



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DELLA
TUSCIA

Università degli Studi della Tuscia di Viterbo

Dipartimento di Economia, Ingegneria, Società e Impresa (DEIM)

e

Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali (DAFNE)

**Corso di Dottorato di Ricerca in
Engineering for Energy and Environment – XXXVI ciclo
Curriculum Biosystems and environment**

La produzione di energia rinnovabile in agricoltura: il caso studio dell'agrovoltaico

**Settore scientifico-disciplinare
(AGR/09)**

Tesi di dottorato di:

Dott. Valerio Di Stefano

Coordinatore del corso

Prof. Andrea Facci

Tutore

Prof. Andrea Colantoni

Co-tutore

Ing. Francesco Gallucci

A.A. 2022/23

Sommario

<i>Introduzione</i>	6
CAPITOLO 1	9
IL FRAMEWORK LEGALE INTERNAZIONALE, EUROPEO E NAZIONALE IN MATERIA DI ENERGIE RINNOVABILI	9
1. Introduzione	10
1.1 Il quadro normativo internazionale	11
1.2 La normativa europea	18
1.3 Il <i>Green New Deal</i> e la strategia <i>From Farm to Fork</i>	33
1.4 Cenni sull’evoluzione della disciplina energetica europea: dal primo pacchetto energia al recente <i>REPowerUE</i>	37
1.4.1 La disciplina energetica di prima generazione	37
1.4.2 La disciplina di seconda generazione.....	42
1.4.3 Il Terzo Pacchetto Energia e l’istituzione dell’ACER	44
1.4.4 Il Pacchetto Europeo “ <i>Clean Energy for all Europeans</i> ”	47
1.4.5 “Internal market for electricity”	48
1.4.6 Revised regulation on the European Agency for the Cooperation of Energy Regulator	49
1.4.7 Il quinto pacchetto energia: la normativa di nuova generazione	50
1.4.8 La regolamentazione del mercato dell’energia: l’Agenzia dell’UE per la cooperazione fra i regolatori dell’energia.....	52
1.4.9 Sicurezza dell’approvvigionamento di elettricità, gas naturale e petrolio	54
1.4.10 Il piano europeo di riduzione della domanda di gas: cenni	56
1.4.11 Il piano <i>REPowerEU</i>	57
1.5 Il quadro normativo nazionale	58
1.6 Il recepimento delle direttive energetiche in Italia	62
1.7 Il Piano nazionale di ripresa e resilienza	65
1.7.1 Il Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC): cenni.....	70
1.8 Il regime degli incentivi in materia di agrovoltaiico: dal D.L. 24 gennaio 2012, n. 1 al recente decreto MASE	72
1.8.1 Il D.L. 24 gennaio 2012, n. 1 e la normativa di prima generazione	72
1.8.2 Il decreto semplificazioni e il nuovo comma 1-quater dell’art. 65 del D.L. 24 gennaio 2012, n. 1	73
1.8.3 Il nuovo DL Energia e il Decreto MASE.....	74
1.8.4 Il DL 13/2023 e la semplificazione amministrativa	77
1.9 Linee guida per l’applicazione dell’agrovoltaiico in Italia: il primo documento ufficiale in materia	78
1.10 Le Linee guida MiTE in materia di impianti agrivoltaiici	79

CAPITOLO 2.....	82
FOTOVOLTAICO TRADIZIONALE E AGROVOLTAICO: DATI STATISTICI E ASPETTI TECNICI, STRUTTURALI E PAESAGGISTICI.....	82
2. L'impianto fotovoltaico: definizione e caratteristiche.....	83
2.1 Energia rinnovabile e fotovoltaico in Italia: i numeri.....	84
2.1.1 I primi dati del 2023.....	90
2.2 La struttura di un impianto fotovoltaico.....	91
2.2.1 Il caso del parco agrisolare.....	95
2.3 La struttura di un impianto agrovoltaco alla luce delle Linee guida ministeriali.....	97
2.3.1 Caratteristiche generali dei sistemi agrovoltaci.....	98
2.3.2 Il requisito A.....	100
2.3.3 Il requisito B.....	101
2.3.4 Il requisito C.....	103
2.3.5 I requisiti D ed E.....	106
2.3.6 Applicazioni pratiche: il caso studio di <i>A. Ravilla et al.</i> e il confronto con il fotovoltaico classico. Impatti economici e ambientali.....	106
2.4 Aspetti paesaggistici: il regime autorizzatorio in Italia.....	109
2.4.1 L'agrovoltaco tra produzione energetica e tutela del paesaggio.....	112
2.4.2 Consumo di suolo e agrovoltaco: la posizione della giurisprudenza amministrativa.....	114
CAPITOLO 3.....	117
ENERGIA, PRODUZIONE AGRICOLA E MONITORAGGIO DELLE COLTURE.....	117
3. Benefici del sistema agrovoltaco.....	118
3.1 Aspetti agronomici e culturali nell'impianto agrovoltaco.....	119
3.1.1 Impianti fissi applicati a colture estensive e aree pascolive.....	121
3.1.2 Impianti integrati in produzioni orticole e solar sharing.....	123
3.2 Tipologia colturale.....	124
3.2.1 La scelta della coltura.....	125
3.3. Produzione agricola e monitoraggio delle colture.....	127
3.4 Il sistema di monitoraggio dell'Università degli Studi della Tuscia: AGRIFOTO.....	132
3.5 La sperimentazione in Italia: il caso studio dell'impianto di Montalto di Castro (VT).....	137
3.5.1 La scelta delle specie vegetali.....	139
3.5.2 <i>Asparagus officinalis L.</i> (asparago).....	140
3.5.3 <i>Crocus sativus L.</i> (zafferano).....	141
3.5.4 <i>Trifolium repens L.</i> (trifoglio bianco o ladino).....	142
3.5.5 <i>Solanum tuberosum l.</i> (<i>patata</i>).....	142
3.5.6 <i>Cucumis sativus L.</i> (cetriolo).....	143
Conclusioni.....	146
Bibliografia.....	150

Introduzione

L'attuale contesto sociale, politico e ambientale impone agli Stati e alle Organizzazioni internazionali di trovare nuove tecnologie in grado di fornire energia rinnovabile e, al contempo, di non generare un eccessivo consumo di suolo. A questo, si aggiunge il fatto che il recente conflitto russo-ucraino, ha causato ingenti aumenti dei prezzi delle materie in prime in generale e quindi anche nel comparto agroalimentare, con la conseguenza di una maggiore e riaccentrata attenzione su questo settore.

Nello specifico gli ultimi anni hanno visto un notevole aumento del fabbisogno energetico annuale e un contemporaneo e parallelo incremento del consumo di suolo.

Infatti, fino al 2022 si sono consumati 2.151.437,16 ha (dati ISPRA) di suolo in tutta Italia, che equivalgono al 7,14% della superficie nazionale. Rispetto al 2006, anno di inizio dell'analisi da parte dell'ISPRA, c'è stato un incremento di 121.646,11 ha di suolo consumato, con una media di 7.602 ha circa di suolo perso ogni anno (AA.VV., 2023).

Allo stesso tempo, la richiesta di energia elettrica annuale ha subito un incremento negli ultimi 5 anni, arrivando nel 2022 ad essere pari a 316,8 miliardi di kWh, leggermente in flessione rispetto ai dati del 2021 (GSE, 2023), ma che rappresenta comunque un valore decisamente elevato rispetto alla media europea.

Inoltre, le principali strategie europee quali il *Green Deal* e il *RePowerUE*, oltre che la RED III, impongono diversi obiettivi da raggiungere entro il 2030: in particolare è previsto il raggiungimento del *target*, del 42,5%, con un ulteriore aumento indicativo del 2,5%, per un totale del 45% di quota di energie rinnovabili entro il 2030.

Per queste ragioni e soprattutto per preservare e valorizzare la produzione agricola e il ripristino dei c.d. *brownfield* e *greenfield*, il legislatore europeo e, successivamente, quello italiano hanno stabilito di incentivare alcune nuove tecnologie volte alla produzione di energia rinnovabile in sinergia con la produzione agricola e zootecnica: fra queste vi rientra l'agrovoltaico.

L'agrovoltaico (o agrivoltaico o agro-fotovoltaico) è una nuova forma di utilizzo dell'energia fotovoltaica che, a differenza dei comuni impianti fotovoltaici a terra, mira ad integrare la produzione agricola con la produzione energetica. Tale sistema è stato definito come “un impianto fotovoltaico che adotta soluzioni volte a preservare la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale sul sito di interesse” senza comportare un eccessivo consumo di

suolo e in grado di aumentare sino a 15 volte l'anno il valore della produzione agricola rispetto alle tecniche di agricoltura tradizionale (Chalgynbayeva et al., 2023; Toledo & Scognamiglio, 2021).

Sulla scorta dei dati elaborati da Schindele et al., 2020, nel 2023 sono stati installati in tutto il mondo oltre 2200 impianti agrovoltaici con una capacità pari a 2,8 GW.

Nel presente lavoro si è analizzato *in primis* il *framework* legale internazionale, europeo e nazionale in materia di fonti di energia rinnovabile e, in particolare, di agrovoltaico.

Successivamente l'attenzione è stata posta sulle varie tipologie di strutture e di layout degli impianti agrovoltaici presenti in letteratura e installati nei principali Stati, con un particolare *focus* sulla tutela dell'ambiente e sulla salvaguardia del suolo, svolgendo, altresì, un'analisi giurisprudenziale sulla ponderazione degli interessi tra produzione di energia rinnovabile e tutela paesaggistica.

Infine, è stato approfondito l'aspetto colturale e agronomico degli impianti agrovoltaici, effettuando una descrizione dell'innovativo sistema di monitoraggio sperimentato durante il triennio di ricerca denominato AGRIFOTO e del caso studio dell'impianto a Montalto di Castro (VT).

CAPITOLO 1

IL FRAMEWORK LEGALE INTERNAZIONALE, EUROPEO E NAZIONALE IN MATERIA DI ENERGIE RINNOVABILI

1. Introduzione

Lo svolgimento di un'analisi completa ed esaustiva di tutte le norme che hanno interessato il settore clima ed energia, richiederebbe uno sforzo notevole a causa della complessità e numerosità dei provvedimenti che sono stati emanati nel corso degli anni che non risulta essere essenziale per gli obiettivi che si pone il presente lavoro e per il contesto tecnico da indagare. Verranno presi in considerazione, pertanto, soltanto i principali strumenti giuridici che hanno caratterizzato il settore delle energie rinnovabili e la lotta contro i cambiamenti climatici.

In maniera sintetica l'evoluzione del diritto internazionale dell'ambiente nell'epoca moderna, ovvero dal 1900 in poi, è stata caratterizzata da almeno tre fasi:

- la prima, che arriva alla fine degli anni Sessanta è caratterizzata dal fatto la CEE non aveva competenze specifiche in materia ambientale in quanto gli scopi costitutivi della Comunità inizialmente erano soltanto di natura economica;
- la seconda, che parte dalla Conferenza e dalla Dichiarazione di Stoccolma del 1972, e vede l'enunciazione di quelli che sarebbero poi diventati i principi fondamentali del diritto ambientale, ossia del principio di valutazione d'impatto ambientale, del principio di precauzione e del principio di "chi inquina paga". In questa fase il diritto internazionale dell'ambiente inizia a delinarsi come nuova area d'interesse dell'ordinamento internazionale;
- la terza ed ultima fase ha preso avvio dal Rapporto Brundtland del 1987 ed ha trovato il suo coronamento nella Conferenza di Rio del 1992 ed in Agenda XXI, che contiene il programma delle azioni da intraprendere nel XXI secolo per conseguire l'obiettivo della sostenibilità.

L'elemento comune ai diversi interventi normativi è rappresentato dalla progressiva affermazione dei principi sopra richiamati che hanno portato da un lato alla predisposizione di trattati universali quali quelli in materia di mutamenti climatici, di biodiversità e di desertificazione e dall'altro alla revisione dei sistemi pattizi esistenti con il passaggio ad un vero e proprio "diritto internazionale ambientale".

Con i trattati sopra richiamati si è proceduto all'enunciazione di una serie di dichiarazioni di principi e di alcuni ambiziosi programmi e raccomandazioni rivolti agli Stati e a soggetti

internazionali e nazionali non statali, al fine di indirizzare la crescita economica, lo sviluppo sociale e la protezione ambientale verso la sostenibilità.

Tra questi ultimi rientrano anche la dichiarazione di intenti della 19^a sessione speciale dell'Assemblea generale delle Nazioni Unite (UNGASS, 1997); la Dichiarazione del Millennio (2000), seguita dalle Dichiarazioni di Doha in ambito WTO (2001) e dal Consensus di Monterrey nell'ambito della Conferenza internazionale sul finanziamento dello sviluppo (2002), fino a giungere alla Conferenza di Johannesburg, c.d. Earth Summit (2002), da cui sono scaturiti una Dichiarazione sullo sviluppo sostenibile, un Piano di attuazione e numerose altre norme che hanno disciplinato la materia ambientale.

1.1 Il quadro normativo internazionale

La prima tappa decisiva delle politiche ambientali a livello internazionale è rappresentata dalla pubblicazione da parte della Commissione mondiale sull'ambiente e lo sviluppo (WCED) del documento "*Our Common Future*", meglio conosciuto come "Rapporto Brundtland", il primo documento che introduce il concetto di sviluppo sostenibile dandone una precisa definizione: "Lo sviluppo sostenibile è quello sviluppo che consente alla generazione presente di soddisfare i propri bisogni senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri" (Commissione mondiale per l'ambiente e lo sviluppo, 1987). Si tratta della presa di coscienza del fatto che le risorse naturali non sono beni disponibili in quantità illimitata e che, pertanto, devono essere preservate. Per la prima volta, quindi, viene posta l'urgenza di risolvere il problema delle risorse energetiche non rinnovabili, le criticità legate all'inquinamento, la necessità di garantire alimenti sufficienti a tutti gli abitanti del pianeta e di imprimere una svolta nei cambiamenti degli stili di vita.

Questi principi furono completamente ripresi dalla Conferenza sull'Ambiente e sullo Sviluppo delle Nazioni Unite, svoltasi a Rio de Janeiro nel 1992, durante la quale è stata approvata la Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC) che, partendo dalla constatazione dell'incremento continuo delle emissioni di gas a effetto serra (GHG) di origine antropica, pone l'obiettivo di "stabilizzare le concentrazioni di gas ad effetto serra nell'atmosfera ad un livello tale che sia esclusa qualsiasi pericolosa interferenza delle attività umane sul sistema climatico" (Organizzazione delle Nazioni Unite, 1992).

La Convenzione riconoscendo la portata mondiale dei cambiamenti climatici, chiede una cooperazione fra i vari Stati sulla base del principio di responsabilità comuni ma differenziate rispetto alle rispettive capacità di contribuzione e alle loro condizioni economiche e sociali. È in questo ambito che viene istituita la Conferenza delle Parti (COP), che svolge un ruolo fondamentale nell'attuazione della politica di riduzione delle emissioni in quanto vigila sulla regolare attuazione della convenzione stessa e su quella di qualsiasi strumento giuridico ad essa collegato (Organizzazione delle Nazioni Unite, 1992).

La prima riunione della COP ha avuto luogo nel 1995 a Berlino, le successive sessioni sono state convocate con cadenza annuale. Al termine della terza Conferenza delle Parti (COP-3), che si è svolta a Kyoto in Giappone, è stato adottato il Protocollo di Kyoto della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, che si poneva l'obiettivo di ridurre le emissioni di alcuni gas ad effetto serra di almeno il 5,2% rispetto ai livelli del 1990 nel quinquennio che va dal 2008-2012. L'art. 3 del Protocollo prevede la possibilità per le Parti di assolvere agli impegni assunti tramite lo strumento dei *carbon sinks*, ossia attraverso pozzi di assorbimento di carbonio. Ai Paesi in via di sviluppo non viene imposta alcuna riduzione delle emissioni, poiché si ritiene che l'elevata quantità di GHG presenti in atmosfera sia da attribuire all'attività industriale posta in essere negli ultimi 150 anni dai Paesi sviluppati e che di conseguenza debba essere richiesta a questi un'azione volta a contrastare concretamente i cambiamenti climatici. Il protocollo introduce tre meccanismi di flessibilità: la *Joint Implementation* (JI); l'*Emission Trading* (ET); il *Clean Development Mechanism* (CDM) (Organizzazione delle Nazioni Unite, 1997).

Il meccanismo della *Joint Implementation*, regolato dall'art. 6, permette ad ogni Parte prevista dall'Allegato I di adempiere ai propri obblighi acquistando da ogni altra Parte dell'Allegato I delle unità di riduzione derivanti da progetti volti proprio alla riduzione di emissioni di GHG di origine antropica.

L'art. 12 disciplina il *Clean Development Mechanism*, che si propone di incentivare le Parti inserite nell'Annex I a promuovere e a finanziare progetti di riduzione delle emissioni nei Paesi non rientranti nell'Annex I per poter così ottemperare al proprio obbligo contabilizzando le unità di riduzione delle emissioni derivanti da tali progetti. Un ulteriore adempimento da portare avanti riguarda il trasferimento di alcune tecnologie nei Paesi in via di sviluppo al fine di poter loro consentire la realizzazione di uno sviluppo "*pulito*".

Il sistema di *Emission Trading*, previsto dall'art. 17, permette alle "Parti incluse nell'Allegato B", che hanno unità di riduzione di emissioni in eccesso, di commercializzarle con altre Parti che sono lontane dal raggiungimento del loro obiettivo, al fine di adempiere agli obblighi che derivano dall'applicazione dell'art 3.

L'Italia aveva sottoscritto un obiettivo di riduzione emissiva del - 6,5%, identificato sulla base delle indicazioni fornite dagli Enti di ricerca nazionali, che lo avevano quantificato come risultato dell'attuazione di un *pool* di azioni necessarie per l'ammodernamento del Paese e per lo stimolo dell'economia nazionale (Ronchi et al., 2004).

A seguito di questo Protocollo, tutte le problematiche riguardanti le principali questioni ambientali quali l'inquinamento atmosferico, i cambiamenti climatici e la produzione di energie rinnovabili sono stati oggetto di particolare attenzione negli ultimi anni da parte dell'Organizzazione delle Nazioni Unite¹, dell'Unione Europea² e delle principali agenzie internazionali.

La Conferenza di Monterrey, nel 2002, è stata importante in quanto per la prima volta è stato formalizzato l'obiettivo di un partenariato globale tra i paesi industrializzati e i paesi in via di sviluppo (PVS) per il finanziamento dello sviluppo di questi ultimi e per quello degli Obiettivi di sviluppo del Millennio (Organizzazione delle Nazioni Unite, 2002). In quest'ambito sono state identificate sei aree sulle quali dovevano essere concentrate gli sforzi per raggiungere l'obiettivo di promuovere lo sviluppo dei PVS, e soprattutto dei Paesi meno sviluppati (i cosiddetti *Least Developed Countries*, o LDC):

1. la mobilitazione di risorse interne per lo sviluppo;
2. la mobilitazione di risorse internazionali;
3. il commercio internazionale come motore di sviluppo;
4. la cooperazione allo sviluppo internazionale;
5. l'indebitamento estero;
6. le questioni sistemiche, cioè la coerenza e la consistenza del sistema monetario, finanziario e commerciale internazionale ai fini della promozione dello sviluppo.

¹ L'Organizzazione delle Nazioni Unite (ONU) è stata istituita dopo la Seconda Guerra Mondiale da 51 Paesi ed è in funzione dal 1° gennaio 1946, in seguito all'entrata in vigore della Carta delle Nazioni Unite il 24 ottobre del 1945. Oggi l'Organizzazione è costituita dalla quasi totalità degli Stati (193 membri).

² L'Unione europea, abbreviata in UE o Ue, è un'unione politica ed economica a carattere sovranazionale, che comprende 27 Stati membri.

Dopo Kyoto una piccola evoluzione nella lotta ai cambiamenti climatici si ha con la COP-13 svoltasi a Bali, in Indonesia, nel 2007, che pone le basi per un futuro accordo climatico. Viene sottoscritto un accordo detto Bali Road Map con cui viene avviato un processo di negoziazione basato da un lato sull'attività di un "*Ad Hoc Working Group*" sugli impegni futuri delle Parti che hanno sottoscritto il Protocollo di Kyoto (AWG-KP), volto a negoziare gli obiettivi post-2012, cioè del secondo periodo del Protocollo e dall'altro lato si stabilisce il lavoro di un "*Ad Hoc Working Group on Long-Term Cooperative Action* (AWG-LCA)" diretto a stabilire gli impegni futuri delle Parti non firmatarie di Kyoto.

Tra il 29 novembre e il 2 dicembre 2008 si è svolta a Doha, Qatar, la Conferenza delle Nazioni Unite sul Finanziamento per lo Sviluppo. L'obiettivo della Conferenza era quello di valutare i progressi nella realizzazione dell'agenda internazionale per il finanziamento dello sviluppo adottata a Monterrey, Messico, nel 2002, e individuare le nuove sfide che la comunità internazionale avrebbe dovuto affrontare in questo campo (Organizzazione delle Nazioni Unite, 2002).

Il documento finale della Conferenza di Doha riafferma la validità degli obiettivi di Monterrey e l'impegno della comunità internazionale a perseguirli anche se pone l'accento su una molteplicità di problemi che avrebbero potuto ostacolare gli obiettivi preposti, quali l'insicurezza alimentare, le oscillazioni dei prezzi di energia e materie prime, i cambiamenti climatici, la crisi finanziaria globale, i mancati risultati dei negoziati commerciali. Il documento solleva poi la questione della lotta al terrorismo e delle sue implicazioni per lo sviluppo economico e la coesione sociale.

La COP 15, svoltasi a Copenaghen nel 2009, che ha visto la partecipazione di 192 Paesi, ha rappresentato un grosso fallimento in quanto non è stato raggiunto l'obiettivo generale di giungere ad un accordo per il periodo post 2012. La COP 15 si è conclusa con l'elaborazione del discusso Copenaghen Accord, negoziato da circa 25 Parti, che faceva riferimento alla necessità di evitare di superare la soglia dell'aumento delle temperature del pianeta di 2 °C rispetto al livello preindustriale, prospettando anche la possibilità di fissare un limite più basso (1,5°C). Era, inoltre previsto un impegno finanziario da parte dei Paesi industrializzati a favore dei PVS di 30 miliardi di dollari l'anno tra il 2010 e il 2012 e di 100 miliardi di dollari a partire dal 2020 (a beneficio del *Green Climate Fund*, GCF) per favorire politiche di misure di adattamento ai cambiamenti climatici.,

Il risultato più importante della COP 17, che ha riunificato nella stessa cornice negoziale i gruppi di Paesi sottoscrittori e di quelli non sottoscrittori del Protocollo di Kyoto, è stato l'adozione della Piattaforma di Durban che si proponeva di raggiungere un nuovo accordo globale nel 2015 da applicare dal 2020.

Nel 2012, la COP 18 di Doha ha prodotto in primo luogo il *The Doha Climate Gateway*, relativo all'impegno dei Paesi industrializzati in merito all'assunzione degli oneri economici per i danni climatici patiti dai PVS (il cosiddetto meccanismo *Loss and Damage*). In secondo luogo, ha generato l'emendamento di Doha al protocollo di Kyoto, che prevedeva un successivo periodo di impegno (2012-2020) nella riduzione delle emissioni per tutti i Paesi sottoscrittori ad eccezione di Stati Uniti e Canada (ritiratosi dal Protocollo nel 2011), e dei PVS – Cina compresa. Molti Paesi – come Giappone, Russia e Nuova Zelanda – non si assunsero ulteriori impegni di riduzione delle emissioni, mentre altri si impegnarono a ridurre le emissioni del 18% rispetto ai livelli del 1990. I Paesi dell'UE e l'Islanda si sono impegnati a raggiungere congiuntamente un obiettivo di riduzione del 20 %. La lista dei gas serra contemplati dal Protocollo di Kyoto, inoltre, è stata estesa per includere altri composti chimici.

Anche l'ONU, nel settembre del 2015, ha adottato per la prima volta un Piano mondiale per la sostenibilità ambientale e sociale, denominato Agenda 2030, che prevede 17 linee di azione, tra le quali è presente anche lo sviluppo di impianti per la produzione di energia rinnovabile (Organizzazione delle Nazioni Unite, 2015). Nello specifico il Piano si pone l'obiettivo di garantire uno sviluppo sostenibile che soddisfi le esigenze presenti senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare le proprie. Le iniziative per la tutela ambientale nell'ambito dell'agenda 2030 includono la promozione di energie rinnovabili, l'adozione di politiche per l'efficienza energetica, la gestione sostenibile delle risorse idriche, la conservazione della biodiversità, la promozione di pratiche agricole sostenibili e molto altro. Agenda 2030 sottolinea anche l'importanza della sensibilizzazione e dell'educazione ambientale per promuovere un cambiamento di comportamento verso la sostenibilità ambientale (Organizzazione delle Nazioni Unite, 2015). Il monitoraggio e la rendicontazione dei progressi verso gli obiettivi dell'Agenda 2030 sono parte integrante del processo. I Paesi sono tenuti a presentare rapporti periodici per identificare le sfide e adattare le politiche di conseguenza. Attraverso gli obiettivi e le azioni delineate, si mira a promuovere un uso sostenibile delle risorse naturali, a combattere il

cambiamento climatico e a preservare la salute del pianeta per le generazioni presenti e future (Organizzazione delle Nazioni Unite, 2015).

Nell'ambito della COP 21, come è stato detto sopra, è stato adottato l'Accordo di Parigi, entrato in vigore il 16 novembre 2016, che si pone ambiziosi obiettivi di riduzione delle emissioni che permettano di mantenere l'aumento della temperatura media terrestre entro i 2°C, in conformità a quanto previsto dal Quinto Rapporto sui cambiamenti climatici (AR5) del 2014, ed auspica un incremento degli sforzi per limitare l'aumento di temperatura a 1,5° C rispetto ai livelli preindustriali (Organizzazione delle Nazioni Unite, 2016).

Gli Stati Uniti sotto la guida del Presidente Obama, il 3 settembre del 2016, hanno ratificato l'Accordo in questione ma il Presidente Trump, il 1° giugno del 2017, ha dichiarato che gli Stati Uniti abbandoneranno l'Accordo di Parigi, sostenendo che gli impegni richiesti avrebbero minato l'economia statunitense.

La venticinquesima Conferenza delle Parti (COP 25), tenutasi a Madrid, ha indicato come priorità le energie rinnovabili, l'elettro-mobilità, l'estrazione mineraria verde, l'economia circolare; gli oceani, le foreste e le agricolture resistenti al cambiamento climatico, le città sostenibili, le infrastrutture resistenti la finanza climatica.

Un risultato chiave della COP 26, tenutasi a Glasgow nel novembre 2021, è stato l'invito alle Parti a "rivedere e rafforzare" i propri obiettivi di riduzione delle emissioni per il 2030 - noti come "contributi determinati a livello nazionale" o NDC - entro la fine del 2022 per allinearsi meglio all'obiettivo dell'Accordo di Parigi volto a limitare l'aumento della temperatura globale ben al di sotto dei 2°C, puntando a 1,5°C. Un elemento cruciale per colmare il divario di emissioni in questo decennio è stata la decisione, da finalizzare nel corso della COP 27 (Sharm el Sheik, 6-18 novembre 2022), sul "programma di lavoro per aumentare urgentemente l'ambizione e l'attuazione della mitigazione in questo decennio" stabilito dal Patto per il clima di Glasgow. Quest'ultimo prevede che si continui il dialogo sul tema dell'obiettivo globale di adattamento. Durante la COP 26 è stato creato il "Dialogo di Glasgow" per discutere le modalità di finanziamento per attività mirate ad evitare, minimizzare ed affrontare le perdite e i danni (*loss and damage*) nei Paesi in via di sviluppo che sono più vulnerabili.

Il Vertice di Glasgow è stato considerato uno dei vertici climatici più importanti degli ultimi anni e ha rappresentato un'opportunità per i diversi Paesi di rivedere e migliorare i loro obiettivi di riduzione delle emissioni, discutere strategie di adattamento e trovare modi per finanziare le azioni

climatiche nei paesi in via di sviluppo. Numerosi Paesi hanno annunciato aggiornamenti ai loro obiettivi di riduzione delle emissioni, impegnandosi a intensificare gli sforzi per raggiungere gli obiettivi dell'Accordo di Parigi.

Tuttavia, l'UNFCCC³ (*United Nations Framework Convention on Climate Change*) ha dichiarato che questi obiettivi potrebbero non essere ancora sufficienti per raggiungere il traguardo del riscaldamento di 1,5 gradi Celsius. Al vertice, sono stati compiuti progressi significativi nella questione dei finanziamenti climatici per i Paesi in via di sviluppo. Sono stati annunciati impegni finanziari per aiutare questi Paesi ad affrontare gli impatti del cambiamento climatico e a ridurre le loro emissioni. Il vertice ha visto una maggiore partecipazione del mondo aziendale e della società civile, con aziende, investitori e organizzazioni non governative che hanno presentato impegni concreti per promuovere l'energia pulita, la sostenibilità e la riduzione delle emissioni. È stato raggiunto un accordo per porre fine alla deforestazione entro il 2030 e ripristinare le foreste distrutte o danneggiate.

In questa sede i Paesi donatori hanno presentato un "delivery plan", contenente impegni finanziari collettivi e una traiettoria per il raggiungimento dell'obiettivo di 100 miliardi di euro.

Il problema del finanziamento per le perdite e i danni è stato uno dei temi principali di discussione alla COP 27 con l'intento di giungere ad un accordo su un meccanismo di finanziamento (c.d. *finance facility*). Altro tema centrale della COP 27 è stato quello della finanza per il clima.

La ventottesima conferenza delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (COP 28) si è svolta a Dubai dal 30 novembre al 12 dicembre 2023 e si è conclusa con un accordo il cui obiettivo è quello di mantenere l'impegno di limitare l'incremento della temperatura globale entro 1,5 °C (Consiglio dell'Unione europea, 2023).

Tra i contenuti dell'accordo finale si evidenzia l'assunzione di un "bilancio globale" (*Global stocktake*) per accelerare l'azione sul clima prima della fine del decennio, la necessità di superare i combustibili fossili per raggiungere la neutralità climatica al 2050 e triplicare le energie

³ La Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (in inglese *United Nations Framework Convention on Climate Change* da cui l'acronimo UNFCCC o FCCC), nota anche come Accordi di Rio, è un trattato internazionale ambientale prodotto dalla Conferenza sull'Ambiente e sullo Sviluppo delle Nazioni Unite (UNCED, United Nations Conference on Environment and Development), informalmente conosciuta come Summit della Terra, tenutasi a Rio de Janeiro nel 1992. Il trattato punta alla riduzione delle emissioni dei gas serra, alla base del riscaldamento globale.

rinnovabili in modo tale da raddoppiare l'efficienza energetica entro il 2030. Ulteriori obiettivi riguardano l'accelerazione degli sforzi per eliminare gradualmente la produzione di energia da carbone senza compensazioni, l'eliminazione graduale dei sussidi inefficienti alle fonti fossili, l'accelerazione delle tecnologie a zero e basse emissioni, tra cui il nucleare e le tecnologie di cattura e stoccaggio del carbonio.

Il Consiglio dell'Ue in proposito ha sottolineato che la transizione verso un'economia climaticamente neutra richiederà una graduale eliminazione a livello mondiale dei combustibili fossili nonché di adoperarsi a favore di un sistema energetico globale completamente o prevalentemente decarbonizzato negli anni 2030. La cooperazione con i Paesi in via di sviluppo è inoltre un elemento fondamentale per affrontare le sfide e garantire i benefici della transizione. Un altro obiettivo raggiunto dalla conferenza è stato l'istituzione di un fondo (*Loss and Damage Fund*) che serve a compensare gli Stati più penalizzati dagli effetti del cambiamento climatico (Consiglio dell'Unione europea, 2023).

Durante la Conferenza ci sono stati i primi impegni finanziari da parte degli Stati partecipanti che ammontano a poche centinaia di milioni di euro e sono nettamente insufficienti per rendere il Fondo veramente operativo.

1.2 La normativa europea

L'analisi della normativa europea evidenzia che il Trattato istitutivo della Comunità Economica Europea (TCEE) del 1957 non contiene alcuna previsione esplicita in materia ambientale in quanto gli scopi costitutivi della Comunità erano all'inizio soltanto di natura economica.

È solo con la fine degli anni Sessanta e l'inizio degli anni Settanta del secolo scorso, quando emersero i primi problemi ambientali, che si pose la questione dello strumento giuridico da utilizzare per disciplinare la materia ambientale. Inizialmente si fece riferimento all'art. 2 del Trattato (Renna, 2009) che affidava alla Comunità l'obiettivo di promuovere “uno sviluppo armonioso delle attività economiche ed un'espansione continua ed equilibrata”. Successivamente, le prime misure relative a questa politica, adottate in ambito comunitario, sono state prese ricorrendo agli Art. 100 e 235 del TCEE.

Il punto di svolta può essere identificato con l'adozione del Primo Programma d'Azione Ambientale (1973-1977) e il secondo programma di azione ambientale (1977-1981) che hanno stabilito la centralità della questione ambientale in tutti i programmi da realizzare ed hanno introdotto il principio di "chi inquina paga". Con il Terzo programma di azione per l'ambiente (1982-1986) vengono gettate le basi per l'attuazione di una politica ambientale basata sul principio della prevenzione dei danni.

Un decisivo passo in avanti è stato fatto con l'adozione nel 1986 dell'Atto Unico Europeo che ha introdotto nel TCEE un titolo dedicato all'ambiente, permettendo così a questo settore della politica comunitaria di acquistare una sua completa autonomia grazie alla previsione di una specifica base giuridica nel testo del Trattato.

Un ulteriore sviluppo si è realizzato con l'adozione del Trattato di Maastricht entrato in vigore nel 1993, che attribuisce all'azione in materia ambientale il rango di vera e propria politica e che prevede, all'Art. 2, tra i compiti dell'Unione europea quello di una "crescita sostenibile che rispetti l'ambiente".

Il successivo Trattato di Amsterdam, entrato in vigore nel 1999, ha previsto, all'art. 2 del TCEE, tra gli obiettivi della Comunità Europea quello dello sviluppo sostenibile. In base all'art.6 del TCEE, viene inoltre rafforzato il principio volto a favorire l'integrazione del settore ambientale nelle altre politiche europee.

Dopo questo trattato, con la Decisione n. 1600/2002/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 22 luglio 2002, viene approvato il sesto programma comunitario di azione in materia di ambiente "Ambiente 2010: il nostro futuro, la nostra scelta".

Il Programma in questione ha stabilito un piano d'azione per l'UE che va dal luglio del 2002 al luglio del 2012, ed ha individuato come principali ambiti d'intervento il cambiamento climatico, la natura e la biodiversità, l'ambiente, la salute e la qualità della vita, le risorse naturali e l'acqua.

