiple crop harvests in one year	single cropping
	intercropping to increase number of crops grown simultaneously on one field	monoculture
Cover crop	cover cropping, catch cropping	no cover crop
Legume	including a legume in rotation and addition effects of N fixation	no legume in rotation
Residue retention	retaining or incorporating crop residues after harvest, mulching	removing
Irrigation	irrigation (not included in quantitative analysis)	rainfed
Reduced tillage	reduced or minimal tillage practices such as strip till, zone till ridge till, reduced tillage passes, medium intensity non-inversion tillage up to 40 cm depth	conventional tillage*
No tillage	no tillage	conventional tillage*

Fig. 2: Le pratiche agronomiche riguardanti coltura e suolo riportate in tabella 2 della metanalisi di Young et al. (2021).

e dell'ammendamento valutando in particolare la "fertilizzazione di precisione" sulla base di quattro "R" per ciò che attiene a "quanto" e "quale" fertilizzante utilizzare, "quando" e "come" effettuare la concimazione. Nel "quale" fertilizzante impiegare i concimi organici (liquami, letami, compost, ecc.) o organo-minerali sono stati confrontati con quelli sintetici; inclusi nell'analisi anche l'impiego di inibitori della nitrificazione e dell'ureasi e l'applicazione di biochar.

La ricerca bibliografica ha portato gli Autori a selezionare 113 articoli scientifici che sono stati utilizzati per la metanalisi i cui risultati sono qui sinteticamente riportati.

La fig. 4 mostra come le variazioni percentuali delle rese indotte dalle pratiche agronomiche varino dal 16 al 21%. Le pratiche più efficienti dal punto di vista produttivo sono risultate l'ammendamento del biochar e, a seguire, il miglioramento dell'efficienza tramite inibitori, la fertilizzazione di precisione per quanto riguarda modalità ed epoca di distribuzione del fertilizzante e le colture di copertura. La fertilizzazione combinata, la non-lavorazione, l'avvicendamento e la gestione di residui colturali sono rientrate tra le pratiche neutrali dal punto di vista produttivo, mentre la fertilizzazione organica ha provocato mediamente la più intensa riduzione di resa, seguita da quelle indotte dalla riduzione della dose di fertilizzante e dalla lavorazione ridotta. Il fatto che il biochar abbia fortemente incrementato la resa è stato attribuito a diversi fattori, tra i quali un'interazione con la disponibilità di nutrienti, sul pH o sulla capacità di scambio del suolo. Un'altra ragione potrebbe derivare dalla considerazione che gli studi esaminati non siano di lungo periodo e pertanto l'effetto potrebbe caratterizzare i primi anni dopo l'applicazione e non essere confermato in quelli a seguire.

Le risposte nel contenuto del Carbonio organico del suolo (SOC) alle pratiche agronomiche studiate sono risultate tutte positive e le medie pesate sono ricadute in un range di 0.28–1.3 % anno⁻¹, con l'eccezione di quella relativa al biochar, fuori scala e pari al 27 % anno⁻¹. Il range delle medie individuali spazia da -2.3 a + 27 % anno⁻¹. Le considerazioni derivanti dai risultati riportati in Fig. 5 possono essere così sintetizzate:

1. le variazioni di SOC sono tipicamente più pronunciate in ricerche di lungo periodo;
2. l'impatto positive sul SOC di gran lunga più elevato è stato registrato per il biochar, risultato non particolarmente sorprendente se si considera l'alto contenuto in carbonio di questa matrice (65%);
3. all'efficacia del biochar nell'incrementare il SOC segue quella degli apporti diretti di sostanza organica sottoforma di fertilizzanti organici o organo-minerali;
4. al terzo posto si classificano l'impiego dei residui colturali, attraverso l'interramento e il mulching, e le cover crop;
5. decisamente meno efficaci rispetto alle suddette pratiche, sono risultati l'avvicendamento, la lavorazione ridotta e la non-lavorazione.

In questa metanalisi, come nella stragrande maggior parte degli studi presenti in letteratura, si considera il carbonio organico del suolo nel suo complesso, senza tener conto delle differenze chimico-fisiche dei vari pool presenti nel suolo e dei loro effetti sulla struttura del suolo e l'accrescimento e la funzionalità dell'apparato radicale. Nel 2009 Ventrella et al. (2011) hanno eseguito un monitoraggio della fertilità di un suolo coltivato a monosuccessione di frumento duro e sottoposto a trattamenti di gestione dei residui colturali (bruciatura vs. differenti opzioni di interrimento con e senza apporto azotato e irriguo) in una ricerca di lungo periodo iniziata nel 1977 a Foggia e tuttora in corso. Gli Autori, dopo 32 anni dall'inizio della ricerca, hanno rilevato variazioni di SOC indotte dai trattamenti in studio particolarmente contenute in tutte le frazioni considerate: carbonio organico totale (metodo Springer & Klee), carbonio totale estratto, acidi umici e fulvici, umina (carbonio insolubile) e carbonio estratto non umificato. Con una media di SOC prossima a 14 g kg⁻¹,

Agronomic Practice	Treatment description	Control
Nitrogen rate	specific fertilizer rate assessed by levels or continuous data	no fertilizer
Phosphorus rate	specific fertilizer rate assessed by levels or continuous data	no fertilizer
Right fert. organic-mineral**	organic fertilizer, namely from animal waste or compost	mineral fertilizer
Right fert. Combined**	combined organic and mineral fertilizer	mineral fertilizer
Right rate**	improved/optimized or reduced fertilizer rate	conventional rate
Right timing**	improved/optimized timing of fertilizer application	conventional timing
Right placement**	improved/optimized placement of fertilizer	conventional placement
Enhanced efficiency	application of enhanced efficiency fertilizers which are inhibitors of nitrification	not applied
Biochar	application of biochar (most frequent), biofertilizer (not included in quantitative analysis)	not applied

Fig. 3: Le pratiche di fertilizzazione e ammendamento riportate in tabella 2 della metanalisi di Young et al. (2021).

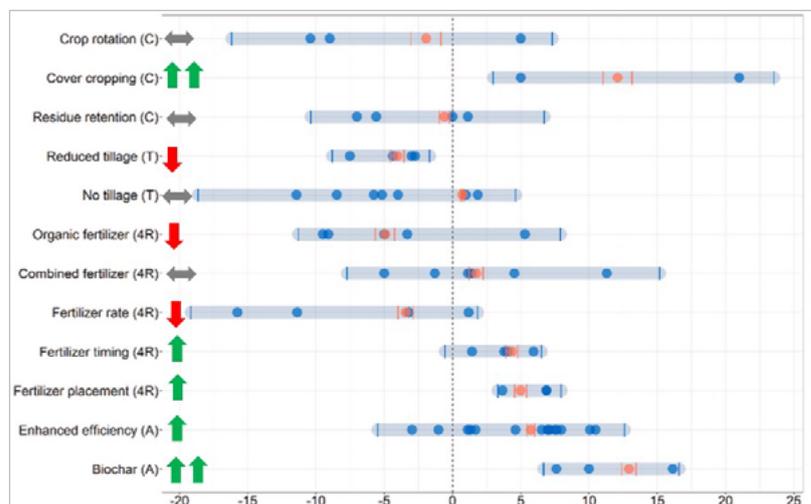


Fig. 4: Variazioni percentuali (% anno⁻¹) della resa delle colture indotte dalle pratiche agronomiche rispetto al trattamento di controllo riportate nelle figure 2 e 3. Figura corrispondente alla Fig. 3 di Young et al. (2021). Le frecce verdi indicano una risposta positiva della variabile di risposta, quelle rosse una risposta negativa, quelle grigie una risposta nulla.

tutti i trattamenti non hanno prodotto differenze significative in tutte le frazioni considerate, ad eccezione degli amici umici e fulvici che sono risultati statisticamente più bassi con la bruciatura delle stoppie (- 9%) rispetto a tutte le opzioni di interrimento.

L'impatto della gestione dei residui colturali è stato studiato da Ventrella et al. (2017) nell'ambito del Progetto "IC-FAR - Linking long term observatories with crop system modeling for better understanding of climate change impact and adaptation strategies for Italian cropping systems". La fig. 6 riporta la variazione di SOC in funzione di quattro modalità di gestione dei residui colturali riguardanti l'asportazione (RE), il mulching (ON), l'interrimento con (INN: 50 Kg N ha⁻¹ di urea prima dell'interrimento) e senza azoto (IN) per un suolo di Foggia in un'analisi di cambiamenti climatici in cui due scenari IPCC (CRP 4.5 e 8,5) sono stati confrontati con un baseline di riferimento. I risultati hanno evidenziato come l'interrimento e la pratica conservativa, basata sulla non-lavorazione e nel lasciare in superficie i residui previamente trinciati, abbiano consentito il mantenimento della fertilità, mentre l'asportazione dei residui, all'equilibrio, ha provocato una diminuzione del SOC del 20-25%.

La Fig. 7 riporta l'effetto delle pratiche agronomiche sull'emissione di CO₂ e quindi sulla respirazione di organismi e microrganismi del suolo. Pur nell'incertezza derivante da una numerosità di studi non elevata, è evidente come tutte le pratiche agronomiche che apportano C stimolano l'attività dei microrganismi del suolo aumentandone di conseguenza il tasso di decomposizione e quindi la produzione di CO₂. Così, la fertilizzazione organica ha determinato un incremento di emissioni di CO₂ del 36 %, seguita dall'interrimento o mulching con il 21 % e dall'applicazione del biochar con il 5 % anno⁻¹. La non lavorazione, l'impiego di inibitori ("enhanced efficiency fertilizer) e la lavorazione ridotta hanno invece determinato un positivo decremento di CO₂ rispettivamente del 3, 8 e 17 % anno⁻¹.

Le variazioni annuali dell'emissioni del protossido d'azoto (N₂O) sono riportate in fig. 8. I risultati in generale non mostrano chiari impatti con quasi tutti i range di medie individuali comprendenti lo zero. Come per le variazioni riguardanti il SOC (Fig. 5), anche per l'N₂O si registra l'eccezione per il biochar che avrebbe l'effetto di una forte riduzione (- 40 % anno⁻¹) delle emissioni di protossido, effetto che rappresenta un argomento di particolare interesse nella letteratura scientifica. Secondo Young et al. 2021 questo risultato è da attribuire a modificazioni indotte dal biochar sul potenziale redox e/o sul complesso di scambio, ma anche in questo caso resta il dubbio di quanto la brevità degli studi impattino sui risultati riducendone l'affidabilità.

Nonostante le incertezze incontrate, i risultati della Fig. 7 mostrano con sufficiente chiarezza i forti decrementi di emissioni ottenibili con la fertilizzazione di precisione in particolare con l'affinamento della modalità di distribuzione

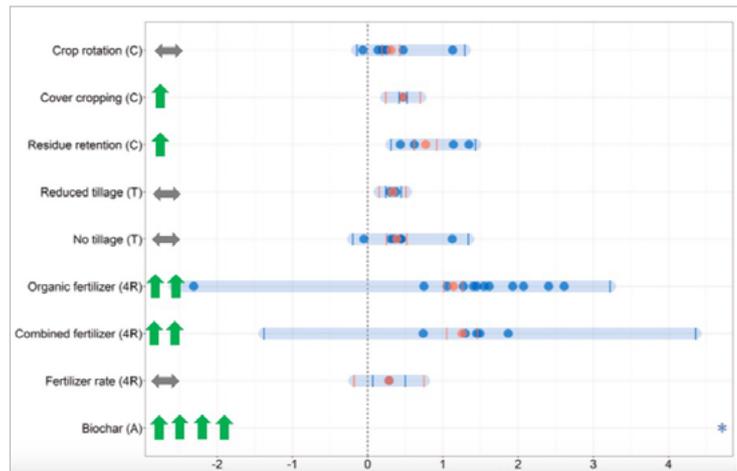


Fig. 5: Variazioni percentuali (% anno⁻¹) del Carbonio Organico del suolo indotte dalle pratiche agronomiche rispetto al trattamento di controllo riportato nelle figure 2 e 3. Figura corrispondente alla Fig. 5 di Young et al. (2021). Il significato delle frecce è riportato in Fig. 4.

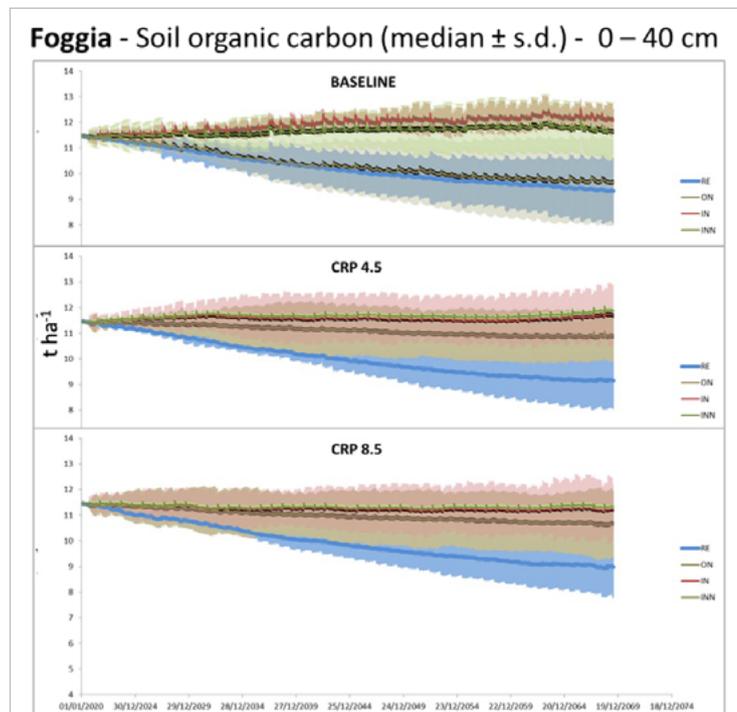


Fig. 6: Analisi climatica delle variazioni (t ha⁻¹) del Carbonio Organico del suolo per 4 trattamenti di gestione dei residui colturali. Il significato delle iniziali è riportato nel testo.

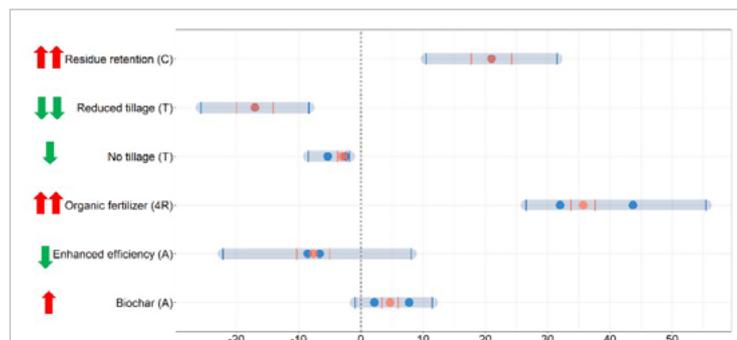


Fig. 7: Variazioni percentuali (% anno⁻¹) delle emissioni di CO₂ indotte dalle pratiche agronomiche rispetto ai rispettivi trattamenti di controllo riportati in figura 2 e 3. Figura corrispondente alla Fig. 7 di Young et al. (2021). Il significato delle frecce è riportato in Fig. 4.

(interramento contestuale o realizzato subito dopo la distribuzione), l'impiego di inibitori della nitrificazione e in misura minore della riduzione delle dosi ("Fertilizer rate (4R)"), pari rispettivamente al 36, 15 e 10 % anno⁻¹.

Infine, per quanto riguarda le emissioni ammoniacali, nello studio di Young et al. 2021 è emersa una minore incertezza rispetto a quanto riscontrato per l' N_2O con la chiara evidenza che l'applicazione di una corretta fertilizzazione di precisione, riguardante tutte le quattro opzioni del "4R", e l'impiego di inibitori dell'ureasi consentano una significativa riduzione delle emissioni di NH_3 .

L'impatto delle pratiche agronomiche sugli indicatori di risposta considerati nello studio di Young et al. (2021) varia in funzione di variabili di covarianza riguardanti il clima, la coltura, il suolo ed anche la durata degli esperimenti di campo. Ad esempio, per quanto riguarda le emissioni di N_2O la diversificazione colturale (avvicendamento, cover crop e impiego dei RC) ha emissioni più basse nei climi aridi e con suoli argillosi. Stessa tendenza si rileva per il minimum tillage in suoli argillosi e con la coltivazione del mais.

Nonostante l'elevata incertezza dei risultati emersi finora e la constatazione che l'impatto delle pratiche agronomiche varia seconda del clima e delle caratteristiche fisico-chimiche del suolo, nella tabella 1 si riporta una sintesi sulla tendenziale influenza delle pratiche stesse su resa, SOC ed emissioni. Quasi tutte le misure innovative considerate hanno un effetto positivo su almeno un indicatore pratiche, alcune di esse hanno contemporaneamente un effetto negativo. Ad esempio, l'avvicendamento favorisce il sequestro di carbonio e la riduzione delle emissioni azotate, mentre l'interramento o il mulching dei RC sono positivi per il SOC ma tendono a far aumentare le emissioni di N_2O . Altra considerazione molto importante è che la fertilizzazione di precisione è l'unica pratica agronomica, modulando la quale è possibile ottenere impatti positivi e significativi su resa, sequestro di carbonio ed emissioni azotate.

Tab. 1 – Quadro di sintesi dell'impatto di alcune pratiche agronomiche sulle variabili di risposta di resa, sequestro di Carbonio ed emissioni dei gas climalteranti

Pratiche agronomiche	Resa	Sequestro di Carbonio	Emissioni		
			N_2O	NH_3	CO_2
Avvicendamento		+	-		
Residui colturali		+	+		
Cover crop	+	+	-		
Inibitori nitrificazione	+		--		-
Inibitori ureasi	+			--	
Biochar	+	++	--		
Fertilizzazione di precisione (4R)	+	+	--	--	
Lavorazioni ridotte	-	+	+/-		-

In una recente metanalisi, Maucieri et al. (2022) hanno valutato la gestione del suolo come potenziale strumento la mitigazione delle emissioni di metano (CH_4) di origine antropica, riscontrando come la non-lavorazione abbia ridotto significativamente le emissioni di CH_4 dalle risaie (o suoli in sommersione con altre colture) e una tendenza, seppure non significativa, ad aumentarle in campi coltivati a mais.

I risultati indicano che il NT sulle emissioni di CH_4 è nullo per colture non-sommerse.

È possibile quindi una notevole riduzione delle emissioni di CH_4 in sistemi risicoli o altri sistemi di produzione che utilizzano suoli in sommersione.

Dalle indicazioni riportate in tabella 1 emerge anche la necessità di disporre di un indicatore complesso ed esaustivo che misuri la capacità di mitigazione di una pratica agronomia e, ancor meglio, di un sistema colturale. L'indicatore che ben si presta a tale scopo è il Net Global Warming Potential (NGWP) espresso in $kg\ CO_2\text{-eq}\ ha^{-1}$, descritto dalla seguente equazione da Shang et al. (2021):

$$NGWP = 34CH_4 + 298N_2O - \frac{44}{12}SOCsequestrationRate \quad (1)$$

dove

$$SOCsequestrationRate = \frac{SOCstock_{t_f} - SOCstock_{t_i}}{t_f - t_i} \quad (2)$$

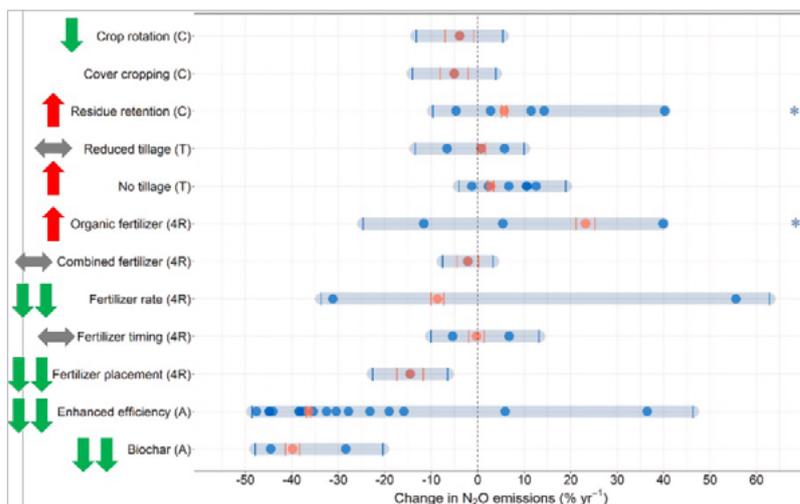


Fig. 8: Variazioni percentuali (% anno⁻¹) delle emissioni di N_2O indotte dalle pratiche agronomiche rispetto ai rispettivi trattamenti di controllo riportati in figura 2 e 3. Figura corrispondente alla Fig. 8 di Young et al. (2021). Il significato delle frecce è riportato in Fig. 4.

con SOCstock che indica il contenuto di carbonio del suolo in kg ha⁻¹ al tempo iniziale (t_i) e finale (t_f) del periodo considerato. Il GWP con l'eq. 1 esprime il potenziale di mitigazione rapportato all'unità di superficie, trattasi quindi di un indicatore areico.