Nel 2003 è entrato in vigore il Trattato di Nizza che non ha previsto modifiche sostanziali al precedente assetto, mentre nel 2009 il Trattato di Lisbona ha potenziato l'impegno dell'UE nel settore ambientale proponendo un approccio alla risoluzione delle problematiche ambientali di tipo globale. Infatti, l'art. 3 afferma l'intenzione dell'UE di perseguire il suo scopo di "uno sviluppo sostenibile della terra" anche a livello mondiale e l'art. 21 afferma che l'Unione deve impegnarsi a "sviluppare relazioni e a istituire partenariati con i Paesi terzi e con le organizzazioni

internazionali al fine di adottare “soluzioni multilaterali ai problemi comuni, in particolare nell'ambito delle Nazioni Unite” (Renna, 2012).

In ogni caso gli Stati membri hanno il diritto di determinare le condizioni di utilizzo delle loro fonti energetiche, di effettuare una scelta tra le stesse e di definire la struttura generale del loro approvvigionamento energetico.

Con decisione n. 1386/2013/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 20 novembre 2013 è stato adottato “Il Settimo Programma d’Azione Ambientale”, dal titolo “Vivere bene entro i limiti del nostro pianeta” che si pone in continuità con il precedente programma quadro (Unione europea, 2013).

Infine, con decisione (UE) 2022/591 del Parlamento europeo e del Consiglio del 6 aprile 2022 approvato l'8° programma di azione per l'ambiente (PAA) che orienterà l'elaborazione e l'attuazione delle politiche ambientali fino al 2030 che ha l’obiettivo di accelerare la transizione verde in modo equo e inclusivo, con l'obiettivo finale fissato nel 2050 di "vivere bene nei limiti del pianeta" (Unione europea, 2022).

I sei obiettivi tematici prioritari sono relativi alla riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, all'adattamento ai cambiamenti climatici, ad un modello di crescita rigenerativo, all'ambizione di azzerare l'inquinamento, alla protezione e al ripristino della biodiversità e alla riduzione dei principali impatti ambientali e climatici connessi alla produzione e al consumo.

Per il raggiungimento dei predetti obiettivi i legislatori hanno individuato come condizioni necessarie la riduzione dell'impronta dei materiali e di quella dei consumi dell'UE, il rafforzamento degli incentivi positivi sotto il profilo ambientale, l'eliminazione graduale delle sovvenzioni dannose per l'ambiente, in particolare quelle a favore dei combustibili fossili. È stata prevista una revisione intermedia del programma nel 2024.

Da quanto sopra riportato si evince che per diverso tempo l’Unione europea è intervenuta nel settore ambientale con una normativa di regolamentazione diretta (*command and control*) attraverso la definizione di regole comuni ai principali operatori (es. fissazione di standard ambientali, divieto di ricorrere ad alcune pratiche, ecc.). Questo metodo, tuttavia, non si è dimostrato in grado di affrontare i problemi specifici in quanto venivano imposti gli stessi obiettivi agli operatori dei diversi settori con costi molto diversi tra loro.

In seguito, è stato adottato un sistema che prevede l'intervento diretto dello Stato che istituisce tasse sull'inquinamento e introduce un sistema di incentivi e disincentivi per correggere le esternalità negative rappresentate dall'inquinamento.

Con l'ideazione dei *tradable pollution rights* viene previsto l'intervento dell'autorità pubblica, che, una volta stabilito il livello massimo d'inquinamento ammissibile in una specifica area, determina la quantità complessiva di permessi di inquinamento da distribuire agli inquinatori. Tali permessi vengono venduti o distribuiti gratuitamente agli inquinatori, che possono decidere se utilizzarli direttamente oppure venderli ad altri. Non vengono imposti dei limiti alle emissioni per i singoli impianti, al contrario, si richiede loro di essere muniti di un numero di permessi sufficiente a coprire le proprie emissioni.

Gli inquinatori che sono riusciti a mantenere le proprie emissioni ad un livello inferiore rispetto ai permessi che hanno a disposizione, possono vendere i permessi in eccesso, mentre coloro che non sono riusciti a ridurre le proprie emissioni possono comprare i diritti di inquinamento presenti sul mercato (*cap and trade*). Gli Stati Uniti sono stati dei pionieri nel ricorso a tali strumenti.

In maniera parallela, gli anni Novanta hanno rappresentato il momento in cui la Commissione e il Consiglio hanno messo a punto una serie di attività in materia di energie rinnovabili.

Il Consiglio, in particolare, con l'emanazione della Decisione 93/500 CEE ha inteso promuovere la diffusione delle energie rinnovabili all'interno della Comunità tramite il programma *Altener* che stabiliva l'impegno per gli Stati membri di limitare le emissioni di biossido d'azoto attraverso il finanziamento di piani d'azione e strategie che colmassero le lacune tecnologiche e infrastrutturali per le energie rinnovabili.

Nel 1994 è stata ratificata la Convenzione delle Nazioni Unite sui cambiamenti Climatici mentre il Protocollo di Kyoto è stato ratificato in Europa nel 2002⁴.

L'Unione Europea ha recepito immediatamente l'Agenda 2030, obbligando gli Stati membri a adeguarsi a quanto stabilito dall'ONU.

⁴ Il protocollo è stato ratificato con decisione n. 2002/354/CE del Consiglio del 25/04/2002. È un trattato di natura volontaria entrato in vigore solo nel 2005. Il secondo periodo di impegni (Kyoto 2) riguardava il periodo 2013-2020 con l'obiettivo di ridurre del 18% rispetto al 1990 le emissioni di gas.

Nel 2007 venne emanato il pacchetto clima energia 20-20-20 in cui la Commissione proponeva di fissare l'obiettivo vincolante, da raggiungere entro il 2020, di produrre il 20% del fabbisogno energetico dell'Europa attraverso energie rinnovabili con una riduzione del 15-30% delle emissioni di gas ad effetto serra. In proposito, si nota una certa corrispondenza con l'art. 194⁵ del Trattato sul funzionamento dell'Unione europea che stabilisce che l'Unione debba promuovere lo sviluppo di energie rinnovabili per meglio allineare e integrare gli obiettivi in materia di cambiamenti climatici nel nuovo assetto del mercato comune.

Con l'adozione di tale pacchetto, l'Unione europea è stata la prima a dotarsi di un *corpus* normativo contenente obiettivi giuridicamente vincolanti in materia di promozione della produzione e consumo di energia pulita e di lotta ai cambiamenti climatici.

Si era constatato che l'impiego delle fonti rinnovabili nel territorio comunitario non fosse ancora pienamente realizzato, nonostante gli sforzi messi in atto con la direttiva 2001/77/CEE⁶. Quindi nel 2009 vennero attuati una serie di aggiornamenti, tra i quali avevano un ruolo importante oltre che la materia delle energie rinnovabili anche la sostenibilità e l'ambiente in generale. Tra le direttive del 2009 quella che merita maggiore attenzione è la Direttiva RED I 2009/28/CE⁷ che rappresenta l'inizio di un radicale cambiamento nella promozione delle energie rinnovabili a livello europeo. Si stava, cioè, mettendo a punto una politica energetica che non prescindeva più dalle tematiche ambientali, dalla tutela della salute umana dall'uso razionale delle risorse e dallo sviluppo sostenibile. Il testo definisce "*energia da fonti rinnovabili*" come l'"*energia proveniente da fonti rinnovabili non fossili, vale a dire energia eolica, solare, aerotermica, geotermica, idrotermica e oceanica, idraulica, biomassa, gas di discarica, gas residuati dai processi di depurazione e biogas*"⁸.

A differenza della normativa del 2001, che non prescriveva impegni precisi a carico degli Stati membri, la direttiva del 2009 aveva carattere precettivo e forniva anche indicazioni sui

⁵ Art. 194, comma 1 TFUE: «Nel quadro dell'instaurazione o del funzionamento del mercato interno e tenendo conto dell'esigenza di preservare e migliorare l'ambiente, la politica dell'Unione nel settore dell'energia è intesa, in uno spirito di solidarietà tra Stati membri, a: a) garantire il funzionamento del mercato dell'energia, b) garantire la sicurezza dell'approvvigionamento energetico nell'Unione, c) promuovere il risparmio energetico, l'efficienza energetica e lo sviluppo di energie nuove e rinnovabili, d) promuovere l'interconnessione delle reti energetiche».

⁶ Direttiva 2001/77/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 27 settembre 2001 sulla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità

⁷ Direttiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 aprile 2009 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE

⁸ Definizione modificata dalla Direttiva 2023/2413, Direttiva RED III (*Renewable Energy Directive III*).

progressi che i singoli Stati avrebbero dovuto compiere entro il 2020 pur lasciando agli stessi ampi margini di discrezionalità sugli strumenti e sulle modalità da utilizzare per raggiungere gli obiettivi.

La direttiva prevedeva anche la possibilità per gli Stati membri di stipulare accordi tra di loro per i “trasferimenti statistici di una determinata quantità di energia rinnovabile” oppure accordi di cooperazione che coinvolgessero anche Paesi Terzi per la realizzazione di progetti comuni. Si cercava quindi di garantire una maggiore certezza del diritto nel campo delle energie rinnovabili, garantendo un sistema energetico sicuro e competitivo.

Nonostante l'impronta incisiva di questa Direttiva negli anni successivi furono emanati una serie di provvedimenti che fissarono determinati obiettivi al 2030 e al 2050.

In sintesi, si può affermare che, negli ultimi anni, l'Unione europea ha incentivato notevolmente l'utilizzo di pannelli fotovoltaici al fine di produrre nuova energia “pulita” che dovrebbe contribuire a soddisfare il fabbisogno annuo di energia elettrica di ogni Stato⁹.

L'UE, inoltre, ha voluto fornire indicazioni ben precise agli investitori sul regime post-2020. Infatti, la strategia a lungo termine della Commissione definita “Tabella di marcia per l'energia 2050” del 15 dicembre 2011 [COM(2011)0885], ha delineato i diversi possibili scenari per la decarbonizzazione del settore energetico finalizzati al raggiungimento di una quota di energia rinnovabile pari ad almeno il 30 per cento entro il 2030. In mancanza di ulteriori interventi da parte dei diversi Stati membri, dopo il 2020, si assisterà ad un rallentamento della crescita delle energie rinnovabili.

Ulteriori indicazioni da parte della Commissione si rilevano nella pubblicazione, nel marzo 2013, di un Libro verde dal titolo «Un quadro per le politiche dell'energia e del clima all'orizzonte 2030» [COM(2013)0169] con il quale sono stati ridefiniti alcuni obiettivi strategici, quali la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, la sicurezza dell'approvvigionamento energetico e il sostegno alla crescita, alla competitività e all'occupazione nell'ambito di un approccio che associ alta tecnologia, efficienza in termini di costo e efficacia nell'utilizzo delle risorse.

⁹ La relazione su “La situazione energetica nazionale nel 2022, pubblicata a luglio 2023 dal MASE ha evidenziato che nel 2022 c'è stata una battuta d'arresto nel settore energetico nazionale dovuto alla guerra in Ucraina che ha comportato una diminuzione della domanda primaria attestandosi a 149.175 migliaia di tonnellate equivalenti di petrolio (ktep), a fronte di un fabbisogno dell'anno precedente pari a 156.179 ktep.

A questi obiettivi strategici sono stati associati tre obiettivi principali per le riduzioni delle emissioni dei gas serra, per la crescita delle fonti energetiche rinnovabili e per i risparmi energetici. Il Libro verde fa riferimento ad una riduzione del 40 per cento delle emissioni, entro il 2030, al fine di poter conseguire una riduzione dell'80-95 per cento entro il 2050, in linea con l'obiettivo concordato a livello internazionale di limitare il riscaldamento globale a 2°C (Butti, 2021).

Successivamente, la Commissione europea nella sua comunicazione del 22 gennaio 2014 dal titolo "Quadro per le politiche dell'energia e del clima per il periodo dal 2020 al 2030" [COM(2014)0015], risolvendo il problema posto dagli Stati membri, ha aggiornato il Libro verde e ha proposto di non rinnovare gli obiettivi nazionali vincolanti per le energie rinnovabili dopo il 2020 (Commissione europea, 2014).

Infatti, è previsto un obiettivo vincolante, solo a livello di UE, della riduzione del 27 per cento del consumo energetico da fonti rinnovabili in modo tale da stimolare la crescita nel settore dell'energia.

Importante fu anche l'Accordo di Parigi, negoziato da 197 Stati membri della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite, adottato il 12 dicembre del 2015 che ha posto l'obiettivo di mantenere l'aumento della temperatura mondiale al di sotto di 2°C rispetto al periodo preindustriale. Detto accordo rappresenta la prima intesa giuridicamente vincolante sul clima e sullo sviluppo sostenibile (Organizzazione delle Nazioni Unite, 2016).

Il forte collegamento tra energia, cambiamenti climatici e sviluppo sostenibile emerge anche nel pacchetto Unione dell'energia, che fu presentato dalla Commissione europea nel 2015 in risposta a una richiesta dei Capi di Stato e di governo dell'UE, si basa su cinque pilastri: sicurezza energetica; un mercato interno dell'energia integrato; efficienza energetica decarbonizzazione dell'economia; ricerca e innovazione (Commissione europea, 2015). Viene anche prevista una procedura di monitoraggio per garantire il raggiungimento degli obiettivi al 2030.

Sulla base di tali provvedimenti, il 10 novembre 2017, l'Italia, ha approvato la Strategia energetica nazionale (SEN 2030) che, fino al 2030¹⁰, contiene obiettivi più ambiziosi rispetto a

¹⁰ Con il SEN l'Italia si è posta l'obiettivo di raggiungere e sviluppare entro il 2030:

- l'aumento dell'utilizzo di fonti rinnovabili e dell'efficienza energetica, cercando di ridurre la dipendenza di approvvigionamento dall'estero. Gli investimenti in fonti rinnovabili ed efficienza energetica contribuiscono in modo diretto ad incrementare la sostenibilità ambientale del sistema energetico, sono settori ad elevato impatto occupazionale e di innovazione tecnologica ed un driver importante di politica industriale;
- nuovi investimenti sulle reti per una maggiore flessibilità, adeguatezza e resilienza;

quelli contenuti nell'Agenda 2030 (Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare, 2017). In particolare, la già menzionata Strategia prevede: la produzione di 30 GW di nuovo fotovoltaico; la riduzione delle emissioni CO₂; lo sviluppo di tecnologie innovative per la sostenibilità.

Nel 2018 è entrata in vigore la direttiva aggiornata e modificata sulle energie rinnovabili¹¹ (direttiva UE/2018/2001, anche definita RED II), nel quadro del pacchetto «Energia pulita per tutti gli europei», che si poneva il duplice obiettivo di far diventare l'Unione europea il principale leader in materia di fonti energetiche rinnovabili e, più in generale, di aiutare gli Stati membri a rispettare i propri obiettivi di riduzione delle emissioni così come previsto dall'accordo di Parigi (Unione europea, 2018).

La nuova direttiva, inoltre, stabilisce un obiettivo in termini di energie rinnovabili per il 2030, che deve essere pari ad almeno il 32 per cento dei consumi energetici finali, con una clausola su una possibile revisione al rialzo entro il 2023. Gli Stati membri potranno proporre i propri obiettivi energetici nazionali nei piani nazionali decennali per l'energia e il clima, da sottoporre alla valutazione della Commissione europea che potrà adottare misure per assicurarne la realizzazione e la coerenza con l'obiettivo complessivo dell'UE.

La direttiva 2018/2001/UE pone in primo piano un rinnovato ruolo dei consumatori nella transizione energetica verso la produzione di energia sostenibile (Unione europea, 2018). Vengono

-
- mercati integrati con l'Europa per l'energia e i servizi;
 - la diversificazione delle fonti e delle rotte di approvvigionamento gas;
 - il phase out del carbone entro il 2025;
 - l'elettrificazione dei consumi, basata soprattutto sull'utilizzo del fotovoltaico e dell'eolico.

¹¹ La direttiva promuove l'uso dell'energia da fonti rinnovabili attraverso:

- una maggiore diffusione delle fonti rinnovabili nel settore dell'energia elettrica;
- l'integrazione delle energie rinnovabili nel settore del riscaldamento e del raffreddamento (in tale settore è stato introdotto un aumento annuale indicativo dell'1,3 per cento per le energie rinnovabili);
- la decarbonizzazione e la diversificazione del settore dei trasporti attraverso l'introduzione di:
 - 1) una quota di energie rinnovabili pari al 14 per cento del consumo totale di energia nel settore dei trasporti entro il 2030;
 - 2) una quota del 3,5 per cento di biocarburanti avanzati e biogas entro il 2030, con un obiettivo intermedio dell'1 per cento entro il 2025 (conteggio doppio);
 - 3) un limite massimo del 7 per cento per la quota di biocarburanti di prima generazione nel trasporto su strada e su rotaia e piani per l'eliminazione graduale dell'uso dell'olio di palma e di altri biocarburanti prodotti da colture alimentari che aumentano le emissioni di CO₂ entro il 2030, attraverso un sistema di certificazione;
 - il rafforzamento dei criteri di sostenibilità dell'UE per la bioenergia;
 - la garanzia che l'obiettivo vincolante a livello dell'UE sia conseguito in tempo e in modo efficace in termini di costi.

confermate rispetto alla direttiva previgente tutte le disposizioni in materia di diritto di informazione del consumatore e i relativi obblighi in capo ai fornitori, i quali dovranno informare circa il mix energetico scelto attraverso il sistema delle garanzie di origine¹². Ciò che invece rappresenta una novità assoluta è il riconoscimento formale della figura di “autoconsumatore di energia da fonti rinnovabili”, definito all’art. 2, par. 14, come “un cliente finale che, operando in propri siti situati entro confini definiti o, se consentito da uno Stato membro, in altri siti, produce energia elettrica rinnovabile per il proprio consumo e può immagazzinare o vendere energia elettrica autoprodotta purché per un autoconsumatore di energia rinnovabile diverso dai nuclei familiari, tali attività non costituiscano l’attività commerciale o professionale principale”.

Si tratta dei c.d. *prosumer*, ossia di soggetti che per poter consumare l’energia prodotta hanno installato nelle loro abitazioni impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili. Sono soggetti ben distinti dai produttori di energia che sono esonerati dagli obblighi e dai doveri in capo a quest’ultimi, ma che mantengono i loro diritti e obblighi come consumatori finali.

Il paragrafo quarto dell’art. 21 si occupa inoltre degli “autoconsumatori di energia rinnovabile che agiscono collettivamente”, definiti dall’art. 2, par. 15, come un “gruppo di almeno due autoconsumatori di energia rinnovabile che agiscono collettivamente ai sensi del punto 14) (che stabilisce la definizione di autoconsumatore n.d.r.) e si trovano nello stesso edificio o condominio”.

Gli Stati membri hanno dunque l’obbligo di riconoscere tale figura di autoconsumatore di energia rinnovabile, evitando di assoggettarlo a procedure, oneri e tariffe discriminatorie nelle sue attività di produzione, immagazzinamento e vendita di energia rinnovabile.

Successivamente all’autoconsumo individuale, abbiamo l’autoconsumo collettivo che riguarda autoconsumatori di energia rinnovabile che agiscono collettivamente e sono costituiti da un “gruppo di almeno due autoconsumatori di energia rinnovabile che agiscono collettivamente ai sensi del punto 14 e si trovano nello stesso edificio o condominio”.¹³

La Direttiva introduce anche le Comunità di Energia Rinnovabile, che rappresentano un’estensione dell’autoconsumo collettivo a livello di distretto/vicinato. I soggetti, che vogliono

¹² La garanzia d’origine è un certificato elettronico che ha il compito di dimostrare al cliente finale che una determinata quantità di energia è stata prodotta da fonti rinnovabili. Tali certificazioni rappresentano dei veri e propri beni giuridici, sono suscettibili di valutazione economica e sono negoziabili anche separatamente rispetto ai trasferimenti energetici.

¹³ Direttiva UE 2018/2001 del Parlamento Europeo e del Consiglio, Art. 2 punto 15

su base volontaria entrare a far parte della comunità, devono sottoscrivere un contratto collettivo. In questo modo la comunità diviene un vero e proprio soggetto giuridico ed i partecipanti saranno considerati membri o azionisti della comunità stessa¹⁴.

I progressi compiuti verso i target nazionali dovranno essere misurati con cadenza biennale, quando gli Stati membri pubblicheranno le proprie relazioni sul processo di avanzamento delle energie rinnovabili (Masini, 2019; Weselek et al., 2019).

Il rischio è che un obiettivo solidaristico comunitario e non più per singoli Stati, seppure in accordo con l'art.194 del Trattato possa spingere gli Stati ad affidarsi a quelli più virtuosi riducendo il proprio impegno.

Un cenno particolare merita anche la Direttiva UE 2019/944, spesso indicata anche come direttiva IEMD che pur non disciplinando direttamente le Comunità di Energia Rinnovabile, “stabilisce norme comuni per la generazione, la trasmissione, la distribuzione, lo stoccaggio e la fornitura dell'energia elettrica, unitamente a disposizioni in materia di protezione dei consumatori, al fine di creare nell'Unione europea mercati dell'energia elettrica effettivamente integrati, competitivi, incentrati sui consumatori, flessibili, equi e trasparenti”. La direttiva, oltre a fornire varie definizioni introduce anche il concetto di Comunità Energetica dei Cittadini¹⁵ che rappresenta una ennesima rappresentazione di autoconsumo e che a differenza delle Comunità energetiche descritte dalla Direttiva UE 2018/2001 prevedono la partecipazione solo delle piccole imprese e possono produrre energia da qualsiasi fonte, rinnovabile e non solo dalle rinnovabili.

¹⁴ Direttiva UE 2018/2001 del Parlamento Europeo e del Consiglio, Art. 2 punto 16) “soggetto giuridico che:
-conformemente al diritto nazionale applicabile, si basa sulla partecipazione aperta e volontaria, è autonomo ed è effettivamente controllato da azionisti o membri che sono situati nelle vicinanze degli impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili che appartengono e sono sviluppati dal soggetto giuridico in questione;
- i cui azionisti o membri sono persone fisiche, PMI o autorità locali, comprese le amministrazioni comunali;
- il cui obiettivo principale è fornire benefici ambientali, economici o sociali a livello di comunità ai suoi azionisti o membri o alle aree locali in cui opera, piuttosto che profitti finanziari.”

¹⁵ Direttiva UE 2019/944 del Parlamento Europeo e del Consiglio, Art. 2 punto 11

Comunità Energetica dei Cittadini «un soggetto giuridico che:

- a) è fondato sulla partecipazione volontaria e aperta ed è effettivamente controllato da membri o soci che sono persone fisiche, autorità locali, comprese le amministrazioni comunali, o piccole imprese;
- b) ha lo scopo principale di offrire ai suoi membri o soci o al territorio in cui opera benefici ambientali, economici o sociali a livello di comunità, anziché generare profitti finanziari;
- c) può partecipare alla generazione, anche da fonti rinnovabili, alla distribuzione, alla fornitura, al consumo, all'aggregazione, allo stoccaggio dell'energia, ai servizi di efficienza energetica, o a servizi di ricarica per veicoli elettrici o fornire altri servizi energetici ai suoi membri o soci.»

La cosa interessante della Direttiva UE 2019/944, è che ha introdotto ed ha “legalizzato”, ulteriori forme di autoconsumo, allargando quindi quella platea di configurazioni che era stata concepita con la RED II.

Con il Regolamento (UE) 2021/1119 che modifica il Regolamento 401/2009 e il Regolamento 2018/1999 detto anche “Normativa europea sul clima”, l’obiettivo vincolante della neutralità climatica nell’Unione entro il 2050 (art. 1, par. 2) diventa per l’Europa un obbligo giuridico (Unione europea, 2021).

In primo luogo, il Regolamento mira a dare attuazione all’Accordo di Parigi sul clima attraverso una strategia ben definita di raccordo tra gli obiettivi fissati dalla Comunità internazionale, il ruolo dell’Unione europea e i singoli Stati membri che devono dare attuazione alle linee d’indirizzo fissate dall’Unione che d’altro canto deve assicurare il monitoraggio periodico sugli strumenti posti in essere dai singoli Stati. Questi ultimi sono tenuti a fornire riscontro alle politiche dell’Unione e ad adottare i piani d’intervento e adeguate motivazioni se non vengono seguite le direttive dell’Unione.

Il Regolamento istituisce il Comitato consultivo scientifico europeo sui cambiamenti climatici. La norma dà così vita a un importante strumento fondato sul contributo degli esperti, al fine di far sì che le decisioni amministrative siano basate su considerazioni di natura tecnico-scientifica piuttosto che sull’orientamento politico dominante.

Un altro aspetto importante contenuto nel Reg. n. 2021/1119 è quello basato sul dialogo con gli interessati e sulla partecipazione pubblica, con il diretto coinvolgimento di imprese, associazioni e cittadini, in un’ottica di trasparenza, apertura al pluralismo e *accountability* procedurale (Unione europea, 2021).

Infine, dopo l’emanazione del Piano *REPowerEU*¹⁶ (Commissione europea, 2022) che mira a ridurre rapidamente la nostra dipendenza dai combustibili fossili russi, sono stati rimodulati gli obiettivi di risparmio energetico fissati dall’Unione Europea per il 2030, e sono stati stabiliti traguardi ancora più ambiziosi rispetto a quanto era stato prospettato con il pacchetto di riforme *Fit for 55*¹⁷ (Consiglio dell’Unione europea, 2021).

¹⁶ COM 2022/230 del 18 maggio 2022

¹⁷ COM 2021/558 del 14 luglio 2021

In particolare, il *REPowerEU*, in merito alla revisione delle direttive sull'efficienza energetica ha proposto di innalzare al 13% l'obiettivo vincolante stabilito dalla Direttiva per la riduzione dei consumi energetici (9% nel Fit for 55) rispetto allo scenario 2020. Gli accordi politici raggiunti a marzo 2023, hanno fissato all'11,7% la quota di riduzione dei consumi energetici entro il 2030. Il percorso di avvicinamento al target prevede una riduzione media dell'1,3% annuo fino al 2025 e un successivo incremento all'1,9% annuo dal 2026 al 2030 (Commissione europea, 2022).

Di recente è stata pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea la Direttiva (UE) 2023/1791 del Parlamento europeo e del Consiglio del 13 settembre 2023 che stabilisce un quadro comune di misure per promuovere l'efficienza energetica nell'Unione al fine di garantire il conseguimento degli obiettivi dell'Unione in materia di efficienza energetica e di contribuire all'attuazione del regolamento (UE) 2021/1119 del Parlamento europeo e del Consiglio e alla sicurezza dell'approvvigionamento energetico dell'Unione riducendone la dipendenza dalle importazioni di energia, compresi i combustibili fossili (Unione europea, 2023).

La direttiva, basata sul principio "l'efficienza energetica al primo posto" introduce norme idonee a rendere l'efficienza energetica una priorità in tutti i settori e a rimuovere gli ostacoli sul mercato dell'energia al fine di superare i fallimenti del mercato che frenano l'efficienza nella fornitura, nella trasmissione, nello stoccaggio e nell'uso dell'energia (Unione europea, 2023).

Gli Stati membri a tal fine devono garantire collettivamente una riduzione del consumo di energia pari almeno all'11,7 % nel 2030 rispetto allo scenario di riferimento UE 2020, così che il consumo di energia finale dell'Unione non superi 763 Mtep. Devono, inoltre, adoperarsi per contribuire collettivamente all'obiettivo indicativo dell'Unione relativo al consumo di energia primaria pari a un volume non superiore a 992,5 Mtep nel 2030.

Dall'obbligo di ristrutturazione possono essere esentati gli alloggi sociali qualora le ristrutturazioni non siano neutre in termini di costi o comportino aumenti dei canoni di locazione per le persone che vivono in tali alloggi, salvo che tali aumenti non siano superiori ai risparmi economici sulla fattura energetica.

Di rilievo l'articolo 7 (Appalti pubblici) in cui si stabilisce che gli Stati membri provvedono affinché le amministrazioni che concludono contratti pubblici di appalto e concessione acquistino, in determinati casi, prodotti, servizi, edifici e lavori ad alta efficienza energetica, salvo nei casi in cui ciò non sia tecnicamente fattibile (Unione europea, 2023).

In ogni caso, per tutti i contratti pubblici di appalto e concessione va applicato il principio “l'efficienza energetica al primo posto”. La nuova Direttiva introduce inoltre nuovi punti che rafforzano il ruolo guida che il settore pubblico deve assumere nella promozione dell'efficienza energetica. Secondo gli emendamenti diffusi il 23 marzo 2023, la contrazione dei consumi finali nel settore dovrebbe essere pari al -1,9% ogni anno, con eccezioni previste per il trasporto pubblico e i comparti della difesa. Il target annuale di ristrutturazione degli edifici pubblici rimane fissato al 3%. In questo ambito, la novità principale è che il target non è più limitato alle amministrazioni centrali ma è esteso anche agli edifici di tutti gli organismi pubblici. Il nuovo art.7 stabilisce inoltre di dare priorità ad asset caratterizzati da elevata efficienza energetica nelle procedure di appalto pubblico (Unione europea, 2023).

Infine, l'art. 8 comma 3 e l'art. 22 comma 2, ribadiscono la necessità per gli Stati membri di attuare misure e politiche alternative o una loro combinazione, oppure programmi o misure finanziati a titolo di un fondo nazionale per l'efficienza energetica, presso le persone in condizioni di povertà energetica, i clienti vulnerabili, le persone appartenenti a famiglie a basso reddito e, se del caso, le persone che vivono negli alloggi sociali (Unione europea, 2023).

La Disciplina in materia di aiuti di Stato a favore del clima, dell'ambiente e dell'energia¹⁸ elaborata dalla Commissione fornisce indicazioni sul modo in cui verrà valutata la compatibilità della tutela dell'ambiente, compresa la tutela del clima, e delle misure di aiuto per l'energia soggette all'obbligo di notifica di cui all'articolo 107, paragrafo 3, lettera c), del TFUE (Unione europea, 2023).

I nuovi orientamenti, applicabili a partire da gennaio 2022, creano un quadro flessibile e adeguato ad aiutare gli Stati membri a fornire il sostegno necessario per conseguire gli obiettivi del *Green Deal* in modo mirato ed efficace sotto il profilo dei costi.

Le norme comportano un allineamento agli importanti obiettivi e traguardi UE stabiliti nel *Green Deal* europeo e ad altre recenti modifiche normative nei settori dell'energia e dell'ambiente e tengono conto della crescente importanza della protezione del clima.

Inoltre, è stata pubblicata in Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea dello scorso 31 ottobre 2023 la nuova Direttiva RED III (Renewable Energy Directive III), in vigore dal 20 novembre

¹⁸ Comunicazione della Commissione — Disciplina in materia di aiuti di Stato a favore del clima, dell'ambiente e dell'energia 2022 C/2022/481

2023. La Direttiva 2023/2413¹⁹, che modifica la Direttiva 2018/2001, prevede diverse novità per gli Stati membri nel settore delle energie rinnovabili, in particolare per ciò che riguarda la loro promozione e l'aumento della loro quota nel mix energetico dell'Unione.

Infatti, la Direttiva stabilisce che obiettivo dell'UE per il 2030 è quello di garantire una quota rinnovabile pari almeno al 42,5% (contro l'attuale 32%) nel consumo finale di energia, con il fine di raggiungere il 45% nel corso degli anni. Ogni Stato membro si impegnerà a contribuire al raggiungimento degli obiettivi nei settori dei trasporti, dell'industria, dell'edilizia, e dei sistemi di teleriscaldamento e raffreddamento. Tutti gli Stati Membri sono inoltre incoraggiati a destinare almeno il 5% della capacità delle nuove installazioni energetiche a soluzioni innovative.

Le procedure per la concessione di permessi per nuovi impianti di energia rinnovabile, come pannelli solari e centrali eoliche, o per l'adeguamento di quelli esistenti, saranno oggetto di semplificazione amministrativa e vi sarà la previsione di procedimenti autorizzativi più celeri. Infatti, le Autorità nazionali non potranno impiegare più di 12 mesi per autorizzare la costruzione di nuovi impianti di energia rinnovabile situati nelle cosiddette "zone di riferimento per le energie rinnovabili" e al di fuori di tali zone la procedura non potrà superare i 24 mesi

La nuova Direttiva stabilisce obiettivi vincolanti per i settori di riscaldamento e raffreddamento degli edifici, nello specifico prevede un aumento vincolante dello 0,8% annuo a livello nazionale fino al 2026 e dell'1,1% dal 2026 al 2030 della quota da rinnovabili. In quest'ambito la Direttiva sottolinea che gli edifici “possiedono un grande potenziale non sfruttato per contribuire efficacemente alla riduzione delle emissioni di gas a effetto serra nell'Unione: per conseguire l'ambizioso traguardo della neutralità climatica dell'Unione stabilito nella normativa europea sul clima, occorrerà decarbonizzare il riscaldamento e il raffrescamento in questo settore aumentando la quota di energie rinnovabili nella produzione e nell'uso”.

Ne deriva che al fine di promuovere la produzione e l'uso di energia rinnovabile e di calore e freddo di scarto nel settore dell'edilizia, viene calcolato un aumento annuo delle quote rinnovabili nei consumi, contribuendo in modo significativo alla transizione verso un sistema energetico più sostenibile. L'obiettivo indicativo, per il settore edilizia, è del 49% di energia rinnovabile entro il

¹⁹ Tra le altre cose, la Direttiva 2023/2413 modifica la definizione di energia rinnovabile. Infatti, la nuova Direttiva definisce “energia da fonti rinnovabili” o “energia rinnovabile”: *l'energia da fonti rinnovabili non fossili, vale a dire energia eolica, solare (solare termico e fotovoltaico) e geotermica, energia osmotica, energia dell'ambiente, energia mareomotrice, del moto ondoso e altre forme di energia marina, energia idraulica, energia della biomassa, dei gas di discarica, dei gas residuati dai processi di depurazione e biogas.*

2030: ma gli obiettivi potranno aumentare gradualmente, con incrementi vincolanti a livello nazionale.

Si rappresenta che per recepire la Direttiva, gli Stati membri hanno tempo fino a 18 mesi dalla sua pubblicazione.

Infine, il 10 novembre 2023 la Commissione europea ha approvato, ai sensi delle norme dell'UE in materia di aiuti di Stato, un regime italiano di aiuti di Stato per l'importo di 1,7 miliardi di € al fine di ridurre le emissioni di gas a effetto serra e aumentare la quota di energie rinnovabili, in linea con gli obiettivi strategici del *Green Deal* europeo.

Il predetto importo è stato messo a disposizione in parte attraverso il dispositivo per la ripresa e la resilienza (RRF) e per sostenere la costruzione e la gestione in Italia di nuovi impianti agrivoltaici per una capacità totale di 1,04 GW e una produzione di energia elettrica di almeno 1300 GWh/anno.