Un'analisi esaustiva richiede di esprimere la capacità di mitigazione anche in rapporto alla produttività del sistema colturale e pertanto è necessario considerare un altro indicatore che viene definito come "Greenhouse gas intensity" (GHGI) espresso in kg CO₂-eq ha⁻¹ kg⁻¹ ed è definito dalla seguente equazione:

$$GHGI = \frac{NGWP}{yield} \quad (3)$$

dove yield rappresenta la resa della coltura espressa in kg ha⁻¹.

Gli indicatori NGWP e GHGI sono quindi indicatori sintetici che, rapportati rispettivamente alla superficie coltivata o all'unità di prodotto, descrivono la capacità di mitigazione di una pratica colturale o di un sistema colturale sulla base del sequestro di carbonio verificatosi nell'unità di tempo e delle emissioni dei principali gas climalteranti dell'agricoltura, e cioè il CH₄ e l'N₂O. La non inclusione della CO₂ in questi due indicatori deriva dal fatto che si ritiene che le relative emissioni nette siano compensate dalla produttività primaria netta e dalla fissazione atmosferica fino a contribuire per meno dell'1% per il GWP dell'agricoltura (Smith et al., 2007).

L'NGWP e i GHGI possono includere anche le emissioni indirette equivalenti (GWP_{inputs}) relativi alle irrigazioni, lavorazioni e fertilizzazione con la seguente equazione proposta Ghimire et al. (2017):

$$Net\ GWP = GWP_{inputs} + GWP_{CH_4} + GWP_{N_2O} + GWP_{SOC} \quad (4)$$

con GWPSOC che rappresenta la CO₂ equivalente della perdita o aumento di SOC, rispettivamente come positivo e negativo GWP.

In Conclusione, da quanto riportato in questa nota la numerosità dei fattori coinvolti (clima, suolo, pianta, microrganismi, falda, agronomia), la complessità delle relazioni e delle interazioni, anche di tipo nonlineare, tra pratiche agronomiche e intensità di emissioni dei gas climalteranti e sequestro di carbonio nel suolo, richiedono strumenti di analisi potenti, affidabili e scientificamente basati.

Contestualmente emerge anche la necessità di determinare la capacità o efficacia di mitigazione, attraverso il net global warming potential, includendo o meno le emissioni indirette, degli interi sistemi colturali e non delle singole pratiche agronomiche con l'intento di riprogettare i sistemi colturali, ottimizzandoli per ridurre il loro GWP ed aumentare la loro sostenibilità in termini di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici in contesti definiti a scala territoriale dal punto di vista pedoclimatico, agronomico e socio-economico.

Analisi complesse come questa finalizzata alla determinazione del Global warming Potential dei sistemi colturali, possono essere utilmente svolte attraverso l'impiego di modelli di simulazione, grazie alla loro ampia disponibilità, crescenti affidabilità e potenza di calcolo, soprattutto se accoppiati ad informazioni derivanti da remote sensing, intelligenza artificiale e applicativi per la determinazione del Life Cycle Assessment. Un'ampia review sui modelli di simulazione più utilizzati a tale scopo è stata recentemente elaborata da Wang et al. 2021. Oltre ai dieci modelli proposti dagli Autori, in conclusione di questa nota, vogliamo segnalare il modello ARMOSA sviluppato dal Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali dell'Università degli Studi di Milano che simula lo sviluppo e l'accrescimento della coltura, il bilancio del suolo di carbonio e azoto con i flussi all'interfaccia dell'atmosfera e della falda acquifera, le variazioni della caratteristiche fisico-chimiche indotte dalle pratiche agronomiche con l'inclusione dei più recenti algoritmi proposti in letteratura (Perego et al., 2013). Infine, nell'ambito del Progetto AGRIDIGIT/AGROMODELLI (<https://www.progettoagridigit.it/il-progetto/agromodelli>) è in corso lo sviluppo di una soluzione modellistica la piattaforma simulativa BioMA (<https://en.wikipedia.org/wiki/BioMA>), denominata CRONO, volta appunto alla dettagliata descrizione del ciclo di carbonio ed azoto del suolo, includendo i flussi emissivi in atmosfera di CO₂, CH₄ e N₂O.

2. Abstract

In un contesto di cambiamenti climatici, l'obiettivo di questo lavoro è stato quello di analizzare le pratiche agronomiche per la loro capacità ed efficacia di mitigazione, in altre parole di individuare le leve agronomiche attraverso le quali l'imprenditore agricolo può ridurre l'emissione dei gas climalteranti, ottimizzando così i sistemi colturali con un approccio integrato che preservi la produttività delle colture e la fertilità del suolo. Dopo aver esaminato l'impatto delle principali pratiche agronomiche (avvicendamento, cover-crop, gestione dei residui colturali, lavorazioni e fertilizzazione/ammendamento) su resa colturale, carbonio organico del suolo, emissioni di anidride carbonica (CO₂), protossido di azoto (N₂O) ed ammoniaca (NH₃), gli Autori giungono alle seguenti conclusioni e/o raccomandazioni:

- la fertilizzazione di precisione si è dimostrata l'unica pratica agronomica, modulando la quale è possibile ottenere impatti positivi e significativi su tutti gli indicatori esaminati e cioè su resa, sequestro di carbonio ed emissioni azotate.
- occorre far affidamento su indicatori esaustivi in grado di descrivere la capacità di mitigazione in termini di emissioni di gas climalteranti e sequestro di carbonio nel suolo, quali il Global Warming Potential e Greenhouse gas intensity;
- è importante analizzare la capacità di mitigazione facendo riferimento non alle singole pratiche colturali ma all'intero sistema coltura;
- analisi complesse, come quelle finalizzate alla determinazione del Global warming Potential dei sistemi colturali, possono essere utilmente svolte attraverso l'impiego di modelli di simulazione, grazie alla loro ampia disponibilità, crescente affidabilità ed elevata potenza di calcolo.

3. Ringraziamenti

L'articolo è stato scritto nell'ambito delle attività del progetto AgriDigit-Agromodelli (DM n. 36502 del 20/12/2018), finanziato dal Ministero dell'Agricoltura, della sovranità alimentare e delle foreste e dal progetto DIVERFARMING - Crop diversification and low-input farming across Europe: from practitioners' engagement and ecosystem services to increased revenues and value chain organisation (H2020-N. 728003).

4. Bibliografia

1. Ghimire R., Norton U., Bista P., Obour A.K., Norton J.B. 2017. Soil organic matter, greenhouse gases and net global warming potential of irrigated conventional, reduced-tillage and organic cropping systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 107: 49–62.
2. IPCC, 2022: Summary for Policymakers [H.-O.Pörtner et al. (eds.)]. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [H.-O.Pörtner, et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3–33, doi:10.1017/9781009325844.001.
3. Maucieri C., Tolomio M., McDaniel M.D., Zhang Y., Robotjazi J., Borin M. 2021. No-tillage effects on soil CH₄ fluxes: A meta-analysis. *Soil & Tillage Research*, 212:105042.
4. Perego A., Giussani A., Sanna M., Fumagalli M., Carozzi M., Alfieri L., Brenna S., Acutis M. 2013. The ARMOSA simulation crop model: overall features, calibration and validation results. *Italian Journal of Agrometeorology* - 3/2013
5. *Rivista Italiana di Agrometeorologia* - 3/2013
6. Shang Q., Cheng C., Wang J., Luo K., Zeng Y., Yang X. 2021. Net global warming potential, greenhouse gas intensity and carbon footprint as affected by different tillage systems from Chinese double-cropping paddy fields. *Soil & Tillage Research*, 209:104947. Smith P., Martino D., Cai Z., Gwary D., Janzen H., Kumar P., McCarl B., Ogle S., O'Mara F., Rice C., Scholes B., Sirotenko O. 2007. Agriculture. In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
7. Ventrella D., Vonella A.V., Fornaro F., Mastrangelo M. 2011. Effetti della Gestione delle Stoppie e dei Residui Colturali sulla Produttività del Frumento Duro Coltivato in Monosuccessione nell'Italia Meridionale. *Atti XL Convegno SIA* (M. Pisante, F. Stagnari Ed.), Teramo (Italia), ISBN 9788 8902 27936, 48-49.
8. Ventrella D., Giglio L., Bindi M., Basso B., Bonciarelli U., Dalla Marta A., Danuso F., Doro L., Ferrise R., Fornaro F., Garofalo P., Ginaldi F., Iocola I., Merante P., Mula L., Onofri A., Orlandini S., Pasqui M., Tomozeiu R., Villani G., Vonella A.V., Roggero P.P. 2017. Assessment of crop residues management as strategy of adaptation and mitigation to climate change. In: F. Ventura, G. Seddaiu, G. Cola (a cura di), *Atti del XX Convegno AIAM e XLVI Convegno SIA*. Milano, 12-14 settembre, DOI 10.6092/unibo/amsacta/5692, 263-265.
9. Wang C., Amon B., Schulz K., Mehdi B. 2021. Factors That Influence Nitrous Oxide Emissions from Agricultural Soils as well as Their Representation in Simulation Models: A Review. *Agronomy* 2021, 11, 770.
10. Young M.D., Ros G.H., de Vries W. 2021. Impacts of agronomic measures on crop, soil, and environmental indicators: A review and synthesis of meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 319:107551.

Le diapositive presentate durante il Convegno sono disponibili al seguente link:

https://www.fidaf.it/wp-content/uploads/2022/10/06.10.2022_-Domenico-VENTRELLA-e-Roberta-FARINA_-La-mitigazione-dei-cambiamenti-climatici-attraverso-la-decarbonizzazione-dei-sistemi-agricoli-e-forestali-1.pdf

La mitigazione dei cambiamenti climatici con l'agricoltura conservativa

Tommaso Tadiello, Marco Acutis, Alessia Perego

Università di Milano

Le diapositive presentate durante il Convegno sono disponibili al seguente link:

https://www.fidaf.it/wp-content/uploads/2022/10/06.10.2022_-Marco-ACUTIS_La-mitigazione-dei-cambiamenti-climatici-con-lagricoltura-conservativa-1.pdf



Agroecologia come base scientifica per la mitigazione dei cambiamenti climatici

Stefano Canali

CREA

Le diapositive presentate durante il Convegno sono disponibili al seguente link:

https://www.fidaf.it/wp-content/uploads/2022/10/06.10.2022_Stefano-CANALI_Agroecologia-come-base-scientifica-per-la-mitigazione-dei-cambiamenti-climatici-1.pdf



La mitigazione dei (e l'adattamento ai) cambiamenti climatici nell'agroforestry

Adolfo Rosati

Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca olivicoltura, frutticoltura e agrumicoltura.

Determinare il potenziale dell'agroforestry nel contribuire alla mitigazione del cambiamento climatico (o a qualsiasi altro obiettivo) è molto difficile perché l'agroforestry include una serie molto eterogenea di pratiche con impatto evidentemente differenziato. Infatti, l'agroforestry o agroforestazione (da non confondersi con agro-forestazione, col trattino, cioè l'insieme del settore agricolo e forestale), è la coltivazione di almeno una specie legnosa perenne (alberi, ma anche arbusti e liane, quindi anche vite e piccoli frutti per intenderci), insieme a coltivazioni erbacee e/o pascolo sullo stesso terreno (Lundgren, 1982). L'agroforestry include quindi sistemi silvoarabili (alberi + colture erbacee), sistemi silvopastorali (alberi + pascolo) e sistemi agrosilvopastorali (tutti e tre gli elementi). Una completa descrizione e classificazione dei vari sistemi possibili esula dagli obiettivi di questo articolo, ma vale la pena di citare almeno sommariamente i sistemi più tipici. I sistemi silvoarabili includono diverse forme di combinazione dei due elementi: colture tra filari di alberi (alley cropping), alberi a bordo dei campi (siepi campestri, alberi camporilli, ma anche fasce tampone lungo le rive dei corsi d'acqua, ecc.), coltivazioni nella foresta (forest farming) o consociate a frutteti, oliveti o vigneti. Similmente, i sistemi silvopastorali includono pascolo in pascoli arborati, con alberi in filari o sparsi, ma anche pascolo in foresta o in frutteti/oliveti/vigneti. I sistemi agrosilvopastorali possono essere ancora più vari, per esempio includendo pascolo e colture erbacee in rotazione su terreno arborato in vario modo (filari, alberi sparsi, foresta, frutteti/oliveti/vigneti). Il principio base dell'agroforestazione è lo stesso di qualunque consociazione in agroecologia: una consociazione ben disegnata sfrutta le complementarità tra le diverse componenti nell'uso delle risorse, portando ad una sovrapproduzione rispetto alle monoculture separate. Un esempio per tutti è quello della consociazione di una specie erbacea a ciclo autunno-vernino consociata ad una coltura arborea caducifolia: la coltura erbacea sfrutta acqua, luce e nutrienti in un periodo in cui l'albero è dormiente e spoglio, riducendo la competizione e aumentando così la produzione per unità di superficie. L'adozione di un sistema agroforestale può contribuire alla mitigazione del cambiamento climatico in modo differente non solo in base al tipo di sistema, come è ovvio, ma anche in base a come lo stesso sistema è stato raggiunto: piantare alberi in un seminativo non è la stessa cosa che seminare sotto degli alberi già presenti. Nel primo caso si stoccherà molto carbonio in più nel sistema, via via che gli alberi crescono, mentre nel secondo caso, rompendo un inerbimento permanente per inserire una coltura arata sotto un arboreto esistente, si potrebbe invece ridurre il livello di carbonio stoccato nel terreno, rilasciandolo in atmosfera. In conclusione, non si può generalizzare l'effetto dell'agroforestry, ma bisogna distinguere pratica per pratica.

Ciononostante, quando si parla di adozione di sistemi agroforestali per mitigare il cambiamento climatico, più frequentemente si intende la trasformazione di seminativi e di pascoli "nudi" in seminativi e pascoli arborati. In questo ambito, si può tentare una certa generalizzazione, in quanto quasi invariabilmente inserire l'albero nel sistema comporta un aumento del carbonio stoccato nella biomassa arborea epigea ed ipogea, mentre il carbonio del suolo può aumentare o meno, come vedremo. Questa generalizzazione è stata tentata in diverse review e metanalisi che hanno passato in rassegna moltissimi lavori pubblicati sull'effetto dell'impianto di sistemi agroforestali sul carbonio organico del suolo (COS) e, più in generale, sul sequestro e stoccaggio del carbonio. Tra queste pubblicazioni, qui farò riferimento in particolare ad alcune delle più recenti (Cardinael et al., 2018; Kay et al., 2019; Ma et al., 2020). Da queste metanalisi appaiono evidenti alcuni fenomeni. La conversione di seminativi in sistemi agroforestali, con l'impianto di specie arboree nel seminativo, comporta un aumento del COS, grazie all'apporto di materia organica da parte dell'albero (lettiera, turnover radicale, materiale di potatura) e della eventuale striscia inerbita e non lavorata sotto la fila degli alberi. Inoltre, l'ombreggiamento dovuto all'albero comporta una riduzione della temperatura del suolo che può rallentare la mineralizzazione. Il tasso di stoccaggio aggiuntivo (sequestro netto) annuale dovuto all'aumento del COS è molto variabile ma mediamente si aggira intorno a 0,75 t/ha/anno di carbonio (Cardinael et al., 2018). La conversione di pascoli in sistemi agroforestali, invece, mediamente non comporta un incremento di COS. Questa differenza è dovuta al diverso livello di COS di partenza: i seminativi ne sono poveri e l'aumento degli input di carbonio nel suolo incrementano facilmente il COS, mentre nei pascoli il COS è generalmente già alto in partenza, grazie all'alto input del cotico erboso. In questa situazione, l'aumento degli input organici da parte dell'albero è relativo e può persino essere più che compensato dal diradamento del cotico erboso che si verifica all'ombra degli alberi.

Indipendentemente dalla situazione di partenza del suolo, l'impianto di sistemi agroforestali è sempre efficace nello stoccare carbonio nella biomassa dell'albero che si accresce nel tempo. Anche in questo caso i numeri sono molto variabili (0,06-7,29 t/ha/anno di carbonio; Kay et al., 2019; Ma et al., 2020). Questa grande variabilità è dovuta agli innumerevoli fattori che influenzano la capacità di crescita degli alberi e quindi lo stoccaggio, tra i quali il sistema agroforestale considerato, il pedoclima, il numero di alberi per ettaro, la specie e il numero delle specie, il disegno e la gestione del sistema (sesto d'impianto, potatura, lavorazioni, ecc.). Nonostante questa grande variabilità, il tasso di stoccaggio aggiuntivo di C dovuto all'accrescimento della biomassa dell'albero è mediamente più alto di quello dovuto all'incremento di COS.

Questo fa dell'agroforestry la pratica agricola con il più alto potenziale di stoccaggio aggiuntivo e quindi di sequestro

della CO₂ atmosferica, rispetto a tutte le altre pratiche agricole stoccanti, come la non-lavorazione, la trasformazione di prati coltivati in pascoli permanenti, l'inerbimento temporaneo o permanente di vigneti/frutteti/oliveti, ecc. Secondo uno studio francese (Pellerin et al., 2020), il potenziale di stoccaggio aggiuntivo di COS dell'agroforestry nel suo complesso, in Francia, è di 1,432 t/ha/anno di CO₂ equivalente (CO₂e) (corrispondente a 0,391 t/ha/anno di carbonio), secondo solo a quello dell'inerbimento permanente dei vigneti (1,701 t/ha/anno di CO₂e), ma superiore a quello di tutte le altre pratiche stoccanti considerate. Se però si considera anche lo stoccaggio dovuto alla biomassa arborea, l'agroforestry supera di gran lunga tutte le altre pratiche, con 5,306 t/ha/anno di CO₂e.

Considerando questo valore rappresentativo anche per la situazione italiana, ne deriva che se si impiantassero sistemi agroforestali sui circa 10 milioni di ettari di seminativi italiani, si otterrebbe un sequestro di circa 53 Mt/anno di CO₂e, cioè circa il 15-18% delle emissioni antropogeniche italiane e ben superiore al totale delle emissioni agricole italiane. Se si considerassero valori di tasso di sequestro più alti rispetto a quelli dello studio francese, come quelli riportati da Ma et al. (2020), che sono circa 3 volte superiori, la percentuale di emissioni nazionali che l'agroforestry potrebbe sequestrare sarebbe molto più alta e prossima al 50% delle emissioni italiane.

Questi numeri sono incoraggianti e indicano il ruolo che l'agroforestazione potrebbe giocare nel mitigare il cambiamento climatico dovuto alle emissioni climalteranti. Vanno però fatte le dovute considerazioni. Innanzi tutto, è improbabile che l'agroforestry verrà o potrà essere applicata su una larghissima percentuale dei seminativi. Va poi evidenziato che la capacità di sequestro è temporanea e limitata al periodo in cui lo stoccaggio aumenta, grazie all'aumento di COS e di biomassa arborea stoccata. Questo periodo, secondo la stessa letteratura citata, varia da poche decine di anni ad un secolo, dopodiché si raggiunge un nuovo equilibrio e lo stoccaggio rimane costante nel tempo, per cui il sequestro diviene nullo. Non solo, ma se gli alberi vengono rimossi, si ritorna lentamente alla situazione precedente, salvo che il legno venga impiegato per usi che ne consentano lo stoccaggio anche successivamente al taglio degli alberi. Quindi l'impianto di sistemi agroforestali, come del resto quello di sistemi forestali, non costituisce una soluzione permanente, al contrario della riduzione permanente delle emissioni. Inoltre, l'agroforestry ha anche altri limiti: via via che gli alberi crescono, l'ombra aumenta e riduce la resa delle colture sottostanti. Se l'albero è da frutto, la sua produzione può compensare o, in un sistema ben progettato, più che compensare tale perdita: si giunge così ad un sistema più produttivo (questo è il principio base dell'agroforestazione descritto sopra). Se invece l'albero non dà produzione alimentare e la resa della coltura sottostante si riduce, allora, a parità di fabbisogno, si dovrà aumentare la superficie coltivata. Questo potrebbe vanificare i vantaggi dell'agroforestazione in termini di sequestro.