I sistemi agrivoltaici consentono l'utilizzo simultaneo dei terreni sia per la produzione di energia fotovoltaica attraverso l'installazione di pannelli solari sia per lo svolgimento di attività agricole. L'aiuto sarà concesso ai produttori agricoli, cumulativamente, sotto forma di sovvenzioni agli investimenti, con un bilancio totale di 1,1 miliardi di €, e di tariffe incentivanti, con un bilancio stimato di 560 milioni di €, da pagare durante la fase operativa dei progetti, per un periodo di 20 anni. Dette tariffe saranno determinate mediante una procedura di gara competitiva secondo il principio "*pay-as-bid*" (pagamento in base al prezzo di offerta) e assumeranno la forma di contratti bidirezionali per differenza. Il sostegno coprirà la differenza tra le tariffe incentivanti e i prezzi dell'energia e nel caso di prezzi eccessivamente elevati interverrà un meccanismo di recupero degli importi superiori alle tariffe di incentivazione.

I progetti saranno selezionati mediante una procedura di gara in cui i beneficiari concorreranno per l'importo più basso della tariffa di incentivazione necessaria per la realizzazione di un singolo progetto e dovranno diventare operativi prima del 30 giugno 2026.

La Commissione ha valutato favorevolmente questo regime di aiuti sulla base dell'articolo 107, paragrafo 3, lettera c delle norme dell'UE per gli aiuti di Stato²⁰, che consente agli Stati

²⁰ La disciplina degli aiuti di Stato nel Trattato sul funzionamento dell'Unione Europea (TFUE), articolo 107, paragrafo 3, lettera c: 3. "Possono considerarsi compatibili con il mercato interno: a) gli aiuti destinati a favorire lo sviluppo economico delle regioni ove il tenore di vita sia anormalmente basso, oppure si abbia una grave forma di sottoccupazione, nonché quello delle Regioni di cui all'articolo 349, tenuto conto della loro situazione strutturale, economica e sociale;

membri di sostenere lo sviluppo di talune attività economiche a determinate condizioni, e della disciplina in materia di aiuti di Stato a favore del clima, della tutela dell'ambiente e dell'energia 2022²¹ ("disciplina CEEAG" - *Climate, Energy and Environmental Aid Guidelines*).

In particolare, la Commissione ha constatato che la finalità di questi aiuti è quella di agevolare la produzione di energia elettrica rinnovabile da impianti agrivoltaici e che la misura è necessaria e adeguata a consentire all'Italia il conseguimento degli obiettivi ambientali europei e nazionali e rappresenta il minimo necessario per stimolare gli investimenti.

La Commissione valuta in via prioritaria i provvedimenti che comportano aiuti di Stato contenuti nei piani nazionali per la ripresa presentati nel contesto dell'RRF e, per facilitare la rapida attuazione del dispositivo, ha fornito orientamenti e sostegno agli Stati membri nelle fasi preparatorie dei piani nazionali. Allo stesso tempo, nel processo decisionale la Commissione si accerta che le norme applicabili in materia di aiuti di Stato siano rispettate, al fine di garantire la parità di condizioni nel mercato unico e assicurarsi che i fondi del dispositivo per la ripresa e la resilienza siano utilizzati in modo da ridurre al minimo le distorsioni della concorrenza e non escludere gli investimenti privati.

1.3 Il Green New Deal e la strategia *From Farm to Fork*

La Commissione europea, per sostenere l'agrovoltaico e più in genere la produzione di energia rinnovabile, intende attuare iniziative all'interno della strategia biodiversità europea²², con lo scopo di accelerare la transizione verso un nuovo sistema alimentare sostenibile (Di Stefano & Colantoni, 2022). A tal fine, inoltre, ha già proposto di integrare l'agrovoltaico nella *Climate*

b) gli aiuti destinati a promuovere la realizzazione di un importante progetto di comune interesse europeo oppure a porre rimedio a un grave turbamento dell'economia di uno Stato membro;
c) gli aiuti destinati ad agevolare lo sviluppo di talune attività o di talune regioni economiche, sempre che non alterino le condizioni degli scambi in misura contraria al comune interesse;
d) gli aiuti destinati a promuovere la cultura e la conservazione del patrimonio, quando non alterino le condizioni degli scambi e della concorrenza nell'Unione in misura contraria all'interesse comune;
e) le altre categorie di aiuti, determinate con decisione del Consiglio, su proposta della Commissione."

²¹ Disciplina in materia di aiuti di Stato a favore del clima, dell'ambiente e dell'energia 2022 (2022/C 80/01)

²² In dettaglio, la strategia dell'UE sulla biodiversità per il 2030 è un piano complessivo, ambizioso e a lungo termine per proteggere la natura e invertire il degrado degli ecosistemi. La strategia mira a portare la biodiversità dell'Europa sulla via della ripresa entro il 2030 e prevede azioni e impegni specifici. Si tratta della proposta di contributo dell'UE ai prossimi negoziati internazionali sul quadro globale per la biodiversità dopo il 2020. Elemento centrale del Green Deal europeo sosterrà anche una ripresa verde a seguito della pandemia di COVID-19.

Change Adaptation Strategy, adottata il 24 febbraio 2021 e in via di integrazione. Vi sono, altresì, ulteriori proposte volte all'inserimento di tale tecnologia nelle Agende europee in materia di transizione energetica.

L'agrovoltaico è stato identificato come strumento chiave nella transizione verso un'agricoltura più sostenibile, che rappresenta uno dei capisaldi del *Green New Deal* europeo²³, programma tramite il quale l'UE cerca di guidare gli Stati membri ad una transizione ecologica che dovrebbe portare una diminuzione del 55 per cento di emissioni di gas serra entro il 2030. E proprio in un'epoca in cui la tematica del cambiamento climatico risulta essere più attuale che mai, un approccio organico che riduca gli impatti della produzione agricola appare come un mezzo determinante nel raggiungimento della neutralità climatica (Commissione europea, 2019).

Basti pensare che il settore agricolo è uno dei settori che più contribuisce al cambiamento climatico, in termini di emissioni²⁴, consumo di acqua e nutrienti presenti naturalmente nel terreno, per comprendere come l'Unione europea (UE) spinga sul rinnovamento della politica agricola comune (PAC) per raggiungere l'obiettivo posto dal *Green New Deal* di neutralità climatica da ottenere entro il 2050 (Germanà, 2020). L'*European Green New Deal* è stato definito ed emanato dall'UE per facilitare il raggiungimento degli obiettivi prefissati dagli Accordi di Parigi²⁵ e dall'Agenda 2030. Questo piano di azione, reso necessario a causa delle azioni fortemente dannose per l'ambiente e per l'ecosistema dell'uomo, punta a trasformare l'UE in una società più *green* e rispettosa dell'ambiente, dotata di un'economia ad impatto zero entro il 2050, che raggiungerà alti livelli di competitività. Ovviamente questo cambiamento deve essere il più possibile corretto e inclusivo, tutelando i cittadini maggiormente vulnerabili alle implicazioni legate a questa transizione, in modo da spingerli ad accettare le nuove politiche.

Il programma pur riguardando tutti gli aspetti della vita economica e sociale focalizza l'attenzione e le proprie risorse sulla produzione alimentare ed energetica, riconosciuta come una

²³ Il Green Deal europeo trasformerà l'UE in un'economia moderna, efficiente sotto il profilo delle risorse e competitiva, garantendo che: nel 2050 non siano più generate emissioni nette di gas a effetto serra; la crescita economica sia dissociata dall'uso delle risorse; nessuna persona e nessun luogo siano trascurati. Un terzo dei 1.800 miliardi di euro di investimenti del piano per la ripresa di *NextGenerationEU* e il bilancio settennale dell'UE finanzieranno il Green Deal europeo.

²⁴ Secondo molti ricercatori, il settore agricolo è responsabile del 10 per cento delle emissioni di gas serra in Europa.

²⁵ L'Accordo di Parigi persegue l'obiettivo di limitare ben al di sotto dei 2 gradi Celsius il riscaldamento medio globale rispetto al periodo preindustriale, puntando a un aumento massimo della temperatura pari a 1,5 gradi Celsius. Inoltre, mira a orientare i flussi finanziari privati e statali verso uno sviluppo a basse emissioni di gas serra e a migliorare la capacità di adattamento ai cambiamenti climatici.

delle attività maggiormente impattanti nei confronti della biodiversità e degli ecosistemi. Per il raggiungimento degli obiettivi generali definiti nell'ambito del *Green New Deal* europeo al 2030 e al 2050, la Commissione europea ha elaborato alcune strategie dedicate a settori specifici (Commissione europea, 2019).

In particolare, l'UE ha emanato la strategia *From Farm to Fork*²⁶ (F2F) che si propone di far avvicinare alla neutralità climatica le attività legate alla produzione alimentare. Punto focale del *Green New Deal*, la strategia F2F si propone di aumentare la sostenibilità del sistema produttivo alimentare, contribuendo così a rendere l'Europa un continente neutrale in termini di emissioni di gas serra e di inquinamento. La strategia interviene anche su tutte le fasi della filiera produttiva agro-alimentare, a partire dalla coltivazione, passando per la vendita, la distribuzione e la trasformazione del prodotto, con l'obiettivo di fornire prodotti più sostenibili dal punto di vista ambientale, sani, nutrienti e di alta qualità (Commissione europea, 2020).

Tra i principali obiettivi della strategia si evidenziano i seguenti: la riduzione del 50 per cento dell'uso di prodotti fitosanitari, del 20 per cento dell'uso di fertilizzanti, del 50 per cento dell'impiego di antibiotici, nell'ambito della zootecnia ed infine la destinazione di almeno il 25 per cento della superficie agraria coltivata ad agricoltura biologica (Commissione europea, 2020).

La strategia comprendeva inoltre una proposta di revisione²⁷ della direttiva sulla promozione delle fonti energetiche rinnovabili RED II (direttiva UE 2018/2001) con l'obiettivo di rendere l'UE un leader mondiale nel campo delle fonti rinnovabili e garantire il conseguimento dell'obiettivo di un consumo di energia da fonti rinnovabili pari ad almeno il 27 per cento del totale dell'energia consumata nell'UE entro il 2030²⁸.

La proposta di modifica della direttiva presentata dalla Commissione mirava a promuovere ulteriormente le fonti rinnovabili in sei diversi settori quali l'energia elettrica, la fornitura di calore e freddo, la decarbonizzazione e diversificazione nel settore dei trasporti (con un obiettivo di fonti rinnovabili per il 2030 pari ad almeno il 14 per cento del consumo totale di energia nei trasporti),

²⁶ La strategia *Farm to Fork* (F2F) è il piano decennale messo a punto dalla Commissione europea per guidare la transizione verso un sistema alimentare equo, sano e rispettoso dell'ambiente. L'obiettivo di fondo è rendere i sistemi alimentari europei più sostenibili di quanto lo siano oggi. Ogni Stato membro dell'UE dovrà seguirla, adottando norme a livello nazionale che consentano di contribuire a raggiungere gli obiettivi stabiliti dell'UE. I Paesi membri godranno di eventuali misure di sostegno aggiuntive nel corso dell'implementazione della strategia.

²⁷ Comunicazione della Commissione europea COM (2021)557.

²⁸ Proposta di modifica superata e inglobata nella Direttiva RED III.

la responsabilizzazione e informazione dei clienti, il rafforzamento dei criteri di sostenibilità dell'UE per la bioenergia e l'assicurazione che l'obiettivo vincolante a livello europeo sia conseguito in tempo e in modo efficace in termini di costi (Di Stefano & Colantoni, 2022)²⁹.

La proposta di modifica sulla promozione delle fonti energetiche rinnovabili è stata concordata in via provvisoria il 14 giugno 2018 con un accordo che ha fissato come obiettivo vincolante a livello europeo il raggiungimento del 32 per cento di energia da FER30 entro il 2030. Il Parlamento europeo e il Consiglio in data 14 luglio 2021 hanno adottato formalmente la direttiva modificata sulla promozione delle energie rinnovabili³¹.

Più nel dettaglio, la revisione effettuata si è concentrata principalmente su quei settori in cui l'integrazione delle energie rinnovabili si è mossa con maggiore lentezza, come il trasporto, l'edilizia, gli edifici e l'industria. La proposta infatti mirava a consentire ai sistemi energetici dell'Unione europea di diventare più flessibili, rendendo più facile integrare le FER nel modo più efficiente possibile. Ciò dovrebbe accelerare lo sviluppo e la diffusione di teleriscaldamento, pompe di calore, batterie per la casa e veicoli elettrici, non-ché di tecnologie innovative come l'agrovoltaico.

Alcune delle misure sopra citate devono intendersi come obiettivi aggiuntivi, altre, invece, mirano maggiormente a semplificare le procedure amministrative evitando i colli di bottiglia nell'ambito delle regole correnti, ad esempio accelerando le procedure autorizzative. La proposta supporta anche l'assorbimento dell'idrogeno rinnovabile laddove l'elettrificazione è più difficile.

Le nuove regole, inoltre, propongono di rafforzare i criteri di sostenibilità per la biomassa forestale al fine di garantire che i prodotti come la stessa biomassa possano continuare a dare un contributo coerente con gli obiettivi della biodiversità dell'UE (Bonucci, 2021).

²⁹ Per approfondimenti: Camera dei deputati, *Le Strategie Farm to Fork 2020-30 e Biodiversità 2030. Un'analisi della Coalizione Cambiamo Agricoltura*, www.camera.it.

³⁰ FER è l'acronimo di fonte di energie rinnovabili. Con questa sigla vengono classificate tutte le forme di energia il cui sfruttamento non comporta un impoverimento della loro fonte di origine. Rientrano in questa classificazione l'energia solare, eolica, idraulica e geotermica e quella derivante dalle biomasse (legno e pellet) a condizione che il loro tempo di utilizzo sia compatibile con quello di ripristino.

³¹ La proposta di modifica della RED II è stata notevolmente influenzata dal nuovo pacchetto «Fit for 55». Infatti, il 14 luglio la Commissione europea ha adottato il pacchetto climatico «Fit for 55», che individua le proposte legislative per raggiungere entro il 2030 gli obiettivi del Green New Deal. In particolare, la strategia stabilisce che gli Stati membri debbano provvedere alla riduzione delle emissioni di gas a effetto serra del 55 per cento rispetto ai livelli del 1990, con l'obiettivo di arrivare alla «carbon neutrality» per il 2050. Tale strategia, inoltre, prevede che entro il 2030 gli Stati UE debbano raggiungere il 40 per cento di produzione di energia da fonte rinnovabile.

Quanto detto è stato in parte introdotto anche nella recente Direttiva 2023/2413 (RED III) che ha fissato importanti obiettivi, modificando la previgente disciplina normativa in materia (cfr. par. 1.5).

1.4 Cenni sull'evoluzione della disciplina energetica europea: dal primo pacchetto energia al recente *REPowerUE*

1.4.1 La disciplina energetica di prima generazione

Il presente paragrafo si basa sul lavoro di ricerca svolto da Di Stefano et al., 2022 in materia di disciplina energetica europea e italiana (Di Stefano et al., 2022).

Le modifiche normative relative al mercato energetico hanno comportato un rapido e repentino cambiamento della disciplina nazionale in materia.

A partire dagli anni Novanta, infatti, è iniziato il processo di mutamento della precedente organizzazione, che prevedeva originariamente un sistema monopolistico e che successivamente si è trasformato, in vari Paesi europei, in un progressivo processo di liberalizzazione del settore elettrico.

Il sopra citato processo, accompagnato da una graduale privatizzazione dell'ente pubblico deputato al monopolio elettrico è iniziato con la Direttiva europea 96/92/CE "*recante norme comuni per il mercato dell'energia elettrica*"³².

Nel contesto italiano, il precedente sistema organizzativo, difatti, era costituito da un'unica società, ENEL³³, che gestiva tutte le fasi di produzione, importazione, trasmissione, distribuzione e vendita.

Prima di descrivere l'impatto del fenomeno di privatizzazione nel nostro ordinamento, occorre analizzare quali sono state le linee direttrici di matrice europea.

³² Sebbene siano due concetti considerati inscindibili tra loro, in quanto uno consequenziale all'altro, in realtà gli stessi delineano due fenomeni distinti: con la privatizzazione si mira a modificare l'assetto societario, trasformando l'ente pubblico in società per azioni; mentre la liberalizzazione è volta ad aprire il mercato nell'ottica pro-concorrenziale.

³³ Con la Legge 1643/1962 è stato istituito l'ENEL, Ente Nazionale per l'Energia Elettrica, al quale era stata affidata la titolarità delle attività di produzione, importazione ed esportazione, trasporto, trasformazione, distribuzione e vendita dell'energia elettrica.

Le stesse fonti primarie europee, e in modo particolare il Trattato sul funzionamento dell'Unione Europea (TFUE), descrivono la centralità della realizzazione di un mercato libero e concorrenziale, al fine di realizzare uno spazio unico europeo.

L'articolo 3 TFUE stabilisce che *“L'Unione ha competenza esclusiva nella definizione delle regole di concorrenza necessarie al funzionamento del mercato interno”*. Quanto detto evidenzia l'impegno delle istituzioni europee dirette all'applicazione dei principi *antitrust*³⁴, impegno che si ritrova anche negli articoli da 101 a 109.

Gli articoli citati, infatti, sono finalizzati a descrivere gli elementi caratteristici tipici di un mercato concorrente, proibendo accordi restrittivi tra più imprese che pregiudicano gli scambi commerciali tra i Paesi membri, vietando pratiche abusive³⁵ e aiuti di Stato³⁶ in grado di deformare la concorrenza. Il fondamento giuridico dell'attribuzione di tale monopolio si riscontra nell'articolo 43 della Costituzione che riserva allo Stato la possibilità di esercitare attività di preminente interesse generale.

L'azione normativa europea si spinge sempre più nel merito, collocando l'attenzione sugli obiettivi generali per la realizzazione di un mercato energetico. In merito l'articolo 194 TFUE recita che: *“Nel quadro dell'instaurazione o del funzionamento del mercato interno e tenendo conto dell'esigenza di preservare e migliorare l'ambiente, la politica dell'Unione nel settore dell'energia è intesa, in uno spirito di solidarietà tra Stati membri, a: 1) garantire il funzionamento del mercato dell'energia; 2) garantire la sicurezza dell'approvvigionamento energetico nell'Unione;*

³⁴ La legislazione antimonopolistica, spesso indicata con il termine inglese antitrust, nel lessico giuridico definisce il complesso delle norme che sono poste a tutela della concorrenza sui mercati economici.

³⁵ Tali pratiche, ex articolo 102 TFUE si sostanziano: *“nell'imporre direttamente od indirettamente prezzi d'acquisto, di vendita od altre condizioni di transazione non eque; nel limitare la produzione, gli sbocchi o lo sviluppo tecnico, a danno dei consumatori; nell'applicare nei rapporti commerciali con gli altri contraenti condizioni dissimili per prestazioni equivalenti, determinando così per questi ultimi uno svantaggio per la concorrenza; nel subordinare la conclusione di contratti all'accettazione da parte degli altri contraenti di prestazioni supplementari, che, per loro natura o secondo gli usi commerciali, non abbiano alcun nesso con l'oggetto dei contratti stessi”*

³⁶ Gli aiuti di stato sono vietati nel momento in cui sono destinati solamente ad alcune imprese, potendo così alterare il mercato. Allo stesso tempo l'articolo 107 TFUE individua alcune ipotesi in cui, invece, gli aiuti di stato sono compatibili con il mercato, tra cui: *“gli aiuti a carattere sociale concessi ai singoli consumatori, a condizione che siano accordati senza discriminazioni determinate dall'origine dei prodotti; gli aiuti destinati a ovviare ai danni arrecati dalle calamità naturali oppure da altri eventi eccezionali; gli aiuti destinati a favorire lo sviluppo economico delle regioni ove il tenore di vita sia anormalmente basso, oppure si abbia una grave forma di sottoccupazione, nonché quello delle regioni di cui all'articolo 349, tenuto conto della loro situazione strutturale, economica e sociale;”...*

3) *promuovere il risparmio energetico, l'efficienza energetica e lo sviluppo di energie nuove e rinnovabili*; 4) *promuovere l'interconnessione delle reti energetiche*".

Il quadro giuridico non si esaurisce in queste disposizioni, ma si collega con una serie di norme che integrano e completano il quadro descritto. La strategia è tratteggiata dall'articolo 26 TFUE³⁷ e consiste nella realizzazione di un mercato interno nel quale sia garantita la libera circolazione. Intorno a questa norma, troviamo una sequenza di ulteriori disposizioni destinate ad attuarla.

Infatti, l'art. 4 TFUE stabilisce che tra Stati membri e Unione europea sussiste una competenza concorrente per quanto attiene la materia energetica; dal combinato disposto degli articoli 27, 114, 170 si individuano quali siano gli interventi di competenza della Commissione e del Parlamento europeo, ed in modo particolare tra questi troviamo:

- l'adozione di misure necessarie per il riavvicinamento delle legislazioni;
- la realizzazione di reti trans-europee necessarie per beneficiare dei vantaggi derivanti dal "mercato senza frontiere".

Dunque, grazie alle menzionate fonti, si può individuare la base normativa ed il relativo fondamento giuridico per gli interventi che si sono susseguiti nel settore energetico.

È certo che il primo passo è stato realizzato grazie all'adozione della direttiva 96/92/CE. L'Unione europea, di fronte alla possibilità di adottare una normativa generale oppure una dettagliata e direttamente applicabile³⁸, ha preferito muoversi verso la prima delle due, lasciando agli Stati membri la possibilità di adottare una disciplina di cornice.

In altri termini, la strategia europea si attua mediante l'emanazione di principi e regole comuni in un'ottica pro-concorrenziale, nei fatti, viene consentito l'ingresso di nuovi operatori sia nella fase di produzione sia in quella di vendita, modificando, in questo modo, quel ruolo primario assunto da ENEL fin dalle origini.

³⁷ L'art. 26 recita: "*L'Unione adotta le misure destinate all'instaurazione o al funzionamento del mercato interno, conformemente alle disposizioni pertinenti dei trattati. Il mercato interno comporta uno spazio senza frontiere interne, nel quale è assicurata la libera circolazione delle merci, delle persone, dei servizi e dei capitali secondo le disposizioni dei trattati. Il Consiglio, su proposta della Commissione, definisce gli orientamenti e le condizioni necessari per garantire un progresso equilibrato nell'insieme dei settori considerati*".

³⁸ Per definizione, infatti, la Direttiva, tra le fonti europee, è quell'atto non direttamente applicabile, ma che al contrario necessita di una legge di recepimento interna allo Stato membro; inoltre, non è obbligatoria in tutti i suoi elementi vincolando lo Stato solamente per quanto riguarda l'oggetto e il termine entro cui attuarla, e lasciando piena discrezionalità in merito ai modi e mezzi. Strumento, quindi, che è risultato più idoneo per perseguire gli obiettivi in sede di mercato energetico.

A tal proposito, l'articolo 1 della Direttiva 96/92, afferma che: *“la presente direttiva stabilisce norme comuni per la generazione, la trasmissione e la distribuzione dell'energia elettrica. Essa definisce le norme organizzative e di funzionamento del settore dell'energia elettrica, l'accesso al mercato, i criteri e le procedure da applicarsi nei bandi di gara e nel rilascio delle autorizzazioni nonché della gestione delle reti”*.

Secondo l'Unione la liberalizzazione, finalizzata alla realizzazione di quel mercato competitivo tanto auspicato, dunque, sarebbe dovuta necessariamente passare per il cd. *“Unbundling”*, vale a dire attraverso la separazione delle varie fasi del mercato, inizialmente attribuite alle imprese *“verticalmente integrate”*³⁹.

Dapprima, la Direttiva del '96 ha posto una semplice previsione di separazione contabile: *“le imprese elettriche integrate tengono, nella loro contabilità interna, conti separati per le loro attività [...] come se le attività fossero svolte da imprese separate, al fine di evitare discriminazioni e distorsioni della concorrenza”*⁴⁰, in seguito è stato necessario attendere i successivi sviluppi normativi per una vera e propria separazione societaria.

Tra le principali novità vi è la previsione di differenti modalità di accesso alla rete, con l'introduzione dell'alternativa tra l'Acquirente Unico e il TPA⁴¹, nella concezione in cui entrambi siano in grado di perseguire gli obiettivi comunitari. Solo l'apertura a nuovi operatori permette di eliminare, di fatto, la figura dell'Incumbent⁴² e soprattutto, la regolazione delle modalità e dei costi di accesso, consentendo una riduzione dei prezzi di entrata per gli operatori che possono offrire

³⁹ *“impresa verticalmente integrata del settore dell'energia elettrica o del settore del gas naturale è un'impresa, o un gruppo di imprese, tra le quali esistono rapporti di controllo di diritto o di fatto, come definiti dall'art. 3, paragrafo 3, del regolamento (CEE) n. 4064/89 del Consiglio del 21 dicembre 1989, relativo al controllo delle operazioni di concentrazione tra imprese, come modificato dal regolamento CE n. 1310/97, che: con riferimento al settore dell'energia elettrica svolge almeno una delle attività di trasmissione dell'energia elettrica, dispacciamento dell'energia elettrica, distribuzione dell'energia elettrica o misura dell'energia elettrica e almeno una delle attività di produzione dell'energia elettrica, acquisto e vendita all'ingrosso dell'energia elettrica, vendita ai clienti finali dell'energia elettrica o attività elettriche estere;”* (Allegato A Testo integrato delle disposizioni dell'autorità per l'energia elettrica e il gas in merito agli obblighi di separazione amministrativa e contabile (unbundling) per le imprese operanti nei settori dell'energia elettrica e del gas e relativi obblighi di pubblicazione e comunicazione) Versione modificata con deliberazioni n. 253/07, 310/07, ARG/gas 92/08 e ARG/gas 184/09, ARG/com 57/10, 36/2012/E/COM

⁴⁰ Articolo 14, Direttiva 96/92 *“recante norme comuni per il mercato dell'energia elettrica”*.

⁴¹ Total portfolio approach.

⁴² Impresa, solitamente di grandi dimensioni, che è monopolista di uno specifico mercato e tenta di bloccare l'entrata di altre imprese, definite come entranti.

servizi competitivi rispetto a quelli dell'impresa dominante. Se non fosse così, la concorrenzialità del mercato sarebbe solo apparente.

Il primo è un meccanismo che si realizza mediante l'intervento dell'Acquirente Unico⁴³ come intermediario che si frappone nella conclusione di contratti di fornitura con i clienti vincolati; l'altro il Third Part Access⁴⁴, si esplica nelle due varianti di accesso regolamentato o negoziato. La differenza viene così illustrata: *“In caso di accesso alla rete negoziato, gli Stati membri prendono le misure necessarie affinché i produttori e, qualora gli Stati membri ne autorizzino l'esistenza, le imprese fornitrici di energia elettrica nonché i clienti idonei, sia all'interno che all'esterno del territorio coperto dalla rete, possano negoziare l'accesso alla rete al fine di concludere tra loro contratti di fornitura sulla base di accordi commerciali volontari.”*⁴⁵

Il processo, avviato a partire dai primi anni Novanta, è un processo caratterizzato da gradualità, protrattosi per più di un decennio, come si evince da vari atti europei, tra i quali il considerando n. 5 della Direttiva 96/92/CE che recita: *“il mercato interno dell'energia elettrica deve essere instaurato progressivamente al fine di consentire all'industria di adeguarsi in modo flessibile e composto al suo nuovo contesto e per tener conto dei diversi modi nei quali le reti elettriche sono attualmente organizzate”*.⁴⁶

A seguito dell'emanazione della prima generazione di direttive⁴⁷, infatti, si è assistito ad una attenzione costante e tale da portare all'emanazione di successive norme che hanno modificato e abrogato quanto precedentemente disposto.

⁴³ Acquirente Unico, gestore del Sistema Informativo Integrato, è stato individuato dalla Legge Bilancio 2018 (art 1, comma 8, legge n. 205 del 27 dicembre 2017) come il soggetto deputato a mettere a disposizione dei clienti finali i loro dati di consumo di energia elettrica e di gas, secondo le modalità stabilite dall'ARERA e nel rispetto delle indicazioni del Garante in materia di protezione dei dati. Acquirente Unico è la società pubblica, interamente partecipata dal Gestore dei Servizi Energetici S.p.A. (a sua volta interamente posseduto dal Ministero dell'economia e delle finanze), costituita dal decreto legislativo 16 marzo 1999 n. 79 allo scopo di garantire la fornitura di energia elettrica ai consumatori domestici e alle piccole imprese che non sono ancora passati al mercato libero. In quanto soggetto terzo, pubblico ed indipendente, negli anni sono state attribuite ad Acquirente Unico crescenti responsabilità e diverse attività quali lo Sportello per il Consumatore Energia e Ambiente, il Portale Offerte, l'Organismo centrale di stoccaggio dei prodotti petroliferi (OCSIT), Cassa Conguaglio GPL, oltre all'originaria funzione di approvvigionamento di energia elettrica per il Mercato Tutelato, per accompagnare lo sviluppo dei mercati energetici.

⁴⁴ Le politiche di accesso di terzi richiedono ai proprietari di infrastrutture di monopolio naturale di concedere l'accesso a tali strutture a soggetti diversi dai propri clienti, solitamente concorrenti nella fornitura dei servizi in questione, a condizioni commerciali comparabili a quelle che si applicherebbero in un mercato competitivo.

⁴⁵ Direttiva 96/92/CE, Articolo 17, commi 1 e 4

⁴⁶ Considerando n° 5, Direttiva 96/92/CE *“recante norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica”*.

⁴⁷ Le direttive di prima generazione comprendono sia la Dir 96/92/CE *“recante norme comuni per il mercato dell'energia elettrica”*, sia la Dir 98/30/CE *“relativa a norme comuni per il mercato interno del gas naturale”*, in

È possibile identificare distinte fasi in cui l'Unione, emanando direttive settoriali, sia nell'ambito dell'elettricità che del gas, ha delineato le novità da apportare (Cardi, 2018):

1. la prima generazione comprende le direttive 96/92/Ce e 98/30/CE rispettivamente del settore elettrico e del gas;
2. la seconda generazione si è avuta nel 2003 con le direttive 2003/54/CE – 2003/55/CE rispettivamente per energia elettrica e gas naturale;
3. la terza generazione è formata dal Terzo Pacchetto Energia, composto a sua volta dalle direttive 2009/72/CE e 2009/73/CE;
4. la quarta generazione è costituita dal Quarto pacchetto energia, Direttiva 2019/944;
5. la quinta e ultima generazione è composta dal Quinto pacchetto energia.

1.4.2 La disciplina di seconda generazione

Il Consiglio Europeo, nella riunione del 23 e 24 marzo del 2000, ha cercato di incentivare gli Stati membri e l'Europa stessa, ad adoperarsi al fine di promuovere il completamento della disciplina del mercato dell'energia elettrica.

L'incipit politico si è concretizzato nell'adozione delle direttive di seconda generazione, tra cui per il settore elettrico, la Direttiva 2003/54/CE *“relativa a norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica”*.

L'Unione europea rilevava che *“per completare il mercato interno in taluni settori e per migliorare le prestazioni insoddisfacenti di altri è necessario agire rapidamente per tutelare gli interessi delle imprese e dei consumatori [...]. Inoltre, sono anche essenziali regole eque ed applicate uniformemente in materia di concorrenza e di aiuti di Stato onde garantire che le imprese possano prosperare e operare efficacemente su un piano di parità nel mercato interno. Il Consiglio europeo chiede pertanto alla Commissione, al Consiglio e agli Stati membri, nell'ambito delle rispettive competenze: di elaborare, entro la fine del 2000, una strategia per la soppressione degli ostacoli ai servizi; di accelerare la liberalizzazione in settori quali gas, energia elettrica, acqua, servizi postali e trasporti”* ...⁴⁸.

quanto contemporaneamente alle vicende del settore dell'energia elettrica anche nel mercato del gas si è dato avvio ad un processo analogo

⁴⁸ Conclusioni della Presidenza - Consiglio Europeo d'Europa, 23-24 Marzo 2000, Lisbona.

Si evidenzia come a seguito dei risultati e dei vantaggi ottenuti con le precedenti normative, gli obiettivi europei mirino all'adozione di misure per garantire parità di condizioni e ridurre il rischio di posizioni dominanti⁴⁹.

La precedente direttiva si caratterizzava per la maggiore discrezionalità circa l'adozione di obblighi di servizio pubblico⁵⁰, prevedendo la “*possibilità di imporre obblighi per quanto riguarda la sicurezza, la regolarità, la qualità e il prezzo delle forniture*”⁵¹; la successiva normativa ha creato una disciplina più dettagliata, con la previsione di misure che gli Stati devono necessariamente adottare in modo particolare:

- la previsione dell'obbligo di garantire che tutti usufruiscano del diritto alla fornitura di energia elettrica a prezzi ragionevoli, chiari e trasparenti⁵²;
- l'adozione di misure per assicurare una protezione per i clienti finali tra cui evitare il rischio d'interruzione di forniture;
- l'adozione di misure per garantire la coesione economica e sociale e la tutela ambientale⁵³.

L'Unione europea rileva correttamente che “*i clienti dell'energia elettrica dovrebbero poter scegliere liberamente il loro fornitore. Nondimeno sarebbe opportuno seguire un approccio graduale per completare il mercato interno dell'energia elettrica[.]*”, in questo modo l'ordinamento europeo ribadisce la necessità di introdurre misure per garantire l'effettiva apertura concorrenziale (Angeli, 2017).

La previsione di limitazioni nella categoria di clienti idonei, tuttavia, contrasta con il raggiungimento dei livelli concorrenziali tanto che si è verificata una progressiva eliminazione della distinzione tra clienti vincolati e liberi. Nello specifico, fino al 2004 si sono mantenuti i criteri delineati dalla direttiva precedente per cui sono considerati come idonei coloro che superano un

⁴⁹ Sul punto il Considerando n° 2 Direttiva 2003/54/CE “*recante norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica*”.

⁵⁰ Nel corso degli anni la dottrina ha fornito interpretazioni diverse di “servizio pubblico”. In proposito si veda: “Il servizio pubblico nell'esperienza giuridica italiana di Petroni Paolo - 28 dicembre 2006 su Diritto.it.

⁵¹ Articolo 2, Dir. 96/92/CE “*recante norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica*”.

⁵² Tale concetto rientra nella politica europea di coinvolgimento e partecipazione dei cittadini ed è espressione indiretta del principio di sussidiarietà, Cfr. A. MIGNOZZI, *La negoziazione del bene energia*, Napoli, 2012.

⁵³ Dir. 2003/54/CE “*recante norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica*” Articolo 3, commi n° 3- 5 - 7.

consumo pari a 40 GWh annui⁵⁴, successivamente si è aperto il mercato ai clienti non civili⁵⁵, indipendentemente dal livello di consumo e, infine, dal 2007, l'apertura è stata generalizzata.

Un'ulteriore novità introdotta dalla normativa di seconda generazione consiste nella modifica e nella parziale abrogazione della disciplina dell'accesso alla rete, facendo venir meno sia il sistema dell'Acquirente Unico, sia l'accesso negoziato, preferendo come unica modalità di accesso quello relativo al metodo con pubblicazione di tariffe e privo di differenze di trattamento.

Infine, viene affiancata alla divisione contabile, prevista nella precedente normativa, una separazione attinente alla gestione per cui le attività non sono divise solo dal punto di vista contabile ma vengono dirette da imprese differenti, potendo comunque fare capo alla medesima società⁵⁶.

La seconda generazione di direttive, quindi, tenta di migliorare ancora di più la posizione dei consumatori e la disciplina del mercato europeo, poiché, al di là della riforma del mercato interno nel singolo ordinamento, tende a garantire che tale processo si traduca nella realizzazione di un unico mercato europeo senza differenze, non solo tra i singoli consumatori ma anche, in via generale, tra i vari Stati membri (Grippe & Manca, 2008).

1.4.3 Il Terzo Pacchetto Energia e l'istituzione dell'ACER

Sin dalla preliminare lettura del titolo "Testo rilevante ai fini del SEE" (Spazio Economico Europeo), si evidenzia come la normativa di terza generazione, ancor di più rispetto alle precedenti, si pone l'obiettivo primario di perseguire la realizzazione del mercato in un'ottica europea, cercando di realizzare quel mercato unico decantato sin dall'inizio del cammino sovranazionale nel settore (AA.VV., 2015).

In relazione alle lacune della precedente Direttiva, la Presidenza del Consiglio Europeo nella riunione di Bruxelles dell'8-9 marzo 2007 ha ribadito che "*Il potenziamento delle quattro libertà*

⁵⁴ Compresa l'autoproduzione

⁵⁵ Clienti non civili sono coloro che acquistano energia elettrica non destinata al proprio uso domestico, inclusi i produttori e i clienti grossisti ex articolo 2 n° 11 Dir. 2003/54/CE

⁵⁶ Direttiva 2003/54/CE Articolo 10 comma 1: "*Il gestore del sistema di trasmissione, qualora faccia parte di un'impresa verticalmente integrata, è indipendente, quantomeno sotto il profilo della forma giuridica, dell'organizzazione e del potere decisionale, dalle altre attività non connesse alla trasmissione. Tali norme non comportano l'obbligo di separare la proprietà dei mezzi del sistema di trasmissione dall'impresa verticalmente integrata*

del mercato interno rafforzerà la competitività internazionale dell'Unione europea [...] Un mercato interno del gas e dell'energia elettrica pienamente funzionante e interconnesso [...] saranno passi importanti verso la realizzazione di tale obiettivo".⁵⁷

I punti su cui la Direttiva pone particolare attenzione vertono sulla definitiva separazione della proprietà, sull'ampliamento della tutela dei consumatori, con particolare attenzione ai cd. clienti vulnerabili⁵⁸, e sull'introduzione delle Autorità nazionali di regolamentazione.

In merito all'*Unbundling* Philip Lowe, direttore generale della Direzione generale "Energia" della Commissione europea, ha altresì sottolineato: "*è incoraggiante vedere che tutti i Paesi membri comprendono che dobbiamo avere un'effettiva separazione del management network e di quello degli investimenti da quelli che usano il network per fornire e distribuire energia [...] senza questa indipendenza non si avranno nuove entrate, i consumatori non avranno più possibilità di scelta e si continuerà ad avere il dominio delle società già operanti. Invece, una maggiore competizione è positiva per l'industria ed anche per i consumatori*".

Per quanto riguarda la clientela, la Direttiva introduce il diritto del cliente finale ad essere rifornito da un rivenditore, indipendentemente da quale sia lo Stato membro in cui è registrato e di ottenere il cambio di operatore entro un termine non superiore a tre settimane introducendo una tutela più attenta ai clienti vulnerabili e riservando il compito agli Stati di definirne il contenuto⁵⁹.

La novità più importante, tuttavia, è senza dubbio l'introduzione dell'Autorità nazionale di regolamentazione⁶⁰. L'Autorità di Regolazione, completamente indipendente dagli Organi di governo, è istituita da ogni Stato Membro ed ha lo scopo di promuovere un mercato concorrenziale in grado di assicurare la tutela alla clientela, e di occuparsi del funzionamento del mercato in modo imparziale e trasparente.

⁵⁷ Conclusioni della Presidenza - Consiglio Europeo d'Europa, 8-9 marzo 2007, Bruxelles.

⁵⁸ Il decreto che recepisce la Direttiva 2019/944 sul mercato interno dell'energia elettrica definisce vulnerabili tutti i clienti sopra 75 anni e i soggetti meritevoli assistenza ex legge 104 in dimore abitate da persona che usa macchinari salvavita, quelli residenti in abitazioni d'emergenza a seguito di eventi calamitosi e gli abitanti delle isole minori.

⁵⁹ Articolo "Terzo pacchetto Energia: Mercato più aperto ed integrato" nel "Newsletter del GME" Notiziario della borsa italiana dell'energia elettrica, N° 28 giugno 2010.

⁶⁰ Il Terzo Pacchetto Energia si compone non solo della Direttiva 72/2009/CE e 73/2009/CE rispettivamente per l'energia elettrica e il gas, ma altresì dalla Direttiva 2008/92/CE sulla trasparenza dei prezzi al consumatore finale industriale; il Regolamento 2009/714/Ue sugli scambi transfrontalieri; il Regolamento 2009/715/UE sulle reti di trasporto e stoccaggio gas; il Regolamento 2010/994/UE sulla sicurezza di approvvigionamento del gas e infine 2009/713/UE sull'Agenza Ue per la cooperazione tra Regolatori Nazionali.

Al fine di promuovere il perseguimento degli obiettivi europei derivanti dalla Direttiva 2009/72 e una maggiore cooperazione tra gli Stati membri, con il Regolamento n. 713/2009 viene istituita l'ACER, acronimo di “*Agenzia per la cooperazione fra i regolatori nazionali dell'energia*”.

L'Agenzia, dotata di personalità giuridica e nel rispetto dei principi di trasparenza e terzietà, ha come funzione principale quello di assistere le Autorità di Regolamentazione Nazionale nello svolgimento dei compiti previsti dalla normativa europea. La sua attività si realizza mediante l'emanazione di pareri, raccomandazioni e normative quadro, atti di natura non vincolanti, o altresì, rivolgendosi alla Commissione per l'adozione di misure vincolanti ove necessario (Ciaralli, 2008).

La funzione consultiva dell'ACER non è limitata al livello nazionale, ma si estende anche agli Organi europei per assicurare il perseguimento degli obiettivi che le stesse Autorità europee si prefiggono e per contribuire alla regolazione della normativa energetica⁶¹.

L'Agenzia partecipa al controllo dei mercati interni dell'energia⁶², dell'accesso alla rete e del rispetto dei diritti dei consumatori; funzione che ha avuto un ulteriore sviluppo con il successivo Regolamento Europeo n. 1227/2011 con il quale si attribuisce all'ACER, in collaborazione con le Autorità nazionali, il compito di monitorare i mercati all'ingrosso per evitare lo sviluppo di pratiche scorrette e abusive⁶³.

⁶¹ v. *infra*.

⁶² I Considerando n° 1 e 2 del Regolamento recitano: “È importante assicurare che i consumatori e altri soggetti del mercato possano nutrire fiducia nell'integrità dei mercati dell'elettricità e del gas, che i prezzi fissati sui mercati dell'energia all'ingrosso riflettano un'interazione equa e concorrenziale tra domanda e offerta e che non sia possibile trarre profitto dagli abusi di mercato. Ai fini dell'accresciuta integrità e trasparenza dei mercati dell'energia all'ingrosso è opportuno promuovere una concorrenza aperta e leale sui mercati dell'energia all'ingrosso a beneficio dei consumatori finali”.

⁶³ L'articolo 2 del Regolamento Europeo n° 1227/2011 definisce informazione privilegiata: “un'informazione che ha carattere preciso, che non è stata resa pubblica, che concerne, direttamente o indirettamente, uno o più prodotti energetici all'ingrosso e che, se resa pubblica, potrebbe verosimilmente influire in modo sensibile sui prezzi di tali prodotti”. Definisce manipolazioni del mercato “la conclusione di qualsiasi transazione oppure la trasmissione di qualsiasi ordine di compravendita in prodotti energetici all'ingrosso che fornisca indicazioni false o tendenziose in merito all'offerta alla domanda o al prezzo dei prodotti energetici all'ingrosso; che consenta di fissare il prezzo di mercato di uno o più prodotti energetici all'ingrosso a un livello artificioso, a meno che la persona che ha compiuto l'operazione o che ha impartito l'ordine di compravendita dimostri che le sue motivazioni per compiere tale operazione o ordine sono legittime e che detta operazione o ordine è conforme alle prassi di mercato ammesse sul mercato all'ingrosso in questione; che utilizzi, o tenti di utilizzare, uno strumento fittizio o qualsiasi altra forma di raggirio o artificio che invii, o sia suscettibile di inviare, segnali falsi o tendenziosi riguardanti l'offerta, la domanda o il prezzo di prodotti energetici all'ingrosso”.

La costituzione dell'ACER deve essere letta in una prospettiva completamente europea, con il fine di superare le divisioni delle singole Autorità nazionali, elevando il mercato dell'energia elettrica in una visione sempre comune e condivisa all'interno dell'Unione europea (Giachetti Fantini, 2016).

1.4.4 Il Pacchetto Europeo “*Clean Energy for all Europeans*”

L'evoluzione normativa europea in materia di energia prosegue con il pacchetto “*Clean Energy for all Europeans*”.

Questo mira a rendere il mercato il più possibile competitivo, realizzando modifiche al sistema energetico vigente e permettendo ai mercati interni perseguano gli stessi obiettivi e riconoscano i medesimi diritti.

Maroš Šefčovič, Vicepresidente per l'Unione Energia ha affermato che: “*Il pacchetto di oggi darà una spinta alla transizione all'energia pulita modernizzando la nostra economia*”⁶⁴.

Tale intervento si compone di otto proposte legislative accompagnate da una serie di reports e comunicazioni, che riguardano i vari aspetti dell'energia elettrica: l'efficienza energetica, l'approvvigionamento, la governance e l'assetto del mercato.

L'assetto del mercato è l'argomento centrale al quale sono state dedicate cinque proposte⁶⁵, tutte coordinate tra loro, allo scopo di migliorare la competitività del mercato stesso.

La complessità delle questioni e il quadro d'insieme motivano la scelta di adottare un unico pacchetto. La Commissione ha affermato, tra le altre cose, che il percorso realizzato ha sicuramente aumentato la concorrenza all'interno del mercato ma che, tuttavia, sussistono ancora ostacoli agli scambi transfrontalieri e limiti alla creazione di un mercato unico europeo.

⁶⁴ Comunicato Stampa – Commissione Europea “*Energia pulita per tutti gli europei: liberare il potenziale di crescita dell'Europa*” Bruxelles, 30 novembre 2016.

⁶⁵ *Regulation on the internal electricity market*” COM(2016)861; “*New regulation on risk preparedness in the electricity sector*” COM(2016)862; “*Revised regulation on the European Agency for the Cooperation of Energy Regulators*” COM(2016)863; “*Common rules for the internal electricity market*” COM(2016)864; “*Revised renewable energy directive*” COM(2016)767.

In un momento successivo, inoltre, sono state effettuate dalla Commissione⁶⁶ proposte relative al mercato energetico⁶⁷, che prevedono la disposizione di una valutazione unica vista l'interrelazione tra i vari progetti.

1.4.5 “Internal market for electricity”

Per ragioni di completezza espositiva, è necessario ricordare la proposta “*Internal market for electricity*”, con cui la Commissione, riprendendo il Regolamento 714/2009⁶⁸, si è posta l'obiettivo di incentivare l'efficienza energetica, eliminare ogni ostacolo agli scambi transfrontalieri e garantire una maggiore concorrenzialità nel mercato al dettaglio, nella prospettiva di applicare tali misure dal 1° gennaio 2020⁶⁹. Pertanto, lo scopo perseguito è quello teso a creare un quadro di cooperazione per la prevenzione e gestione della crisi elettrica⁷⁰.

La Commissione rilevava correttamente che “*le situazioni di crisi possono derivare da varie cause, inclusa l'indisponibilità accidentale dell'infrastruttura, condizioni meteorologiche estreme che portano a picchi di domanda (ondata di caldo o freddo), carenze idriche che colpiscono il raffreddamento di centrali termiche e nucleari, attacchi fisici o informatici a infrastrutture energetiche e carenza di carburante*”⁷¹.

Viene dunque riconosciuta, sia alla Rete europea dei gestori di sistemi di trasmissione di energia elettrica cd. ENTSO-E⁷², sia alle singole Autorità nazionali, la funzione di predisporre possibili situazioni di crisi e redigere un piano di prevenzione.

⁶⁶ Le proposte analizzate sono state pubblicate complessivamente tra il 2 e il 5 giugno 2018.

⁶⁷ COM (2016)861; COM (2016)862; COM (2016)863; COM (2016)864.

⁶⁸ Regolamento 714/2009 “*relativo alle condizioni di accesso alla rete per gli scambi transfrontalieri di energia elettrica e che abroga il regolamento 1228/2003*”. In particolare, tale regolamento ha come obiettivo, ex articolo 1, quello di “*stabilire norme eque per gli scambi transfrontalieri di energia elettrica, rafforzando così la concorrenza nel mercato interno dell'energia elettrica tenendo conto delle caratteristiche particolari dei mercati nazionali e regionali [...] e facilitare lo sviluppo di un mercato all'ingrosso efficiente e trasparente con una sicurezza di approvvigionamento dell'energia elettrica di livello elevato*”

⁶⁹ “*The proposal introduces the objective of enabling market signals for increased flexibility, decarbonisation and innovation, in support of the energy union objectives and the Eu 2030 climate and energy target*”.

⁷⁰ European Parliament - Briefing EU Legislation in Progress [COM (2016)862] “*New regulation on risk preparedness in the electricity sector*”.

⁷¹ Traduzione del testo originale European Parliament - Briefing EU Legislation in Progress [COM (2016)862] “*New regulation on risk preparedness in the electricity sector*”.

⁷² La Rete europea dei gestori dei sistemi di trasmissione rappresenta 39 gestori dei sistemi di trasmissione dell'energia elettrica (TSO) provenienti da 35 paesi in tutta Europa, estendendosi così oltre i confini dell'UE. ENTSO-E è stato

Nel caso, eventuale, di crisi nazionale, questa verrà gestita in modo congiunto con gli altri Stati membri, *“in a spirit of solidarity. They would offer each other assistance if necessary[...]”*⁷³.

1.4.6 Revised regulation on the European Agency for the Cooperation of Energy Regulator

Con lo scopo di perseguire la competitività del mercato, la Commissione nella proposta *“Revised regulation on the European Agency for the Cooperation of Energy Regulators”*⁷⁴, ha sostenuto la necessità di aumentare le competenze dell’ACER circa il monitoraggio e la supervisione del mercato ed ha ritenuto che tale obiettivo non si potesse realizzare senza un’adeguata tutela nei confronti dei clienti. Nello specifico, *“The proposed directive would oblige member states to ensure a more competitive, customer-centred, flexible and non-discriminatory EU electricity market-based supply priced”*⁷⁵ ha cercato di realizzare una maggior tutela per i clienti, mediante l’introduzione di nuovi diritti ed il rafforzamento di quelli già esistenti⁷⁶, di aumentare la trasparenza e semplificare le bollette in modo particolare per i clienti vulnerabili.

È stato calcolato, che in tutta l’Europa tra i 50 e i 125 milioni di persone risultano essere rischio di povertà energetica⁷⁷, e nonostante manchi una definizione specifica, detta “povertà” è stata considerata come l’incapacità di sostenere il costo delle bollette a causa, in particolare, dei costi elevati, dell’ambiente sociale e dell’efficienza energetica.

A tal proposito, l’UE ha sollecitato gli Stati Membri a introdurre dei criteri di misurazione per tale forma di povertà e di predisporre strumenti alternativi alla disconnessione come sostegni finanziari e consulenza nella gestione del debito (AA.VV., 2022).

istituito e ha ricevuto mandati legali dal terzo pacchetto dell’UE per il mercato interno dell’energia nel 2009, che mira a liberalizzare ulteriormente i mercati del gas e dell’elettricità nell’UE.

⁷³ European Parliament - Briefing EU Legislation in Progress [COM(2016)862] *“New regulation on risk preparedness in the electricity sector”*.

⁷⁴ COM (2016)863

⁷⁵ European Parliament - Briefing EU Legislation in Progress [COM(2016)864] *“Common rules for the internal electricity market”*.

⁷⁶ La Commissione per l’industria, la ricerca e l’energia (ITRE), ad esempio, propone di giungere nel 2022 alla possibilità di cambiare fornitore in 24 ore.

⁷⁷ European Parliament - Briefing 24 Maggio 2016 *“Energy poverty: Protecting vulnerable consumers”*.

1.4.7 Il quinto pacchetto energia: la normativa di nuova generazione

La strategia per l'Unione dell'energia prosegue con il fine di fornire ai consumatori energia sicura, sostenibile, competitiva e a prezzi accessibili: per tali motivi la Commissione ha presentato il 30 novembre 2016 il pacchetto "*Energia pulita per tutti gli europei*"⁷⁸.

Come si è visto nei precedenti paragrafi, il quarto pacchetto energia realizza l'Unione dell'energia, vertendo su efficienza energetica, energie rinnovabili, assetto del mercato dell'energia elettrica, sicurezza dell'approvvigionamento di energia elettrica e norme di governance per l'Unione dell'energia. Per completare il mercato interno dell'energia, la Commissione ha adottato ulteriori misure nella direttiva sull'elettricità, nel regolamento sulla preparazione ai rischi connessi all'elettricità e nel regolamento ACER (Corazza, 2010).

Il regolamento sul mercato interno dell'energia elettrica⁷⁹ rivede le norme e i principi del mercato dell'energia elettrica al fine di garantirne il corretto funzionamento e la competitività. In particolare, detta norma sostiene la decarbonizzazione del settore energetico dell'UE, elimina gli ostacoli agli scambi transfrontalieri di energia elettrica e consente la transizione dell'UE verso l'energia pulita, rispettando gli impegni assunti con l'accordo di Parigi.

Il regolamento definisce un insieme di principi basati sul mercato per il funzionamento dei mercati dell'energia elettrica:

- i prezzi si formeranno in base alla domanda e all'offerta;
- i clienti beneficeranno delle regole sul mercato e saranno partecipanti attivi al mercato;
- gli incentivi per la produzione di elettricità de-carbonizzata saranno basati sul mercato;
- gli ostacoli ai flussi transfrontalieri di elettricità saranno progressivamente rimossi;
- i produttori saranno direttamente o indirettamente responsabili delle loro vendite di energia elettrica;
- saranno definite nuove condizioni in base alle quali gli Stati membri potranno istituire meccanismi di capacità e saranno definiti i principi per la loro creazione.

⁷⁸ COM(2016)0860

⁷⁹ Regolamento (UE) 2019/943

La direttiva stabilisce norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica⁸⁰ e pone i suoi obiettivi riguardo gli Stati membri e i consumatori, definendo una serie di disposizioni diverse che pongono il consumatore al centro della transizione verso l'energia pulita.

Gli Stati membri garantiscono una concorrenza sui prezzi basata sul mercato tra i fornitori, sulla protezione dei clienti in condizioni di povertà energetica e dei clienti civili vulnerabili e sul diritto dei clienti finali all'elettricità erogata da un fornitore, previo accordo, indipendentemente dallo Stato membro in cui è registrato il fornitore conforme alle norme UE (Tanzi et al., 2022).

I consumatori possono richiedere l'installazione di contatori di elettricità intelligenti⁸¹ senza costi aggiuntivi; i clienti e le microimprese hanno accesso, gratuitamente, ad almeno uno strumento di confronto delle offerte dei fornitori, comprese le offerte per i contratti dinamici sui prezzi dell'elettricità e possono cambiare fornitore gratuitamente entro un massimo di tre settimane e partecipare a programmi collettivi di cambio di fornitore.

I consumatori finali, provvisti di contatori intelligenti possono richiedere contratti di tariffazione dinamica dell'energia elettrica con almeno un grande fornitore; hanno il diritto di agire come clienti attivi, ad esempio vendendo elettricità autogenerata, senza essere soggetti a requisiti tecnici sproporzionati o discriminatori e di disporre di un riassunto chiaro delle condizioni contrattuali.

Il regolamento sulla preparazione ai rischi⁸² consolida la preparazione ai rischi incoraggiando la cooperazione tra i gestori dei sistemi di trasmissione dell'UE e dei paesi vicini e l'ACER. Esso mira inoltre a facilitare la gestione transfrontaliera delle reti elettriche in situazioni di crisi, attraverso i nuovi centri operativi regionali, che sono stati introdotti nel relativo regolamento sul mercato interno dell'energia elettrica⁸³.

La rete europea dei gestori dei sistemi di trasmissione dell'energia elettrica⁸⁴ svilupperà e proporrà una metodologia comune per l'identificazione dei rischi, in collaborazione con l'ACER e

⁸⁰ Direttiva (UE) 2019/944

⁸¹ Un contatore intelligente (o *smart meter*) è un dispositivo elettronico, evoluzione del contatore elettrico, che registra il consumo di energia elettrica e comunica le informazioni al fornitore di energia elettrica per il monitoraggio e la fatturazione. I contatori intelligenti in genere registrano l'energia ogni ora o più frequentemente e riportano il dato almeno ogni giorno.

⁸² Regolamento (UE) 2019/941

⁸³ Regolamento (UE) 2019/943

⁸⁴ ENTSO-E

il gruppo di coordinamento dell'elettricità, che sarà successivamente approvata dall'ACER stessa. Sono stati proposti quattro tipi di misure:

1. norme comuni relative alle modalità di prevenzione e di preparazione ad affrontare le crisi dell'energia elettrica per garantire la cooperazione transfrontaliera;
2. norme comuni per la gestione delle crisi;
3. metodi comuni per valutare i rischi relativi alla sicurezza dell'approvvigionamento;
4. un quadro comune per una valutazione e un controllo migliori della sicurezza dell'approvvigionamento di energia elettrica.

Il 14 luglio 2021 la Commissione ha pubblicato la prima parte del pacchetto "*Realizzare il Green Deal europeo*", che mira a conseguire una riduzione delle emissioni di gas a effetto serra di almeno il 55% e un'Europa climaticamente neutra entro il 2050. È attualmente in corso la discussione sugli aspetti energetici del quinto pacchetto energia⁸⁵.

1.4.8 La regolamentazione del mercato dell'energia: l'Agenzia dell'UE per la cooperazione fra i regolatori dell'energia (ACER)

L'Agenzia dell'UE per la cooperazione fra i regolatori nazionali dell'energia⁸⁶ è pienamente operativa dal marzo 2011⁸⁷. L'ACER ha la responsabilità di promuovere la cooperazione tra le autorità nazionali di regolamentazione a livello regionale ed europeo e di monitorare lo sviluppo della rete e dei mercati interni dell'energia elettrica e del gas. La stessa Agenzia ha inoltre la facoltà di indagare sui casi di abuso di mercato⁸⁸ e di coordinare con gli Stati membri l'applicazione di sanzioni adeguate (Bruzzi, 2022).

Nel giugno 2019, la Commissione ha adottato il regolamento n. 713/2019⁸⁹ con lo scopo di riformare l'ACER rafforzando il suo ruolo principale quale coordinatore dell'azione dei regolatori nazionali, in particolare negli ambiti in cui un processo decisionale frammentario su questioni di

⁸⁵ Green Deal europeo: La Commissione propone di trasformare l'economia e la società dell'UE al fine di concretizzare le ambizioni in materia di clima, Commissione europea, 14 luglio 2021.

⁸⁶ Acronimo: ACER

⁸⁷ Regolamento (CE) n. 713/2009

⁸⁸ Con l'espressione abusi di mercato ci si riferisce a tutte le ipotesi in cui i consumatori che hanno investito le proprie risorse nei mercati, si trovano a dover subire le conseguenze negative del comportamento di altri soggetti utilizzando a vantaggio proprio o altrui, info non accessibili al pubblico oppure hanno divulgato info false e ingannevoli o manipolato il meccanismo di determinazione del prezzo dei servizi offerti sul mercato stesso.

⁸⁹ 2019/942/UE

rilevanza transfrontaliera creerebbe problemi o incongruenze per il mercato interno (Proietti, 2020).

Per quanto riguarda i compiti dell'Autorità nel campo della supervisione del mercato all'ingrosso e delle infrastrutture transfrontaliere, questi sono stati estesi per dotarla di maggiore responsabilità nell'elaborazione e nella presentazione alla Commissione della proposta definitiva di un codice di rete nonché per influenzare il processo di revisione del mercato regionale dell'elettricità⁹⁰, tema presente nella rifusione del regolamento sull'energia elettrica⁹¹.

Il regolamento ACER⁹² introduce delle commissioni come fonte aggiuntiva di finanziamento per coprire i costi delle attività relative al REMIT⁹³. Il 15 luglio 2020, la Direzione generale Energia e l'ACER hanno presentato una proposta di struttura tariffaria e il 17 dicembre 2020 la Commissione ha adottato la decisione (UE) 2020/2152 sulle tasse, decisione che mira a coprire le spese per le operazioni di raccolta, trattamento, elaborazione e analisi delle informazioni effettuate dall'ACER stessa.

Come ulteriore provvedimento, sono stati adottati due regolamenti che creano strutture di cooperazione per la *Rete europea dei gestori dei sistemi di trasmissione*⁹⁴: uno per l'energia elettrica⁹⁵ e uno per il gas⁹⁶, quest'ultimo modificato dalla decisione 2010/685/UE della Commissione. La REGST e l'ACER, dunque, definiscono norme dettagliate di accesso alla rete e codici tecnici garantendo altresì il coordinamento della gestione della rete attraverso lo scambio di dati operativi e lo sviluppo di norme e procedure comuni di sicurezza e di emergenza. La REGST ha, inoltre, la funzione di realizzare ogni due anni un piano decennale d'investimento nella rete, che è poi riesaminato dall'ACER (Frangioni & Lacalandra, 2022).

Per ultimo, ma non meno importante, è necessario citare il Regolamento (UE) n. 2016/1952 che perfeziona la trasparenza dei prezzi al consumatore finale industriale di gas e di energia elettrica, imponendo agli Stati membri l'obbligo di garantire che tali prezzi e i sistemi di prezzi utilizzati siano comunicati a Eurostat una o due volte l'anno (Bernardi & Tricarico, 2022). Tale

⁹⁰ Zona di offerta

⁹¹ 2019/943/UE

⁹² 2019/942/UE

⁹³ "commissioni REMIT"

⁹⁴ REGST

⁹⁵ Regolamento (CE) n. 714/2009

⁹⁶ Regolamento (CE) n. 715/2009

disciplina era parzialmente già presente nel Regolamento (UE) n. 1227/2011 relativo all'integrità e alla trasparenza del mercato dell'energia all'ingrosso⁹⁷, che si poneva lo scopo di garantire pratiche commerciali eque e corrette nei mercati energetici europei.

1.4.9 Sicurezza dell'approvvigionamento di elettricità, gas naturale e petrolio

Il Regolamento (UE) n. 2019/941 fissa la disciplina delle misure intese a salvaguardare la sicurezza dell'approvvigionamento⁹⁸ di energia elettrica, garantendo il buon funzionamento del mercato interno dell'elettricità, un appropriato livello di interconnessione tra Stati membri, un adeguato livello di capacità di generazione e l'equilibrio tra approvvigionamento e domanda. Considerata l'importanza del gas per l'approvvigionamento di energia dell'Unione europea e, in risposta alla precedente crisi russo-ucraina del gas dell'inverno 2008-2009, nel 2010 è stato adottato il regolamento (UE) n. 2017/1938 concernente misure volte a garantire la sicurezza dell'approvvigionamento di gas, rivisto nel 2017. Questo Regolamento mira a rafforzare i meccanismi di prevenzione e di risposta alle crisi.

Inoltre, al fine di garantire la sicurezza dell'approvvigionamento del petrolio ed evitare crisi energetiche tali da mettere a repentaglio la produttività e la sopravvivenza di ciascun Stato membro, la direttiva 2009/119/CE stabilisce l'obbligo per gli Stati di mantenere un livello minimo di scorte di petrolio, equivalente al quantitativo maggiore tra quello corrispondente a 90 giorni di importazioni nette giornaliere medie e quello corrispondente a 61 giorni di consumo interno giornaliero medio. In risposta alle preoccupazioni circa la fornitura di gas russo attraverso l'Ucraina, la Commissione europea ha pubblicato a maggio 2014 la sua strategia di sicurezza energetica⁹⁹.

Detta strategia mira a garantire la stabilità e l'abbondanza dell'approvvigionamento energetico per i cittadini europei e per l'economia e prevede misure come l'aumento dell'efficienza energetica, la promozione della produzione energetica all'interno dell'UE e il completamento dei collegamenti infrastrutturali mancanti per dirottare l'energia là dove ve ne sia bisogno durante una crisi.

⁹⁷ REMIT

⁹⁸ Per approvvigionamento si intende il reperimento delle materie prime, beni e servizi necessari al funzionamento di un'attività produttiva o al sostentamento della famiglia o di una comunità.

⁹⁹ COM (2014)0330)

Nel maggio 2019 la Commissione ha adottato una revisione della direttiva del 2009 sul gas naturale¹⁰⁰ al fine di rendere le disposizioni fondamentali della direttiva sul gas immediatamente applicabili ai gasdotti transfrontalieri con Paesi terzi o, più specificamente, a quelle parti dei gasdotti nel territorio dell'UE. Questo contribuirebbe a garantire il fatto che nessun progetto attuale riguardante l'infrastruttura del gas tra uno Stato membro e un Paese terzo provochi distorsione del mercato unico dell'energia o indebolisca la sicurezza dell'approvvigionamento nell'UE (Demarchi, 2022).

Poiché nel settembre 2020 la Commissione aveva annunciato che nel 2021 sarebbe stato sviluppato un nuovo quadro normativo per mercati del gas competitivi decarbonizzati, il 10 febbraio 2021 la Commissione stessa ha avviato una consultazione pubblica¹⁰¹.

Tra le proposte pervenute spiccano un Regolamento e una Direttiva per i mercati interni dei gas rinnovabili e dell'idrogeno che si propongono di creare le condizioni favorevoli per risorse quali il biometano e l'idrogeno. In particolare, uno degli obiettivi principali è quello di stabilire un mercato per l'idrogeno, creando un ecosistema in grado di attrarre investimenti e sviluppare infrastrutture dedicate. Verrà, inoltre, creata una nuova struttura di governance, la Rete europea di operatori di rete per l'idrogeno (ENNOH)¹⁰² per creare un'infrastruttura dedicata all'idrogeno, garantire il coordinamento transfrontaliero e la costruzione di reti di interconnessione.

La proposta prevede che i piani di sviluppo della rete nazionale si basino su uno scenario congiunto per elettricità, gas e idrogeno, creando anche un sistema di certificazione per i gas a basse emissioni di carbonio, a completamento del lavoro iniziato con la Direttiva sulle energie rinnovabili con la certificazione dei gas rinnovabili¹⁰³.

In questo modo, l'accesso a fonti di energia rinnovabile dovrebbe essere facilitato e meno costoso, grazie ad esempio all'eliminazione delle tariffe per le interconnessioni transfrontaliere e abbassando le tariffe nei punti di immissione. Un'altra priorità del pacchetto, infatti, si rivolge

¹⁰⁰ Direttiva (UE) 2019/692

¹⁰¹ La consultazione è uno strumento di partecipazione attraverso cui i cittadini possono fornire alle amministrazioni commenti, idee e ogni altro tipo di informazioni utili ad arricchire e migliorare una decisione da prendere o un provvedimento da adottare. Una volta ricevuti ed esaminati i contributi dei cittadini, le amministrazioni rendono conto pubblicamente delle osservazioni ricevute e di quelle accolte. La responsabilità della decisione finale continua a essere dell'amministrazione o dell'organo di governo competente, ma lo scambio comunicativo che la consultazione crea tra i cittadini e le amministrazioni consente di arrivare a una decisione partecipata.

¹⁰² European Network of Network Operators for Hydrogen – ENNOH.

¹⁰³ Per approfondimenti: <https://horizoneurope.apre.it/proposto-il-nuovo-quadro-ue-per-decarbonizzare-il-mercato-del-gas/#:~:text=Il%20Dicembre%202021%20la,di%20tutti%20i%20cittadini%20europei>

proprio ai consumatori ed alla loro protezione in termini di potere d'acquisto e sicurezza energetica¹⁰⁴.

Questa iniziativa è una risposta alla sfida della decarbonizzazione delle reti del gas e propone di rivedere le norme dell'UE sul gas per agevolare l'ingresso sul mercato dei gas rinnovabili e a basse emissioni di carbonio e di rimuovere gli indebiti ostacoli normativi.

1.4.10 Il piano europeo di riduzione della domanda di gas: cenni

Per quanto riguarda il risparmio del gas in Europa, la Commissione ha proposto recentemente un nuovo strumento legislativo e un piano europeo di riduzione della domanda di gas per diminuire il consumo di gas in Europa del 15% fino alla prossima primavera¹⁰⁵. Tutti i consumatori – pubbliche amministrazioni, famiglie, proprietari di edifici pubblici, fornitori di energia elettrica, industrie – possono e devono prendere provvedimenti per risparmiare gas. La Commissione accelererà i lavori in corso per diversificare le fonti di approvvigionamento, anche attraverso l'acquisto in comune, in modo che l'UE possa contare su fornitori alternativi.

La proposta della Commissione riguarda un nuovo regolamento del Consiglio su misure coordinate di riduzione della domanda di gas, basato sull'articolo 122 del Trattato sul funzionamento dell'Unione europea, che imporrebbe a tutti gli Stati membri un obiettivo di riduzione della domanda del 15% nel periodo compreso tra il 1° agosto 2022 e il 31 marzo 2023. Darebbe, inoltre, alla Commissione la possibilità di dichiarare, previa consultazione degli Stati membri, uno stato di "allarme dell'Unione" per motivi di sicurezza dell'approvvigionamento e di imporre loro una riduzione obbligatoria della domanda di gas. Lo stato di allarme dell'Unione può scattare in presenza di un rischio sostanziale di grave penuria di gas o di una domanda eccezionalmente elevata. Entro la fine di settembre gli Stati membri dovrebbero aggiornare i piani nazionali di emergenza (Patanè, 2022) per definire le modalità con cui intendono raggiungere questo obiettivo di riduzione. Dovrebbero altresì riferire alla Commissione ogni due mesi sui progressi compiuti in tal senso. Gli Stati membri che chiedono forniture di gas appellandosi al

¹⁰⁴ Così come già stabilito dalle direttive di precedente generazione.

¹⁰⁵ Questi obiettivi rientrano nel più ampio programma del Green New Deal europeo. Il Green Deal europeo è un pacchetto di iniziative strategiche che mira ad avviare l'UE sulla strada di una transizione verde, con l'obiettivo ultimo di raggiungere la neutralità climatica entro il 2050. Sostiene la trasformazione dell'UE in una società equa e prospera con un'economia moderna e competitiva.

principio di solidarietà saranno tenuti a dare prova di quanto fatto per ridurre la domanda a livello interno.