D'altro canto va considerato che i vantaggi dell'agroforestazione non si riducono al sequestro di carbonio, ma includono molti altri servizi ecosistemici come l'aumento e la protezione della biodiversità, della qualità suolo/acqua/aria, del valore estetico/paesaggistico, la riduzione dell'erosione e della lisciviazione. L'agroforestazione, inoltre, fornisce occasioni di adattamento climatico, come vedremo di seguito. Quindi la scelta di impiantare sistemi agroforestali è una scelta complessa che deve considerare attentamente molti diversi fattori, anche se resta chiaro il grosso potenziale che essa può giocare nella mitigazione del cambiamento climatico.

Quando detto sinora vale per l'impianto di specie arboree in terreni non arborati, ma anche se gli alberi sono già presenti, l'adozione dell'agroforestazione, cioè l'inserimento nell'agrosistema di altre colture ed allevamenti consociati, può portare vantaggi in termini di mitigazione (sequestro di carbonio) e adattamento climatico (oltre che vantaggi produttivi e di servizi ecosistemici). Infatti, sempre nello studio francese (Pellerin et al., 2020), la pratica più sequestrante, se si considera solo il COS, risulta essere l'inerbimento permanente dei vigneti, con 1,701 kg/ha/anno di CO₂e. I frutteti non sono stati considerati perché, secondo gli autori, in Francia sono già inerbiti e quindi non ci sono altri spazi per incrementare lo stoccaggio. Laddove però vigneti, frutteti e oliveti non fossero già inerbiti, l'inerbimento, permanente o temporaneo comporterebbe un aumento di SOC e quindi un notevole sequestro aggiuntivo di C. Se poi l'inerbimento viene utilizzato come foraggio, pascolato direttamente o meno, la produzione foraggera che se ne ottiene comporta un risparmio in superficie coltivata a foraggio altrove, con relativo risparmio anche in termini di emissioni. Considerando che nel mondo ci sono circa 150 milioni di ettari a colture permanenti e che la maggior parte di questi non sono adeguatamente sfruttati per il loro potenziale di co-produzione foraggera (ma anche ci colture consociate non foraggere), una loro utilizzazione in tal senso comporterebbe una notevole opportunità di riduzione (o di non aumento) della superficie coltivata altrove, con notevole risparmio in termini di emissioni, sia dirette (coltivazione) che di cambiamento d'uso del suolo (deforestazione). L'agricoltura è responsabile per circa un quarto delle emissioni antropiche. Delle emissioni agricole, la maggior parte è dovuta al settore zootecnico, in particolare alla produzione di foraggi e mangimi. L'integrazione della zootecnia con le colture permanenti potrebbe dare un contributo notevole a ridurre la coltivazione dei foraggi e le relative emissioni. Oltre al potenziale foraggero dovuto all'inerbimento, ci sono altre possibilità. Nel caso dell'olivo per esempio (11 milioni di ettari globalmente), anche i residui di potatura rappresentano una risorsa foraggera oggi inutilizzata, la cui utilizzazione comporterebbe riduzioni di superficie coltivata e relative emissioni. Infatti, essendo l'olivo una specie sempreverde, i residui di potatura sono costituiti per il 50% da foglie e rametti appetiti da bestiame di diverse specie. Inoltre, anche la sansa di oliva, una volta denocciolata, rappresenta una ulteriore risorsa foraggera, così come i frutti caduti prima e durante la raccolta.

L'agroforestazione contribuisce non solo alla mitigazione, ma anche all'adattamento climatico: gli alberi apportano ombra, creando ampie possibilità di adattamento climatico, sia per animali allevati che per le colture. Lo stress da caldo ha un enorme impatto negativo non solo sul benessere degli animali, ma sulla loro produttività. Il dipartimento dell'agricoltura degli Stati Uniti (USDA) ha calcolato che lo stress da caldo comporta perdite pari a 1,2 miliardi di dollari/anno soltanto per il settore lattiero-caseario degli USA, con perdite medie di 39 mila \$/azienda. Rinfrescare gli animali con l'ombra degli animali ne aumenta il benessere, le ore di pascolamento e la performance produttiva. Questo, oltre ad aumentare e il reddito dell'agricoltore, riduce le emissioni per unità di prodotto. L'ombra degli alberi, nella giusta dose, può anche migliorare la produttività delle colture sottostanti, specialmente nei casi di alte temperature e stress idrico (Arena-Corraliza et al., 2018), anche se i dati in tal senso non sono ancora molto chiari ed occorre approfondire gli studi.

Se gli alberi sono utili alla zootecnia, anche gli animali possono essere utili alle coltivazioni arboree. Per esempio quando gli animali forniscono diserbo e concimazione o controllo di fitofagi, facendo risparmiare così sui costi, ma anche sulle relative emissioni (Paolotti et al., 2016).

Conclusione

In conclusione, l'agroforestry può dare un significativo contributo alla mitigazione (sequestro e stoccaggio del C) e all'adattamento al cambiamento climatico, sia piantando alberi in seminativi e pascoli, ma anche adottando pratiche agroforestali in arboreti già presenti. La molteplicità dei sistemi e delle pratiche agroforestali comporta la necessità di approfondire gli studi per meglio quantificarne il potenziale contributo.

Bibliografia

- Arenas-Corraliza, M.G., López-Díaz, M.L. and Moreno, G., 2018. Winter cereal production in a Mediterranean silvoarable walnut system in the face of climate change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 264, pp.111-118.
- Cardinael, R., Umulisa, V., Toudert, A., Olivier, A., Bockel, L. and Bernoux, M., 2018. Revisiting IPCC Tier 1 coefficients for soil organic and biomass carbon storage in agroforestry systems. *Environmental Research Letters*, 13(12), p.124020.
- Kay, S., Rega, C., Moreno, G., den Herder, M., Palma, J.H., Borek, R., Crous-Duran, J., Freese, D., Giannitsopoulos, M., Graves, A., Jäger, M., Lamersdorf, N., Memedemin, D., Mosquera-Losada, R., Pantera, A., Paracchini, M.L., Paris, P., V.Roces-Díaza, J., Rolo, V., Rosati, A., Sandor, M., Smith, Jo., Szerencsits, E., Varga, A., Viaud, V., Wawer, R., Burgess, P.J., Herzog, F., 2019. Agroforestry creates carbon sinks whilst enhancing the environment in agricultural landscapes in Europe. *Land use policy*, 83, pp.581-593.
- Key, N., Sneeringer, S. and Marquardt, D., 2014. Climate change, heat stress, and US dairy production. *USDA-ERS Economic Research Report*, (175).
- Ma, Z., Chen, H.Y., Bork, E.W., Carlyle, C.N. and Chang, S.X., 2020. Carbon accumulation in agroforestry systems is affected by tree species diversity, age and regional climate: A global meta-analysis. *Global Ecology and Biogeography*, 29(10), pp.1817-1828.
- Lundgren, B. and Raintree, T.B., 1982. *Agroforestry*.
- Pellerin, S., Bamière, L., Launay, C., Martin, R., Schiavo, M., Angers, D., Augusto, L., Balesdent, J., Basile-Doelsch, I., Bellassen, V. and Cardinael, R., 2020. Stocker du carbone dans les sols français. Quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1000 et à quel coût? (Doctoral dissertation, INRA).
- Paolotti, L., Boggia, A., Castellini, C., Rocchi, L. and Rosati, A., 2016. Combining livestock and tree crops to improve sustainability in agriculture: a case study using the Life Cycle Assessment (LCA) approach. *Journal of Cleaner Production*, 131, pp.351-363.

Le diapositive presentate durante il Convegno sono disponibili al seguente link:

https://www.fidaf.it/wp-content/uploads/2022/10/06.10.2022_Adolfo-ROSATI_La-mitigazione-dei-cambiamenti-climatici-nellagroforestry-1.pdf

Il carbonio organico nei suoli forestali

Tommaso Chiti

DIBAF – Dipartimento per la Innovazione nei sistemi Biologici, Agro-alimentari e Forestali, Università della Tuscia.

CMCC – Fondazione Centro Euromediterraneo sui Cambiamenti Climatici

Abstract

The organic carbon of forest soils represents the main carbon reservoir in forest ecosystems. The aim of the present work is to provide an overview of the data available at the Italian level on the SOC content in forests, specifically analyzing how the forest category is treated within the National Inventory of Emissions and Removals, and how the accuracy of the Inventory can possibly be increased based on the most recent data available from the scientific literature. In particular, this work analyzes the possibility of using international databases such as LUCAS, but also the presence of new data related to the impact of sustainable forest management practices and the process of natural recolonization of abandoned pastures and crops on SOC content. The analysis shows that the use of the LUCAS database for inventory purposes cannot be adopted due to the small number of samples nationwide for the various land use categories. However, LUCAS can be used to assess the SOC dynamics occurring at the forestland category SOC pool. With regard to sustainable forest management, data on the changes occurring at the SOC pool are not yet sufficient to define the extent of change in the SOC stock that can be achieved after the application of sustainable forest management practices. Some projects at the national level are underway on the subject and may allow in the short term to quantify the impact on SOC of various types of management. Concerning the natural recolonization process on abandoned pastures and croplands, at the Italian level the situation is quite clear, and the number of data available to describe this process, which lead to the new forest formations is consistent for characterizing the SOC pool. In conclusion, the production of a database at the national level that characterizes the SOC of the various forest types, combined with the use of models for the prediction of future SOC dynamics appears to be a possible solution to increase the degree of accuracy of the inventory.

Keywords: Forest management; Forest soils; Soil organic carbon;

Lo scopo del presente lavoro è quello di fornire una panoramica sui dati presenti a livello italiano circa il contenuto di carbonio organico dei suoli (SOC) forestali andando ad analizzare nello specifico i seguenti punti:

- a. Il carbonio nei suoli forestali e l'inventario Nazionale delle emissioni
- b. L'utilizzo del database di suolo Europeo LUCAS 2009-2012-2018
- c. La gestione forestale e il SOC
- d. La ricolonizzazione naturale di pascoli e coltivi abbandonati e il SOC
- e. Le afforestazioni in ambito urbano e periurbano

a) Il carbonio nei suoli forestali e l'inventario Nazionale delle emissioni

All'interno dell'inventario Nazionale delle emissioni e degli assorbimenti (NIR), che viene redatto annualmente da ISPRA, per quanto riguarda la categoria "Forestland remaining Forestland" le variazioni di carbonio organico dei suoli non vengono riportate, utilizzando così il grado più basso permesso dalle attività di reporting Internazionali, ovvero il Tier 1, con l'assunzione che il SOC sia in equilibrio. Viene quindi dimostrato all'interno del NIR che i suoli forestali italiani non sono una fonte di emissione di CO₂, ma che molto probabilmente sono un sink, quindi, il fatto di considerare il SOC all'equilibrio rappresenta un'assunzione conservativa. Il fatto che sia stata fatta questa scelta è anche dovuta alla mancanza di dati circa la gestione forestale a livello italiano, unita ad una mancanza di inventari ripetuti nel tempo per la valutazione del SOC, a parte l'inventario che è stato effettuato nel 2008 per l'inizio del protocollo di Kyoto. Dato che a Livello Europeo è richiesto di aumentare l'accuratezza nelle attività di reporting, vediamo quindi come questa può essere aumentata relativamente al SOC utilizzando prodotti e/o dati attualmente disponibili.

b) L'utilizzo del database di suolo Europeo LUCAS 2009-2012-2018

Il database LUCAS rappresenta l'unico inventario del carbonio organico dei suoli che viene ripetuto nel tempo. Si tratta di un database Europeo che ha visto la sua prima campagna di misurazioni nel 2009, e che poi è stato ripetuto nel tempo, nel 2015 e nel 2018. Essendo recentemente stati resi disponibili i dati della campagna di misure del 2018, si hanno ora a disposizione dati relativi a 9 anni, che possono quindi permettere di valutare possibili variazioni nel contenuto di SOC a livello Nazionale. Per poter essere utilizzato all'interno dell'Inventario, LUCAS presenta alcune problematiche: a) il Database contiene dati di SOC relativi ai primi 20 cm di suolo minerale, mentre il reporting internazionale considera come profondità minima i primi 30 cm, e b) non viene misurata la densità del suolo, essenziale per trasformare la concentrazione di SOC in una quantità riferita ad una superficie (es. Mg C ha⁻¹). Queste due problematiche potrebbero essere superate tramite alcune elaborazioni come dimostrato all'interno del Progetto LIFE MediNet (<https://www.lifemedinet.com>), dove per trasformare la profondità da 0-20 cm a 0-30 cm, è stato creato un database parallelo raccogliendo tutti i dati disponibili dalla letteratura scientifica sul contenuto di SOC nei primi 30 cm così da poter derivare un fattore per la quantità contenuta tra i 20 e i 30 cm di profondità che poi poteva essere confidentemente applicato ai primi 20 cm di

LUCAS per riportare quindi lo stock di SOC a 30 cm di profondità ed usato quindi utile ai fini dell'Inventario. Il problema della densità del suolo non misurata all'interno di LUCAS può essere egualmente superato visto che il database LUCAS riporta tutti i dati utili (es. tessitura e SOC) per poter applicare le cosiddette "Pedotransfer functions", ovvero funzioni che permettono il calcolo della densità sulla base di altri parametri del suolo. Le funzioni pedotransfer devono essere validate prima della loro applicazione, ma esistono database liberamente utilizzabili a questo scopo, come quelli messi a disposizione dall'ISRIC – World Soil Information (<https://www.isric.org>).

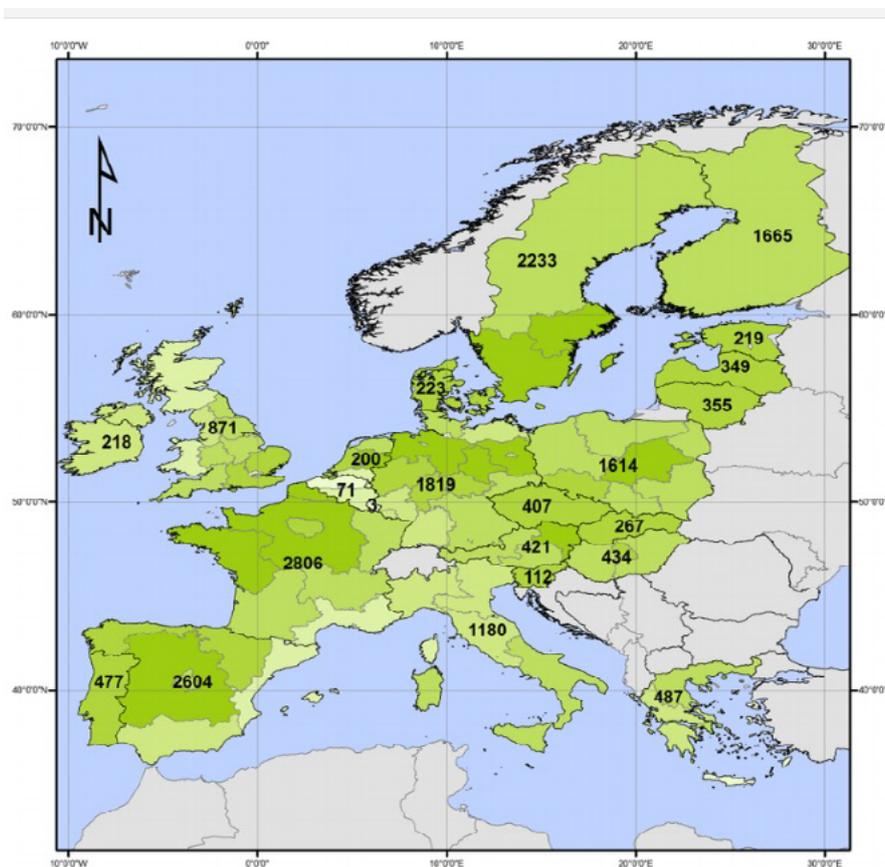


Figura 1: Densità di campionamento del database LUCAS SOIL per unità territoriali europee, livello 1 (NUTS 1). Le etichette della mappa indicano il numero totale di campioni per Paese. La figura deriva dallo studio di Stevens et al. (2013).

In generale il fattore che previene la possibile applicazione di LUCAS per gli scopi del NIR a livello nazionale è l'esiguo numero di punti campionari che ricadono sul territorio italiano (Figura 1). Infatti, il numero totale dei punti di campionamento oscilla tra i 1100 e 1600 secondo le campagne di misura, che se poi stratificati per i vari tipi di usi del suolo riducono ulteriormente i punti che possono andare a caratterizzare adeguatamente un particolare uso del suolo. Ciononostante, LUCAS potrebbe essere utilizzato per studiare le dinamiche del SOC utili a capire se per le foreste sia necessario riportare il SOC. Infatti, il database LUCAS è stato recentemente utilizzato a livello italiano per una pubblicazione internazionale (Khan e Chiti 2022), mostrando come si osservino variazioni significative nello stock di SOC per le principali categorie di uso del suolo durante il periodo 2009-2015, lasciando quindi presupporre che l'utilizzo dei dati relativi al 2018 possa portare ad un'analisi delle dinamiche del SOC ancora più precisa e robusta.

c) La gestione forestale e il SOC

Riguardo la gestione forestale i dati relativi ai cambiamenti che avvengono al pool di SOC non sono ancora sufficienti a definire quale sia l'entità del cambiamento nello stock di SOC che si può ottenere dopo l'applicazione di interventi di gestione forestale sostenibile. Vari studi che vedono impegnata l'Università degli Studi della Tuscia sono attualmente in corso in varie parti del territorio italiano, prendendo in considerazione i principali tipi di interventi sostenibili che vengono applicati alle foreste, in particolare la conversione dei cedui all'alto fusto che riguarda buona parte dei boschi appenninici di latifoglie, e vari tipi di tagli selettivi che invece riguardano i boschi di alto fusto di conifere localizzati nell'arco Alpino. Al momento sono in corso le analisi riferite a quattro foreste appenniniche localizzate nelle Marche e a sei foreste Alpine (quattro in Piemonte e due in Trentino-Alto Adige). Dati preliminari evidenziano come la gestione forestale sostenibile abbia un'influenza positiva sul pool di SOC nel medio periodo, ovvero dopo 15-20 anni dall'intervento, mentre variazioni positive a carico del pool della biomassa epigea sono osservabili in un lasso di tempo più ridotto, circa 10 anni.

d) La ricolonizzazione naturale di pascoli e coltivi abbandonati e il SOC

Un punto importante riguardo le foreste e il contenuto di SOC è rappresentato dal C stoccato nei suoli delle foreste di neoformazione a seguito del processo di ricolonizzazione naturale di pascoli e coltivi abbandonati. A livello italiano la situazione inizia ad essere abbastanza chiara, così come il numero di dati disponibili per descrivere tale processo a livello

nazionale. Uno studio effettuato da Pellis et al. (2019), considerando sette diverse aree rappresentative dell'arco Alpino e delle zone appenniniche da nord a sud del territorio italiano, ha evidenziato come ci sia una netta differenziazione delle dinamiche del SOC a seguito di tale processo. Le foreste di neoformazione dell'arco Alpino, costituite principalmente da conifere, non mostrano variazioni significative di SOC. La tendenza temporale evidenzia come dopo l'abbandono e la conseguente colonizzazione prima da parte di vegetazione arbustiva e poi arborea porti ad un incremento di SOC negli stadi iniziali quando queste due diverse tipologie di vegetazione coesistono, ma poi quando la foresta si è definitivamente instaurata il SOC torna a livelli non significativamente diversi da quello iniziale. Cosa diversa accade al SOC dei boschi appenninici, costituiti principalmente da latifoglie, dove si osserva invece una tendenza crescente che fa sì che quando la foresta si è definitivamente insediata lo stock di SOC aumenti significativamente, con una quantità di circa 100-150 Mg C ha⁻¹ in più presente nel suolo fino ad un metro di profondità rispetto alla situazione iniziale. Quindi sembrerebbe che il processo di successione secondaria che porta ai boschi di neoformazione abbia un effetto minimo nelle condizioni delle Alpi, dove i pascoli sono tendenzialmente molto ricchi in SOC, e porti invece ad un grosso accumulo di SOC nelle condizioni appenniniche caratterizzate da pascoli meno ricchi in SOC. Considerando il processo di successione secondaria a livello dell'intero ecosistema evidenzia come in entrambe le situazioni si abbia invece un sensibile incremento di C. Va comunque considerato il lungo lasso di tempo necessario affinché la transizione a foresta sia completa. In generale sono necessari circa 70 anni perché la foresta si insedi definitivamente e la copertura forestale sia chiusa. L'impatto minimo sullo stock di C del suolo nelle zone Alpine imputabile a questo processo è stato ulteriormente confermato da un altro studio effettuato da Fino et al. (2020) considerando l'intera provincia di Belluno e che ha evidenziato come la transizione non porti a nessun cambiamento significativo relativo allo stock di SOC.

e) Le afforestazioni in ambito urbano e periurbano

Infine, un aspetto interessante circa il SOC nei suoli forestali è rappresentato da tutti i nuovi impianti di afforestazione che sono stati effettuati nel corso degli ultimi anni in ambito urbano e periurbano allo scopo di mitigare gli effetti negativi dei cambiamenti climatici. Questi impianti andranno a formare il grosso delle foreste urbane e periurbane nel corso dei prossimi anni, e un aumento di SOC nel suolo è ipotizzabile date le condizioni di partenza che sono solitamente rappresentate da situazioni in cui si ha un degrado più o meno intenso del suolo, e quindi la vegetazione forestale può contribuire sensibilmente a questo incremento. Purtroppo, queste nuove situazioni sono ancora poco studiate relativamente al contenuto di SOC.

Bibliografia

- Fino E, Blasi E, Perugini L, Pellis G, Valentini R, Chiti T (2020). Is Soil Contributing to Climate Change Mitigation during Woody Encroachment? A Case Study on the Italian Alps. *Forests*, 11, 887; doi:10.3390/f11080887
- Kahn MD Z, Chiti T (2022). Soil carbon stocks and dynamics of different land uses in Italy using the LUCAS soil database. *Journal of Environmental Management* 306: 114452
- Pellis G, Chiti T, Rey, A., Curiel Yuste Y, Trotta C., Papale, D (2019) The ecosystem carbon sink implications of mountain forest expansion into abandoned grazing land: The role of subsoil and climatic factors. *Science of the total environment*, 672:106-120.
- Stevens A, Nocita M, Tóth G, Montanarella L, Wesemael B (2013). Prediction of Soil Organic Carbon at the European Scale by Visible and Near InfraRed Reflectance Spectroscopy. *PLOS ONE*. 8. e66409. 10.1371/journal.pone.0066409.

Le diapositive presentate durante il Convegno sono disponibili al seguente link:

https://www.fidaf.it/wp-content/uploads/2022/10/06.10.2022_Tommaso-CHITI_II-carbonio-organico-nei-suoli-forestali-1.pdf

SESSIONE 3

Gestione e valorizzazione di scarti, sottoprodotti e reflui per mitigare le emissioni di climalteranti

Coordinatore: Mauro Uniformi

La valorizzazione delle frazioni organiche di rifiuti

Francesco Lombardi

Università Tor Vergata

Le diapositive presentate durante il Convegno sono disponibili al seguente link:

https://www.fidaf.it/wp-content/uploads/2022/10/07.10.2022_Francesco-LOMBARDI_La-valorizzazione-delle-frazioni-organiche-di-rifiuti-1.pdf



L'utilizzo delle biomasse residuali, sottoprodotti e reflui zootecnici per finalità energetiche: biogas e biometano

David Mastrecchia

Ecofuel S.p.A "Progetti speciali" Biometano

Corresponding author: David Mastrecchia

Keywords: Biogas, Biometano, PNRR, Agroenergie, Sostenibilità ambientale, economia circolare.

1. Introduzione

L'Agricoltura è stata, è e sarà sempre al centro di ogni cambiamento umano. Oggi, in questo momento particolare che vede l'impegno di tutti verso la transizione energetica, ovvero l'abbandono del mix energetico centrato su combustibili fossili, gioca un ruolo fondamentale attraverso: l'agrivoltaico, la produzione di biogas e biometano fino alla cattura della CO₂.

2. Abstract

È attraverso lo sviluppo della filiera del biogas e biometano agricolo che l'agricoltura rivestire un ruolo centrale nella transizione energetica. È in atto una vera e propria "Rivoluzione Agroecologica" che vede protagoniste le aziende agricole in grado di integrare perfettamente la produzione di cibo (cibo uguale valore) ed energia sostenibile. Il tutto in una perfetta integrazione aziendale e nel rispetto della sostenibilità: ambientale, sociale ed economica.

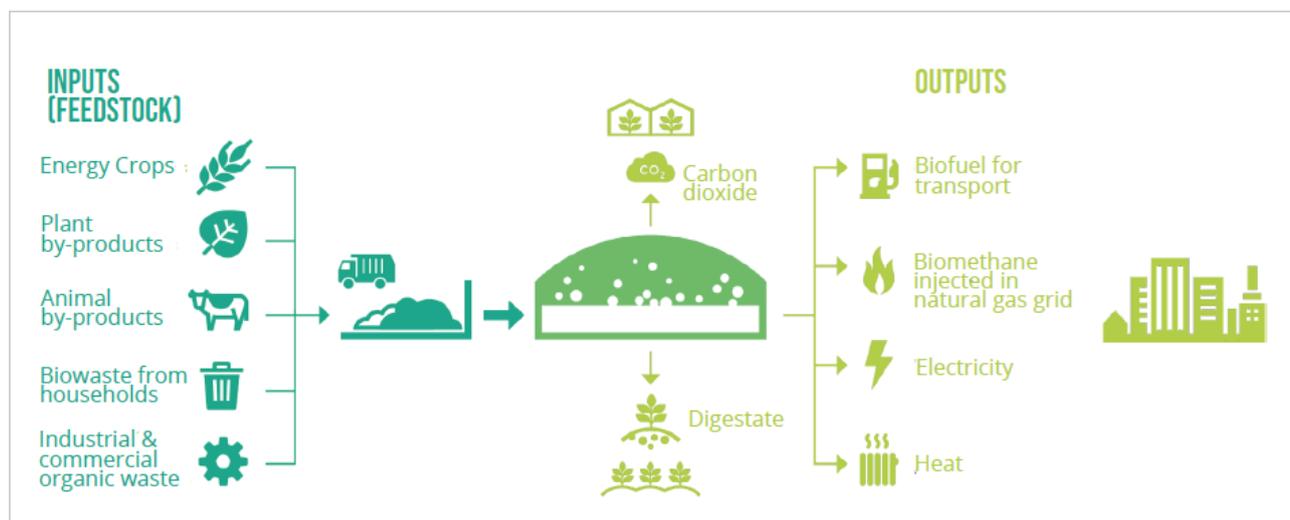


Figura 1: Tra il 2009 ed il 2012 l'agricoltura italiana ha visto la realizzazione di oltre 2.000 impianti di biogas che hanno prodotto attraverso il processo di digestione anaerobica: energia termica, energia elettrica e digestato (sostanza organica). Ora, in questo particolare momento storico contraddistinto da pandemie, crisi energetiche, guerre e cambiamenti climatici; si rende necessario ed obbligatorio non disperdere tale patrimonio strutturale riconvertendolo, dove possibile, alla produzione di Biometano.

Energia questa: rinnovabile, flessibile e programmabile.

Inoltre, l'ampliamento, la riconversione a biometano degli impianti o la prosecuzione della produzione efficiente di energia elettrica e calore nell'ambito delle aziende agricole rappresenta un punto di forza verso la decarbonizzazione del sistema produttivo, il miglioramento della sostenibilità e della competitività delle aziende agricole e agroalimentari stesse.

Proprio massimizzando l'impiego dei residui agricoli, scarti e reflui zootecnici, basato sul concetto di economia circolare, che si raggiungeranno i target di decarbonizzazione europei.

3. Conclusioni

Il processo naturale della digestione anaerobica posto sotto il controllo dell'agricoltore è sicuramente un elemento vincente che pone l'azienda agricola al centro di questa nuova rivoluzione agroecologica.

Non è un caso che la combinazione di sviluppo dell'agricoltura e di produzione di biogas e biometano costituiscono l'asse portante del settore agricolo a è stato dedicato un forte sostegno anche dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR).

L'Italia è leader nel mondo in quanto a prodotti alimentari di alta qualità, e la sfida che attende il settore agricolo è: produrre di più inquinando meno. L'integrazione della digestione anaerobica nelle aziende agricole va proprio in questa direzione.

Siamo certi che gli Agricoltori italiani sapranno accettare la sfida e continuare a produrre prodotti di altissima qualità integrandoli alla produzione di energia rinnovabile.

4. Bibliografia

1. DECRETO 2 marzo 2018 - Promozione dell'uso del biometano e degli altri biocarburanti avanzati nel settore dei trasporti.
2. Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza
3. DECRETO LEGISLATIVO 8 novembre 2021, n. 199. Attuazione della direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio
4. ISPRA, National Inventory Report, 2022

Le diapositive presentate durante il Convegno sono disponibili al seguente link:

https://www.fidaf.it/wp-content/uploads/2022/10/07.10.2022_David-MASTRECCHIA_Lutilizzo-delle-biomasse-residua-li-sottoprodotti-e-reflui-zootecnici-per-finalita-energetiche-biogas-e-biometano-1.pdf

Recupero di materia ed energia con la digestione anaerobica dell'umido della raccolta differenziata

Paolo Rinaldi

A. D. Easy EnergiaAmbiente

Le diapositive presentate durante il Convegno sono disponibili al seguente link:

https://www.fidaf.it/wp-content/uploads/2022/10/07.10.2022_Paolo-RINALDI_Recupero-di-materia-ed-energia-con-la-digestione-anaerobica-dellumido-della-raccolta-differenziata-1.pdf



Qualificazione del compost proveniente dalla frazione umida per le vigne di alta qualità

Alberto Mallarino

Libero professionista ODAF Alessandria

Le diapositive presentate durante il Convegno sono disponibili al seguente link:

https://www.fidaf.it/wp-content/uploads/2022/10/07.10.2022_-Alberto-MALLARINO_Qualificazione-del-compost-proveniente-dalla-frazione-umida-per-le-vigne-di-alta-qualita-1.pdf



SESSIONE 4

L'efficienza energetica e le fonti rinnovabili nei settori agroalimentare e forestale

Coordinatore: Nicola Colonna

L'integrazione delle rinnovabili nelle imprese agricole

Massimo Monteleone

Università di Foggia

Le diapositive presentate durante il Convegno sono disponibili al seguente link:

https://www.fidaf.it/wp-content/uploads/2022/10/07.10.2022_-Massimo-MONTELEONE_Lintegrazione-delle-rinnovabili-nelle-imprese-agricole-1.pdf



Il biogas in Italia e l'opportunità del biometano per la competitività delle imprese e la decarbonizzazione

Sergio Piccinini

Centro Ricerche Produzioni Animali – CRPA, Reggio Emilia (www.crupa.it)

Corresponding author: Sergio Piccinini: s.piccinini@crpa.it

Keywords: biogas, biomethane, sustainability, decarbonisation

Abstract

In the Biogas sector, Italy ranks fourth in the world after Germany, China and the United States, with about 2,200 operational plants, of which about 1,730 in the agricultural sector and about 470 in the waste and sewage sludge sector, for a total of about 1,450 MWel installed, of which about 1,000 in the agricultural sector. For the Biomethane sector, however, Italy is at the beginning, in fact, as of July 2022, 35 plants are operational and/or in the start-up phase. However, the development potential of the biogas/biomethane chain in the short/medium term is substantial, in particular in the agricultural sector: estimates by the Italian Biogas Consortium (CIB) identify a production potential of 8-10 billion m³ of biomethane by 2030.

Anaerobic Digestion increases the sustainability of Italian agriculture and digestate is an excellent fertiliser that can significantly replace chemical fertilisers and helps to maintain and increase soil carbon. Biomethane is an important contribution of the agricultural sector to the Italian energy and ecological transition.

1. Introduzione

La bioeconomia italiana nel 2020 ha generato un output di circa 317 miliardi di euro (10,2% sul totale della produzione italiana), occupando poco meno di 2 milioni di persone; la filiera agro-alimentare rappresenta oltre il 60% della bioeconomia italiana, il comparto delle bioenergie, invece, solo l'1% circa (fonte Intesa Sanpaolo, 2021). Nonostante ciò, nel settore Biogas, l'Italia si colloca al quarto posto al mondo dopo Germania, Cina e Stati Uniti, con circa 2200 impianti operativi, di cui circa 1.730 nel settore agricolo e circa 470 nel settore rifiuti e fanghi di depurazione, per un totale di circa 1.450 MWel installati, di cui circa 1000 nel settore agricolo (fonte GSE). Per il settore del Biometano, però, l'Italia è all'inizio, infatti a luglio 2022 sono operativi e/o in fase di avvio 35 impianti per circa 323 milioni di Sm³ (fonte CIB).

Tuttavia, il potenziale di sviluppo della filiera biogas/biometano nel breve/medio termine è consistente, in particolare nel settore agricolo: stime del Consorzio Italiano Biogas(CIB) identificano un potenziale produttivo al 2030 di 8-10 miliardi di m³ di biometano, pari a circa il 11-13% del consumo attuale di gas naturale in Italia e superiore all'attuale produzione nazionale.

2. La sostenibilità ambientale della filiera biogas/biometano

Il settore agricolo contribuisce in modo non trascurabile alle emissioni globali di gas a effetto serra. Nel caso dell'Italia, il contributo dell'agricoltura risulta il 7% circa delle emissioni nazionali di gas serra, per buona parte, dovuto al settore zootecnico (Ispra, 2020)

L'avvio degli effluenti zootecnici, siano essi di consistenza palabile o pompabile, a digestione anaerobica è la tecnologia più efficace per contenere le emissioni di gas ad effetto serra dall'allevamento zootecnico. La materia organica presente negli effluenti, infatti, provenendo da prodotti vegetali parzialmente digeriti negli stomaci degli animali, ha una potenziale attività microbica molto elevata che porta alla produzione di notevoli quantità di metano. L'avvio diretto alla digestione anaerobica consente:

- di ridurre le emissioni dirette di metano dagli effluenti, tanto più quanto minore è il tempo intercorrente fra l'escrezione e l'ingresso nel digestore anaerobico;
- ridurre le emissioni di ammoniaca e di protossido di azoto, entrambi a ragione della chiusura ermetica del digestore e della mancanza di ossigeno nello stesso;
- degradazione del 50-60% della materia organica e incremento del coefficiente di ammonificazione delle forme azotate;
- produrre un biogas facilmente utilizzabile in grado di integrare senza limiti il gas naturale fossile, in sostituzione di altre forme di energia fossile più impattanti sotto il profilo ambientale;
- produrre un fertilizzante organico ad elevata efficienza agronomica, il digestato.

La digestione anaerobica con effluenti zootecnici, inoltre, permette di ottenere processi biologici molto stabili che consentono di applicare con semplicità la codigestione di altre matrici organiche (sottoprodotti e colture di secondo raccolto), tipicamente più carenti di nutrienti. Tutte le forme di effluenti zootecnici sono tecnicamente avviabili a digestione anaerobica, l'unico limite è rappresentato dalla distanza rispetto ad un impianto e dalla concentrazione energetica: è per tale ragione che nelle potenzialità di produzione di metano dell'agricoltura italiana gli effluenti zootecnici rappresentano una voce determinante.

Ad esempio, nell'ambito del Gruppo Operativo per l'Innovazione Digestato&Emissioni (<http://digestatoemissioni.crupa.it>), Misura 16 del PSR dell'Emilia Romagna, coordinato dal CRPA, si è valutato in che misura la digestione anaerobica degli effluenti dell'allevamento incide sull'impronta carbonica delle aziende da latte e quali sono le condizioni per un'ottimale

gestione del digestato, che minimizzino la volatilizzazione di ammoniaca e di gas serra sia in fase di stoccaggio che di distribuzione agronomica.

Dal punto di vista ambientale, gli impianti di biogas a soli effluenti zootecnici permettono, infatti, di accumulare un "credito" di gas serra in atmosfera sia per le emissioni evitate dallo stoccaggio degli effluenti, sia perché il biogas sostituisce fonti fossili per la produzione di energia. La sostenibilità ambientale delle aziende è stata valutata mediante la quantificazione della impronta carbonica (Carbon Footprint, CFP) associata alla produzione del latte, con un approccio di ciclo di vita (Life Cycle Assessment, LCA). Con questo si intende la stima del complesso delle emissioni di gas serra, sia quelle che avvengono in stalla e nella fase di coltivazione dei terreni, che anche quelle che avvengono a monte dell'azienda, indotte dalla produzione dei mezzi tecnici utilizzati. Nel bilancio vanno poi considerate sia le emissioni prodotte che quelle evitate in conseguenza all'introduzione dell'impianto di digestione anaerobica. Ad esempio, con l'impianto di biogas l'impronta carbonica di 1 kg di latte per le due aziende coinvolte nel progetto è scesa da 1,3 a 1,1 kgCO₂eq/kg latte per una e da 1,1 a 0,9 kgCO₂eq/kg latte per l'altra, ossia la digestione anaerobica ha ridotto l'impronta carbonica del latte di circa il 20% (Figura 1). È un risultato molto significativo se si tiene conto che la maggior parte degli interventi di mitigazione delle emissioni di gas serra è in grado di ridurre l'impatto di pochi punti percentuali.

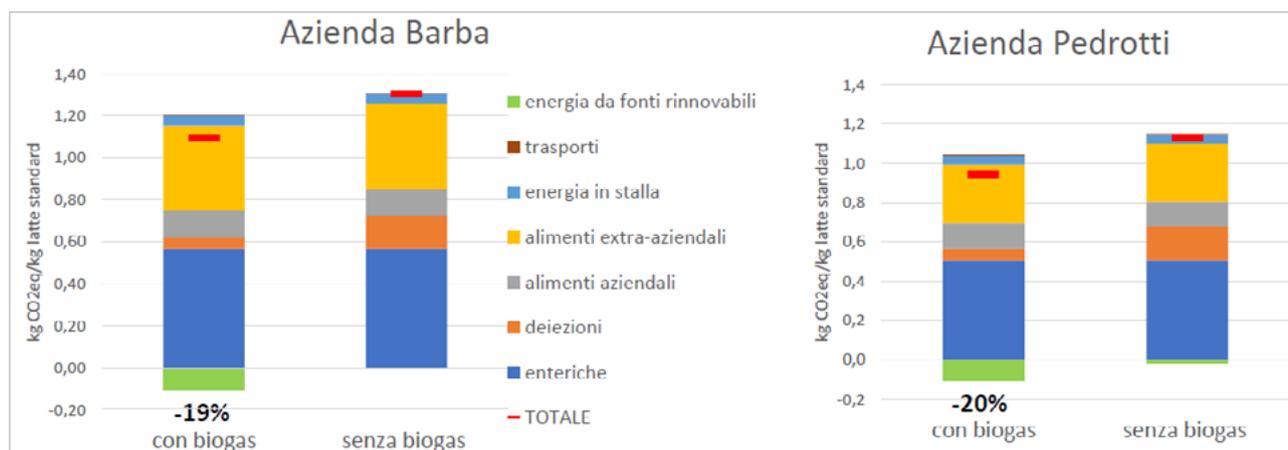


Figura 1: impronta carbonica aziende da latte prima e dopo inserimento impianto biogas

3. L'uso agronomico del digestato

Il digestato si presenta come un fluido piuttosto omogeneo, con contenuto di sostanza secca generalmente variabile tra il 5 ed il 10%. Rispetto alle biomasse avviate a digestione si è impoverito degli elementi che costituiscono le due principali molecole del biogas, ovvero il metano (CH₄) e l'anidride carbonica (CO₂). Gli elementi della nutrizione vegetale, sia macronutrienti (N, P, K) che meso e micronutrienti, restano invece nel digestato e possono tornare ai campi per la fertilizzazione delle colture. La normativa che regola l'utilizzo agronomico del digestato discende dalla Direttiva Nitrati e ad oggi nel nostro Paese si concretizza nei regolamenti regionali derivati dalla applicazione del Decreto Ministeriale MIPAAF del 25 febbraio 2016, la prima norma nazionale che ha disciplinato l'impiego del digestato agrozootecnico e agroindustriale. Il limite massimo di applicazione di 170 kg N per ettaro per le Zone Vulnerabili si applica alla quota di azoto del digestato di origine zootecnica mentre per l'azoto derivato da altre biomasse digerite (es. residui colturali, sottoprodotti agroindustriali, altri) si deve rispettare il bilancio colturale che prevede di soddisfare i limiti di Massima Applicazione Standard (MAS) definiti per le diverse colture, tenuto conto dell'efficienza d'uso dell'azoto che dipende dal tipo di coltivazione e dall'epoca e modalità di distribuzione. Ad esempio nel caso del mais il MAS è di 280 kg N per ettaro; questo significa che è possibile apportare sino a questo valore di azoto efficiente ai fini della nutrizione del mais. In assenza di effetti residui dovuti a somministrazioni organiche degli anni precedenti, con distribuzione ad alta efficienza d'uso (65%), sarà possibile soddisfare tale esigenza del mais con 280/0,65 = 430 kg N per ettaro da solo digestato. Il dl 21 marzo 2022, n.21 (non ancora in vigore in quanto le disposizioni in esso contenute sono subordinate al parere della Commissione Europea) presenta alcune importanti novità sull'utilizzo agronomico del digestato, equiparandolo a fertilizzante. L'azoto in forma ammoniacale rende il digestato simile a un concime a pronto effetto, ma non bisogna perdere l'azoto e il suo potere fertilizzante durante la distribuzione in campo; ad esempio, la distribuzione superficiale a spaglio può far perdere fino al 50-60% dell'azoto applicato, occorre distribuire il digestato nelle giuste epoche e con buone tecniche di spandimento, quali, ad esempio, lo spandimento a bande (bandspreeding) e l'iniezione a solco aperto (Figura 2)