Per aiutare gli Stati membri a ridurre sufficientemente la domanda, la Commissione ha adottato anche un piano europeo di riduzione della domanda di gas che stabilisce misure, principi e criteri per un'azione coordinata. Il piano si concentra sulla sostituzione del gas con altri combustibili e sul risparmio energetico complessivo in tutti i settori. Mira a garantire l'approvvigionamento delle famiglie e delle utenze essenziali come gli ospedali, ma anche di quelle industrie che sono determinanti per fornire prodotti e servizi indispensabili per l'economia, le catene di approvvigionamento e la competitività dell'UE. Offre infine orientamenti di cui gli Stati membri dovrebbero tenere conto al momento di pianificare il contingentamento.

1.4.11 Il piano *REPowerEU*

Il *REPowerEU* è stato introdotto dall'UE con la Comunicazione del 18 maggio 2022 (Commissione europea, 2022). Questo si presenta come la risposta alle difficoltà, soprattutto alla luce delle ultime vicende dell'Est Europeo, del mercato mondiale dell'energia ed impone un mutamento evolutivo del sistema energetico europeo.

Il Piano rientra nel Dispositivo per la ripresa e la resilienza (RRF)¹⁰⁶ approvato con regolamento RRF del 12 febbraio 2021, che sostiene la pianificazione e il finanziamento coordinati delle infrastrutture transfrontaliere e nazionali e i progetti e le riforme nel settore dell'energia¹⁰⁷.

La Commissione europea si pone l'obiettivo di modificare l'attuale disciplina giuridica per integrare specifici capitoli *REPowerEU* nei piani per la ripresa e la resilienza degli Stati membri (PRR) in vigore, in aggiunta alle riforme e investimenti già presenti in tali piani (Commissione europea, 2022).

In sintesi, il piano si pone tre obiettivi fondamentali:

1. risparmiare energia;

¹⁰⁶ Il dispositivo per la ripresa e la resilienza metterà a disposizione 723,8 miliardi di euro (a prezzi correnti) sotto forma di prestiti e sovvenzioni per finanziare le riforme e gli investimenti intrapresi dagli Stati membri dell'UE. L'obiettivo è attenuare l'impatto economico e sociale della pandemia di coronavirus e rendere le economie e le società dei paesi europei più sostenibili, resilienti e preparate alle sfide e alle opportunità della transizione ecologica e di quella digitale.

¹⁰⁷ <https://www.insic.it/tutela-ambientale/energia-e-sostenibilita-articoli/repowereu-cose-come-funziona-il-piano-europeo-per-lenergia/>.

2. produrre energia pulita;
3. diversificare le nostre forniture energetiche.

L'obiettivo primario dell'UE con il Piano consiste nel portare lo stoccaggio del gas all'80% della capacità entro il 1° novembre 2022. L'UE, inoltre, si pone l'obiettivo di aumentare la produzione di biometano per ridurre di 17 miliardi di m³ le importazioni di gas, di realizzare progetti nel settore dell'energia solare ed eolica, con l'incentivazione di queste nuove tecnologie, come ad esempio l'agrovoltaico (Di Stefano & Colantoni, 2022), nonché di migliorare la distribuzione dell'idrogeno rinnovabile per ridurre di circa 50 miliardi di m³ le importazioni di gas.

In un periodo di lungo termine, l'UE intende aumentare dal 40% al 45% l'obiettivo europeo delle energie rinnovabili per il 2030; ottenere 17,5 GW di elettrolizzatori entro il 2025 per alimentare l'industria dell'UE con una produzione interna di 10 milioni di tonnellate di idrogeno rinnovabile. Vuole, inoltre, innalzare dal 9% al 13% l'obiettivo dell'UE in materia di efficienza energetica/risparmio energetico per il 2030 (Di Stefano & Colantoni, 2022) e mettere a punto nuovi piani *REPowerEU* nazionali nel quadro del fondo per la ripresa e la resilienza per sostenere investimenti e riforme del valore di 300 miliardi di euro.

1.5 Il quadro normativo nazionale

L'ambiente è una scoperta recente della normativa nazionale, al punto da aver fatto pensare ad un ritardo del legislatore italiano rispetto a quello comunitario in considerazione del fatto che il dopo guerra ha visto emergere altri diritti e interessi ritenuti prioritari per gli uomini.

Il termine ambiente compare per la prima volta nella nostra Costituzione solo nel 2001, in forza della legge costituzionale n. 3 del 18 ottobre 2001, volta a riformare il titolo V della Costituzione stessa.

Prima della riforma del titolo V, le leggi che disciplinavano settori specifici della materia ambientale erano il regio Decreto n. 1089 del 1 giugno 1939, che dettava disposizioni relative alla "Tutela delle cose di interesse storico ed artistico" individuando interventi per la conservazione, l'integrità e la sicurezza delle cose mobili ed immobili avente particolare interesse culturale storico, archeologico ed etnografico ai beni culturali e il regio Decreto n. 1497 del 29 giugno 1939,

noto come “Legge Bottai” recante disposizioni in materia di “Protezione delle bellezze naturali”. Le norme introdotte miranti alla tutela e alla protezione di quei beni aventi le caratteristiche di “bellezze naturali” facevano riferimento ad una definizione di questi beni di matrice essenzialmente estetica senza fornire una definizione esaustiva di “paesaggio”.

Queste due leggi hanno avuto, tuttavia, il merito di individuare le linee guida sulle quali si è basato il testo costituzionale adottato dieci anni dopo.

In seguito, si è assistito ad una graduale evoluzione nel tempo della nozione stessa di paesaggio, a partire dalla Legge n. 431 del 1985, c.d. “Legge Galasso” fino alla Convenzione europea sul paesaggio, firmata a Firenze nel 2000, con le quali il paesaggio viene inteso in maniera dinamica tenendo conto anche dei vari fattori che interagiscono e influenzano il paesaggio stesso.

La Costituzione ha accolto il contenuto di queste leggi all’art. 9 comma 2, laddove ha previsto che “la Repubblica tutela il paesaggio e il patrimonio storico e artistico della nazione”. Secondo una parte della dottrina (Postiglione, 1982) la norma costituzionale citata crea un collegamento tra gli aspetti paesaggistici del territorio e gli aspetti culturali del patrimonio storico ed artistico che consente di superare la precedente concezione meramente estetica e statica di “paesaggio” e stabilisce un legame stretto tra bene ambientale e bene culturale.

Nel ricostruire le modalità con cui la tutela ambientale veniva intesa nell’originaria formulazione costituzionale, per quello che interessa in questa sede, bisogna anche considerare la disciplina concernente la tutela della salute individuata nell’art. 32 Cost. che rappresenta il secondo dei due assi portanti sui quali poggiava l’intera costruzione normativa. La norma stabilisce che “la Repubblica tutela la salute come fondamentale diritto dell’individuo ed interesse della collettività (...)”.

La tutela della salute viene intesa, quindi, secondo un’accezione soggettiva, comprendendo il diritto del singolo di decidere sulla propria salute, e secondo un’accezione oggettiva in cui è lo Stato ad avere l’obbligo di predisporre tutti quegli strumenti che possano consentire al cittadino di esercitare il proprio diritto alla salute.

Riprendendo l’assetto normativo previsto dall’art. 9 Cost, viene emanato il d.lgs. n. 42/2004, Codice dei beni culturali e del paesaggio, il quale introduce la nozione di bene culturale e di bene paesaggistico. Il primo viene identificato come “cose immobili e mobili che (...) presentano interesse artistico, storico, archeologico, etnoantropologico, archivistico e bibliografico e le altre cose individuate dalla legge o in base alla legge quali testimonianze aventi valore di civiltà”,

mentre il secondo come “immobili e aree costituenti espressione dei valori storici, culturali, naturali, morfologici ed estetici del territorio”.

Con il d.lgs. n. 152/2006 e ss.mm.ii intitolato “Codice dell’ambiente” viene riformata la precedente normativa e viene introdotto nella normativa interna del principio di precauzione, il quale, all’art. 301 rubricato “Norme in materia di tutela risarcitoria contro i danni all’ambiente”, stabilisce che, in ossequio alla normativa comunitaria, in caso di pericolo anche solo potenziale alla salute umana e all’ambiente, ed anche in assenza di dati scientifici certi, deve essere assicurato un alto livello di protezione.

Le problematiche riguardanti la tutela dell’ambiente si sono riversate anche nei rapporti concernenti le competenze tra Stato e Regioni in quanto è stato necessario oltre che definire la rilevanza di un dato bene o valore all’interno del proprio ordinamento anche quello di individuare l’organo cui compete l’attività di tutela, valorizzazione e gestione del bene stesso. Il riparto delle competenze tra le diverse parti dello Stato è individuato proprio a livello costituzionale, in una apposita sezione rappresentata dal Titolo V e specificamente dagli articoli 117 e 118 Cost.

L’articolo 117 Cost., nella sua prima versione, stabiliva che le Regioni emanassero, per determinate materie, norme nel rispetto dell’interesse nazionale, delle competenze delle altre Regioni e dei principi fondamentali sanciti a livello statale.

Le materie oggetto di tale competenza riguardavano settori come caccia, pesca, agricoltura, acque termali e minerali, cave, torbiere e foreste, e seppure l’ambiente non venisse preso in considerazione, in concreto tutte le materie indicate nella norma avevano implicazioni maggiori o minori con l’ambiente, rendendo ancora più necessaria l’individuazione dell’organo competente in materia.

Su questi aspetti è intervenuta più volte la giurisprudenza costituzionale che nel suo ultimo orientamento ha inteso valorizzare il ruolo delle Regioni, quali organi deputati al governo e alla difesa del territorio ponendo le competenze di direzione, coordinamento e controllo esclusivamente in capo allo Stato e ricomprendendo, in virtù del principio di leale collaborazione, nella governance ambientale anche le strutture periferiche.

La riforma, avvertita come necessaria, dell’intero Titolo V della Costituzione italiana, è avvenuta con legge costituzionale n. 3 del 2001.

Il nuovo articolo 117 viene completamente modificato rispetto alla precedente formulazione tanto che, in prima battuta vengono elencate le materie di esclusiva spettanza statale, a seguire vengono individuate quelle concorrenti con le Regioni ed infine quelle residuali di queste ultime.

Il pregio della riforma è stato quello di aver inserito nella costituzione, per la prima volta in maniera esplicita, la parola “ambiente”. Infatti, nell’elenco delle attribuzioni in cui lo Stato è titolare di una competenza esclusiva ritroviamo “la tutela dell’ambiente, dell’ecosistema e dei beni culturali, mentre al terzo comma si attribuisce la “valorizzazione dei beni ambientali” in via concorrente allo Stato e alle Regioni contribuendo così ad alimentare l’annoso dibattito sulla ripartizione delle competenze tra Stato e Regioni. La norma continua asserendo che nelle materie concorrenti spetta alle Regioni la potestà legislativa e allo Stato la determinazione dei principi fondamentali in materia. Lo Stato avrà, inoltre, la facoltà di intervenire, con discipline che prevarranno su quelle regionali, quando vi è la necessità di assicurare un unitario ed omogeneo livello di tutela per “l’ambiente e l’ecosistema”.

Per completezza espositiva bisogna ricordare l’articolo 118 Cost., anch’esso modificato dalla riforma del 2001, che superando il parallelismo tra la funzione legislativa e la funzione amministrativa, ha affidato quest’ultima all’organo di governo più vicino ai cittadini, ossia al Comune, nel rispetto dei principi di legalità, adeguatezza e sussidiarietà.

La riforma del Titolo V, ha sicuramente avuto il pregio di introdurre la nozione di “ambiente” nella Costituzione, ma ha rappresentato solo il punto di partenza sulla questione della corretta collocazione della materia ambiente nella Legge fondamentale dello Stato, in quanto nella pratica l’attenzione è stata spostata esclusivamente sul riparto delle competenze tra Stato e Regioni mentre poco spazio è stato dato alla parte “sostanziale” della materia.

In proposito, nel corso degli anni si sono succedute innumerevoli interpretazioni dottrinali e giurisprudenziali sulla questione che non sono riuscite a dare una degna collocazione all’ambiente nella Costituzione italiana.

Con la Legge costituzionale 11 febbraio 2022, n. 1, all’art. 9 cost. viene aggiunto un nuovo comma: la Repubblica “Tutela l’ambiente, la biodiversità e gli ecosistemi, anche nell’interesse delle future generazioni. La legge dello Stato disciplina i modi e le forme di tutela degli animali”. Il riferimento alle “future generazioni” richiama uno dei principi cardine del diritto dell’ambiente e del settore energetico che è rappresentato dal paradigma dello sviluppo sostenibile.

La riforma non si è limitata al solo art. 9 ma ha inciso anche sul testo dell'art. 41 che viene modificato nel senso che “L'iniziativa economica privata è libera. Non può svolgersi in contrasto con l'utilità sociale o in modo da recare danno alla salute, all'ambiente, alla sicurezza, alla libertà, alla dignità umana. La legge determina i programmi e i controlli opportuni perché l'attività economica pubblica e privata possa essere indirizzata e coordinata a fini sociali e ambientali”.

1.6 Il recepimento delle direttive energetiche in Italia

In Italia il recepimento della direttiva (UE) 2018/2001 è stato inizialmente effettuato attraverso il decreto «mille-proroghe» (l. 30 dicembre 2019, n. 162), e successivamente con il decreto «rilancio» (l. 19 maggio 2020, n. 34) che hanno attivato diversi meccanismi di supporto.

Due atti legislativi fondamentali per il nostro Paese sono stati il PNIEC, e il decreto FER I. Il PNIEC è stato adottato nel dicembre 2019 in attuazione del Regolamento 2018/1999/UE e fissa gli obiettivi vincolanti al 2030 sull'efficienza energetica, sulle fonti rinnovabili e sulla riduzione delle emissioni di CO₂, tra cui il raggiungimento di una quota pari al 30% di energie rinnovabili sul consumo finale di energia entro il 2030.

Stabilisce, inoltre, precisi obiettivi da raggiungere in tema di sicurezza energetica, interconnessioni, mercato unico dell'energia e competitività, sviluppo e mobilità sostenibile, definendo precise misure che garantiscano il raggiungimento degli obiettivi definiti con l'Accordo di Parigi e la transizione verso un'economia a impatto climatico zero entro il 2050. Il decreto FER I sempre nel 2019, definisce gli incentivi che promuovono l'efficacia, l'efficienza e la sostenibilità sia ambientale che degli oneri di incentivazione. Con un investimento stimato di circa 10 miliardi di euro, prevede la realizzazione di nuovi impianti per una potenza complessiva di 8000MW con un aumento previsto della produzione da fonti rinnovabili di circa 12 miliardi di kWh al fine di incentivare la produzione di energia verde da fonti rinnovabili per raggiungere i targets previsti dal PNIEC.

Per ultimo, con estremo ritardo sulla tabella di marcia, è stato emanato il d.lgs. 8 novembre 2021, n. 199 entrato in vigore il successivo 15 dicembre 2021, che consiste nel provvedimento legislativo nazionale di attuazione della direttiva RED II¹⁰⁸.

Con tale decreto, l'Italia intende conseguire un obiettivo minimo del 30 per cento come quota complessiva di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo. La norma intende, inoltre, adeguare il predetto obiettivo percentuale per tener conto delle disposizioni di cui al regolamento (UE) n. 2021/1119, volte a stabilire un obiettivo vincolante, per l'Unione europea, di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra di almeno il 55 per cento rispetto ai livelli del 1990 entro il 2030.

Questa previsione permette di completare la normativa nazionale e di consentire lo sviluppo delle comunità energetiche su larga scala. In particolare, sono due gli elementi principali a ciò finalizzati:

- l'aumento del limite di potenza degli impianti ammessi ai meccanismi di incentivazione, che passa da 200 kW a 1 MW;
- la rimozione del limite della cabina secondaria, che permette la costituzione di CER¹⁰⁹ con membri connessi alla cabina primaria (Romeo, 2021).

Il decreto legislativo n. 199/2021 stabilisce, inoltre, che in attuazione della misura Missione 2, Componente 2, Investimento 1.1 "Sviluppo del sistema agrivoltaico", sono definiti criteri e modalità per incentivare la realizzazione di impianti agrivoltaici attraverso la concessione di prestiti o contributi a fondo perduto, realizzati in conformità a quanto stabilito dall'art. 65, comma 1 quater, del d.l. 24 gennaio 2012, n. 1, convertito, con modificazioni, dalla l. 24 marzo 2012, n.

¹⁰⁸ Nel dettaglio, l'art. 3 del d.lgs. n. 199/2021 dichiara l'obiettivo del nostro Paese del 30 per cento di rinnovabili sul consumo finale lordo, precisando che potrà essere adeguato alla luce del target UE 2030 di tagliare le emissioni del 55 per cento adottato con la legge europea sul clima. Gli artt. 4 e 5 tracciano le linee guida sugli incentivi. Tra queste c'è l'accesso diretto alle tariffe per i cosiddetti impianti di piccola taglia (<1 MW) che abbiano costi di generazione vicini alla competitività di mercato, mentre quelli meno competitivi sotto 1 MW avranno dei registri e quelli oltre 1 MW accederanno tramite aste. Anche gli impianti di potenza pari o inferiore ad 1 MW facenti parte di Comunità energetiche o di configurazioni di autoconsumo collettivo possono accedere a un incentivo diretto. Altri indirizzi per gli incentivi stabiliti sempre dall'art. 5 sono la promozione dell'abbinamento a sistemi di accumulo e la definizione di un accesso prioritario per impianti realizzati in aree idonee.

¹⁰⁹ CER: Comunità di energia rinnovabile. Una Comunità energetica rinnovabile, ovvero un insieme di cittadini, attività commerciali, artigiani, industriali, piccole e medie imprese che si uniscono per la produzione, condivisione e lo scambio di energia elettrica ad impatto zero prodotta attraverso impianti di energia rinnovabile.

27, che, attraverso l'implementazione di sistemi ibridi agricoltura-produzione energetica, non compromettano l'utilizzo dei terreni dedicati all'agricoltura¹¹⁰.

Per la prima volta, dunque, l'agrovoltaico è ammesso agli incentivi statali ed ai relativi finanziamenti. Quanto detto, conferma l'importanza di tale tecnologia e il ruolo cruciale che gioca nel nostro ordinamento per raggiungere gli obiettivi fissati dal *Green New Deal* e dall'Agenda 2030.

Già nel 2020, infatti, sempre in attuazione dei principi contenuti nella direttiva su citata, il MISE (Ministero dello sviluppo economico), ha adottato il Piano nazionale integrato energia e clima (PNIEC), che rappresenta uno strumento fondamentale per far volgere la politica energetica e ambientale del nostro Paese verso la decarbonizzazione.

Più nel dettaglio, il Piano nazionale integrato energia e clima ha previsto che in Italia per raggiungere gli obiettivi si dovrebbero installare circa 50 GW di impianti fotovoltaici entro al 2030, con una media di 6 GW l'anno e, considerando che l'attuale potenza installata annuale è inferiore a 1 GW, è chiaro che è necessario trovare soluzioni alternative per accelerare il passo; basti pensare che solamente in Italia il fabbisogno annuo di energia elettrica è pari a 320 TWh e solo 24 TWh derivano da impianti fotovoltaici (GSE, 2023).

In conclusione, senza la sinergia tra agricoltura e fotovoltaico i suddetti obiettivi difficilmente potranno essere raggiunti. Infatti, nella rivoluzione verde che il nostro Paese sta affrontando è necessaria una riforma dell'attuale sistema di incentivi, già iniziata con il d. lgs. n. 199/2021. Basti pensare che, nell'ipotesi di ritardi o problematiche che limitino l'installazione degli impianti fotovoltaici sui tetti, resterebbe da collocare un buon 40 per cento dei già menzionati impianti sui terreni agricoli e di conseguenza verrebbe utilizzato lo 0,34 per cento della superficie agricola, pari a circa 40.000 ettari: ecco perché l'agro fotovoltaico è lo strumento migliore per evitare il consumo del suolo e garantire livelli elevati di produzione di energia rinnovabile (Germanà, 2020).

¹¹⁰ Dopo il PNRR e il d.l. semplificazioni bis, il d.lgs. n. 199/2021 è il terzo atto normativo a citare espressamente l'agrovoltaico. Per la dottrina è il risultato della forte influenza dell'UE sui benefici e sulle caratteristiche di tale tecnologia.

1.7 Il Piano nazionale di ripresa e resilienza

Il 13 luglio 2021 è stato definitivamente approvato il Piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR) dell'Italia, grazie alla decisione di esecuzione del Consiglio, che ha accettato la proposta della Commissione europea.

Il Piano, nella sua interezza, si articola in sei missioni:

- 1) “Digitalizzazione, innovazione, competitività, cultura”, con lo scopo di sostenere lo sviluppo digitale del Paese e l’innovazione del sistema produttivo;
- 2) “Rivoluzione verde e transizione ecologica”, al fine di migliorare la sostenibilità del sistema economico;
- 3) “Infrastrutture per una mobilità sostenibile”, che sia estesa a più aree possibile del Paese;
- 4) “Istruzione e ricerca”, per finanziare il sistema educativo e la ricerca;
- 5) “Inclusione e coesione”, con l’obiettivo di facilitare l’inclusione sociale tramite il rafforzamento delle politiche del lavoro;
- 6) “Salute”, per riammodernare e rafforzare i servizi sanitari del Paese e rendere il sistema sanitario più equo tramite il libero accesso alle cure.

Dopo l’approvazione del PNRR, è risultato subito evidente (Lazzari, 2021) come l’attenzione sia incentrata sulla “Rivoluzione verde e la Transizione ecologica”, infatti tale missione è quella che ha ottenuto la porzione più corposa dei finanziamenti, di cui 59,5 miliardi provenienti dal Dispositivo per la ripresa e la resilienza e 9,1 miliardi dal Fondo complementare¹¹¹, per un totale di 68,6 miliardi.

Questi finanziamenti verranno, poi, reinvestiti in quattro ambiti differenti, le c.d. componenti, che insieme concorrono alla transizione ecologica, e in particolare: 24 miliardi saranno investiti nella mobilità sostenibile, 5,3 saranno dedicati ad agricoltura ed economia circolare, 15,1 verranno riservati alla tutela delle risorse idriche e infine 15, 2 miliardi per l’efficienza energetica degli edifici. Nella componente 2 tra le voci ammissibili a finanziamento vi è quella relativa all’agro fotovoltaico, per la quale sono stati stanziati 1,10 mld di euro.

¹¹¹ Il Governo italiano con d.l. 6 maggio 2021, n. 59 all’art. 1 ha approvato il «Piano nazionale per gli investimenti complementari al Piano nazionale di ripresa e resilienza», stanziando ulteriori risorse nazionali aggiuntive ed in un’ottica di approccio integrato.

Con questa iniziativa le tematiche di produzione agricola sostenibile e produzione energetica da fonti rinnovabili vengono affrontate in maniera coordinata con l'obiettivo di diffondere impianti agro fotovoltaici di medie e grandi dimensioni.

La misura di investimento nello specifico prevede:

- i. l'implementazione di sistemi ibridi agricoltura-produzione di energia che non compromettano l'utilizzo dei terreni dedicati all'agricoltura, ma contribuiscano alla sostenibilità ambientale ed economica delle aziende coinvolte, anche potenzialmente valorizzando i bacini idrici tramite soluzioni galleggianti;
- ii. il monitoraggio delle realizzazioni e della loro efficacia, con la raccolta dei dati sia sugli impianti fotovoltaici sia su produzione e attività agricola sottostante, al fine di valutare il microclima, il risparmio idrico, il recupero della fertilità del suolo, la resilienza ai cambiamenti climatici e la produttività agricola per i diversi tipi di colture. L'investimento si pone il fine di rendere più competitivo il settore agricolo, riducendo i costi di approvvigionamento energetico (ad oggi stimati pari a oltre il 20 per cento dei costi variabili delle aziende e con punte ancora più elevate per alcuni settori erbivori e granivori) e migliorando al contempo le prestazioni climatiche ambientali.

L'obiettivo dell'investimento è installare a regime una capacità produttiva da impianti agro fotovoltaici di 1,04 GW, che produrrebbe circa 1.300 GWh annui, con riduzione delle emissioni di gas serra stimabile in circa 0,8 milioni di tonnellate di CO₂.

Dunque, il Piano nazionale ripresa e resilienza rappresenta una grande occasione e un ottimo punto di partenza per effettuare una reale transizione ecologica, tuttavia per poter essere realmente effettivo ed efficace, ha bisogno di essere accompagnato dalla risoluzione di alcune condizioni che si muovono perfettamente in controcorrente rispetto agli obiettivi del *Green New Deal*, PNRR e di tutte le altre strategie. Alcuni esempi sono rappresentati dalle mancate misure di sostegno alla mobilità urbana, da uno spento interesse legislativo nei confronti dell'economia circolare e dall'esistenza, ancora oggi, di finanziamenti legati ad attività pericolose per il pianeta. Il PNRR, però, ha anche bisogno di abbattere alcuni ostacoli normativi e amministrativi che mantengono l'Italia ancorata al passato, anche per quanto riguarda la diffusione e il finanziamento della produzione di energia pulita tramite pannelli fotovoltaici.

Per questo motivo il 29 luglio 2021 è stato approvato il D.L. 31 maggio 2021 n. 77, il decreto semplificazioni *bis*. Il citato decreto interviene su vari settori, a partire dall'edilizia, passando per

la *green economy* e l'ambiente, con l'intento di effettuare uno snellimento delle pratiche burocratiche e amministrative, di accelerare le pratiche di valutazione dell'impatto ambientale e di facilitare l'ottenimento di finanziamenti a favore di progetti appoggiati dalle strategie europee.

In particolare, l'art 31, comma 5, del D.L. n. 77/2021 fornisce una descrizione e una prima definizione di impianto agrovoltaiico, definendolo come “un impianto che adotti soluzioni integrative innovative con montaggio di moduli elevati da terra, anche prevedendo la rotazione dei moduli stessi, comunque in modo da non compromettere la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale, anche consentendo l'applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione”.

In questo modo, il comma 5, introduce in primis il divieto di accesso agli incentivi statali per gli impianti fotovoltaici con moduli piantati a terra su aree agricole (c.d. fotovoltaico a terra), e permette, in secondo luogo, che tale divieto non sia, applicato agli impianti agro fotovoltaici che soddisfino le caratteristiche espresse¹¹².

A conferma di quanto detto, il succitato d.lgs. n. 199/2021, che recepisce la direttiva RED II, ammette espressamente l'agro fotovoltaico ai finanziamenti e agli incentivi statali¹¹³.

Per quanto riguarda lo snellimento del processo burocratico, in particolare, gli interventi di realizzazione, modifica, riammodernamento e potenziamento dell'impianto di energia, nonché tutte le opere legate ad infrastrutture necessarie, sono ora soggetti ad un'unica autorizzazione rilasciata dalla Regione o dalla Provincia coinvolta, nel rispetto della normativa vigente in tema di tutela ambientale e sociale. Gli interventi richiesti su impianti fotovoltaici già esistenti e che non comportino una variazione delle dimensioni dell'impianto stesso, sono identificati come modifiche non sostanziali, e pertanto richiedono la sola comunicazione al Comune per essere installati¹¹⁴.

Sempre ai sensi della succitata norma, gli impianti devono essere dotati di “*sistemi di monitoraggio che consentano di verificare l'impatto sulle colture, il risparmio idrico, la*

¹¹² Ovvero soluzioni integrative innovative con montaggio di moduli elevati da terra in modo da non compromettere la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale e consentendo altresì l'applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione.

¹¹³ Per approfondimenti vedasi l'art. 14, lett. c), che stabilisce: «in attuazione della misura Missione 2, Componente 2, Investimento 1.1 “Sviluppo del sistema agrovoltaiico”, sono definiti criteri e modalità per incentivare la realizzazione di impianti agrovoltaiici attraverso la concessione di prestiti o contributi a fondo perduto, realizzati in conformità a quanto stabilito dall'articolo 65, comma 1 quater, del decreto legge 24 gennaio 2012, n. 1, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 marzo 2012, n. 27, che, attraverso l'implementazione di sistemi ibridi agricoltura-produzione energetica, non compromettano l'utilizzo dei terreni dedicati all'agricoltura».

¹¹⁴ Per approfondimenti sull'iter di autorizzazione degli impianti si rimanda al paragrafo successivo.

produttività agricola per le diverse tipologie di colture e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate”.

Tale definizione offre al settore un preciso indirizzo programmatico e favorisce la diffusione del modello agrovoltaico con moduli elevati da terra, così da consentire la coltivazione delle intere superfici su cui è installato l'impianto ed eliminare il consumo del suolo, problema che affligge i classici moduli fotovoltaici a terra¹¹⁵.

Nel d.lgs. n. 199/2021 non si ritrova, infatti, alcun riferimento all'altezza di elevazione dei pannelli da terra per consentire la coltivazione agricola, ma la norma deve essere letta insieme alla normativa storica, e tuttora attuale nella sostanza, che ha regolato il settore degli impianti di energie rinnovabili in Italia.

Tradizionalmente, infatti, gli impianti fotovoltaici si distinguevano, nella consuetudine e a livello normativo, in *“impianti a terra”*, ovvero con moduli al suolo, ed *“impianti integrati”*, montati sui tetti o sulle serre agricole. Come previsto dall'art. 2 del D.M. 19 febbraio 2007¹¹⁶, e dall'art. 20 del D.M. 6 agosto 2010¹¹⁷, gli *“impianti a terra”* ovvero *«con moduli ubicati al suolo»* sono individuati e definiti come quelli *“i cui moduli hanno una distanza minima da terra inferiore ai due metri”*. Tale definizione, individuata a fini incentivanti nel periodo dei *“conti energia”*, non è stata superata e modificata da nessuna fonte legislativa successiva, risultando valida e applicabile ogni volta che si parla di *“impianti a terra”* per qualsiasi scopo.

Parallelamente, ai sensi delle definizioni del D.M. 5 luglio 2012, troviamo la definizione di serra fotovoltaica¹¹⁸ identificata come *«struttura di altezza minima di 2 metri, nella quale i moduli fotovoltaici costituiscono gli elementi costruttivi della copertura»*.

Già da principio, mentre gli impianti integrati, ed in particolare le serre nel contesto agricolo, sono stati visti con favore ed incentivati, gli impianti a terra sono da sempre considerati

¹¹⁵ L'ultimo rapporto «Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici» di ISPRA ha affermato che i moduli fotovoltaici a terra hanno causato un consumo del suolo in Italia di 180 ettari.

¹¹⁶ Impianto fotovoltaico non integrato è l'impianto con moduli ubicati al suolo, ovvero con moduli collocati, con modalità diverse dalle tipologie di cui agli allegati 2 e 3, sugli elementi di arredo urbano e viario, sulle superfici esterne degli involucri di edifici, di fabbricati e strutture edilizie di qualsiasi funzione e destinazione.

¹¹⁷ La dizione *“impianto con moduli ubicati al suolo”* di cui all'art. 2, comma 1, lett. b1), del d.m. 19 febbraio 2007 è da intendersi inclusiva degli impianti fotovoltaici, comunque realizzati, i cui moduli hanno una distanza minima da terra inferiore a 2 metri.

¹¹⁸ Per ragioni di completezza espositiva, si definisce serra fotovoltaica: un manufatto chiuso fisso ed ancorato al terreno che assolve contemporaneamente a due compiti i) quello di fornire prodotti agricoli e/o floricoli; ii) quello di produrre energia elettrica da fonte fotovoltaica.

negativamente a causa del consumo del suolo che comportano, poiché lo sottraggono all'uso agricolo. Per questo motivo, ed in particolare per effetto dell'art. 65 del D.L. n. 1/2012, gli impianti a terra sono stati esclusi dagli incentivi statali per il fotovoltaico, prima ancora che questi ultimi cessassero di esistere.

La categoria degli impianti agrovoltaici ha trovato una recente definizione normativa in una fonte di livello primario che ne riconosce la diversità e le peculiarità rispetto ad altre tipologie di impianti. Infatti, l'articolo 31 del D.L. 77/2021, come convertito con la recentissima L. 108/2021, anche definita *governance* del Piano nazionale di ripresa e resilienza e prime misure di rafforzamento delle strutture amministrative, di accelerazione e snellimento delle procedure, ha introdotto, al comma 5, una definizione di impianto agrovoltaico, che per le sue caratteristiche utili a coniugare la produzione agricola con la produzione di energia *green*, è ammesso a beneficiare delle premialità statali.

Nel dettaglio, gli impianti agrovoltaici sono impianti che “adottano soluzioni integrative innovative con montaggio di moduli elevati da terra, anche prevedendo la rotazione dei moduli stessi, comunque in modo da non compromettere la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale, anche consentendo l'applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione”.

Inoltre, sempre ai sensi della su citata legge, gli impianti devono essere dotati di “sistemi di monitoraggio che consentano di verificare l'impatto sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate.”

Tale definizione, imprime al settore un preciso indirizzo programmatico e favorisce la diffusione del modello agrovoltaico con moduli elevati da terra che consente la coltivazione delle intere superfici interessate dall'impianto.

Nella norma non si rinviene un riferimento puntuale all'altezza di elevazione dei pannelli da terra, idonea a consentire la pratica agricola ma tale norma deve essere letta insieme alla normativa storica, e tuttora attuale nella sostanza, che ha definito questo settore in Italia.

Tradizionalmente, infatti, gli impianti fotovoltaici si distinguevano, nei fatti e a livello normativo, in “impianti a terra”, ovvero con moduli al suolo, ed “impianti integrati”, montati sui tetti o sulle serre agricole.

Come previsto dall'art. 2 del D.M. 19.2.2007 e dall'art. 20 del D.M. 6.8.2010, “gli impianti a terra” ovvero “con moduli ubicati al suolo” vengono individuati e definiti normativamente come

quelli “i cui moduli hanno una distanza minima da terra inferiore ai due metri”. Tale definizione, stabilita a fini incentivanti nel periodo dei “conti energia”, non è stata superata e modificata da nessuna fonte regolamentare o legislativa successiva e risulta data per valida e acquisita ovunque e ogni volta che da allora si parla di “impianti a terra” a qualsiasi fine. Parallelamente, ai sensi delle definizioni del D.M. 5 luglio 2012, troviamo la definizione di serra fotovoltaica identificata come “struttura di altezza minima di 2 metri, nella quale i moduli fotovoltaici costituiscono gli elementi costruttivi della copertura”.

Già da principio, mentre gli impianti integrati, ed in particolare le serre nel contesto agricolo, sono stati visti con favore ed incentivati, gli impianti a terra vengono da sempre considerati negativamente a causa del consumo del suolo che comportano, poiché lo sottraggono all’uso agricolo. Per questo motivo, ed in particolare per effetto dell’art. 65 del D.L. n. 1/2012, gli impianti a terra sono stati esclusi dagli incentivi statali per il fotovoltaico, prima ancora che questi ultimi cessassero di esistere.