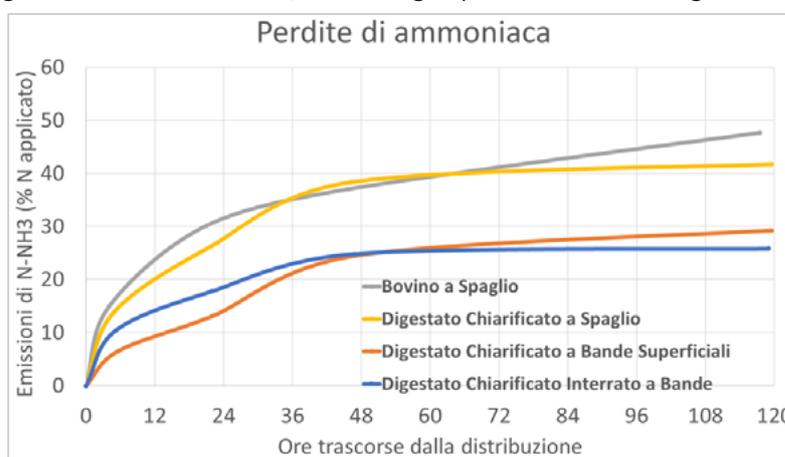


Figura 2: perdite di ammoniaca durante lo spandimento agronomico del digestato con diverse tecniche (fonte: CRPA)

Attraverso le applicazioni in fertirrigazione di digestati (distribuzione di acqua e digestato, ad esempio con ala piovana e calate nelle interfile del mais o con manichette superficiali o interrate) è possibile elevare in modo significativo l'efficienza d'uso degli elementi della nutrizione vegetale che questi sottoprodotti contengono; in modo particolare, l'azoto in forma ammoniacale che viene diluito con le acque di irrigazione ha la possibilità di penetrare rapidamente nel terreno e le sue emissioni in aria risultano molto contenute rispetto alle tecniche di distribuzione più convenzionali. Gli sforzi da mettere in atto per condurre operazioni di fertirrigazione non sono di poco conto, dovendo considerare sia il trattamento del digestato, sia una logistica dedicata al suo trasferimento e distribuzione. Per ogni caso aziendale andranno valutati con attenzione i costi e i benefici associati a questo tipo di investimenti e pratiche, sia dal punto di vista economico sia agronomico e ambientale.

Certo, in un momento in cui i fertilizzanti di sintesi stanno subendo importanti rincari e le politiche di sviluppo rurale si stanno orientando al Green Deal e alla strategia Farm to Fork, diviene imprescindibile lavorare nella direzione di incrementare la circolarità dei nutrienti, includendo tra questi anche il carbonio (principale costituente della sostanza organica).

4. Conclusioni

In conclusione possiamo affermare che:

- Il biometano è un biocombustibile molto sostenibile ed è importante per la decarbonizzazione dell'economia italiana;
- la Digestione Anaerobica aumenta la sostenibilità dell'agricoltura italiana: riduce in modo molto significativo le emissioni di gas serra e di odori nella gestione degli effluenti zootecnici e dei residui organici e sono disponibili buone tecniche anche per la riduzione delle emissioni di ammoniaca;
- il digestato è un ottimo fertilizzante che può sostituire in modo significativo i concimi chimici; sono disponibili mezzi per la distribuzione in campo che consentono di minimizzare le emissioni e preservarne il valore fertilizzante; contribuisce a mantenere ed aumentare il carbonio nel suolo;
- Il biometano è un contributo importante del settore agricolo alla transizione energetica ed ecologica del Paese.

5. Bibliografia

1. P. Mantovi, A. Pignagnoli,, F. Verzellesi - Liquami e digestati microfiltrati utili e convenienti per fertirrigare - L'Informatore Agrario, n.11, 2022.
2. G. Moscatelli, L. Valli – Come cambia l'impronta carbonica delle aziende da latte con l'impianto di biogas – Biogas Informa - n.34, 2021.
3. G. Moscatelli, L. Valli, P. Mantovi, S. Piccinini - How the anaerobic digestion, separation and acidification change ammonia and GHG emissions of cattle slurry management – Atti Conferenza ManuREsource 2022.
4. S. Piccinini – Biometano: il ruolo dell'agricoltura nella transizione energetica

Le diapositive presentate durante il Convegno sono disponibili al seguente link:

https://www.fidaf.it/wp-content/uploads/2022/10/07.10.2022_Sergio-PICCININI_Il-biogas-in-Italia-e-lopportunita-del-biometano-per-la-competitivita-delle-imprese-e-la-decarbonizzazione-1.pdf

Le comunità energetiche opportunità per il mondo rurale

Mauro Annunziato

ENEA

Le diapositive presentate durante il Convegno sono disponibili al seguente link:

https://www.fidaf.it/wp-content/uploads/2022/10/07.10.2022_Mauro-ANNUNZIATO_Le-comunita-energetiche-opportunita-per-il-mondo-rurale-1.pdf



I sistemi agrivoltaici: soluzioni e modelli di integrazione nelle imprese agricole

Stefano Amaducci

Università Cattolica di Piacenza

Le diapositive presentate durante il Convegno sono disponibili al seguente link:

https://www.fidaf.it/wp-content/uploads/2022/10/07.10.2022_Stefano-AMADUCCI_I-sistemi-agrivoltaici.-Soluzioni-e-modelli-di-integrazione-nelle-imprese-agricole-1.pdf



SESSIONE 5

La contabilizzazione e la certificazione delle emissioni

Coordinatori: Marina Vitullo e Eleonora Di Cristofaro

Il mercato internazionale del Carbonio (art. 6, CORSIA e mercato volontario)

Vanessa Leonardi

MITE

Le diapositive presentate durante il Convegno sono disponibili al seguente link:

https://www.fidaf.it/wp-content/uploads/2022/10/07.10.2022_Vanessa-LEONARDI_Il-mercato-internazionale-del-Carbonio-art.-6-CORSIA-e-mercato-volontario-1.pdf



Il sistema europeo di Emission Trading e il Registro dell'Unione

Chiara Proietti

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)

Corresponding author: Chiara Proietti

Keywords: Sistema Europeo di Emission Trading (EU-ETS), Registro dell'Unione, Cap Trade, Quote di emissioni

1. Introduzione

Il sistema europeo di Emission Trading (EU-ETS) è uno dei più importanti strumenti della politica dell'Unione Europea per contrastare i cambiamenti climatici e rappresenta uno strumento fondamentale per ridurre in maniera economicamente efficiente le emissioni di gas ad effetto serra. L'EU-ETS è stato introdotto nel 2005 con la Direttiva 87/2003/CE, è attivo in tutti i paesi dell'UE e limita le emissioni prodotte da circa 10.000 impianti nel settore dell'energia elettrica e dell'industria manifatturiera nonché le emissioni prodotte dalle compagnie aeree che operano tra questi paesi. Si tratta di un sistema di cap e trade ovvero viene stabilito un tetto (cap) che limita il livello generale delle emissioni consentite ma entro tale limite consente ai partecipanti al sistema di acquistare o vendere quote come desiderano (trade). Tali quote sono la valuta centrale del sistema. La contabilizzazione accurata di tutte le quote emesse nell'ambito dell'EU-ETS è garantita dal Registro dell'Unione. Il Registro è una banca dati on-line organizzata in una struttura di conti elettronici intestati ai partecipanti all'EU ETS (gestori di impianti stazionari, operatori aerei, trader) ed è completamente assimilabile a un sistema di internet banking: a seguito dell'accesso al sistema, gli utenti hanno la possibilità di visualizzare i propri conti, ricevere da e/o trasferire verso altri conti le unità elettroniche (quote) a bilancio. L'EU-ETS interessa circa il 40% delle emissioni di gas ad effetto serra dell'UE e proprio per questo svolge un ruolo centrale ai fini del raggiungimento dell'obiettivo di neutralità climatica al 2050 in Europa.

2. Abstract

Il sistema EU-ETS dalla sua introduzione ha subito numerosi cambiamenti ed è stato suddiviso in diversi periodi di trading noti come fasi.



Figura 1: le fasi dell'EU-ET

Attualmente ci troviamo nella fase 4 dell'EU-ETS che è profondamente diversa da quella iniziale.

Nella tabella 1 sono riepilogate le principali differenze tra le fasi dell'EU-ETS.

L'EU ETS opera secondo il principio del "Cap and Trade". Viene fissato un tetto o limite, che stabilisce la quantità massima che può essere emessa dai soggetti che rientrano nel sistema. Entro questo limite, le imprese possono acquistare o vendere quote in base alle loro esigenze. Le quote rappresentano la valuta centrale del sistema; una quota dà al suo titolare il diritto di emettere una tonnellata di CO₂ o l'ammontare equivalente di un altro GHG. Entro il 30 aprile di ogni anno, tutte le imprese che partecipano al sistema (i soggetti obbligati) devono restituire un quantitativo di quote pari alle loro emissioni verificate dell'anno precedente. Un numero limitato di quote di emissione viene assegnato a titolo gratuito ad alcune imprese sulla base di regole armonizzate di assegnazione applicate in tutta Europa. Le imprese che non ricevono quote di emissione a titolo gratuito o in cui le quote ricevute non sono sufficienti a coprire le emissioni prodotte devono acquistare le quote di emissione all'asta, da altre imprese (in figura 2, l'azienda B) oppure dai cosiddetti trader ovvero persone fisiche o giuridiche che partecipano su base volontaria al sistema. Viceversa, chi ha quote di emissioni in eccesso rispetto alle emissioni prodotte, può venderle (in figura 2,

FASE 1 e 2 (2005-2012)	FASE 3 (2013-2020)	FASE 4 (2021-2030)
Limiti nazionali alle emissioni.	Unico limite alle emissioni per tutta l'UE.	Unico limite alle emissioni per tutta l'UE decrescente del 2.2% annuo.
Periodi di trading di 3 e 5 anni.	Periodo di trading di 8 anni.	Periodo di trading di 10 anni con due periodi di allocazione (2021-2025 e 2026-2030).
Allocazioni a titolo gratuito basate sulle emissioni a livello di impianto.	Allocazioni a titolo gratuito basate su benchmark prestabiliti a livello europeo e produzione storica.	Allocazioni a titolo gratuito basate su benchmark aggiornati a livello europeo per tener conto dei progressi tecnologici e degli ultimi anni di produzione (2014-2018) e 2019-2023 per il secondo periodo di assegnazione.
Allocazioni a titolo gratuito per i produttori di energia elettrica.	Nessuna allocazione a titolo gratuito per i produttori di energia elettrica (ad eccezione dei così chiamati "derogati").	Nessuna allocazione a titolo gratuito per i produttori di energia elettrica (ad eccezione degli Stati Membri in cui è necessaria la modernizzazione del settore elettrico).
Nessuna variazione al quantitativo da allocare a titolo gratuito a seguito di calo nella produzione.	Variazione del quantitativo da allocare a titolo gratuito a seguito di calo di oltre il 50% nella produzione.	Variazioni più dinamiche delle allocazioni a titolo gratuito basate su calo di produzione di $\pm 15\%$.

Tabella 1 Le principali differenze tra le fasi dell'EU-ETS.

l'azienda A). Se una società non adempie agli obblighi di conformità (compliance), vengono applicate sanzioni pesanti così come stabilito dal decreto legislativo 9 giugno 2020, n. 47.

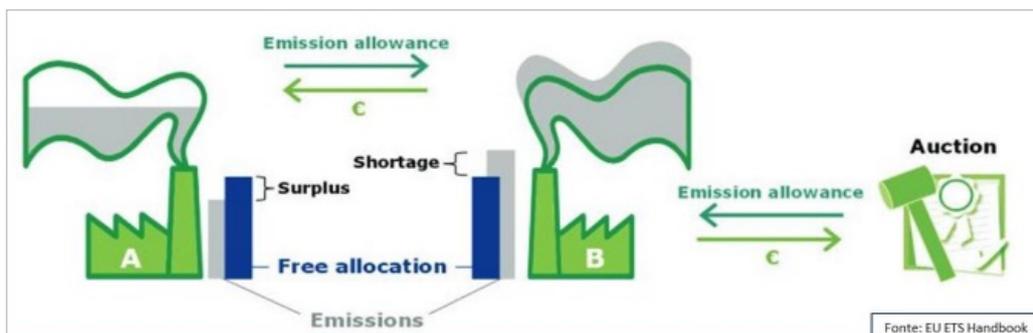


Figura 2. Schema del funzionamento del sistema per lo scambio di quote di emissione dell'Unione Europea

La contabilizzazione di tutte le quote emesse in ambito EU-ETS è garantita dal Registro dell'Unione, una banca dati online organizzata in una struttura di conti elettronici intestati ai partecipanti all'EU ETS. Dal 2012, in seguito alla revisione nel 2009 della Direttiva

87/2003/CE, tutte le operazioni per il sistema EU ETS sono state centralizzate e standardizzate in un'unica piattaforma nota come CSEUR (Sistema Consolidato dei Registri Europei) mantenuto dalla Commissione Europea e condiviso dai paesi partecipanti. CSEUR è costituito dai registri di Kyoto degli Stati membri dell'UE e da quello dell'Unione europea, il Registro dell'Unione (UR). Sebbene CSEUR offra la possibilità di accedere e visualizzare i conti di Kyoto e i conti ETS con un unico accesso, queste tipologie di conto sono soggette a regolamenti diversi e con peculiarità specifiche. La gestione tecnica (software e hosting) e la sicurezza di CSEUR sono garantiti dalla Commissione Europea; mentre la gestione dei conti e delle utenze nelle parti nazionali di CSEUR viene effettuata dai rispettivi Stati Membri. In Italia, in base all'art. 34 comma 2 del D.lgs 47/2020, l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) svolge le funzioni di amministratore della sezione italiana del Registro dell'Unione e del Registro nazionale di Kyoto.

3. Conclusioni

- Il sistema europeo di Emission Trading (EU-ETS) è uno dei più importanti strumenti della politica dell'Unione Europea per contrastare i cambiamenti climatici e rappresenta uno strumento chiave per raggiungere la neutralità climatica al 2050;
- L'EU-ETS dalla sua introduzione nel 2005 è stato oggetto di notevoli modifiche nel corso del tempo volte a migliorarne l'efficacia e ad una maggiore estensione (sia in termini di soggetti coinvolti che di gas da "rendicontare");
- Il principio del "cap and trade" su cui si basa l'EU-ETS permette una riduzione delle emissioni economicamente efficiente. Il trading offre infatti flessibilità garantendo che le emissioni vengano ridotte laddove costa meno farlo;
- Il Registro dell'Unione è una banca dati online deputata alla contabilizzazione di tutte le operazioni relative all'EU-ETS;
- CSEUR ospita il Registro dell'Unione ed è gestito centralmente dalla Commissione europea che ne garantisce standard di sicurezza piuttosto elevati;
- ISPRA svolge il ruolo di amministratore nazionale della sezione italiana del Registro dell'Unione e del Registro nazionale di Kyoto.

Bibliografia

1. European Commission website. "EU Emissions Trading System (EU ETS)". https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en
2. European Commission website. "Union Registry". https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/union-registry_en
3. EU ETS handbook. European Union 2015

Le diapositive presentate durante il Convegno sono disponibili al seguente link:

https://www.fidaf.it/wp-content/uploads/2022/10/07.10.2022_Chiera-PROIETTI_II-sistema-europeo-di-Emission-Trading-e-il-Registro-dellUnione-1.pdf

Come si inserisce il Carbon farming nell'attuale agenda politica sul clima?

Valeria Forlin

DG CLIMA - EU

Le diapositive presentate durante il Convegno sono disponibili al seguente link:

https://www.fidaf.it/wp-content/uploads/2022/10/07.10.2022_Valeria-FORLIN_Come-si-inserisce-il-Carbon-farming-nell-attuale-agenda-politica-sul-clima-1.pdf



Il codice forestale del carbonio

Raoul Romano, Saverio Maluccio

Policies and Bioeconomy Research Centre - Council for Agricultural Research and Economics

Corresponding author: Raoul Romano (raoul.romano@crea.gov.it)

Keywords: Codice forestale del Carbonio, Mercato volontario dei Crediti di Carbonio.

Abstract

The carbon credit market is considered a fundamental tool for the fight against climate change because it allows companies, public administrations and individual citizens to offset their greenhouse gas emissions by purchasing carbon credits. Some companies buy the credits to fulfill the reduction obligations imposed by national or international legislation while other buyers buy the credits on a totally voluntary basis.

The Paris Agreement with Decision 1/CP:21 (par. 136) assigns a fundamental role to voluntary carbon markets, recognising in particular the economic, social and environmental value of voluntary actions and the co-benefits deriving from them. The voluntary market of carbon credits represents today an important economic reality for individuals and companies that in the desire to offset their emissions find an ethical commitment and ample marketing opportunities. They are also an additional income opportunity for farm owners or managers, who as the main producers of carbon credits can obtain economic recognition from their sale.

But in recent years the quality and accuracy in accounting for carbon absorptions has greatly increased thanks to the methodologies used by the most used standards in the market (VCS and Gold standards). Buyer reliability and confidence has also increased thanks to domestic markets where governments or other public bodies act as guarantors for market credibility.

Italy still lags behind, and in the absence of regulation risks making the market attractive for speculators and designers who pay little attention to the quality of the carbon credits generated.

The objective of the Carbon Forest Code is precisely to propose an institutional recognition of truly deserving projects, which can therefore guarantee the highest quality standards to buyers of Carbon Credits, and at the same time the highest social impacts for the communities that will benefit from these projects.

Riassunto

Il mercato dei crediti di carbonio è considerato uno strumento fondamentale per la lotta al cambiamento climatico perché consente alle aziende, amministrazioni pubbliche e singoli cittadini di compensare le proprie emissioni di gas climalteranti acquistando crediti di carbonio. Alcune aziende acquistano i crediti per adempiere agli obblighi di riduzione imposti dalla normativa nazionale o internazionale mentre altri acquirenti acquistano i crediti in maniera totalmente volontaria.

L'accordo di Parigi con la Decisione 1/CP:21 (par. 136) assegna un ruolo fondamentale ai mercati volontari del carbonio, riconoscendo in particolare il valore economico, sociale e ambientale delle azioni volontarie e i co-benefici che ne derivano.

Il Mercato volontario dei crediti di Carbonio rappresenta oggi una importante realtà economica per privati e aziende che nella volontà di compensare le proprie emissioni trovano un impegno etico e ampie opportunità di marketing. Sono inoltre una opportunità di reddito aggiuntivo per i proprietari o gestori delle aziende agricole e forestali, i quali come principali produttori dei crediti di carbonio possono ottenere un riconoscimento economico dalla loro vendita.

Ma negli ultimi anni la qualità e la precisione nella contabilizzazione degli assorbimenti di carbonio è notevolmente aumentata grazie alle metodologie utilizzate dagli standard più utilizzati nel mercato (VCS e Gold standard). Anche l'affidabilità e la fiducia degli acquirenti è aumentata grazie ai mercati domestici in cui i governi o altri enti pubblici fanno da garante per la credibilità del mercato. L'Italia rimane ancora indietro, e in assenza di una regolamentazione rischia di far diventare il Mercato attrattivo per speculatori e progettisti che prestano poca attenzione alla qualità dei Crediti di Carbonio generati. Obiettivo del Codice forestale del carbonio è proprio quello di proporre un riconoscimento istituzionale dei progetti davvero meritevoli, che possano quindi garantire i massimi standard di qualità agli acquirenti dei Crediti di Carbonio, e allo stesso tempo i più alti impatti sociali per le comunità che di questi progetti beneficeranno.

1. Introduzione

Il meccanismo di compensazione delle emissioni con i crediti di carbonio, per sostenere la riduzione delle emissioni di gas serra che derivano dalle attività umane e contribuire concretamente alla lotta al cambiamento climatico è stato introdotto per la prima volta con l'approvazione del Protocollo di Kyoto (PK) nel 2005. Si tratta di un vero e proprio meccanismo finanziario in grado di compensare gli effetti di quelle emissioni che non sarebbero state altrimenti ridotte, e tutto questo ha reso possibile l'adozione di strategie di mitigazione del cambiamento climatico ad hoc.

Con il PK, il mercato in cui operano le aziende con obblighi di riduzione viene definito mercato regolamentato (compliance market), e gli Stati membri firmatari del protocollo si impegnavano a ridurre le proprie emissioni attraverso politiche attuabili sul territorio nazionale e attraverso meccanismi flessibili. Tra i meccanismi flessibili rientravano: l'Emission Trading (applicato in Europa attraverso l'European Emission Trading Scheme – Eu-ets), e i progetti Joint Implementation (Ji) e Clean Development Mechanism (Cdm). L'Emission Trading è un vero e proprio mercato in cui le

aziende con obblighi di riduzione acquistano i crediti generati da vari settori. I Cdm, sono strumenti attraverso i quali i Paesi industrializzati possono realizzare progetti compensativi in Paesi in via di sviluppo. I JI al contrario erano progetti realizzati da paesi industrializzati in altri paesi industrializzati con lo scopo di ridurre le emissioni nel paese in cui è più conveniente a livello economico.

Nel corso delle successive conferenze delle parti (COP) nell'ambito della Convenzione quadro delle nazioni unite per i cambiamenti climatici (UNFCCC) sono state approvate altre Decisioni il cui scopo era la regolamentazione dei mercati del carbonio.

Con l'Accordo di Parigi del 2015 al sistema dei crediti di carbonio, quale strumento in grado di promuovere nuovi modelli di sviluppo sostenibile, viene riconosciuto un ruolo chiave, in cui per la prima volta si parla del ruolo prioritario e attivo che possono avere le aziende nella mitigazione degli effetti del cambiamento climatico. In particolare, con la Decisione 1/CP.21 (par. 136) si riconosce un ruolo fondamentale ai Mercati volontari del carbonio, riconoscendo in particolare il valore economico, sociale e ambientale delle azioni volontarie e i co-benefici che ne derivano. Inoltre, con la decisione presa alla COP26 tenutasi a Glasgow nel novembre 2021, gli Stati membri hanno concordato sulle disposizioni dell'articolo 6 dell'Accordo di Parigi, che chiarisce le regole dei mercati del carbonio a livello internazionale.

Parallelamente al mercato regolamentato si sono sviluppati in tutto il mondo Mercati volontari, promossi da aziende con motivazioni principalmente etiche nei confronti della protezione dell'ambiente o come atti di responsabilità sociale d'impresa (Corporate Social Responsibility).

Le compensazioni volontarie sono prodotte in ben 83 paesi in tutto il mondo e possono essere liberamente scambiate, e si tratta di iniziative di carattere volontario promosse da imprese, organismi non profit, amministrazioni pubbliche e perfino singoli individui spinti da motivazioni etiche e con l'obiettivo di azzerare o ridurre le emissioni legate alle proprie attività senza la presenza di obblighi o regolamenti nazionali ed internazionali.

Il Mercato volontario del carbonio rappresenta una realtà economica fondamentale per imprese, privati ed istituzioni, che vogliono dimostrare il proprio impegno e volontà nel contrastare il cambiamento climatico. La partecipazione delle aziende a questi mercati diventa quindi, una opportunità di promozione e di green marketing, per il loro prodotti e quindi per l'immagine dell'azienda. Sono sempre di più le società di consulenza – anche italiane – che si occupano della stima delle emissioni (carbon footprint) e della conversione in crediti di carbonio, con certificazione di azienda a impatto 0 rilasciata da ente accreditato.

Negli ultimi anni sono nati in alcuni Stati membri i "Mercati domestici", i quali vengono definiti dalla banca mondiale come (Klein et.al., 2015):

- mercati che si applicano ad organizzazioni che operano su scala nazionale;
- mercati gestiti e/o supportati da enti governativi;
- mercati con regole, standard e registri specifici per il singolo paese;
- mercati in cui i crediti sono sviluppati e venduti solo su scala nazionale;
- mercati i cui crediti generati sono utilizzati per rispondere a politiche nazionali (e.g. Emission Trading Scheme), tasse sul carbonio, schemi nazionali di neutralizzazione delle emissioni o mercati volontari su scala locale e nazionale.

I Mercati domestici possono quindi essere connessi sia ad iniziative del Mercato istituzionale che iniziative di Mercato volontario. Il settore forestale è spesso predominante all'interno dei Mercati domestici, anche come risultato della sua esclusione quasi totale dal Mercato istituzionale

Il Mercati volontari e i Mercati domestici inoltre sono una opportunità di reddito aggiuntivo per i proprietari o gestori delle aziende agricole e forestali, i quali come principali produttori dei crediti di carbonio possono ottenere un riconoscimento economico dalla loro vendita.

Un credito di carbonio corrisponde ad una tonnellata di CO₂ assorbita da uno dei cinque pool di carbonio del settore agroforestale (biomassa epigea, biomassa ipogea, lettiera, necromassa e suolo) o non emessa grazie ad attività di gestione agricola o forestale sostenibili.

Le principali attività agricole e forestali che possono generare i crediti di carbonio sono: l'imboschimento, la gestione forestale sostenibile, l'agroforestazione, la riduzione dei fertilizzanti, la riduzione delle lavorazioni del suolo, uso sostenibile dei residui e delle potature.

I crediti di carbonio generati dal settore forestale in passato sono stati oggetto di molte critiche a causa dei problemi di incertezza e delle stime e permanenza degli assorbimenti negli ecosistemi forestali (Van Kooten et.al. 2012).

Ma negli ultimi anni la qualità e la precisione nella contabilizzazione degli assorbimenti di carbonio è notevolmente aumentata grazie alle metodologie utilizzate dagli standard più utilizzati nel mercato (VCS e Gold standard). Anche l'affidabilità e la fiducia degli acquirenti è aumentata grazie ai Mercati domestici in cui i governi o altri enti pubblici fanno da garante per la credibilità del mercato.

2. Commento

I crediti di carbonio sono considerati uno dei capisaldi della cosiddetta "Climate Finance", cioè tutti quei finanziamenti, di provenienza sia pubblica che privata, destinati allo sviluppo di progetti e programmi di mitigazione e di adattamento ai cambiamenti climatici, con il fine di incoraggiare la transizione verso la "Climate Neutrality" e verso uno sviluppo sostenibile.

Il mercato dei crediti di carbonio è considerato uno strumento fondamentale per la lotta al cambiamento climatico perché consente alle aziende, amministrazioni pubbliche e singoli cittadini di compensare le proprie emissioni di gas climalteranti acquistando crediti di carbonio. Alcune aziende acquistano i crediti per adempiere agli obblighi di riduzione imposti dalla normativa nazionale o internazionale mentre altri acquirenti acquistano i crediti in maniera totalmente volontaria.

A livello internazionale negli ultimi anni sono cresciuti esponenzialmente i volumi e i prezzi dei crediti di carbonio generati dal settore agroforestale e venduti nei Mercati volontari e domestici fino a superare il valore di 1 Miliardo di

dollari nel 2021 (Forest trend 2022).

La stessa cosa non è avvenuta in Italia come testimoniano i dati del monitoraggio del mercato raccolti dal Nucleo Monitoraggio Carbonio (NMC) del “Centro di ricerca Politiche e Bio-economia del Consiglio nazionale per la ricerca in agricoltura e l’analisi dell’economia agraria” (CREA-PB). <http://www.nucleomonitoraggiocarbonio.it/>

In tutti i paesi in cui operano Mercati volontari esiste “una regolamentazione normativa che porta a strutturare il mercato e a renderlo dinamico”. In Italia non sono state ancora assunte rilevanti iniziative o posizioni rispetto al mercato volontario.

Dal monitoraggio del NMC si evince che da oltre 10 anni in Italia è attivo un Mercato volontario grazie al quale si realizzano transazioni di crediti di carbonio che scaturiscono per lo più da accordi bilaterali tra acquirenti e venditori. Si tratta di un mercato non strutturato nel quale i progetti forestali finanziati da imprese, istituzioni pubbliche e singoli cittadini generano crediti che raramente sono accompagnati da una certificazione di un ente esterno di certificazione nazionale o internazionale, al contrario i crediti vengono certificati secondo Linee guida interne o a volte venduti in assenza di certificazione.

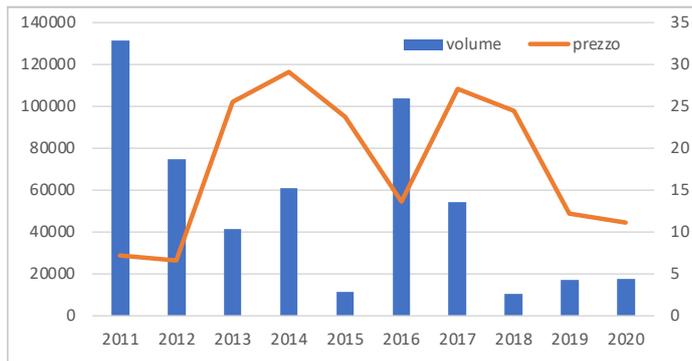


Tabella 1 – Andamento del Mercato volontario in Italia.
Fonte: elaborazione su dati Nucleo Monitoraggio del Carbonio CREAPB

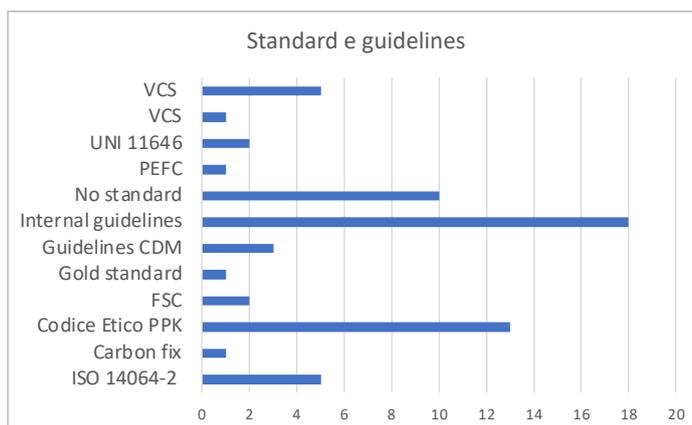


Tabella 2 – Percentuale di progetti per tipologia di standard o linea guida utilizzata.
Fonte: elaborazione su dati Nucleo Monitoraggio del Carbonio CREAPB

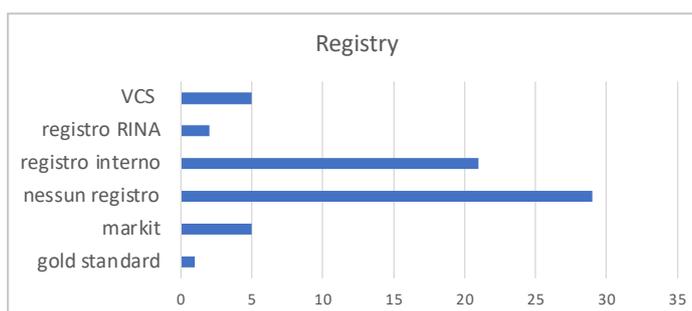


Tabella 3 – Percentuale di progetti per tipologia di registro utilizzato.
Fonte: elaborazione su dati Nucleo Monitoraggio del Carbonio CREAPB

Lo scarso utilizzo di standard di parte terza e di registri ufficiali insieme all’assenza Linee guida e registri istituzionali determinano la mancanza di affidabilità da parte delle aziende nazionali nei crediti di carbonio generati sul territorio nazionale.

Il 65% dei crediti di carbonio acquistati da aziende italiane dal 2011 ad oggi (439.000 tCO₂e) sono stati generati all’estero e per la maggior parte in paesi in via di sviluppo.

Per tale motivo nel 2014 il NMC ha avviato un percorso condiviso e partecipato con gli stakeholder di settore (Broker, proprietari, enti di certificazione forestale, stakeholder di settore), dal quale ne è scaturito il “Codice forestale del Carbonio” (CFC) un documento di Linee guida e criteri minimi da rispettare per la generazione e commercializzazione di “Cediti Carbonio forestali Credibili”, nel rispetto degli indirizzi internazionali dell’IPCC.

Il CFC prevede che i crediti vengano generati grazie all’assunzione da parte del gestore/proprietario di “impegni addizionali” alla normativa vigente (Prescrizioni di Massima e Polizia Forestale “PMPF” art. 8, 9, 10 Regio Decreto Legge n. 3267 del 1923), e nel rispetto dei principi di Addizionalità, Permanenza, Leakage e Doppio conteggio previsti dalle

Linee Guida dell'IPCC.

Per la sua implementazione il CFC necessita di un riconoscimento istituzionale e l'attivazione di un Registro per la contabilizzazione georiferita dei crediti generati e dei progetti realizzati, così come avviene già in altri paesi europei ("ClimateAustria", "Max.Moor" in Svizzera, "Green Deal" nei Paesi Bassi, "Label Base Carbon" in Francia, Moor Futures in Germania e in Svezia, il Woodland Carbon Code nel Regno Unito e "Puro.earth" in Finlandia e Belgio). In questo contesto il CREA si è più volte negli ultimi anni proposto al Ministero della transizione ecologica, anche per il tramite del Ministero delle politiche agricole e forestali, quale Ente scientifico competente in grado di poter gestire un registro nazionale dei crediti di carbonio in un mercato volontario. In particolare, la necessità di una regolamentazione normativa per strutturare il mercato volontario è stata evidenziata, con la presentazione e proposta di adozione del CFC nel 2016, per tramite del Ministero delle politiche agricole al Ministero dell'ambiente, senza ottenere nessun riscontro. Il documento veniva proposto in occasione del "tavolo tecnico per le attività LULUCF nell'ambito del secondo periodo di impegno del Protocollo di Kyoto e il mercato volontario", affinché fosse riconosciuto come documento ufficiale a livello nazionale per generare e commercializzare crediti di carbonio, così come previsto da all'articolo 70 della legge 28 dicembre 2015, n. 221 (Collegato Ambientale), e con quanto riportato all'articolo 7 commi 8 e 9 del D.lgs. n. 34 del 4 aprile 2018 (Testo unico in materia di foreste e filiere forestali). I principi del Codice vennero inoltre, anche inseriti nel documento programmatico "Rilancio Italia 2020-2022" – proponendo l'adozione delle Linee guida e l'adozione di un registro nazionale dei crediti di carbonio riconducibili a progetti forestali.

Nell'attuale contesto internazionale nel quale i mercati del carbonio avranno un ruolo fondamentale nel raggiungere gli obiettivi internazionali e comunitari di riduzione delle emissioni si prospetta per l'Italia l'opportunità di avviare un mercato volontario domestico, introducendo un Registro nazionale dei crediti e definendo le Linee guida istituzionali per la contabilizzazione e certificazione dei crediti di carbonio.

Per la definizione delle Linee guida del mercato volontario sarà necessario considerare che nell'ambito della Carbon Farming ¹ è prevista l'approvazione di un regolamento europeo che definisca i criteri minimi per la certificazione degli assorbimenti di carbonio generati sia da investimenti pubblici che da meccanismi di mercato sia per il settore agricolo che per quello forestale.

A tal proposito il NMC ha istituito un Comitato tecnico scientifico (CTS), composto da: CREA PB, CREA FL, DIFOR del Ministero per le politiche agricole alimentari e forestali, Ministero per la transizione ecologica, Centro euromediterraneo per i cambiamenti climatici, ISPRA, Società italiana di selvicoltura ed ecologia forestale, Università di Padova, università di Milano e da 3 rappresentanti regionali del tavolo di concertazione permanente del settore forestale del MIPAAF. Il CTS avrà il compito di redigere una nuova versione del "Codice Forestale del Carbonio", che poi passerà ad una consultazione pubblica degli stakeholder del Mercato (Proprietari e gestori forestali, realizzatori di progetti, acquirenti, broker, altri Enti pubblici). Il documento consolidato dalle proposte e commenti della consultazione pubblica potrà essere utilizzato come Linee Guida nazionali, e a tal proposito è intenzione del CTS proporlo alle istituzioni per l'approvazione attraverso un decreto interministeriale.

Contestualmente e in tale direzione, con la proposta di legge "Disposizioni in favore delle zone montane" (DDL Montagna), da parte del Governo Draghi, all'art. 17 (Istituzione della Sezione speciale crediti di carbonio forestali) veniva prevista l'istituzione presso il CREA, di un Registro dei crediti di carbonio nazionale, generati da progetti forestali realizzati sul territorio nazionale e impiegabili su base volontaria per compensare le emissioni in atmosfera, in coerenza con le disposizioni previste dal Registro Nazionale dei serbatoi di carbonio agroforestali di cui al decreto attuativo dell'articolo 7, punto 4, della delibera CIPE n. 123 del 19 dicembre 2002.

Lo stesso articolo al comma 3 prevedeva inoltre che i crediti di carbonio potessero essere generati e certificati in attuazione di "Linee guida" nazionali volte appunto ad individuare i criteri per la valutazione e l'eleggibilità dei progetti nonché per la certificazione e il rilascio da parte del CREA dei crediti di carbonio generati, nel rispetto dei principi previsti dalle Linee Guida dell'Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC, e secondo gli standard del Land use, Land-use change, and Forestry – LULUCF. Le Linee guida dovevano essere approvate con decreto del Ministro delle politiche agricole, alimentari e forestali, di concerto con i Ministri della transizione ecologica e per gli affari regionali e le autonomie, previa intesa con la Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le regioni e le Province autonome di Trento e di Bolzano. La nuova realtà politica delineatasi con le elezioni del 25 settembre ha fatto rallentare tale proposta di legge e si rimane in attesa di evoluzioni.

Nonostante le problematiche legate alla credibilità del mercato, si registrano alti livelli di sperimentazione e innovazione: ad esempio sono sempre di più gli stakeholder che partecipano al Mercato in Italia e molte le tipologie di progetti che oltre alle transazioni dei semplici e consolidati crediti di carbonio incominciano a proporre un riconoscimento dei "servizi ecosistemici" generati da interventi di Gestione Forestale Sostenibile. Le aziende si dimostrano infatti, interessate anche a progetti per i quali non è prevista la generazione di veri e propri crediti di carbonio ma l'erogazione di ulteriori servizi (ecosistemici) aggiuntivi allo stoccaggio del carbonio, come: la conservazione della biodiversità, la tutela della risorsa idrica e la valorizzazione dei servizi ricreativi e culturali.

3. Conclusioni

Negli ultimi anni l'attività di compensazione volontaria delle emissioni di CO₂ ha raccolto circa 6 miliardi di dollari a livello globale e oggi stiamo assistendo alla sua più grande espansione, che porterà ad investimenti per oltre 50 miliardi di dollari nei prossimi dieci anni.

In Italia non sono state ancora assunte rilevanti iniziative o posizioni rispetto al mercato volontario. Non esiste una normativa di riferimento che regolamenti come generare, acquisire, gestire e registrare le transazioni dei crediti di carbonio su base volontaria.

¹ Un sistema di incentivazione dello stoccaggio del carbonio e di riduzione delle emissioni da parte del settore agro-forestale nel quale gli agricoltori e forestali saranno remunerati grazie alle PAC e grazie alla commercializzazione dei crediti di carbonio in un mercato volontario.

Contribuire alla riduzione delle emissioni e all'incremento degli assorbimenti di CO₂ e altri gas serra a livello nazionale è un impegno non solo Istituzionale, ma deve poter diventare un comportamento diffuso che veda la società attivamente operante. In questa direzione va l'istituzione di un Mercato volontario nazionale che potrà inoltre stimolare i proprietari e gestori forestale a effettuare la pianificazione e tornare a gestire in modo diffuso e razionale, sulla base di regole e assumendo impegni aggiuntivi alle normali pratiche di gestione il nostro patrimonio.

Assicurare ai proprietari e i gestori forestali il giusto riconoscimento anche finanziario degli impegni aggiuntivi sostenuti per generare servizi ecosistemici è un'opportunità importante non solo mobilitare un finanziamento aggiuntivo per la tutela del patrimonio forestale, ma anche per garantire benefici alla società e promuovere iniziative di sviluppo socioeconomico, in particolare delle aree interne e montane del paese. Inoltre, incentivare la gestione forestale sostenibile attraverso tale riconoscimento rappresenta un'opportunità per incentivare e promuovere azioni diffuse di prevenzione da eventi estremi e ripristino dei danni causati dal cambiamento climatico in atto.