Il nuovo D.L. 77/2021, quindi, si inserisce legittimamente in questo percorso definitorio e riconosce agli impianti agrovoltaici i benefici del supporto statale, differenziandoli, ancora una volta, dagli impianti a terra. Seguendo il filone suddetto, potremmo facilmente paragonare il nuovo impianto agrovoltaico ad una “moderna serra aperta” o meglio ad un nuovo sistema *green* per la protezione delle colture tramite coperture fotovoltaiche mobili (senza comportare comunque costruzione di volumi chiusi), le cui caratteristiche strutturali conformi alla normativa, si sostanziano nel sopraelevare i moduli su strutture di altezza minima da terra pari a due metri, così da permettere pienamente la continuità delle attività di coltivazione.

Dalle esperienze riportate nei paragrafi successivi, si nota come alcuni dei nuovi impianti agrovoltaici oggi in proposta vadano in questa direzione, prevedendo altezze delle strutture pari a circa 3 metri con altezza minima da terra (a inclinazione massima del modulo montato su tracker) di circa 2,4 metri. Tale altezza permette la coltivazione delle intere superfici interessate dall’impianto e la gestione del campo con le consuete pratiche e macchine agricole.

1.7.1 Il Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC): cenni

Il Ministro dell’ambiente e della sicurezza energetica, con decreto n. 434 del 21 dicembre 2023, ha approvato il PNACC, Piano nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici. Il Piano

rappresenta un passo importante per la pianificazione e l'attuazione di azioni di adattamento ai cambiamenti climatici nel nostro Paese.

In particolare, Il PPNAC è uno strumento nazionale che ha l'obiettivo di fornire un quadro di indirizzo per l'implementazione di azioni finalizzate a ridurre al minimo i rischi derivanti dai cambiamenti climatici, migliorare la capacità di adattamento dei sistemi naturali, sociali ed economici nonché trarre vantaggio dalle eventuali opportunità che si potranno presentare con le nuove condizioni climatiche.

Il PNACC fornisce una base comune di dati, informazioni e metodologie di analisi utile alla definizione dei percorsi settoriali e/o locali di adattamento ai cambiamenti climatici allo scopo di contenere la vulnerabilità agli impatti dei cambiamenti climatici, ad aumentare la resilienza agli stessi e a migliorare le possibilità di sfruttamento di eventuali opportunità.

La gestione dei processi legati agli impatti dei cambiamenti climatici, la costruzione di modalità di adattamento e la messa in campo di strategie operative costituiscono un'attività di pianificazione complessa che richiede la condivisione degli obiettivi e dei metodi e la predisposizione di modelli di governance appositi. In ragione di questo, la costruzione del documento di Piano del 2018 è avvenuta seguendo un approccio *bottom-up*.

La fase di elaborazione è stata accompagnata da una prima consultazione pubblica tramite questionario, diretta a indagare la percezione dei diversi portatori di interesse nei confronti della tematica dell'adattamento ai cambiamenti climatici, contribuire a valutare le possibili azioni da intraprendere per favorirlo e i modelli di governance più efficaci per conseguirlo. Una seconda consultazione è stata attuata attraverso la pubblicazione della prima bozza di Piano nel 2018, al fine di raccogliere osservazioni e suggerimenti da tutti i soggetti interessati. Tale modalità ha completato gli ulteriori momenti di consultazione dedicati a specifiche categorie di portatori di interesse, come le Regioni, gli Enti di Ricerca, i Ministeri e le associazioni ambientaliste. Le varie fasi di condivisione hanno permesso di integrare il Piano e, ove opportuno, di modificarne i contenuti sulla base delle indicazioni pervenute. Successivamente, a guidare il lavoro per la predisposizione del Piano nell'ambito del procedimento di VAS sono state due esigenze fondamentali: l'urgenza di dare risposta alle criticità climatiche riscontrate in Italia e agli impatti già in atto nel nostro territorio; la necessità di tenere conto delle osservazioni e delle indicazioni fornite, nel corso del procedimento di VAS, dai Soggetti Competenti in materia Ambientale e dal pubblico interessato.

La struttura del PNACC è articolata come segue:

1. Il quadro giuridico di riferimento;
2. Il quadro climatico nazionale;
3. Impatti dei cambiamenti climatici in Italia e vulnerabilità settoriali;
4. Misure e azioni del PNACC;
5. Finanziare l'adattamento ai cambiamenti climatici;
6. Governance dell'adattamento.

Il piano prevede misure e azioni sistemiche e misure di indirizzo: le prime sono finalizzate alla costruzione di un contesto organizzativo incentrato sulla definizione di una struttura e dei criteri di governance e sullo sviluppo delle conoscenze; mentre le seconde mirano ad esercitare una "funzione di indirizzo" individuando una cornice di riferimento entro la quale possano svilupparsi la pianificazione e la realizzazione delle azioni di adattamento regionali e locali.

1.8 Il regime degli incentivi in materia di agrovoltaico: dal D.L. 24 gennaio 2012, n. 1 al recente decreto MASE

1.8.1 Il D.L. 24 gennaio 2012, n. 1 e la normativa di prima generazione

La precedente normativa non consentiva l'accesso agli incentivi sulla produzione per impianti realizzati a terra su terreni agricoli (art. 65 D.L. 24 gennaio 2012, n. 1) indipendentemente dalla soglia di potenza dell'impianto. Nel dettaglio, si rappresenta che il più recente decreto FER1 o c.d. "rinnovabili", D.M. 4 luglio 2019, ha introdotto un nuovo sistema di incentivi per l'installazione di nuovi impianti di produzione di energia rinnovabile. Tale decreto riguarda gli impianti fotovoltaici (comprendendo anche gli impianti a terra non su area agricole), eolici, idroelettrici e a gas di depurazione.

Ebbene, il decreto FER1 escludeva del tutto il diritto all'ottenimento degli incentivi fiscali agli impianti. In particolare, il FER1 prevedeva per gli impianti fino ad 1 MW di potenza un sistema di registri che per il fotovoltaico comprende il gruppo A che riguarda impianti FV su tetti o a terra su suolo diverso da area agricola e il gruppo B: impianti FV che sostituiscono coperture in amianto o eternit.

Il decreto FER1 ha previsto 6 criteri di priorità per l'accesso agli incentivi riguardanti gli impianti FV realizzati su discariche e terreni contaminati, gli impianti con colonnine di ricarica (15% della potenza dell'impianto), gli aggregati di impianti, la maggior offerta al ribasso sull'incentivo (max 30%), la minore tariffa spettante, la data della domanda di partecipazione.

Per gli impianti con potenza maggiore di 1 MW è prevista una procedura d'asta a ribasso dove gli impianti fotovoltaici competono nello stesso gruppo insieme agli impianti eolici *on-shore*.

Ma nonostante l'intenso lavoro del legislatore, gli impianti agrovoltaici erano ancora esclusi dagli incentivi statali, nonostante garantiscano una continuità dell'attività agricola e zootecnica.

1.8.2 Il decreto semplificazioni e il nuovo comma 1-quater dell'art. 65 del D.L. 24 gennaio 2012, n. 1

Per colmare questo *vulnus juris*, con il recente “decreto semplificazioni” del 2021, il legislatore è intervenuto estendendo il regime degli incentivi fiscali agli impianti fotovoltaici in ambito agricolo (o agrovoltaici), a patto che vengano attuate soluzioni innovative con impianti siano sollevati da terra (in modo da non compromettere l'attività agricola e pastorale) e sistemi di monitoraggio che consentano di verificarne l'impatto ambientale. Nel dettaglio, il d.l. 77/2021 all'art. 31, c. 5, recita: *“il comma 1¹¹⁹ non si applica agli impianti agrovoltaici che adottino soluzioni integrative innovative con montaggio dei moduli elevati da terra, anche prevedendo la rotazione dei moduli stessi, comunque in modo da non compromettere la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale, anche consentendo l'applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione”*.

Il nuovo D.L. n. 77/2021, quindi, si inserisce legittimamente in questo percorso definitorio e riconosce agli impianti agrovoltaici i benefici del supporto statale, differenziandoli, ancora una volta, dagli impianti a terra. Seguendo il filone suddetto, si potrebbe facilmente paragonare il nuovo impianto agrovoltaico ad una “moderna serra aperta” o meglio ad un nuovo sistema *green* per la protezione delle colture tramite coperture fotovoltaiche mobili (senza comportare comunque costruzione di volumi chiusi), le cui caratteristiche strutturali conformi alla normativa, si

¹¹⁹ Art. 65, c. 1, D.L. 24 gennaio 2012, n. 1: *“Agli impianti solari fotovoltaici con moduli collocati a terra in aree agricole non è consentito l'accesso agli incentivi statali di cui al decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28.”*

sostanziano nel sopraelevare i moduli su strutture di altezza minima da terra pari a due metri, così da permettere pienamente qualsivoglia attività di coltivazione.

Dalle esperienze riportate dalla comunità scientifica (Di Stefano & Colantoni, 2022), si nota come alcuni dei nuovi impianti agrovoltaiici vadano in questa direzione, prevedendo altezze delle strutture pari a circa 3 metri con altezza minima da terra (a inclinazione massima del modulo montato su tracker) di circa 2,4 metri al fine di consentire la coltivazione delle intere superfici interessate dall'impianto e la gestione del campo con le consuete pratiche e macchine agricole.

1.8.3 Il nuovo DL Energia e il Decreto MASE

Un ulteriore recente intervento, che ha confermato la volontà del legislatore di garantire incentivi anche per gli impianti agrovoltaiici, è il “Decreto Energia” n. 17/2022 convertito nella legge n. 34/2022 recante “Misure Urgenti per il contenimento dei costi dell'energia elettrica e del gas naturale, per lo sviluppo delle energie rinnovabili e per il rilancio delle politiche industriali”.

Il testo prevede interventi per l'efficienza energetica, l'incentivazione di impianti FER in aree agricole, la riconversione e ulteriori misure a favore delle imprese e delle utenze domestiche. L'importo dei finanziamenti stanziati è di circa 8 miliardi, di cui 5,5 saranno destinati a fare fronte al caro energia e al fine di calmierare nel breve tempo i costi delle bollette energetiche la restante parte sarà impegnata a sostegno delle filiere produttive finalizzate ad impedire nel futuro ulteriori crisi attraverso l'aumento della produzione nazionale di energia.

Tra le diverse misure previste un'attenzione particolare merita l'art. 11 comma 1 che introduce l'accesso agli incentivi per gli impianti agrovoltaiici specificando che “l'accesso agli incentivi per gli impianti di cui al comma 1-*quater*¹²⁰, è inoltre subordinato alla contestuale realizzazione di sistemi di monitoraggio, da attuare sulla base di linee guida adottate dal Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, in collaborazione con il Gestore dei servizi energetici (GSE), entro trenta giorni dalla data di entrata in vigore della presente disposizione, che consentano di verificare l'impatto sulle colture, il risparmio idrico, la

¹²⁰ L'art. 65, c. 1 *quater* recita: il comma 1 (*Agli impianti solari fotovoltaici con moduli collocati a terra in aree agricole non è consentito l'accesso agli incentivi statali di cui al decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28.*) non si applica agli impianti agrovoltaiici che adottino soluzioni integrative innovative con montaggio dei moduli elevati da terra, anche prevedendo la rotazione dei moduli stessi, comunque in modo da non compromettere la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale, anche consentendo l'applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione.

produttività agricola per le diverse tipologie di colture e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate”.

Da ultimo, ma non meno importante, il Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza energetica ha pubblicato il decreto¹²¹ con il quale si dettano criteri e modalità per incentivare la realizzazione, entro il 30 giugno 2026, di sistemi agrivoltaici di natura sperimentale in coerenza con le misure di sostegno agli investimenti previsti dal PNRR per una potenza complessiva pari almeno a 1,04 GW ed una produzione indicativa di almeno 1.300 GWh/anno.

L’incentivo riconosciuto a coloro che hanno i requisiti previsti dal decreto è costituito da un contributo in conto capitale nella misura massima del 40% dei costi ammissibili e da una tariffa incentivante applicata alla produzione di energia elettrica netta immessa in rete.

Possono beneficiare della misura gli imprenditori agricoli come definiti dall'articolo 2135 del Codice civile, in forma individuale o societaria e le associazioni temporanee di imprese, che abbiano i requisiti stabiliti dalla norma¹²².

In particolare, accedono ai meccanismi incentivanti a seguito di iscrizione in appositi registri, nel limite del contingente di 300 MW, gli impianti agrivoltaici di potenza fino a 1 MW nella titolarità dei soggetti di cui al capoverso precedente, ovvero quelli previsti dall’art. 4. Inoltre, accedono altresì ai meccanismi incentivanti a seguito di partecipazione a procedure pubbliche competitive, nel limite del contingente di 740 MW, gli impianti agrivoltaici di qualsiasi potenza nella titolarità dei soggetti di cui al capoverso precedente ovvero quelli previsti dall’art. 4¹²³.

L’accesso agli incentivi previsti dal Decreto MASE, per gli impianti agrivoltaici, di cui al precedente capoverso ovvero ai sensi dell’articolo 5 commi 1 e 2, avviene attraverso la

¹²¹ C.d. Decreto Picchetto-Fratin.

¹²² L’art. 4 del Decreto recita che: *“I soggetti beneficiari della misura disciplinata dal presente decreto sono: a) imprenditori agricoli come definiti dall'articolo 2135 del codice civile, in forma individuale o societaria anche cooperativa, società agricole, come definite dal decreto legislativo 29 marzo 2004, n. 99, nonché consorzi costituiti tra due o più imprenditori agricoli e/o società agricole imprenditori agricoli, ivi comprese le cooperative agricole che svolgono attività di cui all'art. 2135 del codice civile e le cooperative o loro consorzi di cui all'art. 1, comma 2, del decreto legislativo 18 maggio 2001, n. 228, e associazioni temporanee di imprese agricole; b) associazioni temporanee di imprese, che includono almeno un soggetto di cui alla lettera a)”*.

¹²³ L’art. 5 del Decreto recita: *“1. Accedono ai meccanismi incentivanti di cui al presente decreto a seguito di iscrizione in appositi registri, nel limite del contingente di 300 MW, gli impianti agrivoltaici di potenza fino a 1 MW nella titolarità dei soggetti di cui all’articolo 4, comma 1, lettera a). 2. Accedono ai meccanismi incentivanti di cui al presente decreto a seguito di partecipazione a procedure pubbliche competitive, nel limite del contingente di 740 MW, gli impianti agrivoltaici di qualsiasi potenza nella titolarità dei soggetti di cui all’articolo 4, comma 1, lettere a) e b)”*.

partecipazione a procedure pubbliche, distinte in registri e aste, bandite dal GSE nel corso del 2024, in cui vengono messi a disposizione, periodicamente, contingenti di potenza, eventualmente incrementati dalle quote di risorse e contingenti non assegnati nelle procedure precedenti, nei limiti delle risorse finanziarie. Le procedure si svolgono in forma telematica nel rispetto dei principi di trasparenza, pubblicità, tutela della concorrenza e secondo modalità non discriminatorie.

Ai fini dell'accesso alle procedure di cui al presente decreto, gli impianti rispettano i requisiti di cui all'articolo 5, commi 3 e 4, e i soggetti richiedenti devono offrire, nell'istanza di partecipazione, una riduzione percentuale sulla tariffa di riferimento non inferiore al 2%. Tale obbligo di offerta di riduzione non si applica per gli impianti di cui all'articolo 5 comma 1 che accedono tramite registro. In particolare, gli impianti che partecipano alle procedure devono avere:

- a) possesso del titolo abilitativo alla costruzione e all'esercizio dell'impianto;
- b) possesso del preventivo di connessione alla rete elettrica accettato in via definitiva;
- c) rispettano i requisiti di cui all'Allegato 2, lettera a);
- d) garantiscono la continuità dell'attività di coltivazione agricola e pastorale sottostante l'impianto;
- e) gli impianti sono di nuova costruzione e realizzati con componenti di nuova costruzione;
- f) sono conformi alle norme nazionali e unionali in materia di tutela ambientale, nonché al principio "non arrecare un danno significativo" di cui all'articolo 17 del regolamento (UE) 2020/852, come illustrato nelle regole operative di cui all'articolo 12;
- g) possesso di dichiarazione di un istituto bancario che attesti la capacità finanziaria ed economica del soggetto partecipante in relazione all'entità dell'intervento, tenuto conto della redditività attesa dall'intervento stesso e della capacità finanziaria ed economica del gruppo societario di appartenenza, ovvero, in alternativa, l'impegno del medesimo istituto a finanziare l'intervento. In caso di associazioni temporanee di imprese, la dichiarazione dell'istituto bancario può riferirsi anche a uno solo dei soggetti che compongono l'ATI.

Su richiesta del produttore, in luogo della documentazione di cui alla lettera a), è possibile accedere alle procedure bandite presentando il provvedimento favorevole di valutazione di impatto ambientale, ove previsto.

Il Decreto inoltre stabilisce all'art. 8 che gli impianti risultanti in posizione utile nelle relative graduatorie entrano in esercizio entro diciotto mesi a decorrere dalla data di comunicazione dell'esito della procedura e comunque non oltre il 30 giugno 2026. I predetti termini sono da

considerare al netto dei tempi di fermo nella realizzazione dell'impianto e delle opere connesse, derivanti da cause di forza maggiore e comunque non possono andare oltre il 30 giugno 2026.

1.8.4 Il DL 13/2023 e la semplificazione amministrativa

Il recente DL 13/2023, recante disposizioni urgenti per l'attuazione del Piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR) e del Piano nazionale degli investimenti complementari al PNRR (PNC), nonché per l'attuazione delle politiche di coesione e della politica agricola comune, all'art. 49 ha previsto importanti modifiche del c.d. DL Energia del 2022, in ottica di semplificazione e snellimento delle procedure amministrative di autorizzazione degli impianti agrovoltai¹²⁴.

In particolare, ha previsto che all'articolo 11 del decreto-legge 1° marzo 2022, n. 17, convertito, con modificazioni, dalla legge 27 aprile 2022, n. 34, dopo il comma 1, è aggiunto il seguente: *“1-bis. Gli impianti fotovoltaici ubicati in aree agricole, se posti al di fuori di aree protette o appartenenti a Rete Natura 2000, previa definizione delle aree idonee di cui all'articolo 20, comma 1, del decreto legislativo 8 novembre 2021, n. 199, e nei limiti consentiti dalle eventuali prescrizioni ove posti in aree soggette a vincoli paesaggistici diretti o indiretti, sono considerati manufatti strumentali all'attività agricola e sono liberamente installabili se sono realizzati direttamente da imprenditori agricoli o da società a partecipazione congiunta con i produttori di energia elettrica alle quali è conferita l'azienda o il ramo di azienda da parte degli stessi imprenditori agricoli ai quali è riservata l'attività di gestione imprenditoriale salvo che per gli aspetti tecnici di funzionamento dell'impianto e di cessione dell'energia e ricorrono le seguenti condizioni: a) i pannelli solari sono posti sopra le piantagioni ad altezza pari o superiore a due metri dal suolo, senza fondazioni in cemento o difficilmente amovibili; b) le modalità realizzative prevedono una loro effettiva compatibilità e integrazione con le attività agricole quale supporto per le piante ovvero per sistemi di irrigazione parcellizzata e di protezione o ombreggiatura parziale o mobile delle coltivazioni sottostanti ai fini della contestuale realizzazione di sistemi di monitoraggio, da attuare sulla base di linee guida adottate dal Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, in collaborazione con*

¹²⁴ Decreto-Legge convertito con modificazioni dalla L. 21 aprile 2023, n. 41.

il Gestore dei servizi energetici (GSE). L'installazione è in ogni caso subordinata al previo assenso del proprietario e del coltivatore, a qualsiasi titolo purché oneroso, del fondo”.

In dettaglio, il nuovo comma *1-bis* prevede che i pannelli solari debbano essere posti sopra le piantagioni ad altezza pari o superiore a due metri dal suolo, in deroga ai 2,1 metri della precedente normativa, e che gli stessi sono liberamente installabili se sono realizzati direttamente da imprenditori agricoli o da società a partecipazione congiunta con i produttori di energia elettrica alle quali è conferita l'azienda o il ramo di azienda da parte degli stessi imprenditori agricoli ai quali è riservata l'attività di gestione imprenditoriale. Quanto stabilito, oltre a fare chiarezza sull'altezza minima che i pannelli solari devono possedere, semplifica in specifiche ipotesi la procedura di installazione degli impianti.

Inoltre, la novella rileva che deve essere monitorata l'effettiva compatibilità e integrazione con le attività agricole, attraverso sistemi di monitoraggio realizzati sulla scorta delle linee guida adottate dal Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, in collaborazione con il Gestore dei servizi energetici.

1.9 Linee guida per l'applicazione dell'agrovoltaico in Italia: il primo documento ufficiale in materia

Un problema fondamentale che ha riguardato l'agrovoltaico, sino al 2021, è stata la totale assenza di un documento programmatico che potesse guidare imprenditori, portatori di interesse ma anche semplicemente gli agricoltori, alla realizzazione e all'installazione di detti impianti.

Il primo documento ufficiale italiano è stato emanato e presentato nel mese di dicembre 2021, denominato “Linee guida per l'applicazione dell'agrovoltaico in Italia”, che sintetizza ed esplica i principali passaggi e adempimenti da compiere per installare i pannelli, nonché i benefici dell'agrovoltaico in termini agronomici ed economici (Colantoni et al., 2021).

Alla redazione del documento hanno partecipato i più importanti enti di ricerca, pubblici e privati, quali l'Università degli Studi della Tuscia, capofila della ricerca, il Consiglio per la ricerca

in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, il Consiglio nazionale delle ricerche, Confagricoltura e EF Solare Italia, *leader* europeo nel settore rinnovabili¹²⁵.

Il documento si articola in varie sezioni e analizza le principali questioni: dagli aspetti normativi e autorizzativi, agli aspetti agronomici, sino ad arrivare a quelli ingegneristici¹²⁶.

Si tratta, dunque, di un documento di essenziale importanza, poiché offre una guida pratica a tutti coloro che sono intenzionati ad installare impianti agrovoltaici sul territorio nazionale.

Si ritiene, comunque, che le Linee guida siano una prima versione e che l'opera dovrà essere aggiornata anche alla luce delle modifiche legislative emanate dal Parlamento italiano e dall'Unione europea, e soprattutto alla luce delle scoperte scientifiche effettuate dalla comunità.

Preme far presente che, a livello europeo, i principali Stati hanno già emanato le proprie linee guida¹²⁷ permettendo a chi d'interesse di ottenere le autorizzazioni e installare i primi impianti agrovoltaici sul territorio nazionale.

1.10 Le Linee guida MiTE in materia di impianti agrovoltaici

Per ragioni di completezza espositiva, l'*excursus* normativo in materia di impianti agrovoltaici deve terminare con le note Linee guida in materia di impianti agrovoltaici emanate dal Ministero dell'Ambiente e della Transizione Ecologica (Oggi MASE – Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica) nel giugno 2022.

Tale documento, che si pone come base tecnico-giuridica della materia, è stato redatto oltre che dal MiTE, dal CREA (*Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria*), dal GSE (*Gestore dei servizi energetici*), dal RSE (*Ricerca sul sistema energetico*) e dall'ENEA (*Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile*). Le Linee guida recitano che *“il lavoro prodotto ha, dunque, lo scopo di chiarire quali*

¹²⁵ L'opera, redatta sotto forma di monografia, è stata realizzata dal Tavolo tecnico nazionale, costituito e coordinato dal prof. Andrea Colantoni, dopo quasi due anni di intenso lavoro. Nel Tavolo sono presenti professori e ricercatori universitari, professionisti del settore, nonché rappresentanti delle principali società che si occupano di energia rinnovabile come EF Solare Italia, ENEL, Le Greenhouse e Solarfields che hanno contribuito alla redazione della monografia.

¹²⁶ Per approfondimenti: https://drive.google.com/drive/folders/1_wUzVE3WhWbxi22m-ITIdMzzhVjYU5GJ?usp=sharing

¹²⁷ Su tutte vedasi: Agrisolar, Best Practices Guidelines (Svezia) e Agrovoltaics: opportunities for agriculture and the energy transition (Germania).

sono le caratteristiche minime e i requisiti che un impianto fotovoltaico dovrebbe possedere per essere definito agrivoltaico, sia per ciò che riguarda gli impianti più avanzati, che possono accedere agli incentivi PNRR, sia per ciò che concerne le altre tipologie di impianti agrivoltaici, che possono comunque garantire un'interazione più sostenibile fra produzione energetica e produzione agricola”.

Del contenuto di dette Linee guida se ne dirà più sotto, analizzando le varie forme e tipologie di impianto agrovoltaico e le relative analogie e differenze, nonché la connessione con gli aspetti agronomici e zootecnici (Ministero dell’Ambiente e della Transizione Ecologica, 2022).

CAPITOLO 2

FOTOVOLTAICO TRADIZIONALE E AGROVOLTAICO: DATI STATISTICI E ASPETTI TECNICI, STRUTTURALI E PAESAGGISTICI

2. L'impianto fotovoltaico: definizione e caratteristiche

In dottrina e in letteratura per molti anni i concetti di fotovoltaico e agrovoltico si sono sovrapposti e, diverse volte, confusi tra loro, generando importanti conseguenze a livello autorizzativo ed energetico (Di Stefano, 2021).

Un impianto fotovoltaico è un impianto elettrico costituito dall'assemblaggio di più moduli fotovoltaici (anche chiamati "pannelli") che grazie all'effetto fotovoltaico sfruttano l'energia solare incidente per produrre energia elettrica. Tale produzione avviene grazie a un inverter che trasforma la corrente continua in uscita dai moduli in corrente alternata fruibile (componente elettronica), e dai cablaggi e quadri (componente elettrica) che interconnettono il tutto.

Un impianto fotovoltaico è in grado di trasformare direttamente ed istantaneamente l'energia solare in energia elettrica senza l'utilizzo di qualsivoglia combustibile. La tecnologia fotovoltaica sfrutta l'effetto fotovoltaico, per mezzo del quale alcuni semiconduttori appositamente "drogati"¹²⁸ generano elettricità se esposti alla radiazione solare.

L'impianto fotovoltaico oltre al vantaggio derivante dalla produzione di energia elettrica a costo zero¹²⁹, è caratterizzato dai seguenti elementi:

- produzione di energia nel luogo di utilizzo;
- assenza di emissione di sostanze inquinanti;
- non impiego di combustibili fossili;
- maggiore affidabilità per assenza di parti in movimento¹³⁰;
- ridotti costi di esercizio e manutenzione;
- modularità del sistema in rapporto alle reali esigenze dell'utente.

La produzione elettrica di un impianto fotovoltaico, che per convenzione si esprime in kwh, è frutto dell'interazione di diversi fattori tra cui:

- radiazione solare incidente sul sito di installazione dovuta principalmente alla sua latitudine;

¹²⁸ Nella tecnica elettronica, la disseminazione di piccole quantità di atomi estranei in un semiconduttore per variarne le caratteristiche elettriche.

¹²⁹ La produzione di energia elettrica non è mai a costo zero in quanto è necessario ammortizzare i costi sostenuti per l'installazione dell'impianto.

¹³⁰ Se si considerano gli impianti fotovoltaici tradizionali privi di tracker a inseguimento solare.

- inclinazione ed orientamento dei moduli;
- presenza o meno di ombreggiamenti;
- rendimento dei componenti dell'impianto (in particolare moduli ed inverter)¹³¹.

2.1 Energia rinnovabile e fotovoltaico in Italia: i numeri

Nel 2021 le fonti rinnovabili di energia, sulla scorta dei dati del rapporto statistico 2021-energia da fonti rinnovabili in Italia¹³² (GSE, 2023), hanno confermato il proprio ruolo di primo piano nel panorama energetico italiano, trovando impiego diffuso sia per la produzione di energia elettrica (settore Elettrico), sia per riscaldamento e raffrescamento (settore Termico), sia come biocarburanti utilizzati nel settore dei Trasporti.

	Potenza efficiente lorda (MW)	Produzione lorda					
		effettiva			da Direttiva 2018/2001/CE (*)		
		TWh	ktep	Variazione % 2021/2020	TWh	ktep	Variazione % 2021/2020
Idraulica	19.172	45,4	3.903	-4,6%	48,5	4.166	1,0%
Eolica	11.290	20,9	1.799	11,5%	20,3	1.750	2,6%
Solare	22.594	25,0	2.153	0,4%	25,0	2.153	0,4%
Geotermica	817	5,9	508	-1,9%	5,9	508	-1,9%
Bioenergie	4.106	19,1	1.640	-2,9%	19,0	1.630	-3,1%
– Biomasse solide (**)	1.700	6,8	588	0,6%	6,8	588	0,6%
– Biogas	1.455	8,1	699	-0,5%	8,1	699	-0,5%
– Bioliquidi	951	4,1	353	-12,0%	4,0	343	-13,1%
Totale	57.979	116,3	10.003	-0,5%	118,7	10.207	0,3%

Tabella 1. Produzione lorda di energia elettrica da FER nel 2021 – Fonte GSE, Terna

Nel 2021 la produzione lorda effettiva di energia elettrica, come si comprende dalla Tabella 1, si è attestata intorno a 116,3 TWh (corrispondenti a 10,2 Mtep), in flessione di circa 0,6 TWh rispetto al 2020 (-0,5%); questa dinamica è legata principalmente alla contrazione della produzione degli impianti idroelettrici (-4,6%) e a bioenergie (-2,9%), non compensata dalla crescita registrata

¹³¹ Per approfondimenti: <http://www.partnerfotovoltaico.it/info-tecniche/impianto-fotovoltaico/definizione/>

¹³² <https://www.gse.it/servizi-per-te/news/pubblicato-il-rapporto-statistico-gse-2021#:~:text=In%20particolare%3A,della%20produzione%20lorda%20del%20Paese>

dalle altre fonti ed in particolare da quella più rilevante, relativa alla fonte eolica (+11,5%) (GSE, 2023).

I 116,3 TWh di energia elettrica prodotti nel 2021 rappresentano il 40,2% della produzione lorda complessiva italiana.

	2020		2021		Variazione assoluta 2021/2020		Variazione % 2021/2020	
	Numero impianti	Potenza (kW)	Numero impianti	Potenza (kW)	Numero impianti	Potenza (kW)	Numero impianti	Potenza (kW)
Idraulica	4.503	19.105.910	4.646	19.172.262	143	66.352	3,2	0,3
0 – 1 (MW)	3.271	902.074	3.408	933.049	137	30.975	4,2	3,4
1 – 10 (MW)	922	2.746.302	928	2.749.751	6	3.449	0,7	0,1
> 10 (MW)	310	15.457.534	310	15.489.462	0	31.928	0,0	0,2
Eolica	5.660	10.906.856	5.731	11.289.805	71	382.949	1,3	3,5
Solare	935.838	21.650.040	1.016.083	22.594.259	80.245	944.219	8,6	4,4
Geotermica	34	817.090	34	817.090	0	0	0,0	0,0
Bioenergie	2.944	4.105.931	2.985	4.106.025	41	94	1,4	0,0
Biomasse solide	464	1.688.187	448	1.699.555	-16	11.368	-3,4	0,7
– rifiuti urbani	61	907.291	60	919.691	-1	12.400	-1,6	1,4
– altre biomasse	403	780.896	394	779.864	-9	-1.032	-2,2	-0,1
Biogas	2.201	1.452.205	2.122	1.455.113	-79	2.908	-3,6	0,2
– da rifiuti	386	392.690	386	382.863	0	-9.827	0,0	-2,5
– da fanghi	81	44.643	82	46.717	1	2.074	1,2	4,6
– da deiezioni animali	656	245.119	688	249.422	32	4.304	4,9	1,8
– da attività agricole e forestali	1.078	769.754	1.105	776.111	27	6.357	2,5	0,8
Bioliquidi	465	965.538	446	951.357	-19	-14.181	-4,1	-1,5
– oli vegetali grezzi	371	826.359	358	812.296	-13	-14.063	-3,5	-1,7
– altri bioliquidi	94	139.179	96	139.061	2	-118	2,1	-0,1
Totale	948.979	56.585.827	1.029.479	57.979.441	80.500	1.393.614	8,5	2,5

Fonte: GSE e Terna per la fonte solare; Terna per le altre fonti.

Tabella 2. Numero e potenza degli impianti di produzione elettrica alimentati da FER.

La Tabella 2 mostra che gli impianti di produzione elettrica alimentati da fonti rinnovabili installati in Italia risultano, a fine 2021, poco meno di 1.030.000; si tratta principalmente di impianti fotovoltaici (98,7% del totale), aumentati di oltre 80.000 unità rispetto al 2020 (+8,6%).

La potenza efficiente lorda degli impianti installati è pari a 57.979 MW, con un aumento di circa 1.394 MW rispetto al 2020 (+2,5%); tale dinamica è generata principalmente dalle dinamiche di crescita rilevate nei comparti solare (+944 MW) ed eolico (+383 MW) (GSE, 2023).

GWh	2020		2021		Variazione % 2021/2020	
	Effettiva	da RED I - Dir. 2009/28/CE	Effettiva	da RED II - Dir. (UE) 2018/2001	Effettiva	Direttive RED
Idraulica (*)	47.551,8	47.987,6	45.388,2	48.450,2	-4,6	1,0
Eolica (*)	18.761,6	19.836,5	20.927,3	20.348,3	11,5	2,6
Solare	24.941,5	24.941,5	25.039,0	25.039,0	0,4	0,4
Geotermica	6.026,1	6.026,1	5.913,8	5.913,8	-1,9	-1,9
Bioenergie	19.633,8	19.558,5	19.070,8	18.951,2	-2,9	-3,1
Biomasse solide	6.800,0	6.800,0	6.837,8	6.837,8	0,6	0,6
– frazione biodegradabile RSU (**)	2.379,5	2.379,5	2.308,3	2.308,3	-3,0	-3,0
– altre biomasse	4.420,5	4.420,5	4.529,5	4.529,5	2,5	2,5
Biogas	8.166,4	8.166,4	8.124,2	8.124,2	-0,5	-0,5
– da rifiuti	1.143,5	1.143,5	1.058,6	1.058,6	-7,4	-7,4
– da fanghi	130,7	130,7	124,0	124,0	-5,1	-5,1
– da deiezioni animali	1.293,6	1.293,6	1.296,9	1.296,9	0,3	0,3
– da attività agricole e forestali	5.598,6	5.598,6	5.644,6	5.644,6	0,8	0,8
Bioliquidi (***)	4.667,3	4.592,1	4.108,8	3.989,2	-12,0	-13,1
Totale FER	116.915	118.350	116.339	118.702	-0,5	0,3
Produzione lorda complessiva	280.531	280.531	289.070	289.070	3,0	3,0
Totale FER/Produzione complessiva	41,7%	42,2%	40,2%	41,1%		
Consumo Interno Lordo (CIL)	310.787	310.787	329.769	329.769	6,1	6,1
Totale FER/CIL	37,6%	38,1%	35,3%	36,0%		

Fonte: Terna, GSE

Tabella 3. Produzione di energia elettrica da FER nel 2021.