L'Italia deve urgentemente riconoscere, regolamentare e istituzionalizzare le transazioni dei crediti di carbonio volontari sul territorio nazionale per poter così rendere partecipi del processo di riduzione e compensazione delle emissioni la società e i settori produttivi, generando al contempo un sistema economico in grado di creare nuove opportunità reddituali. Attraverso il semplice processo di acquisto di crediti di carbonio, le organizzazioni indirizzano la finanza verso economie ed ecosistemi in forte difficoltà, aiutando a mitigare i cambiamenti climatici, e contribuendo al miglioramento concreto delle comunità, garantendo un miglioramento delle condizioni di vita e apportando benefici sociali, economici ed ambientali su scala nazionale e globale.

4. Bibliografia

1. Van der Gaast, W., Sikkema, R., & Vohrer, M. (2018). The contribution of forest carbon credit projects to addressing the climate change challenge. *Climate Policy*, 18(1), 42–48. <https://doi.org/10.1080/14693062.2016.1242056>
2. NGFS 2021
3. D'onofrio et al (2021). Forest trend. Ecosystem Marketplace-InsightsBrief 2021Q1 Final. (n.d.).
4. Maluccio et.al. (2021). Progetti forestali di sostenibilità 2020. Nucleo Monitoraggio Carbonio, CREA, Roma 2021. ISBN:9788833851334.

Le diapositive presentate durante il Convegno sono disponibili al seguente link:

https://www.fidaf.it/wp-content/uploads/2022/10/07.10.2022_Raoul-ROMANO_II-Codice-Forestale-del-Carbonio-1.pdf

Considerazioni conclusive

Fabio Pistella

FIDAF

Voglio rivolgere un ringraziamento preventivo a chi è ancora qui di venerdì, a questa tarda ora: la vostra presenza è una conferma del grande interesse suscitato dall'evento di questi due giorni sia per il livello delle relazioni, sia per la qualità dei contributi dal pubblico con le conseguenti discussioni. Parto dall'osservazione che essendo andato via, in verità solo da qualche minuto l'amico Totò Maggiore, che, voglio dirlo espressamente considero un Maestro, posso sostenere di essere il più anziano e avvalermi di questa condizione per parlare con estrema libertà. Però, in parziale contraddizione con quanto ho appena detto, potrei sostenere che penso di poter essere considerato anche tra i giovani, se si adotta la definizione in base alla quale è giovane chi ha ancora voglia di apprendere. In questi due giorni ho appreso più di quanto si potesse prevedere a priori date la mia storia e la mia età. In questo spirito mi rivolgo a voi con l'obiettivo di condividere quello che mi è sembrato il senso, l'atmosfera ispiratrice di questo incontro. Volendo schematizzare si possono individuare due filoni di approfondimento.

Il primo obiettivo degli studi e delle riflessioni esposte è riconducibile alla volontà di capire cosa sta succedendo sul fronte dell'interconnessione tra cambiamenti climatici e il mondo agro forestale, ivi incluse le sue realtà economiche, sociali e industriali. Capire in senso pieno: non solo descrivere fenomenologicamente, ma anche interpretare e, se ci riesce modellare. E qui già cominciamo a trovarci in difficoltà. Partiamo dalla domanda "Cosa sta accadendo?". Anche la descrizione di quello che è in corso non è banale e permangono questioni irrisolte. Ancor più impegnativo è tentare di prevedere come la situazione potrà evolvere. Occorre molta umiltà, perché a volte si ascoltano enunciazioni profetiche alle quali viene attribuita una certezza assoluta e poi risulta che in alcuni casi concreti e molto rilevanti, queste profezie, enunciate allora come verità largamente condivise, non si siano in seguito avverate.

È indispensabile inquadrare le tematiche oggetto del nostro studio nel più ampio contesto dell'evoluzione del quadro climatico con riferimento specifico ai fenomeni demografici e alle dinamiche degli approvvigionamenti energetici che fortemente lo hanno condizionato lo condizionano e continueranno a condizionarlo.

Negli anni 70 ci hanno spiegato che sarebbe finito il carbone entro 10 anni e adesso vediamo che il carbone, devo purtroppo sottolinearlo, è ancora una fonte importante: parlare di scarsità non ha senso, la Cina e l'India continuano a installare nuove mega centrali a carbone, la Germania preferisce chiudere le centrali nucleari piuttosto che quelle a carbone e perfino in Italia le centrali a carbone hanno contribuito a risolvere una contingente scarsità di disponibilità di energia elettrica in questi mesi. Non sostengo che tale situazione sia un vantaggio, al contrario è sicuramente un problema, ma osservo che questi sono i fatti e le previsioni sono state clamorosamente smentite. Analogamente in quegli anni gli studi più accreditati prevedevano che il petrolio sarebbe finito prima del 2000 e invece ce n'è quanto se ne vuole, il vero problema non è nella disponibilità fisica, ma nell'impatto ambientale, nelle condizioni di mercato, nella strumentalizzazione geopolitica. Anche per il gas naturale è stato affermato che sarebbe stato imminente l'esaurimento, ma in realtà il numero di giacimenti sfruttabili aumenta, il gas è stato al centro degli ultimi vent'anni ed è facile prevedere che sarà ancora al centro (o, diciamo così, in un'importante periferia) del sistema energetico mondiale per un periodo altrettanto lungo.

Gli scostamenti finora registrati tra previsioni di intervento e comportamenti effettivamente verificatesi deve indurci a un certo grado di cautela nel valutare una serie di previsioni /indicazioni / prescrizioni che ci vengono da organismi tecnico-scientifici internazionali come l'IPCC e di conseguenza dall'Unione Europea che è praticamente l'unico soggetto geopolitico che dà concreto seguito a queste indicazioni. Mi riferisco alla possibilità di effettivo conseguimento dell'obiettivo climatico dell'UE di ridurre emissioni dell'UE di almeno il 55% entro il 2030, al bando dei motori a combustione interna a partire dal 2035 e all'impegno di rendere l'UE climaticamente neutra entro il 2050. La effettiva percorribilità di questi obiettivi (le cui scadenze vengono via via differite e la cui onerosità aumentata sperando in improbabili recuperi) e le potenziali conseguenze negative sul sistema socio economico dei Paesi dell'Unione Europea non sono state a mio avviso sufficientemente approfondite

Mi sembra che nei lavori del Convegno, a differenza di altre circostanze, queste cautele siano emerse con piena consapevolezza e con grande serenità come una questione ancora aperta che richiede studi e valutazioni sistematiche dei diversi risvolti inevitabilmente implicati. Con queste considerazioni stiamo già affrontando il secondo filone di contributi emersi nei nostri lavori: dopo la comprensione dei fenomeni in atto la formulazione di indicazioni su quali decisioni prendere e quali comportamenti mettere in atto.

Ho apprezzato molto la circostanza che, pur essendo il tema del Convegno e la provenienza professionale dei partecipanti focalizzati sul mondo dell'agroforestale e dell'agroindustria, per felice eccezione rispetto a quanto avviene comunemente in altri ambiti settoriali è stata data, quasi sistematicamente, grande attenzione al contesto. Molti tra gli intervenuti, si sono poste domande del tipo "Se interveniamo su questo singolo aspetto viste le interconnessioni, cosa accade su altri fronti correlati non meno rilevanti per la percorribilità socio economica?" "Se agisco in modo da aumentare il sequestro del carbonio, ma mi crolla la resa della produzione agricola quali sono le conseguenze dal

punto di vista dell'approvvigionamento alimentare" (spesso si trascurano le difficoltà e le vulnerabilità sul fronte della disponibilità di cibo e quanto frequenti siano situazioni tragiche di carestia). Vengono in mente numerosi altri esempi di correlazioni erroneamente trascurate; la stagione della corsa alla produzione di etanolo da cereali in Brasile ne è un esempio. In altre parole, le valutazioni esposte in questi due giorni non hanno fatto correre il rischio, molto frequente, che la specializzazione favorisca l'approfondimento di singoli aspetti, ma impedisca la comprensione delle dinamiche complessive.

Valorizzando gli accenni formulati sulle connessioni intersettoriali e sulle dinamiche temporali proverò a delineare ulteriori punti da meditare invitando implicitamente la FIDAF (mi piace dire noi della FIDAF) a farsi carico di una prossima iniziativa che prosegue il lavoro fin qui svolto.

Il professor Pettenella ha, come si usa dire, lanciato il sasso, domandandosi - forse estremizzo un po' il suo pensiero - se ci possiamo permettere gli obiettivi di mitigazione che in Europa stiamo dichiarando e più o meno efficacemente perseguendo. Non so se siamo consapevoli (mi riferisco non ai presenti in questa sala, ma alla pubblica opinione italiana e più in generale europea) di quanto valgono economicamente i temi che abbiamo messo sul tappeto oggi. Sono cifre fantasmagoriche che si esprimono in miliardi di euro e sono associate con tempi brevi; non sorprenda che li definisco brevi, perché per fenomeni di questo tipo l'unità di misura, in termini di tempi necessari per conseguire risultati significativi, è il quinquennio: il 2035 dista poco più di due quinquenni.

Il buon senso ricorda, espresso in inglese, che "There is no free lunch" e, in italiano, che "Gratis è morto". Vuol dire che qualcuno pagherà; come sempre, pagheranno i consumatori. Gli obiettivi che ci vengono posti comportano inevitabilmente un aumento dei prezzi e ne abbiamo visto le avvisaglie con l'introduzione degli ETS (sistema per lo scambio delle quote di emissione dell'Unione Europea introdotto per ridurre in maniera le emissioni di gas a effetto serra che finora ha portato solo a incremento dei costi di produzione e quindi dei prezzi) per non parlare delle ricorrenti crisi di disponibilità degli idrocarburi e conseguenti impennate dei prezzi.

Concentriamoci sul caso dell'Unione Europea che si è assunta il ruolo di leader mondiale nella lotta ai cambiamenti climatici sperando che l'esempio venga seguito e di riuscire a trasformare un obbligo in un'opportunità. I dati di fatto non stanno confermando finora queste aspettative.

Non si dà la giusta importanza alla circostanza che l'Unione europea contribuisce solo per l'otto per cento alle emissioni di clima alteranti (e in particolare l'Italia solo per l'un per cento). Ammettiamo che con un colpo di bacchetta magica in un quinquennio l'Europa azzeri le proprie emissioni: la questione climatica non ne trarrebbe alcun beneficio, il problema del mondo rimarrebbe per oltre il novanta per cento, anzi, peggiorerebbe comunque, perché nel frattempo le emissioni stanno ancora crescendo in Cina e altrove, tanto che tra cinque anni saranno per vari punti percentuali al di sopra del valore attuale. Quindi, quando ci si sente imporre che nel 2055 l'Europa contribuisca zero alle emissioni totali di climalteranti e soprattutto non si registrano impegni confrontabili da parte di altri Paesi che immettono in atmosfera la gran parte della CO₂ di origine antropica, non possiamo non porci due domande cruciali: se siamo certi che ci riusciremo e soprattutto quali possono essere le conseguenze.

Per riuscire a conseguire questo obiettivo di azzerare le emissioni di climalteranti in Europa, peraltro, come ho appena detto, ininfluenza, non solo sarebbe necessario un grande sforzo di rinnovamento totale del sistema economico con grandi costi economici e sociali ma soprattutto correremmo il forte rischio di uscire dalla competizione sui mercati internazionali. Di questo rischio non si è parlato abbastanza. In un mercato globalizzato dove l'Italia è già penalizzata per mancanza di materie prime, alto costo del lavoro (più per oneri contributivi e fiscali che per livelli di salario netto) deficit di dotazione infrastrutturali, se aggiungiamo costi proibitivi dell'energia e crescita dei prezzi delle materie prime, entrano in grave crisi interi comparti manifatturieri, alcuni dei quali già residuali come il cemento e l'alluminio, altri che hanno retto finora come il ceramico, il tessile, il siderurgico (quest'ultimo già in crisi da tempo per risvolti ambientali mal gestiti). Questi comparti sono per noi vitali in termini di occupazione e di contributo al PIL e alla bilancia dei pagamenti. Non voglio insistere sul caso dell'auto che è stato oggetto di conflitti di opinione anche accesi, ma non mi sembra sia stata gestita al meglio la transizione verso l'elettrico (e questo vale per tutta l'Europa, non solo per l'Italia). Non solo il comparto industriale è a rischio, ma lo sono anche alcune produzioni alimentari di base come tutti voi ben sapete. I nostri costi di produzione sono condizionati, di conseguenza lo sono i prezzi praticabili sui mercati e non solo si riducono i margini ma rischiamo di venire espulsi a vantaggio di produttori che offrono più a buon mercato. Occorre renderci conto che abbiamo a livello europeo intrapreso un percorso che favorisce Paesi come la Cina e crea per l'Europa e l'Italia in particolare, anche in termini geopolitici generali, situazioni di dipendenza e conseguente vulnerabilità.

Rimanendo sullo scenario internazionale mi sembra di poter dire che si è persa determinazione e volontà di intervento sul tema della fame nel mondo. Non suscitano più volontà di intervenire in modo risolutivo la situazione rappresentata dalle tragiche immagini di bambini africani denutriti. Ci gloriamo di investimenti molto costosi per promuovere l'utilizzo dell'idrogeno (che al momento non siamo in grado di produrre in quantità significative, a costi accettabili e a basso impatto ambientale) che per almeno un decennio potranno tutt'al più contribuire per frazioni di punto percentuale. all'abbattimento delle emissioni di CO₂. Mi sembra sia giustificato nutrire perplessità sulla scelta di dare priorità a queste prospettive tecnologiche di fronte a temi di enorme rilevanza dei quali l'insufficienza alimentare non è l'unica manifestazione. Si parla poco e si agisce ancor meno in materia di povertà energetica, di povertà sanitaria e di povertà educativa. Tutti fenomeni che sono tra le cause di danni sul fronte climatico (si pensi alla deforestazione), ma soprattutto

sono destinati ad aumentare sensibilmente in conseguenza dei previsti imminenti mutamenti climatici di vasta portata.

Le conseguenze più clamorose di questa situazione sono alcuni conflitti con risvolti bellici che non si riesce a superare e anche la tragica vicenda delle migrazioni la cui soluzione non può prescindere da un deciso miglioramento delle condizioni di vita nei Paesi dai quali i migranti provengono. In definitiva sarebbe bene che cercassimo di contestualizzare e pesare l'argomento cambiamenti climatici in uno scenario necessariamente più ampio che ho provato a delineare.

Ho già ricordato che nei lavori del Convegno non sono mancati esempi di consapevolezza e approfondimenti di situazioni di interazione complessa; l'esempio più semplice è che l'agri-voltaico dà chilowattora di energia elettrica, ma fa perdere fotosintesi e quindi causa una potenziale riduzione di produttività. È un esempio banale per richiamare l'attenzione su di una serie di meccanismi che non possono essere descritti dalla tradizionale rappresentazione di un legame funzionale in un piano bidimensionale (x, y) come se ci fosse un solo risultato che è guidato da un solo parametro.

La realtà non è così e l'avete osservato, in quasi tutti gli interventi, credo per effetto della dimestichezza che avete con i fenomeni biologici che sono straordinariamente interconnessi. Occorre saper comprendere il concorso di molteplici cause, i fenomeni di feedback (positivo o negativo) e soprattutto tener conto delle dinamiche temporali. Quest'ultimo è un concetto molto importante: il caso della forestazione è emblematico. Gli effetti sono legati alle variazioni del contenuto di carbonio immagazzinato, non agli stock consolidati e in molti casi i benefici saranno distribuiti nei decenni a venire.

Il contributo che utilmente e realisticamente può dare la scienza in situazioni di intrinseca e ineliminabile complessità è quello di costruire degli scenari, ma vorrei distinguere subito fra scenari alternativi di previsione delle relazioni di causa ed effetto tra i diversi parametri in gioco e scenari prescrittivi delle decisioni da prendere. Intendo dire che non sta al mondo scientifico decidere cosa si deve fare perché le scelte hanno dimensioni sociali etiche e più genericamente politiche che non competono alla scienza. Ha ecceduto in tal senso, a mio avviso, negli ultimi anni l'IPCC (il Panel intergovernativo sui cambiamenti climatici a livello mondiale) che ha sconfinato sul terreno delle decisioni politiche. La comunità scientifica deve in definitiva contribuire con studi che correlino cause con conseguenze, possibili azioni con prevedibili conseguenze (in gergo si usa l'espressione "what if ..."). E sarà bene che oltre alla comunità scientifica alla predisposizione e validazione di questi scenari contribuiscano anche gli operatori dell'economia reale e il mondo finanziario detentore nel mondo occidentale, e non solo, di un potere che a volte soverchia quello degli Stati.

La ripartizione di ruoli, e auspicabilmente la sinergia, tra i tre mondi della scienza, dell'economia (chiamiamo i primi due con un termine unico il mondo degli esperti) e quello della politica deve basarsi sulle specifiche rispettive competenze. Come non spetta agli esperti decidere il da farsi non spetta alla politica arrogarsi il diritto di interpretare autonomamente i fenomeni naturali in corso e le relative dinamiche fino a formulare previsioni. In particolare va detto con grande evidenza, anche se a qualcuno può non piacere, che considerare l'incompetenza, un pregio è una follia da abbandonare senza esitazioni. Al politico la responsabilità di questioni squisitamente politiche, appunto, quali tenere in piedi il sistema dell'equità, garantire la difesa delle minoranze, perseguire un equilibrio fra le generazioni; ma correlativamente non pensi il politico di avere le competenze per prevedere le dinamiche dei complessi meccanismi che regolano il mondo naturale. In brutale sintesi: il politico non faccia l'esperto e l'esperto non faccia il politico.

Sembrano indicazioni ovvie, ma non dobbiamo fingere di non vedere le derive verso il senso di onnipotenza che si riscontrano in diversi livelli del sistema decisionale del nostro paese, dell'Europa e un po' meno, a mio avviso, in alcuni Paesi del resto del mondo. In particolare l'Europa ha la pretesa di agire come una "mosca cocchiera" che si attribuisce il ruolo di insegnare al mondo quello che avverrà e quello che il mondo deve decidere ed attuare. In realtà siamo 27 realtà ciascuna delle quali poco rilevante sulla scala mondiale, con interessi e visioni divergenti e a volte addirittura po' in conflitto, l'uno con l'altro, e comunque quello che conta è che come ho già osservato dal punto di vista impatto sul clima siamo in totale meno del 10% sul fenomeno a livello planetario. Per ora penalizzazioni sul piano della competitività sui mercati ne stiamo subendo e benefici concreti sul piano della difesa dai cambiamenti climatici non ce ne sono per nessuno. Al contrario la difesa dell'ambiente peggiora se alcune produzioni (penso al caso dell'acciaio e credo molti di voi potrebbero fare altri esempi relativi al sistema agroindustriale) si spostano dall'Europa a Paesi con minore efficienza e minore attenzione (e regole) alle questioni ambientali in genere per non parlare dei diritti dei cittadini e dei lavoratori in particolare. Alle occasioni settoriali per le quali questo peggioramento avviene in forma diretta relativamente ai processi, si aggiungono quelle trasversali, di natura intersettoriale: basti pensare alla quota, in Cina molto elevata, di energia elettrica prodotta da centrali a carbone.

Forse un elemento non è stato estensivamente trattato nei nostri lavori ed è quello del consenso, elemento decisivo in una società democratica ancor più in una società dove la comunicazione e il confronto di opinioni sono caratterizzanti le relazioni tra cittadini e politici, tra i cittadini come singoli o membri di associazioni e anche tra cittadini e quelli che prima ho denominato "esperti". Non affronto qui, perché è troppo delicato e complesso, il tema della formazione e della selezione degli esperti anche se è in realtà centrale per garantire la qualità delle informazioni fornite ai decisori e al grande pubblico. Tornando alla questione del consenso osservo che questo è condizionato da una serie di fattori, tra i quali la consapevolezza dell'opinione pubblica, i canali del rapporto con i media, le influenze espresse dai portatori di interessi organizzati e sottolineo quanto sia necessario che gli esperti (categoria alla quale apparteniamo anche noi presenti in questa sala) sviluppiamo la capacità di trasferire alla pubblica opinione (e ai decisori) le nostre considerazioni e valutazioni che risultano complicate e in parte incerte a noi stessi che siamo "del mestiere". Questa azione di diffusione delle conoscenze non è un'opzione da esercitare o meno; è un'esigenza irrinunciabile se si vuole evitare che prevalgano sindromi quali il ben noto atteggiamento dei componenti dei vari gruppi NIMBY (rifiuto di ogni insediamento tecnologico

in siti a loro prossimi). Non elenco i pregiudizi che bloccano il progresso (o addirittura il completamento del nostro limitato parco di infrastrutture di trasporto o di comunicazione) perché ne siamo tutti al corrente. La delicatezza del quadro è accentuata dalla circostanza che queste sensibilità o preclusioni aprioristiche diventano materia di ricerca del consenso elettorale e il processo decisionale democratico ne resta fortemente condizionato. In sintesi, è dovere della classe detentrica delle competenze di vario tipo (da quelle accademiche a quelle della cultura e delle professioni, ivi incluse quelle produttive ed operative) fornire basi conoscitive ai cittadini e alla classe politica ai diversi livelli. Questo richiede che chi detiene le conoscenze acquisisca anche una capacità di semplificazione e di comunicazione e si dedichi non marginalmente al dialogo in modo da aiutare per il superamento del grave handicap legato alla mancanza di consenso. È evidente in particolare il ruolo decisivo, a questo scopo, del mondo della istruzione e della formazione spesso ancorato a nozionismi su saperi tradizionali.

Come recente esempio di gestione del dissenso / consenso concluso positivamente, anche se con grandi difficoltà e ritardi, si può citare il caso del gasdotto TAP che immette nella rete italiana (più precisamente in Puglia) il gas proveniente dall'Azerbaijan. Sono stato tra quelli che venivano insultati perché si esprimevano a favore della realizzazione di questa infrastruttura osteggiata perché comportava lo spostamento temporaneo di alcune centinaia di ulivi. Nonostante lo strumentale sostegno a queste opposizioni di soggetti istituzionali più attenti ad acquisire simpatie tra gli elettori che alle esigenze del Paese, l'opera è stata completata; insorta la crisi di approvvigionamento del gas dalla Russia è emersa con evidenza l'indispensabilità del TAP per superarla. A proposito di gas naturale siamo un Paese che non rifugge dall'assurdo: non vogliamo estrarre il gas dal Mare Adriatico però non solo continuiamo ad usarlo come fonte tendenzialmente prevalente, ma lo compriamo anche dalla Croazia che lo estrae dallo stesso giacimento in Adriatico al quale noi non attingiamo. Il paradosso è completato dal dettaglio che le nostre tecnologie su ricerca e coltivazione di giacimenti di idrocarburi e conseguente estrazione e trasporto sono un'eccellenza a livello mondiale. Dichiariamo che è necessario accrescere la nostra indipendenza energetica, ma la realtà è che qualche decennio fa, usavamo 30 miliardi di gas di produzione nazionale, adesso non arriviamo a 10 miliardi e i consumi di gas sono nel frattempo cresciuti. È difficile capire quale sia il vantaggio della situazione attuale che ci vede acquistare a triplo prezzo attraverso le metaniere e i rigassificatori (peraltro anche questi osteggiati in perfetta applicazione della sindrome NIMBY) che gli USA ci "fanno il favore" di fornire a un prezzo triplicato rispetto al precedente prezzo di mercato.

Lasciando le considerazioni sul contesto generale della tematica energia / clima può essere utile commentare il caso specifico della diffusione degli impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica, una tecnologia che è stata durante il Convegno più volte citata, in particolare nella versione agri-voltaico. È un risultato importante che l'Italia abbia conseguito l'obiettivo fissato dall'UE di raggiungere entro il 2020 una produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili pari al 20 per cento dei nostri consumi, ma non possiamo ignorare alcune considerazioni sulle modalità con le quali questo risultato è stato ottenuto. Innanzi tutto i costi: questo risultato ottenuto con erogazioni di risorse pubbliche in varie modalità incentivanti, costa da circa 5 anni sulle bollette dei consumatori 10 miliardi di euro l'anno (fa parte dei cosiddetti "oneri di sistema") e sarà così per altri 10 anni o più. Ci si può chiedere se non sarebbe stato meglio rallentare le tempistiche e spendere meno nelle incentivazioni. Le tempistiche sono collegate anche ad un altro aspetto da considerare: la "fretta", chiamiamola così, ha favorito l'utilizzo di pannelli fotovoltaici di produzione cinese, con dispositivi elettronici regolazione e conversione per l'impiego in rete anche questi cinesi e di qualità modesta che durano poco. L'utilità dei 10 miliardi di euro spesi ogni anno sarebbe stata maggiore se la penetrazione del fotovoltaico fosse stata realizzata con componentistica italiana e società produttrici italiani. Invece la dinamica di tempi e prezzi sul mercato è stata data che sono state addirittura messe in difficoltà quelle limitate capacità di produzione di pannelli fotovoltaici che c'era in Italia.

Va però osservato che in tempi recenti sembra che al livello dei Paesi leader e dell'Unione europea la lezione sia stata compresa e si sia iniziato, spero non troppo tardi, a correre ai ripari per evitare di ripetere gli errori di disallineamento tra domanda e offerta in altri comparti tecnologici ancora più importanti di quello dell'energia. L'Unione europea ha avviato azioni per sostenere la produzione europea di dispositivi vitali per il settore ICT Information and Communication Technology con riferimento particolare ai microchip, componenti attualmente decisivi per qualunque attività manifatturiera. Più in generale si comincia a parlare di politica industriale per l'intera Unione abbandonando nefaste tesi sulla priorità della competizione all'interno del nostro continente alla cui custodia era preposta l'occhiuta DG IV che ha contribuito alle difficoltà di comparti come quello delle apparecchiature per l'informatica e le telecomunicazioni. Bisogna recuperare il terreno perché oltre ai problemi di competitività ci sono anche i problemi di autonomia. Li espongo con un esempio elementare: lo scorso Natale, volendo regalare una bicicletta a mio nipote di dieci anni non ho potuto acquistarla. Ormai quasi tutti i fabbricanti di bici montano i famosi cambi Shimano prodotti su progetto giapponese in Cina; essendo bloccato in quel periodo la produzione e la consegna di prodotti cinesi, la produzione di biciclette in Italia è in ritardo di sei mesi. Finché si parla di biciclette per bambini viene da sorridere, ma questo esempio è estendibile a tutto il comparto manifatturiero perché i microchip sono ovunque (si pensi al settore auto, agli elettrodomestici, all'automazione industriale, alla domotica al controllo delle reti da quelle di trasporto a quelle dell'energia, finanche ai dispositivi di sicurezza nel settore ICT) è evidente la serietà della vicenda. Solo di sfuggita evoco la dipendenza come un potenziale fattore di debolezza anche nel comparto agroindustriale con riferimento a brevetti su varietà e fitofarmaci e avverto che nell'auspicabile diffusione della cosiddetta agricoltura intelligente la delicatezza dell'autonomia o meno nei microchip potrebbe diventare significativa anche in questo comparto. Ricapitolando, abbiamo menzionato la competitività, la dipendenza e (solo per qualche accenno) alla vulnerabilità. Vorrei approfondire la distinzione tra dipendenza e vulnerabilità con riferimento al settore degli idrocarburi: nel caso di approvvigionamenti provenienti da giacimenti del Mare del Nord, proprietà di una società multinazionale, a prevalenza anglo norvegese con

partecipazione italiana, siamo dipendenti ma molto meno vulnerabili rispetto all'acquisto di gas dalla Libia, se non altro per l'imprevedibilità dei processi decisionali in quel Paese. Per il caso della Russia si può dire che eravamo convinti di essere solo dipendenti e ora ci siamo resi conto che siamo anche vulnerabili molto vulnerabili.

Dalla terna di termini competitività, dipendenza e vulnerabilità prendo lo spunto per un accenno sull'esigenza, per l'utilità di un dialogo che eviti incomprensioni tra i soggetti dialoganti, di concordare una terminologia comune, partendo da quella che i linguisti chiamano ontologia (l'elenco degli oggetti di cui si parla, con la loro articolazione in omonimi, sinonimi, iponimi ed iperonimi). Durante i lavori del Convegno sono stati espressi diversi accenni sulla necessità di chiarire i concetti attraverso la presentazione di efficaci categorizzazioni e razionalizzazione. Oggi è stato fatto anche in questa direzione un passo avanti, ma rimane aperta la questione di contraddizioni che emergono dall'uso di terminologie non coerenti e condivise. Penso a termini quali incentivi, promozione, sostegni, contributi in conto interesse e in conto capitale, garanzie, ma anche divieti, prescrizioni, autorizzazioni. Il quadro attuale è quello di un intreccio tra responsabilità imprenditoriali e funzioni pubbliche a vario livello (regionale, nazionale ed europeo) che potrebbe essere più chiaro e coerente. Non entro su denominazioni come biologico, biodinamico e simili perché tema troppo complesso per essere efficacemente affrontato con questi limiti di tempo. Altrettanto vale per la vicenda Nutriscore altrimenti detta "semaforini" in materia di etichettatura di salubrità degli alimenti (non c'è bisogno di spiegare di che si tratti a questo uditorio) da tempo in discussione in ambito UE.

Avviandomi alla conclusione vorrei esprimere qualche commento su uno dei temi centrali dei lavori del Convegno: la formulazione, la selezione, la gestione dei progetti di investimento di riconversione di innovazione, tecnologica e non solo, delineando due criteri guida che ritengo decisivi: attrattività e fattibilità.

L'attrattività è ben definita, e in qualche modo riconducibile a un'analisi costi benefici di tipo tradizionale, finché si fa riferimento al punto di vista del singolo imprenditore. Ma è importante tener presente anche l'arco temporale di riferimento: il beneficio può essere immediato o differito. Nel caso di beneficio differito va verificato ex ante, per quanto possibile, che non si creino nel transitorio effetti secondari non voluti che fanno perdere l'attrattività complessiva dell'intervento. A titolo di esempio possiamo citare quanto sta avvenendo sul complesso mercato del gas naturale: se si dichiara più o meno fondatamente che in un prossimo futuro non verrà più utilizzato il gas naturale sostituito dalla prevista diffusione delle fonti alternative il risultato immediato è uno sconvolgimento dei prezzi del gas naturale che non scendono ma salgono perché la domanda permane nel transitorio mentre si genera una prospettiva di scarsità perché (in parte realisticamente, in parte strumentalmente si interrompono le ricerche di nuovi giacimenti. Proseguendo con l'esempio del gas naturale, queste distorsioni sono amplificate, anche in misura notevole, come sta accadendo in queste settimane, se i livelli di prezzo trasferiti integralmente agli utenti (imprese e famiglie) sono non quelli dei contratti a lungo termine il cui prezzo rimane spesso invariato, ma quelli praticati su mercati volatili che trattano quantità marginali come il TTF di Amsterdam. Da queste regole deriva un pasticcio, ma in gran parte ce lo siamo cercato con dichiarazioni sostanzialmente irrealistiche e regole amministrative diciamo peculiari. Più ingenerale va osservato, tenuto presente, soprattutto quando sono in gioco consistenti interventi pubblici, che occorre vedere l'attrattività per il sistema nel suo complesso e non solo l'attrattività per il singolo operatore (o singolo segmento di mercato) in quanto sono frequenti le situazioni in cui un intervento genera un beneficio da una parte, ma al contempo un danno dall'altra. In questi casi occorre la capacità di stimare il peso dei due effetti e cercare compatibilità e bilanciamenti. Questa responsabilità compete ai decisori pubblici, non sempre all'altezza e comunque pressati da sistema di lobby in competizione. Trovare modalità per gestire queste situazioni che genera elementi di conflittualità è un'esigenza da non trascurare.

Veniamo alla fattibilità, parametro spesso trascurato con conseguenti esiti negativi. Diciamo grossolanamente che le aspettative di successo di un progetto sono misurate dal prodotto del valore del parametro di attrattività per il valore del parametro fattibilità. Premesso che la fattibilità è spesso legata all'entità delle risorse investite e che questo punto rientra nell'analisi costi benefici sopra evocata, non ha senso scegliere una soluzione ad alta attrattività potenziale in situazioni che comportano però bassa fattibilità e quindi rischio elevato di insuccesso. La disponibilità di contributi finanziari pubblici induce alcuni imprenditori a perseguire prospettive con bassa probabilità di successo, ma scelte di questo tipo sono dannose per la collettività e a ben vedere per lo stesso imprenditore. Sono numerosi fra i partecipanti al Convegno rappresentanti del settore della consulenza professionale e ho colto nel loro apporto un encomiabile consapevolezza dei rischi che ho delineato: la qualificazione dei professionisti operanti in Italia al servizio del mondo agroindustriale è un elemento di forza del sistema.

Un altro parametro, che taglia trasversalmente attrattività e fattibilità, è l'equità. Mi risulta agevole trattare questo aspetto perché il Convegno ha visto, a differenza di quanto accade in altri ambiti dove si insiste solo sulla dimensione ambientale, una diffusa consapevolezza del dato fondamentale che la sostenibilità o è simultaneamente ambientale, economica e sociale o è impercorribile: l'iniziativa se genera ulteriori squilibri sociali anziché sanarli, non solo non è attrattiva, ma non ha nemmeno una vera fattibilità, se oltre ad essere economicamente valida non è in grado di evitare o almeno superare il dissenso, come abbiamo già accennato.

Mi fa piacere aggiungere qualche considerazione sui soggetti chiamati ad operare la transizione in cui siamo tutti coinvolti. Come alcuni di voi hanno ricordato, un tempo la centralità era occupata dall'azienda agricola come soggetto economico e sociale autonomo che tendeva a un grado elevato di auto sufficienza; oggi l'azienda è un microcosmo, che vive in un sistema, anzi un sistema di sistemi. Non è più sufficiente, attualmente, nemmeno ragionare in termini di sistema agroindustriale se per industriale si intende riferirsi solo alle attività di trasformazione dei prodotti agricoli. Occorre

considerare il sistema produttivo nel suo complesso includendo per esempio la produzione di tecnologie e macchinari a monte (interessanti accenni sono stati fatti ieri al riguardo) oltre alle attività a valle di stoccaggio, trasformazione, distribuzione e commercializzazione (aggiungerei la gestione dei residui cioè, quando è possibile, la valorizzazione o comunque lo smaltimento). Possiamo considerare il sistema produttivo come un'accezione del concetto di filiera allargata rispetto alla definizione tradizionale. All'interno di questo sistema è necessario distinguere tra chi si trova in condizioni di forza e chi invece ha un potere contrattuale molto minore con conseguente squilibrio nella ripartizione dei margini generati dalla commercializzazione. A questo problema, ben noto e lungi dall'esser efficacemente risolto, si sta aggiungendo quello della reale destinazione finale degli interventi di sostegno pubblico al settore che in vari comparti non vanno prevalentemente ai soggetti più deboli e per i quali il sostegno è più necessario (come esempio si potrebbe citare il caso dei biocombustibili).

Si pone ovviamente la domanda su come agire concretamente nella direzione voluta. Ne parlavamo durante una pausa dei lavori con Andrea Sonnino, Totò Maggiore e Luigi Rossi, convenendo sulla possibilità di ispirarsi ad azioni realizzate intorno agli anni '50 quando è stato smontato il latifondo, ed è stata costruita la piccola proprietà contadina, ma costituendo nel contempo le cooperative e i consorzi e quindi le reti degli oleifici, delle cantine sociali e delle centrali ortofrutticole. Mi piace ricordare il ruolo dei funzionari esperti dell'ispettorato agrario provinciale dediti all'assistenza tecnica e non solo, che andavano in giro per le campagne, conoscevano, partecipavano, facevano condividere. Credo sia necessario, *mutatis mutandis*, ripercorrere quel meccanismo basato sulla costituzione di reti. Oggi molti di voi, con vesti professionali diverse da quelle di allora, siete già promotori di reti e diffusori di conoscenze e di esperienze anche logistiche, organizzative, gestionali di marketing e non solo agronomiche in senso stretto. Tutti i partecipanti al Convegno vanno considerati possibili componenti di una rete che ha elevate potenzialità per costruire un sistema più sinergico ed efficiente; questo Convegno è di per sé un nucleo che parte della rete da costruire. Voglio sottolineare che per essere efficaci le nuove reti debbono essere a composizione eterogenea cioè raccogliere soggetti (individuali e collettivi) con professionalità, ruoli, sia pubblici sia privati, e assetti organizzativi diversificati. Esistono già da sempre organizzazioni omogenee (penso a Coldiretti e Confagricoltura con funzioni di rappresentanza, egregiamente svolte, di interessi omogenei, ma la recente esperienza in altri ambiti dimostra che la progettualità e i risultati sono migliori se la sinergia è tra soggetti diversificati e complementari che cercano convergenze e non difese di interessi legittimi ma comunque parziali. La composizione della Fidaf è di per sé in questa logica in quanto raccoglie soggetti con una base professionale omogenea e ben definita, ma con ruoli diversificati dalla ricerca nell'Università o nei Centri di ricerca, alla consulenza professionale, alla gestione d'impresa alla funzione pubblica in diversi contesti. A ulteriore conferma della forza derivante dall'aggregazione di esperienze complementari cito la scelta di Fidaf di collaborare con Confprofessioni che ha uno spettro di rappresentanze ancora più largo. Queste aggregazioni vanno valorizzate e debbono anche avere il coraggio di dialogare con l'opinione pubblica e con i decisori politici. Quindi ben venga l'esempio di Cerealia perché è un canale di comunicazione molto aperto e diversificato nella partecipazione e nei messaggi al quale auguro ulteriori successi; ben vengano altre iniziative di questo tipo che alzano il livello del processo di informazione e comunicazione attraverso i media. Non è vero che il Paese è disarmato di fronte alle sfide in atto. Abbiamo strumenti normativi, finanziari, di ricerca, sviluppo e promozione con elevate potenzialità e soprattutto capacità imprenditoriali non così presenti in altri Paesi, ma tutto questo va messo in sinergia attraverso il collegamento in una rete virtuale che ho provato a delineare.

La rete virtuale deve essere accompagnata da un'altra dimensione che è quella delle reti infrastrutturali materiali, perché, per fare un esempio se, la rete di telecomunicazioni è tale che non si riesce a fare un webinar senza difficoltà di banda, c'è da domandarsi come è possibile abbiano successo iniziative di per sé meritorie come l'iniziativa Industry 4.0, certamente la conoscete, mirata ad interconnettere i sistemi di manifattura che hanno bisogno di rete ad alte prestazioni (avrei preferito fosse chiamata Impresa 4.0 a comprendere esplicitamente anche il mondo agricolo).

Abbiamo professionalità, imprenditorialità, tecnologie, creatività. A parte alcune infrastrutture materiali cui ho fatto cenno cosa ci manca per avere maggior successo come Paese? Il confronto con l'occasione di grande sviluppo in Italia, l'ultimo dopoguerra nel quale ci siamo felicemente risollepati, ci mancano alcuni elementi che riassumerei nella terna composta da coesione, fiducia e regia. Viene spontanea anche se abusata l'analogia con la competizione calcistica: la regia compete all'allenatore. L'opinione prevalente è che la regia debba venire dalla politica; ma occorre non limitarsi a ravvisare questa carenza. Occorre pensare alla necessità di uno spirito di squadra che favorisca il compito dell'allenatore e immaginare anche una sorta di allenatore collettivo o forse l'immagine più corretta è quella di un gruppo tecnico di supporto all'allenatore. I pubblici funzionari qualificati e impegnati nelle pubbliche amministrazioni possono essere decisivi in tal senso soprattutto se si abbandonano atteggiamenti frammentati di difesa del rispettivo segmento di competenza e di scarsa disponibilità ad assumersi responsabilità. In questi due giorni abbiamo sentito alcuni pubblici funzionari formulare proposte efficaci e più in generale esprimere disponibilità che fanno sperare bene. L'attuazione del PNRR è un'occasione importante che non ci possiamo permettere di sprecare e non possiamo accettare che la macchina amministrativa non sia all'altezza del pesante compito ad essa attribuito. Nel rapporto di ciascuno di noi con il sistema decisionale dobbiamo pretendere una più incisiva regia a livello di vertici politici e strutture amministrative, ma dobbiamo anche contribuire al passaggio da letture e comportamenti individuali, inevitabilmente parziali, a modalità operative basate su interazioni costruttive, ricercando convergenze, per costruire il necessario consenso perché la fattibilità di qualunque iniziativa di rilievo, perdonate se lo ripeto ancora una volta, non può prescindere dal consenso.

Rinnovo i complimenti agli organizzatori e ai partecipanti e vi ringrazio per l'attenzione.



ENEA
Servizio Promozione e Comunicazione
enea.it

Stampa Laboratorio Tecnografico
Centro Ricerche ENEA Frascati
Ottobre 2023

enea.it



ISBN: 978-88-8286-451-4