La Tabella 3 mostra la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabile in Italia nel 2021.

L'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili nel 2021, pari a 116.339 GWh, rappresenta il 40,2% della produzione lorda complessiva del Paese, in calo rispetto al 41,7% rilevato nel 2020. La fonte principale si conferma quella idroelettrica (39% della produzione complessiva); seguono solare (22%), eolica (18%), bioenergie (16%) e geotermica (5%). La produzione di energia elettrica calcolata applicando i criteri fissati dalla Direttiva 2009/28/CE ai fini del monitoraggio dei target UE – che prevedono la normalizzazione della produzione idroelettrica ed eolica e la contabilizzazione dei soli bioliquidi sostenibili – è pari invece a 118.702 GWh; il dato, sostanzialmente stabile rispetto al 2020 (+0,3%), rappresenta il 36,0% del Consumo Interno Lordo di energia elettrica (nel 2020 era 38,1%) (GSE, 2023).

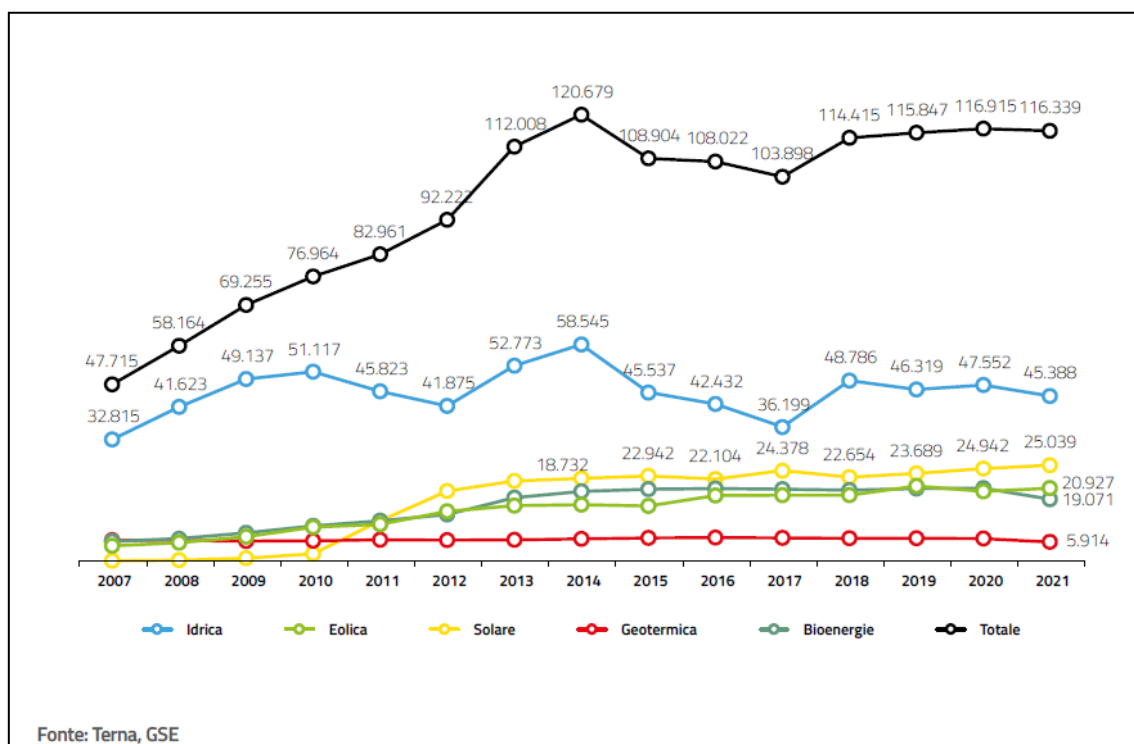


Grafico 1. Evoluzione della produzione da fonti rinnovabili.

Dal Grafico 1 si comprende altresì che nel 2021 la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili risulta pari a 116.339 GWh, in leggera diminuzione rispetto al 2020 (-0,5%). Il valore osservato è condizionato principalmente dall'andamento delle produzioni idroelettriche e delle bioenergie, in entrambi i casi in diminuzione. Il dato relativo alla fonte eolica, in crescita dell'11,5% rispetto al 2020, è invece collegato anche alle condizioni di ventosità mediamente più favorevoli che hanno caratterizzato il 2021.

Risulta invece pressoché invariata, nel 2021, la performance degli impianti solari (25.039 GWh di energia, per una variazione rispetto al 2020 pari a +0,4%) (GSE, 2023).

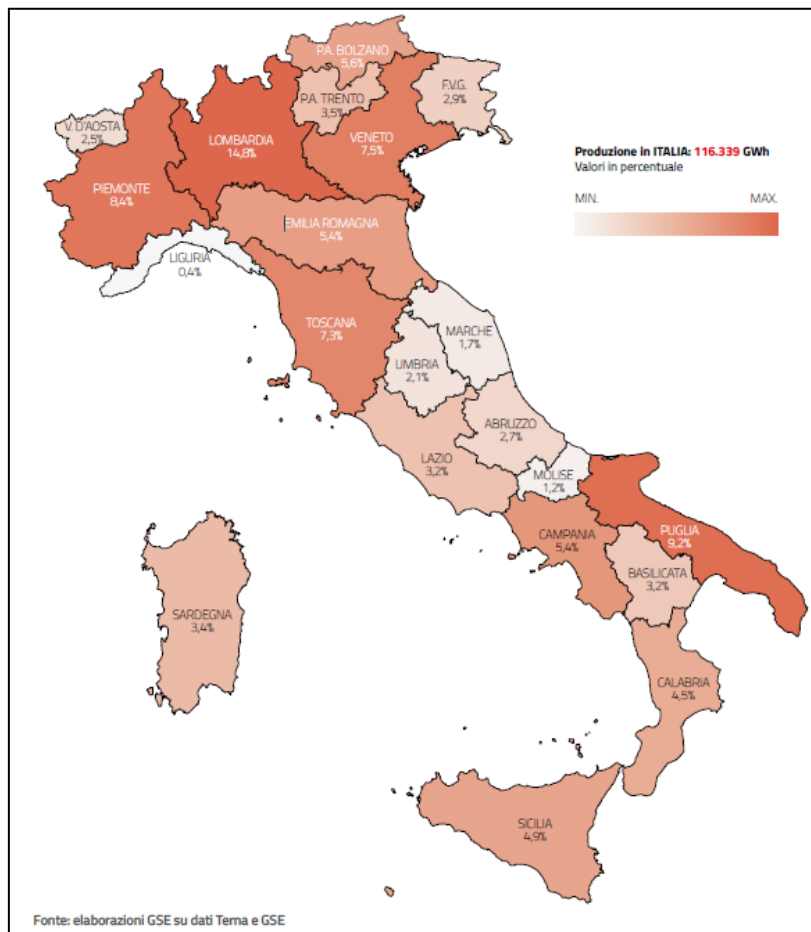


Figura 1. Distribuzione regionale della produzione elettrica da rinnovabili nel 2021.

Dal punto di vista della produzione di energia elettrica in Italia nel 2021, la Lombardia si conferma la Regione con la maggiore produzione da fonti rinnovabili: 17.239 GWh, pari al 14,8% dei circa 116.300 GWh prodotti complessivamente in Italia.

La Lombardia è seguita del Piemonte, con l'8,4% della produzione nazionale; al Centro, invece, si distingue la Toscana con il 7,3% di produzione; infine, al Sud la Regione con il maggior dato di produzione è la Puglia (10.729 GWh, pari all'9,2% del totale nazionale) (GSE, 2023).

Classi di potenza (kW)	Installati al 31/12/2020		Installati al 31/12/2021		Variazione % 2021/2020	
	Numero	Potenza (MW)	Numero	Potenza (MW)	Numero	Potenza (MW)
1 ≤ P ≤ 3	312.196	838,7	323.871	859,7	+3,7	+2,5
3 < P ≤ 20	552.571	3.911,6	616.962	4.305,5	+11,7	+10,1
20 < P ≤ 200	58.542	4.585,5	61.874	4.720,2	+5,7	+2,9
200 < P ≤ 1.000	11.361	7.651,6	12.121	7.883,0	+6,7	+3,0
1.000 < P ≤ 5.000	963	2.371,2	1.044	2.497,0	+8,4	+5,3
P > 5.000	205	2.291,5	211	2.328,8	+2,9	+1,6
Totale	935.838	21.650,1	1.016.083	22.594,3	+8,6	+4,4

Tabella 4. Numero di impianti fotovoltaici installati in Italia 2020-2021.

Regione	2020		2021		Variazione % 2021/2020	
	Numero Impianti	Potenza installata (MW)	Numero Impianti	Potenza installata (MW)	Numero Impianti	Potenza installata (MW)
Lombardia	145.531	2.527	160.757	2.711	10,5	7,3
Veneto	133.687	2.079	147.687	2.204	10,5	6,0
Emilia Romagna	97.561	2.170	105.938	2.270	8,6	4,6
Piemonte	65.004	1.714	70.400	1.792	8,3	4,5
Lazio	62.715	1.416	67.889	1.496	8,3	5,7
Sicilia	59.824	1.487	64.464	1.542	7,8	3,7
Puglia	54.271	2.900	58.914	2.948	8,6	1,7
Toscana	48.620	866	52.723	908	8,4	4,9
Sardegna	39.690	974	41.831	1.001	5,4	2,8
Campania	37.208	877	40.293	924	8,3	5,3
Friuli Venezia Giulia	37.168	561	39.698	591	6,8	5,4
Marche	30.953	1.118	33.262	1.150	7,5	2,9
Calabria	27.386	552	29.476	573	7,6	3,8
Abruzzo	22.512	755	24.200	774	7,5	2,5
Umbria	20.809	499	22.144	513	6,4	2,8
Provincia Autonoma di Trento	17.946	197	19.271	207	7,4	5,3
Liguria	10.126	119	10.846	127	7,1	6,4
Basilicata	8.894	378	9.456	388	6,3	2,8
Provincia Autonoma di Bolzano	8.871	257	9.349	268	5,4	4,3
Molise	4.470	178	4.726	181	5,7	1,5
Valle D'Aosta	2.592	25	2.759	26	6,4	5,7
ITALIA	935.838	21.650	1.016.083	22.594	8,6	4,4

Tabella 5. Numero di impianti fotovoltaici installati per Regione 2020-2021.

Alla fine del 2021 sono stati installati in Italia 1.016.083 impianti fotovoltaici, per una potenza totale di 22.594 MW. Il 93% circa degli impianti ha potenza inferiore a 20 kW, mentre il

35% della potenza installata si concentra negli impianti di taglia compresa tra 200 kW e 1 MW (Tabelle 4-5).

In totale, la potenza degli impianti fotovoltaici rappresenta il 39% di quella relativa all'intero parco impianti rinnovabile nazionale. Nel corso dell'anno la produzione di energia elettrica da fonte solare è pari a 25.039 GWh (21% della produzione complessiva da fonti rinnovabili del Paese); il 61% dell'elettricità generata dagli impianti fotovoltaici è prodotta da impianti di taglia superiore a 200 kW (GSE, 2023).

2.1.1 I primi dati del 2023

Dal recente report del GSE, a fine 2023 risultano essere 1.508.818 gli impianti fotovoltaici installati in Italia, con una variazione del 23,1% rispetto all'anno precedente (nel 2022 erano 1.225.431) (GSE, 2023).

Tra gennaio e settembre 2023 sono entrati in esercizio oltre 283.000 impianti, un dato 2,2 volte superiore a quello osservato per l'analogo periodo del 2022; la potenza installata negli stessi 9 mesi (circa 3,5GW) mostra una variazione appena inferiore (2,1 volte superiore al dato 2022).

Anche nel 2023, la Lombardia si conferma la Regione che ha installato più impianti fotovoltaici (50.538) seguita dal Veneto (37.947) e dall'Emilia Romagna (28.183).

A livello di città, invece, Bari è la prima per numero di impianti fotovoltaici installati (28), seguita da Cagliari (25) e Palermo (18). In termini di producibilità degli impianti, le province con performance migliori rilevate nei primi nove mesi del 2023 risultano essere Ragusa, Agrigento e Sud Sardegna (circa 1.025 ore di funzionamento), per una media di poco inferiore a 3,8 ore/giorno.

Nel corso del 2023 (tra gennaio e settembre), in conclusione, la produzione di energia elettrica da fonte solare è stata pari a 25.643 GWh¹³³.

Per dovere di completezza espositiva, si deve rilevare che la superficie lorda occupata dagli impianti a terra per Regione in Italia risulta essere, a settembre 2023, pari a 16.331 ha¹³⁴ (Figura 2).

La Regione che ha più ettari occupati da impianti fotovoltaici risulta essere il Lazio (1.5858,7 ha), seguito da Emilia-Romagna (1372 ha) e Piemonte (1.190,3 ha).

¹³³ <https://www.gse.it/dati-e-scenari/statistiche>

¹³⁴ <https://www.gse.it/dati-e-scenari/statistiche>

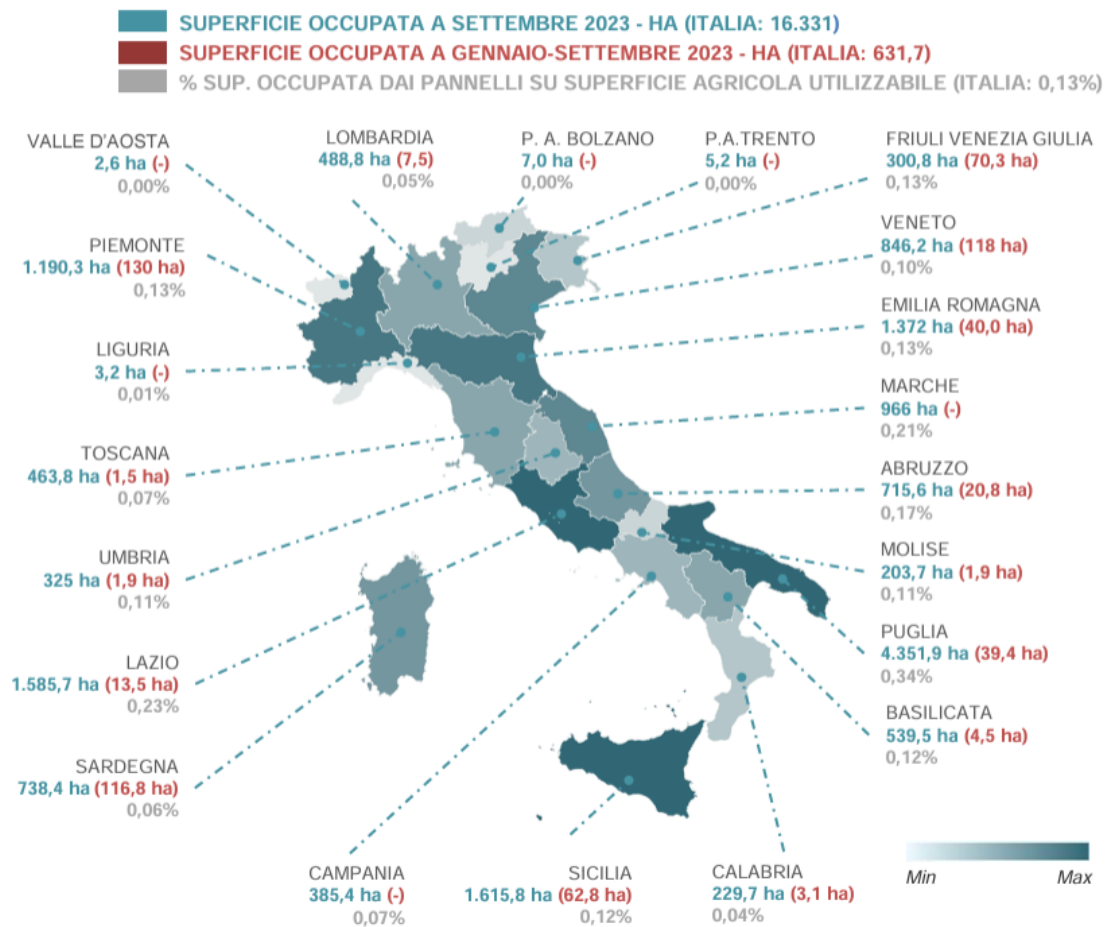


Figura 2. Superficie lorda occupata dagli impianti a terra per Regione.

2.2 La struttura di un impianto fotovoltaico

Riprendendo quanto affermato in precedenza, esistono due tipologie di impianti fotovoltaici: *stand alone* (con accumulatori) e *grid connected* (centralizzati e distribuiti) (Gerbinet et al., 2014).

Un impianto di tipo isolato (*stand alone*) ha come componenti principali:

- pannelli fotovoltaici;
- regolatore di carica;
- inverter;
- sistema di accumulo.

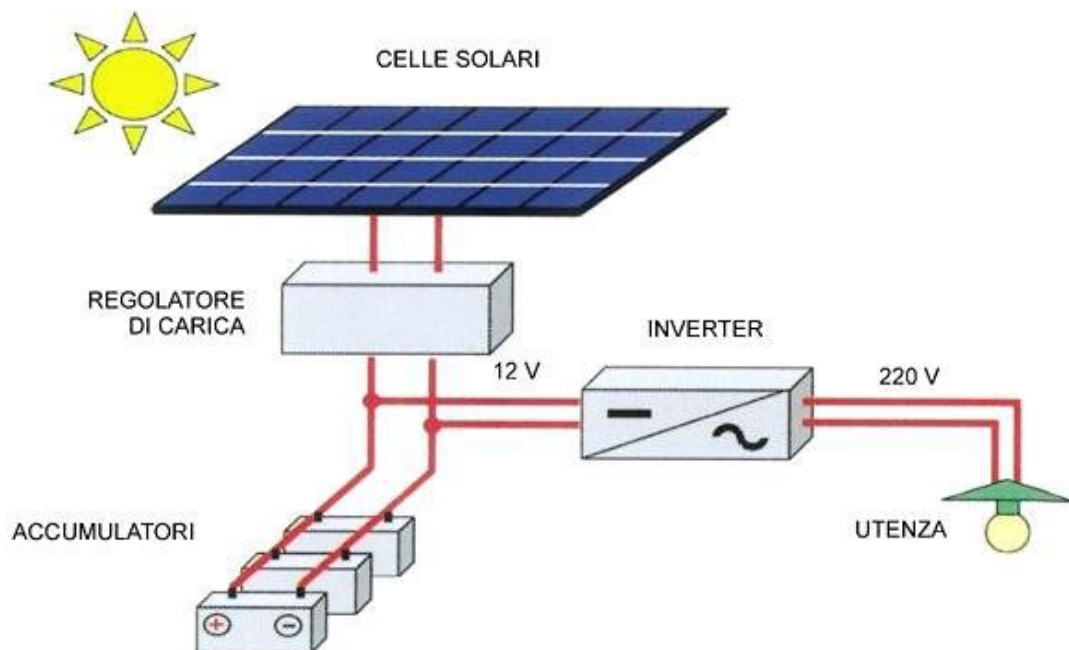


Figura 3. Struttura del pannello fotovoltaico.

Tale tipo di impianto prevede che l'energia prodotta dai moduli venga immagazzinata negli accumulatori o più comunemente definiti batterie. Il campo fotovoltaico è sempre sovradimensionato in quanto consente, durante le ore di insolazione, l'alimentazione del carico e la ricarica delle batterie di accumulo così da avere un certo margine di sicurezza in grado di consentire l'alimentazione elettrica anche durante giornate con scarsa insolazione.

Difatti lo scopo principale del sistema di accumulo è quello di immagazzinare l'energia prodotta in eccesso, che potrà essere utilizzata successivamente dall'utente quando ne necessita. In questo modo si ha convenienza economica e un risparmio effettivo sui costi da sostenere per l'energia elettrica (Liu et al., 2023).

Le batterie utilizzabili per questa tipologia di sistema, ma più in generale per il fotovoltaico in generale, devono avere determinate caratteristiche quali:

- basso valore di autoscarica;
- basse necessità di manutenzione;
- elevato numero di cicli di carica-scarica;

- lunga vita stimata.

Gli impianti fotovoltaici autonomi con accumulatori sono utilizzati soprattutto per strutture rurali (dove l'arrivo della corrente elettrica nazionale è limitato) e in Paesi in via di sviluppo.

Attualmente gli impianti più diffusi servono ad alimentare:

- i sistemi di illuminazione;
- la segnaletica su strade, porti e aeroporti;
- l'alimentazione dei servizi nei camper;
- i rifugi ad alta quota;
- gli impianti pubblicitari;
- i ripetitori radio, stazioni di rilevamento e trasmissione dati;
- le apparecchiature per il pompaggio di acqua.

Invero, gli impianti "grid connected" sono impianti collegati stabilmente in rete, senza possibilità di accumulo dell'energia prodotta. Tali impianti, utilizzano l'energia della rete elettrica quando il fotovoltaico non è in grado di produrre energia sufficiente; invece, se l'impianto produce più energia di quanto necessaria, quella in eccesso viene inserita all'interno del circuito della rete elettrica. Una distinzione da fare su questa tipologia di impianti è come vengono classificati gli impianti stessi: centralizzati e decentralizzati.

I componenti principali che costituiscono un impianto fotovoltaico connesso alla rete sono i seguenti:

- moduli fotovoltaici;
- dispositivo di interfaccia con la rete elettrica;
- *inverter* per la connessione in rete;
- contatore di energia bidirezionale.

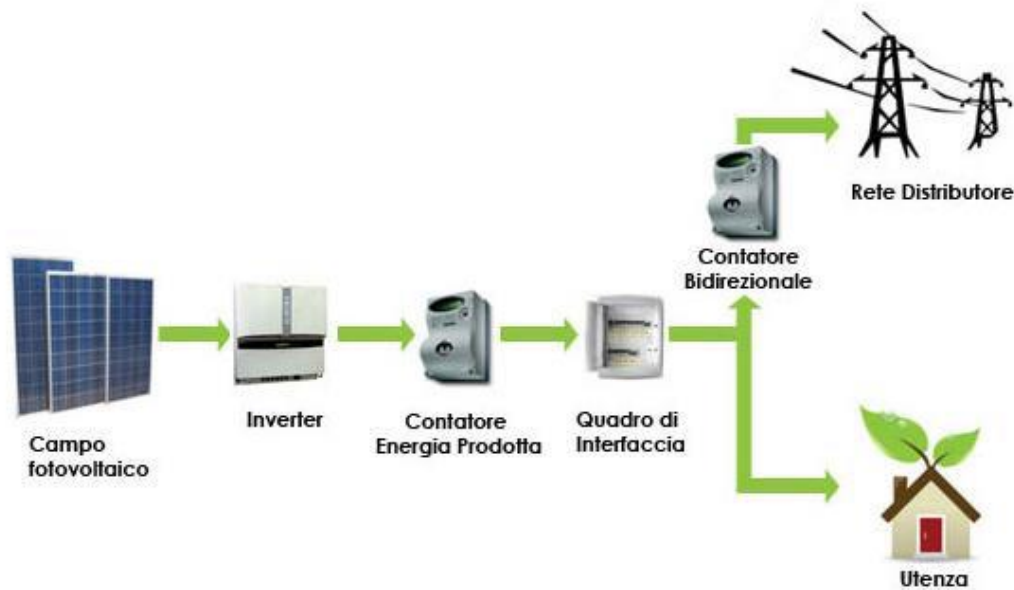


Figura 4. Componenti di un impianto fotovoltaico connesso in rete.

L'*inverter*, nell'impianto "grid connected", è un dispositivo fondamentale in quanto massimizza la produzione dell'impianto stesso e ottimizza il passaggio di energia tra modulo fotovoltaico e il carico. Il compito dell'*inverter*, dunque, è quello di trasformare l'energia continua prodotta in energia alternata per essere successivamente immessa nella rete; la presenza imprescindibile dell'*inverter* è dovuta all'estrema importanza di esso in quanto un impianto fotovoltaico produce tensioni variabili, mentre il carico ha necessità di valori costanti.

Questa tipologia di impianto è regolata dalle norme tecniche che stabiliscono vincoli sulla qualità della potenza immessa nella rete. I vincoli possono essere così sintetizzati:

- fattore di potenza superiore a 0,9;
- distorsione armonica di corrente inferiore al 5%;
- tensione e frequenza entro i limiti dell'Ente distributore.

Le norme prevedono anche la disattivazione dell'impianto stesso in caso di caduta della tensione di rete.

L'utilizzo degli impianti "grid connected" è più promettente se i pannelli vengono integrati nelle facciate e nei tetti degli edifici in quanto riesce a sfruttare al massimo la luce solare per la produzione di energia.

In entrambi i casi, comunque, la durata media di un impianto fotovoltaico è pari a 25-30 anni, a seconda della tipologia di pannello utilizzata e del luogo di ubicazione e relativa esposizione a maggiori fattori meteo e di rischio (Gerbinet et al., 2014).

2.2.1 Il caso del parco agrisolare

Un esempio di massima efficienza del sistema “grid connected” è l’agrisolare, recentemente incentivato dalle politiche del PNRR. Infatti, come già accennato, attualmente l’Italia si sta spostando verso l’utilizzo di altre fonti rinnovabili meno legate alla conformazione geologica del territorio, ma bensì a fonti comuni e presenti a livello nazionale.

In particolare, la misura “Parco Agrisolare”, Missione 2 “Rivoluzione verde e transizione ecologica” del PNRR, Componente 1 “Economia circolare e agricoltura sostenibile”, Investimento 2.2, si pone come obiettivo quello di sostenere gli investimenti per la realizzazione di impianti di produzione di energia elettrica solare fotovoltaica nel settore agricolo e agroindustriale, escludendo il consumo di suolo.

La Misura prevede la selezione e il finanziamento di interventi che consistono nell’acquisto e posa in opera di pannelli fotovoltaici sui tetti di fabbricati strumentali all’attività delle imprese beneficiarie. Unitamente a tale attività, possono essere eseguiti uno o più interventi complementari di riqualificazione dei fabbricati ai fini del miglioramento dell’efficienza energetica delle strutture quali la rimozione e lo smaltimento dell’amianto dai tetti, la realizzazione dell’isolamento termico dei tetti e la realizzazione di un sistema di aerazione.

L’individuazione dei progetti beneficiari verrà fatta assegnando un valore totale delle risorse finanziarie all’investimento pari rispettivamente al 30% nel 2022, al 50% nel 2023 e al 100% nel 2024. In ultimo, attraverso la Misura, entro il 2026 si dovrà conseguire l’installazione di almeno 375 MW di nuovi impianti solari fotovoltaici¹³⁵.

Le imprese agricole che possono beneficiare di tali incentivi devono essere gestite da imprenditori agricoli individuali o società, imprese agroindustriali o cooperative agricole, operanti nel settore primario, gli impianti devono essere ubicati in azienda da non più di cinque anni.

Questa può essere un’ulteriore opportunità per le aziende in quanto il voltaggio dell’impianto viene commisurato in base alle reali esigenze dell’azienda. A tale riguardo sono stati posti dei

¹³⁵ <https://www.gse.it/servizi-per-te/attuazione-misure-pnrr/parco-agrisolare>

vincoli tra cui la costruzione ex novo dell'impianto il quale deve presentare una potenza di picco minima pari a 6 kWp e non superiore a 500 kWp. Tali potenze sono calcolate sulla base delle potenze nominali di ogni modulo che andrà a comporre il generatore fotovoltaico misurate in STC (Standard Test Condition¹³⁶).

Il Parco Agrisolare, quindi, rappresenta un'ottima opportunità per sfruttare le superfici esistenti e inutilizzate dei tetti di stalle, serre o altri edifici rurali senza ricorrere alla creazione di nuovi impianti con l'unico scopo di produrre energia (Di Stefano, 2022). In questo caso si è in grado di convogliare due importanti aspetti legati, *in primis*, all'efficientamento energetico, in quanto, le imprese agricole possono avere un auto-provvigionamento energetico direttamente in azienda avendo al contempo una *carbon footprint* minore, e, *in secundis*, al fatto che gli edifici sul quale sono situati tali impianti vedono il loro reddito immobiliare aumentare.

Poiché, inoltre, per la costruzione di un Parco Agrisolare sono richiesti investimenti di capitali considerevoli per un'impresa, nonostante i fondi perduti messi a disposizione, è importante tener presente che tali impianti sono in grado di ammortizzarsi nell'arco di pochi anni.

¹³⁶ STC è un acronimo che sta per "standard test conditions" che rappresenta lo standard di condizioni ambientali nelle quali i moduli fotovoltaici sono testati. Questo standard, riconosciuto ed utilizzato in tutte le parti del mondo consta in tre condizioni: Temperatura di prova dei moduli durante la prova di 25°C, Irraggiamento solare pari a 1000 W/m² che è un ottimo irraggiamento e un terzo standard, detto AIR MASS: 1,5 che fissa le condizioni di posizione del sole rispetto alla posizione della superficie inclinata in test (il modulo). In particolare, queste condizioni sono di una superficie inclinata in test di 37° rispetto ad un disco solare alto 41,81° sull'orizzonte, con atmosfera chiara.



Figura 5. Esempio di agrisolare.

2.3 La struttura di un impianto agrovoltaico alla luce delle Linee guida ministeriali

Con l’emanazione delle Linee guida del MiTE del giugno 2022 si sono comprese, finalmente, le varie strutture e tipologie che un impianto agrovoltaico può assumere (Ministero dell’Ambiente e della Transizione Ecologica, 2022).

Invero, prima di tale documento tecnico-giuridico, in letteratura e in dottrina vi era molta confusione sulle caratteristiche strutturali che un impianto agrovoltaico dovesse possedere: con dette Linee guida, invece, sono stati definiti i requisiti minimi affinché un impianto potesse essere considerato agrovoltaico (Chalgynbayeva et al., 2023).

Come detto in precedenza, il documento è stato redatto oltre che dal MiTE, dal CREA (*Consiglio per la ricerca in agricoltura e l’analisi dell’economia agraria*), dal GSE (*Gestore dei servizi energetici*), dalla RSE (*Ricerca sul sistema energetico*) e dall’ENEA (*Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l’energia e lo sviluppo economico sostenibile*). Lo stesso si è posto l’obiettivo di chiarire le caratteristiche minime e i requisiti che un impianto fotovoltaico dovrebbe possedere per essere definito agrivoltaico, sia per ciò che riguarda gli impianti più avanzati, che possono accedere agli incentivi PNRR, sia per ciò che concerne le altre tipologie di impianti

agrivoltaici, che possono comunque garantire un'interazione più sostenibile fra produzione energetica e produzione agricola.

2.3.1 Caratteristiche generali dei sistemi agrivoltaici

Le Linee guida recitano che *“i sistemi agrivoltaici possono essere caratterizzati da diverse configurazioni spaziali (più o meno dense) e gradi di integrazione ed innovazione differenti, al fine di massimizzare le sinergie produttive tra i due sottosistemi (fotovoltaico e colturale), e garantire funzioni aggiuntive alla sola produzione energetica e agricola, finalizzate al miglioramento delle qualità ecosistemiche dei siti”*.

Il concetto di agrivoltaico (o agrivoltaico) è stato introdotto per la prima volta, nei primi anni '80, da Goetzberger e Zastrow del Fraunhofer ISE (Goetzberger & Zastrow, 1982). La loro idea prevedeva la realizzazione di un impianto fotovoltaico, su un terreno coltivabile, le cui dimensioni non compromettessero l'attività agricola (Colantoni et al., 2021; Di Stefano & Colantoni, 2022).

L'agrivoltaico, infatti, è diverso dal fotovoltaico a terra in quanto, quest'ultimo, è orientato ad un principio che privilegia la produzione di energia al più basso costo possibile. In un impianto fotovoltaico classico i moduli sono molto vicini tra loro ottenendo così una superficie di ombreggiamento minima e massimizzando l'uso del suolo. Per tali motivi questi impianti non si prestano ad una seconda attività del terreno sottostante all'impianto, come avviene invece nell'agrivoltaico (Agostini et al., 2021; Colantoni & Di Stefano, 2021).

L'agrivoltaico è una nuova forma di utilizzo dell'energia fotovoltaica che, a differenza dei comuni impianti fotovoltaici a terra, mira ad integrare la produzione agricola con la produzione energetica. Tale sistema è stato definito come *“un impianto fotovoltaico che adotta soluzioni volte a preservare la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale sul sito di interesse”* come riportato nelle linee guida in materia di impianti agrivoltaici (Toledo & Scognamiglio, 2021).

Da quanto scritto, dunque, si comprende come non esista un'unica forma di layout e struttura dell'impianto, ma ce ne sono differenti caratterizzate da diverse configurazioni spaziali e gradi di integrazione ed innovazione.

Dal punto di vista spaziale, recitano le Linee guida, il sistema agrivoltaico può essere descritto come un *“pattern spaziale tridimensionale”*, composto dall'impianto agrivoltaico, e

segnatamente, dai moduli fotovoltaici e dallo spazio libero tra e sotto i moduli fotovoltaici, montati in assetti e strutture che assecondino la funzione agricola, o eventuale altre funzioni aggiuntive, spazio definito “volume agrivoltaico” o “spazio poro” (Ministero dell’Ambiente e della Transizione Ecologica, 2022).

Sia l’impianto agrivoltaico, sia lo spazio poro si articolano in sottosistemi spaziali, tecnologici e funzionali.

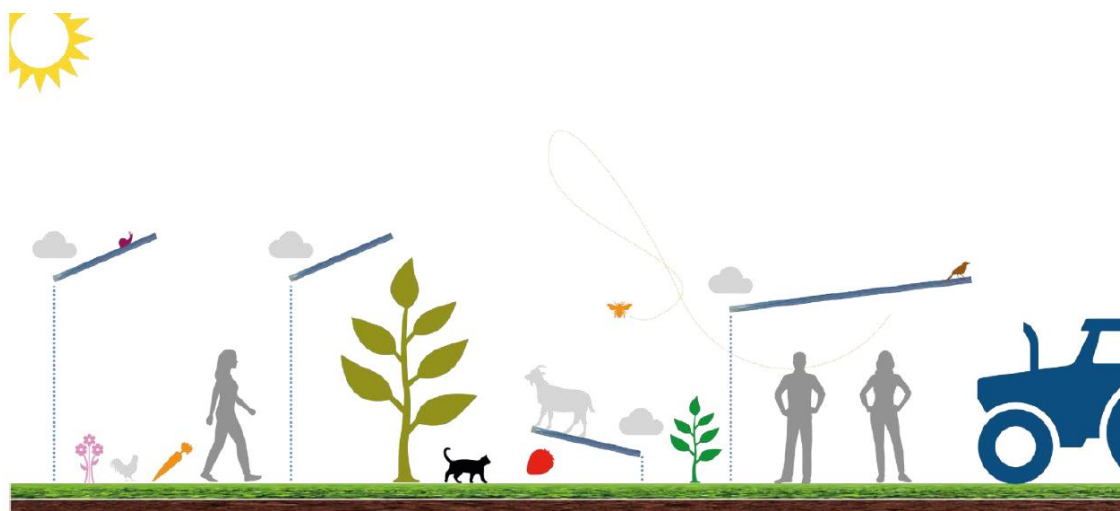


Figura 6. Esempio di impianto agrivoltaico (Scognamiglio, 2016).

Un sistema agrivoltaico è un sistema complesso e unico, capace di creare una sinergia tra produzione agricola e produzione energetica.

Il MiTE rileva che la prestazione legata al fotovoltaico e quella legata alle attività agricole risultano in opposizione, poiché le soluzioni ottimizzate per la massima captazione solare da parte del fotovoltaico possono generare condizioni meno favorevoli per l’agricoltura e viceversa (Ministero dell’Ambiente e della Transizione Ecologica, 2022). Infatti, un eccessivo ombreggiamento sulle piante può generare ricadute negative sull’efficienza fotosintetica e, dunque, sulla produzione; o anche le ridotte distanze spaziali tra i moduli e tra i moduli ed il terreno possono interferire con l’impiego di strumenti e mezzi meccanici in genere in uso in agricoltura. Ciò significa che una soluzione che privilegi solo una delle due componenti - fotovoltaico o agricoltura - è passibile di presentare effetti negativi sull’altra.

2.3.2 Il requisito A

Come già detto, l'impianto non deve compromettere la continuità dell'attività agricola e pastorale, garantendo, al contempo, una sinergica ed efficiente produzione energetica.

Tale risultato si deve intendere raggiunto al ricorrere simultaneo di una serie di condizioni costruttive e spaziali. In particolare, sono identificati i seguenti parametri:

A.1) Superficie minima coltivata: è prevista una superficie minima dedicata alla coltivazione;

A.2) Land Area Occupation Ratio¹³⁷ (LAOR) massimo: è previsto un rapporto massimo fra la superficie dei moduli e quella agricola;

In merito al requisito A1) si rileva che un parametro fondamentale ai fini della qualifica di un sistema agrivoltaico, richiamato anche dalle ultime novelle in materia, è la continuità dell'attività agricola, atteso che la norma circoscrive le installazioni ai terreni a vocazione agricola. Tale condizione si verifica laddove l'area oggetto di intervento è adibita, per tutta la vita tecnica dell'impianto agrivoltaico, alle coltivazioni agricole, alla floricoltura o al pascolo di bestiame, in una percentuale che la renda significativa rispetto al concetto di "continuità" dell'attività se confrontata con quella precedente all'installazione (caratteristica richiesta anche dal DL 77/2021).

Pertanto, si dovrebbe garantire sugli appezzamenti oggetto di intervento (superficie totale del sistema agrivoltaico, *Stot*), recitano le Linee guida, *"che almeno il 70% della superficie sia destinata all'attività agricola, nel rispetto delle Buone Pratiche Agricole (BPA)"*.

$$\text{Sagricola} \geq 0,7 \cdot \text{Stot}$$

In merito al requisito A2), come suddetto, un sistema agrivoltaico deve essere caratterizzato da configurazioni finalizzate a garantire la continuità dell'attività agricola: tale requisito può essere declinato in termini di "densità" o "porosità".

¹³⁷ Il LAOR rappresenta il rapporto tra la superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico (*Spv*), e la superficie totale occupata dal sistema agrivoltaico (*S tot*). Il valore è espresso in percentuale.

Per valutare la densità dell'applicazione fotovoltaica rispetto al terreno di installazione è possibile considerare indicatori quali la densità di potenza (MW/ha) o la percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR).

Nella prima fase di sviluppo del fotovoltaico in Italia (dal 2010 al 2013) la densità di potenza media delle installazioni a terra risultava pari a circa 0,6 MW/ha, relativa a moduli fotovoltaici aventi densità di circa 8 m²/kW (ad. es. singoli moduli da 210 W per 1,7 m²).

Tipicamente, considerando lo spazio tra le stringhe necessario ad evitare ombreggiamenti e favorire la circolazione d'aria, risulta una percentuale di superficie occupata dai moduli pari a circa il 50% (Ministero dell'Ambiente e della Transizione Ecologica, 2022).

L'evoluzione tecnologica ha reso disponibili moduli fino a 350-380 W (a parità di dimensioni), che consentirebbero, a parità di percentuale di occupazione del suolo (circa 50%), una densità di potenza di circa 1 MW/ha. Tuttavia, una ricognizione di un campione di impianti installati a terra (non agrivoltaici) in Italia nel 2019-2020 non ha evidenziato valori di densità di potenza significativamente superiori ai valori medi relativi al Conto Energia.

Una certa variabilità nella densità di potenza, unitamente al fatto che la definizione di una soglia per tale indicatore potrebbe limitare soluzioni tecnologicamente innovative in termini di efficienza dei moduli, suggerisce di optare per la percentuale di superficie occupata dai moduli di un impianto agrivoltaico.

Al fine di non limitare l'adizione di soluzioni particolarmente innovative ed efficienti si ritiene opportuno adottare un limite massimo di LAOR del 40 %:

$$LAOR \leq 40\%$$

2.3.3 Il requisito B

Nel corso della vita tecnica utile devono essere rispettate le condizioni di reale integrazione fra attività agricola e produzione elettrica valorizzando il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi.

In particolare, dovrebbero essere verificate:

B.1) la continuità dell'attività agricola e pastorale sul terreno oggetto dell'intervento;

B.2) la producibilità elettrica dell'impianto agrivoltaico, rispetto ad un impianto standard e il mantenimento in efficienza della stessa.

Per verificare il rispetto del requisito B.1, l'impianto dovrà inoltre dotarsi di un sistema per il monitoraggio dell'attività agricola rispettando, in parte, le specifiche indicate al requisito D, di cui parleremo nel Capitolo 3.

In sintesi, gli elementi da valutare nel corso dell'esercizio dell'impianto, volti a comprovare la continuità dell'attività agricola, sono:

a) L'esistenza e la resa della coltivazione

Al fine di valutare statisticamente gli effetti dell'attività concorrente energetica e agricola è importante accertare la destinazione produttiva agricola dei terreni oggetto di installazione di sistemi agrivoltaici. In particolare, tale aspetto può essere valutato tramite il valore della produzione agricola prevista sull'area destinata al sistema agrivoltaico negli anni solari successivi all'entrata in esercizio del sistema stesso espressa in €/ha o €/UBA (Unità di Bestiame Adulto), confrontandolo con il valore medio della produzione agricola registrata sull'area destinata al sistema agrivoltaico negli anni solari antecedenti, a parità di indirizzo produttivo. In assenza di produzione agricola sull'area negli anni solari precedenti, si potrebbe fare riferimento alla produttività media della medesima produzione agricola nella zona geografica oggetto dell'installazione.

In alternativa è possibile monitorare il dato prevedendo la presenza di una zona di controllo che permetterebbe di produrre una stima della produzione sul terreno sotteso all'impianto.

b) Il mantenimento dell'indirizzo produttivo

Ove sia già presente una coltivazione a livello aziendale, andrebbe rispettato il mantenimento dell'indirizzo produttivo o, eventualmente, il passaggio ad un nuovo indirizzo produttivo di valore economico più elevato. Fermo restando, in ogni caso, il mantenimento di produzioni DOP o IGP. Il valore economico di un indirizzo produttivo è misurato in termini di valore di produzione standard calcolato a livello complessivo aziendale; la modalità di calcolo e la definizione di coefficienti di produzione standard sono predisposti nell'ambito della Indagine RICA per tutte le aziende contabilizzate. A titolo di esempio, un eventuale riconversione dell'attività agricola da un indirizzo intensivo (es. ortofloricoltura) ad uno molto più estensivo (es.

seminativi o prati pascoli), o l'abbandono di attività caratterizzate da marchi DOP o DOCG, non soddisfano il criterio di mantenimento dell'indirizzo produttivo.

Per il rispetto del requisito B.2, invece, si rileva che, in base alle caratteristiche degli impianti agrivoltaici analizzati, la produzione elettrica specifica di un impianto agrivoltaico (FV_{agri} in GWh/ha/anno) correttamente progettato, paragonata alla producibilità elettrica specifica di riferimento di un impianto fotovoltaico standard ($FV_{standard}$ in GWh/ha/anno), non dovrebbe essere inferiore al 60 % di quest'ultima:

$$FV_{agri} \geq 0,6 \cdot FV_{standard}$$

2.3.4 Il requisito C

Le Linee guida MiTE (Ministero dell'Ambiente e della Transizione Ecologica, 2022), sempre al fine di garantire la continuità dell'attività agricola, stabiliscono le tre principali tipologie di struttura che può assumere l'impianto agrivoltaico.

È chiaro che, precisano le Linee guida, la configurazione spaziale del sistema agrivoltaico, e segnatamente l'altezza minima di moduli da terra, può influenzare lo svolgimento delle attività agricole su tutta l'area occupata dall'impianto agrivoltaico o solo sulla porzione che risulti libera dai moduli fotovoltaici.

Nel caso delle colture agricole, l'altezza minima dei moduli da terra condiziona la dimensione delle colture che possono essere impiegate (in termini di altezza), la scelta della tipologia di coltura in funzione del grado di compatibilità con l'ombreggiamento generato dai moduli, la possibilità di compiere tutte le attività legate alla coltivazione ed al raccolto. Le stesse considerazioni restano valide nel caso di attività zootecniche, considerato che il passaggio degli animali al di sotto dei moduli è condizionato dall'altezza dei moduli da terra (connettività) (Ministero dell'Ambiente e della Transizione Ecologica, 2022).

In sintesi, l'area destinata a coltura oppure ad attività zootecniche può coincidere con l'intera area del sistema agrivoltaico oppure essere ridotta ad una parte di essa, per effetto delle scelte di configurazione spaziale dell'impianto stesso.

Per ragioni di sintesi e di chiarezza espositiva, si possono elencare le tre tipologie di impianto agrivoltaico di seguito riportate.

1. L'altezza minima dei moduli è studiata in modo da consentire la continuità delle attività agricole (o zootecniche) anche sotto ai moduli fotovoltaici. Si configura una condizione nella quale esiste un doppio uso del suolo, ed una integrazione massima tra l'impianto agrivoltaico e la coltura, e cioè i moduli fotovoltaici svolgono una funzione sinergica alla coltura, che si può esplicitare nella prestazione di protezione della coltura (da eccessivo soleggiamento, grandine, etc.) compiuta dai moduli fotovoltaici. In questa condizione la superficie occupata dalle colture e quella del sistema agrivoltaico coincidono, fatti salvi gli elementi costruttivi dell'impianto che poggiano a terra e che inibiscono l'attività in zone circoscritte del suolo.



Figura 7. Tipo 1 di agrivoltaico.

2. L'altezza dei moduli da terra non è progettata in modo da consentire lo svolgimento delle attività agricole al di sotto dei moduli fotovoltaici. Si configura una condizione nella quale esiste un uso combinato del suolo, con un grado di integrazione tra l'impianto fotovoltaico e la coltura più basso rispetto al precedente (poiché i moduli fotovoltaici non svolgono alcuna funzione sinergica alla coltura).



Figura 8. Tipo 2 di agrivoltaico.

3. I moduli fotovoltaici sono disposti in posizione verticale. L'altezza minima dei moduli da terra non incide significativamente sulle possibilità di coltivazione (se

non per l'ombreggiamento in determinate ore del giorno), ma può influenzare il grado di connessione dell'area, e cioè il possibile passaggio degli animali, con implicazioni sull'uso dell'area per attività legate alla zootecnia. Per contro, l'integrazione tra l'impianto agrivoltaico e la coltura si può esplicare nella protezione della coltura compiuta dai moduli fotovoltaici che operano come barriere frangivento.



Figura 9. Tipo 3 di agrivoltaico.

Le Linee guida stabiliscono altresì delle soglie minime in termini di altezza dei moduli, per garantire la continuità dell'attività agricola e limitare, per il più possibile, il consumo di suolo (Ministero dell'Ambiente e della Transizione Ecologica, 2022).

In particolare, si possono fissare come valori di riferimento per rientrare nel tipo 1) e 3):

- 1,3 metri nel caso di attività zootecnica (altezza minima per consentire il passaggio con continuità dei capi di bestiame);
- 2,1 metri nel caso di attività colturale (altezza minima per consentire l'utilizzo di macchinari funzionali alla coltivazione). Tale altezza, alla luce delle recenti normative¹³⁸, è stata abbassata a 2 metri dal suolo.

Secondo le Linee guida, si può concludere che gli impianti di tipo 1) e 3) sono identificabili come impianti agrivoltaici avanzati che rispondono al REQUISITO C.

Gli impianti agrivoltaici di tipo 2), invece, non comportano alcuna integrazione fra la produzione energetica ed agricola, ma esclusivamente un uso combinato della porzione di suolo interessata e, ciò, per forza di cose, genera anche un consumo seppure limitato di suolo.

¹³⁸ Su tutti vedasi il DL 13/2023 - Disposizioni urgenti per l'attuazione del Piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR) e del Piano nazionale degli investimenti complementari al PNRR (PNC), nonché per l'attuazione delle politiche di coesione e della politica agricola comune – convertito in legge n. 41/2023.

In Italia, ma anche nel resto del Mondo, la struttura dell'impianto agrovoltaico più diffusa risulta essere quella di tipo 1), seguita dal tipo 3) e dal tipo 2) (Agostini et al., 2021; Chalgynbayeva et al., 2023), a causa della maggiore diffusione dei pannelli e della loro caratteristica di inseguimento solare.

2.3.5 I requisiti D ed E

Di questi due requisiti se ne parlerà nel Capitolo 3, in ottica di produzione agricola e monitoraggio delle colture.

2.3.6 Applicazioni pratiche: il caso studio di *A. Ravilla et al.* e il confronto con il fotovoltaico classico. Impatti economici e ambientali

Dopo aver illustrato i vari tipi di agrovoltaico, è necessario far presente che a livello agronomico e ingegneristico, esistono varie forme di impianti e di pannelli per l'agrovoltaico già utilizzate su diversi terreni (Chalgynbayeva et al., 2023; Schindele et al., 2020).

In particolare, nel corso degli anni in letteratura si sono alternati studi e prove per comprendere quale sia la soluzione tecnico-agronomica più efficiente.

Nel presente paragrafo esaminiamo il caso studio di (Ravilla et al., 2024) con cui si comprende come i pannelli e i pali possano avere vari sistemi di rotazione ed essere posizionati a distanze differenti e che, sulla base di tali configurazioni, cambiano notevolmente i risultati sia in termini agronomici che energetici.

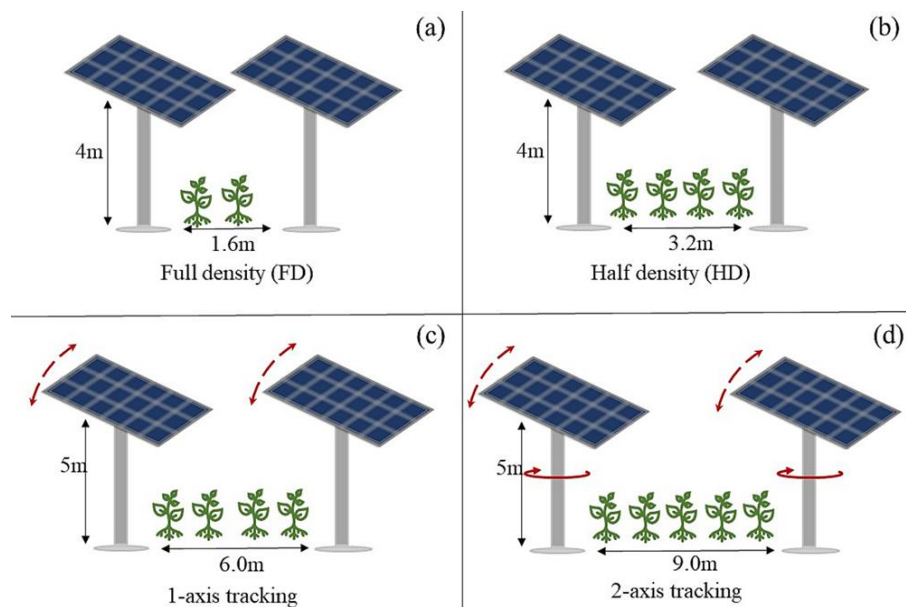


Figura 10. Tipologia di impianti agrivoltaici (Ravilla et al., 2024)

Nella ricerca effettuata da (Ravilla et al., 2024) si sono ipotizzati due diversi tipi di impianti agrivoltaici: uno a piena densità (FD) e tre a mezza densità (HD). Inoltre, sono state considerate due configurazioni agrivoltaiche dinamiche, tra cui una monoassiale (c) e una biassiale (d).

Queste configurazioni incorporano diverse specifiche tecniche sia di spaziatura delle file, che di altezza e tracciamento solare. La spaziatura tra le file e l'altezza dei pannelli sono state ottimizzate e testate in letteratura per prevenire l'ombreggiamento (Valle et al., 2017) e sono state esplorate le soluzioni di tracciamento solare per massimizzare la resa del raccolto (Amaducci et al., 2018; Valle et al., 2017). Di conseguenza, nell'analisi effettuata vengono incorporati una varietà di tipi di agrivoltaico con molte specifiche, anche differenti tra loro, che generano diverse rese di produzione agricola ed energetica.

In particolare, per l'impianto agrivoltaico statico (a e b), si sono testati moduli montati su palafitte a 4 m dal suolo (Valle et al., 2017). L'impianto statico FD ha una distanza tra le file di 1,6 m, simile ai tradizionali impianti fotovoltaici a terra (Valle et al., 2017).

Mentre, il sistema HD statico (b) ha una distanza tra le file di 3,2 m che consente a una maggiore quantità di luce di raggiungere il raccolto (Ramos-Fuentes et al., 2023; Valle et al., 2017). I sistemi di tracciamento sono montati ad un'altezza elevata per consentire il funzionamento dei sistemi di tracciamento solare e il passaggio delle macchine agricole. Nel sistema dinamico a

1 asse (c), i pali sono stati posizionati a una distanza di 6 m tra le file e i pannelli sono stati montati a 5 m di altezza dal suolo con capacità di rotazione (Valle et al., 2017).

Nel sistema dinamico a 2 assi (d), i pali sono intervallati da 9 m, e i pannelli sono montati a 5 m con rotazioni in due direzioni ortogonali: ciò significa che non solo i pannelli riescono a ruotare, ma anche i pali ottimizzando del tutto la resa solare (Amaducci et al., 2018).

Il sistema a 2 assi, però, richiede più spazio, e dunque più suolo, in particolare tra le file, rispetto ai sistemi classici monoassiali, a causa del suo meccanismo complesso di funzionamento, che consente il movimento dei pannelli in entrambe le direzioni senza collisioni.

Tutti i progetti agrovoltaici hanno registrato prestazioni migliori rispetto ai sistemi fotovoltaici “classici” e il sistema biassale, dalla comparazione effettuata da (Ravilla et al., 2024) è il progetto agrovoltaico più performante in termini di rapporto costi/ricavi.

Si è analizzato che gli impianti agrivoltaici hanno un rapporto costi/ricavi inferiore grazie ai ricavi ottenuti durante il ciclo di vita che sono più elevati dei sistemi esclusivamente fotovoltaici. I ricavi durante la produzione energetica sono maggiori del 5–40% in impianti agrovoltaici rispetto a quelli di un impianto fotovoltaico, mentre il costo del ciclo di vita, ovvero il costo di gestione dell'impianto, è inferiore del 3–20% (ad eccezione di FD).

Il sistema FD, infatti, ha quasi il 15% in più di costi del ciclo di vita rispetto ai sistemi esclusivamente fotovoltaici. Questa differenza è dovuta alla prestazione economica migliore del sistema a 2 assi tra i progetti esaminati e questo avviene per due ragioni principali:

1. in primo luogo, le prestazioni agronomiche delle colture dei sistemi biassali sono simili a quelle dei sistemi monoassiali perché l'impatto dell'ombreggiamento è minimo (5 % in meno rispetto ai monoassiali).
2. In secondo luogo, il costo del ciclo di vita dei sistemi a 2 assi è inferiore rispetto ai sistemi FD e a quelli a 1 asse poiché, a causa della loro struttura, possono essere localizzati meno pannelli per ettaro di terreno e dunque hanno bisogno di minore manutenzione.

Infine, come logico ipotizzare, la ricerca svolta da (Ravilla et al., 2024) ha esaminato che i progetti agrovoltaici hanno avuto impatti ambientali del 15-55% in meno per 1 ha di terreno rispetto ai sistemi esclusivamente fotovoltaici. Del totale degli impatti, si è scoperto che l'80 % del sono attribuiti alla produzione di elettricità, mentre il 20% alla produzione alimentare e la domanda di acqua. Altre ricerche, hanno dimostrato che gli impianti agrovoltaici sono in grado di

ridurre le emissioni di CO₂ del 20-55% rispetto agli impianti fotovoltaici tradizionali (Chalgynbayeva et al., 2023).

In conclusione, l'analisi di sensibilità eseguita da (Ravilla et al., 2024) su vari parametri di incertezza, ampliando la gamma di varianti, ha dimostrato che i progetti agrovoltaici hanno migliori prestazioni economiche e ambientali rispetto ai sistemi fotovoltaici classici nella maggior parte dei dati analizzati (> 66 %).

2.4 Aspetti paesaggistici: il regime autorizzatorio in Italia

Il Ministero dello sviluppo economico di concerto con il Ministero della transizione ecologica ha emanato le linee guida per la semplificazione dell'*iter* autorizzativo per l'individuazione delle aree idonee da destinare alla realizzazione di impianti di produzione di energia rinnovabile, basate sul D.M. 10 settembre 2010. È compito delle Regioni individuare i siti non idonei per garantire la tutela del territorio e del paesaggio, della biodiversità e del patrimonio artistico e naturale.

Una volta individuate dalla Regione le aree non idonee, e di conseguenza quelle dove è possibile la realizzazione di impianti di produzione di energia rinnovabile, può essere applicato uno dei tre *iter* procedurali previsti dalla normativa vigente¹³⁹, che sono¹⁴⁰:

- autorizzazione unica (AU), provvedimento introdotto dall'art.12 del d.lgs. n.387/2003 che costituisce diritto a costruire ed esercire impianti di energia elettrica alimentati da FER al di sopra di determinate soglie di potenza. L'AU, rilasciata dalle Regioni, ha valenza di 90 giorni, al netto dei tempi previsti per l'eventuale valutazione di impatto ambientale (VIA);
- procedura abilitativa semplificata (PAS), introdotta dal d.lgs. n. 28/2011. La PAS viene applicata per gli impianti alimentati da FER al di sotto di determinate soglie di potenza, oltre le quali è necessaria l'autorizzazione unica. La PAS deve essere presentata al Comune

¹³⁹ D.lgs. n. 387/2003, d.lgs. n. 28/2011.

¹⁴⁰ Fonte GSE. Per ragioni di sinteticità, la disciplina autorizzatoria è molto più complessa. Sono, infatti, presenti strumenti semplificati per gli impianti minori (es. SCIA), che con l'ultimo d.l. semplificazioni hanno assunto una maggiore portata. Cfr. Il quadro autorizzativo per impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, <https://www.gse.it/>, 2011.

almeno 30 giorni prima dell'inizio dei lavori, con allegata una dettagliata descrizione dell'impianto;

- comunicazione al Comune, per la realizzazione di piccoli impianti. La comunicazione, in allegato alla descrizione dell'impianto, non richiede di attendere necessariamente 30 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Nonostante diverse sollecitazioni da parte delle Autorità competenti, non tutte le Regioni si sono attivate al fine di identificare le aree non idonee ai sensi del D.M. 10 settembre 2010¹⁴¹, lasciando aperta un'importante lacuna normativa e rendendo impossibile, di fatto, l'installazione di tali impianti sul territorio nazionale¹⁴².

Questo perché, come previsto dall'articolo 20 del d.lgs. n. 199/2021, il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) è l'Autorità competente a emanare il decreto sulle "aree idonee" ad ospitare gli impianti di energia rinnovabile, sulla scorta del quale le singole Regioni e Province autonome si devono adeguare. A oggi, infatti, è stato trasmesso dal MASE alla Conferenza Unificata il decreto, ma non è stato ancora approvato.

Nella bozza sono prefissati gli obiettivi minimi, intermedi e finali che le Regioni dovranno assicurare per consentire di centrare gli 80 GW aggiuntivi di energia rinnovabile indicati dall'UE, ossia necessari per raggiungere i target di PNIEC, *Fit for 55* e *RePowerEU*. Le 19 Regioni e le due Province autonome di Trento e Bolzano dovranno infatti spartirsi gli 80 GW di nuova capacità rinnovabile attesa per la fine del decennio (2030).

Il decreto in esame è volto proprio a favorire un nuovo processo di semplificazione dei passaggi amministrativi per rispondere in maniera più celere e risolutiva alle tante domande di autorizzazione accumulate nel 2021 rimandando alle Regioni il compito di individuare sul loro territorio le superfici e le aree idonee all'installazione degli impianti di energia da fonti rinnovabili con lo scopo di massimizzarne il potenziale; la procedura dovrà essere completata entro 180 giorni dalla pubblicazione del decreto in Gazzetta Ufficiale. Si evidenzia, inoltre, che i provvedimenti da adottarsi da parte delle Regioni (ai sensi del decreto) avranno prevalenza su ogni altro regolamento, programma, piano o normativa approvato prima di esse a livello regionale, provinciale o comunale.

¹⁴¹ Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili. Pubblicato nella G.U. 18 settembre 2010, n. 219.

¹⁴² Per alcuni autori l'inerzia delle Regioni è dovuta alla totale incertezza della materia: infatti, non è stato chiarito se l'agrovoltaico, per quanto riguarda l'idoneità delle aree, è paragonabile alla disciplina del fotovoltaico a terra.

La bozza del decreto è sostanzialmente divisa in 2 parti:

- TITOLO I – Ripartizione della potenza fra Regioni e Province autonome
- TITOLO II – Criteri per l'individuazione delle aree idonee

La seconda parte, dunque, è riferita ai criteri per l'individuazione delle aree idonee in cui si precisa, per l'appunto, cosa rende una particolare zona “idonea” all'installazione di FER attraverso procedure abilitative semplificate e cosa, invece, la qualifica come “non idonea”.

È compito delle Regioni (o Province autonome) l'individuazione delle modalità di conseguimento degli obiettivi tramite l'emanazione di una legge regionale che indichi chiaramente quali siano le superfici idonee all'installazione di impianti da fonti rinnovabili; tale provvedimento deve essere emanato entro 180 giorni dalla data di entrata in vigore del decreto in esame.

In merito alla classificazione delle aree, il decreto stabilisce che le superfici e le aree del territorio regionale e delle Province autonome sono classificate, ai fini della costruzione ed esercizio degli impianti a fonti rinnovabili e delle infrastrutture connesse, in:

- superfici e aree idonee;
- superfici e aree non idonee;
- aree soggette alla disciplina ordinaria.

I requisiti per la classificazione delle aree possono essere differenziati sulla base della fonte, della taglia e della tipologia di impianto; tuttavia, devono sempre rispettare i principi della minimizzazione degli impatti.

Inoltre, ai fini dell'individuazione delle superfici e aree idonee le Regioni e Province autonome possono avvalersi della piattaforma digitale di cui all'articolo 21 del decreto legislativo n. 199 del 2021, integrata dai dati sull'uso del suolo agricolo desumibili dal Sistema informativo agricolo nazionale (SIAN).

Per l'individuazione delle superfici e aree idonee le Regioni e Province autonome tengono conto di determinati principi e criteri omogenei; in particolare, sulla scorta della bozza, le zone idonee sono:

- cave e miniere non recuperate o abbandonate;
- siti dove sono già installati impianti della stessa fonte;
- beni immobili, individuati dall'Agenzia del demanio;
- beni statali;

- siti e impianti nella disponibilità delle società del gruppo Ferrovie dello Stato italiane e dei gestori di infrastrutture ferroviarie nonché delle società concessionarie autostradali;
- siti e impianti nella disponibilità delle società di gestione aeroportuale.

Inoltre, limitatamente agli impianti fotovoltaici, sono considerate aree idonee:

- le aree adiacenti alle autostrade entro 300 metri di distanza;
- le aree agricole “racchiuse in un perimetro i cui punti non distino più di 500 metri da zone a destinazione industriale, artigianale e commerciale, compresi i siti di interesse nazionale”;
- le aree non rientranti tra i beni tutelati e che non ricadono nella fascia di rispetto (3 km per gli impianti eolici, 500 metri per il fotovoltaico).
- Per gli impianti eolici sarà necessario valutare le aree con adeguata ventosità attraverso mappe del vento e introdurre fasce di rispetto di norma fino a 7 km.

È infine previsto un regime sanzionatorio: se una Regione sarà inadempiente rispetto al suo riferimento numerico in termini di obiettivo nazionale complessivo di potenza, dovrà trasferire ad un'altra Regione compensazioni economiche per realizzare interventi di miglioramento dell'ambiente e del paesaggio.

2.4.1 L'agrovoltaico tra produzione energetica e tutela del paesaggio

Un ulteriore problema, dal punto di vista paesaggistico, in materia di rilascio delle autorizzazioni per gli impianti da installarsi in zone vincolate, riguarda la ponderazione degli interessi da parte della Pubblica Amministrazione ci si chiede; infatti, se deve prevalere l'interesse alla produzione di energia pulita o l'interesse alla tutela del paesaggio.

Ebbene, il Consiglio di Stato è stato chiamato a giudicare, con sentenza n. 2983 del 2021, sul ricorso proposto dal Ministero per i beni e le attività culturali che ha impugnato la determinazione della Regione Lazio con la quale era stata adottato il provvedimento di autorizzazione unica regionale (PAUR), per la realizzazione di un impianto fotovoltaico, con potenza pari a 17,28 MW, da realizzare nel comune di Tuscania (VT) in località Poggio della Ginestra.

I motivi del ricorso del MIBACT erano fondati sul parere negativo espresso dal medesimo Ministero. Il MIBACT, infatti, affermava che la realizzazione dell'impianto fotovoltaico avrebbe alterato l'ambiente e il paesaggio circostante all'area agricola interessata e che, in tali tipologie di aree, non sarebbe stato altresì possibile in qualsivoglia ipotesi installare impianti di produzione di energie rinnovabili.

Sul punto, con la sentenza in esame, il Consiglio di Stato ha *in primis* rilevato che lo sviluppo di impianti FER (fonti di energie rinnovabili) riveste carattere di interesse pubblico.

Più nel dettaglio ha affermato che *“la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili è infatti un'attività di interesse pubblico che contribuisce anch'essa non solo alla salvaguardia degli interessi ambientali ma, sia pure indirettamente, anche a quella dei valori paesaggistici”*.

In secondo luogo, in merito al parere negativo del MIBACT, il Consiglio di Stato ha fatto presente che in assenza di particolari vincoli paesaggistici e/o ambientali, non grava sull'Autorità procedente alcun particolare onere motivazionale per affrontare, giustificare e superare il parere negativo espresso dal Ministero, questo perché le Regioni sono chiamate a esprimersi e a giudicare tenendo conto soprattutto dell'interesse pubblico (prevalente) alla realizzazione di impianti di energie rinnovabili.

In conclusione, il Giudice ha correttamente ribadito che solamente le Regioni hanno il potere di stabilire e individuare le aree non idonee per l'installazione di impianti di produzione di energie rinnovabili.

Venendo al caso di specie, la Regione Lazio con l'adozione del proprio Piano Territoriale Paesaggistico Regionale (PTPR) ha consentito l'installazione di impianti FER sia in zone di Paesaggio Agrario di Valore sia in quelle di Paesaggio Agrario di comunità e dunque non si ravvisa profilo alcuno di incompatibilità con la realizzazione in un'area agricola del fotovoltaico a terra.

La sentenza n. 2983 del 2021 è stata senza dubbio un'apripista per ciò che riguarda la realizzazione di impianti fotovoltaici a terra e, più nel dettaglio, degli innovativi impianti agrovoltaici che oltre a garantire la produzione di energia *green*, permettono anche di sfruttare il terreno per fini agricoli e zootecnici (Di Stefano, 2021).

2.4.2 Consumo di suolo e agrovoltaico: la posizione della giurisprudenza amministrativa

Oltre al problema citato dell'impatto paesaggistico, su cui si è espresso di recente il Consiglio di Stato, un'altra importante questione ha riguardato il consumo del suolo derivante dall'installazione degli impianti agrovoltaici su terreni agricoli e, indirettamente, la differenza tra fotovoltaico a terra "classico" e agrovoltaico.

Con la sentenza n. 8029 del 2023, il Consiglio di Stato si è pronunciato, per la prima volta con sentenza di merito, sul tema del regime normativo da applicare ai progetti di installazione di impianti agrovoltaici e sulla differenza tra questi e i classici impianti fotovoltaici a terra.

La giurisprudenza amministrativa di primo grado, da quasi un anno, è granitica nel ritenere errata l'assimilazione dell'agrovoltaico al fotovoltaico e a tale indirizzo si è adattato anche il Consiglio di Stato nella sentenza in esame.

Il giudice amministrativo, dunque, ha rilevato che *"L'agrovoltaico è un settore di recente introduzione e in forte espansione, caratterizzato da un utilizzo "ibrido" di terreni agricoli, a metà tra produzioni agricole e produzione di energia elettrica, che si sviluppa con l'installazione, sugli stessi terreni, di impianti fotovoltaici, che non impediscono tuttavia la produzione agricola classica.*

In particolare, mentre nel caso di impianti fotovoltaici il suolo viene reso impermeabile e viene impedita la crescita della vegetazione, (ragioni per le quali il terreno agricolo perde tutta la sua potenzialità produttiva) nell'agrovoltaico l'impianto è invece posizionato direttamente su pali più alti, e ben distanziati tra loro, in modo da consentire alle macchine da lavoro la coltivazione agricola.

Per effetto di tale tecnica, la superficie del terreno resta, infatti, permeabile e quindi raggiungibile dal sole e dalla pioggia, dunque pienamente utilizzabile per le normali esigenze della coltivazione agricola.

Alla luce di quanto osservato, non si comprende, pertanto, come un impianto che combina produzione di energia elettrica e coltivazione agricola (l'agrovoltaico) possa essere assimilato ad un impianto che produce unicamente energia elettrica (il fotovoltaico), ma che non contribuisce, tuttavia, neppure in minima parte, alle ordinarie esigenze dell'agricoltura".

La sentenza in commento, nel solco della precedente giurisprudenza, ha correttamente posto l'accento sulle soluzioni per risolvere il vuoto normativo che spesso si crea a causa delle innovazioni nel campo della produzione di energie rinnovabili.

Le intrinseche differenze tra fotovoltaico e agrivoltaico, infatti, devono essere valorizzate alla luce degli indirizzi normativi, dei principi nazionali ed europei e dell'obiettivo di massima diffusione delle fonti energetiche naturali.

Tale sentenza riprende in parte quanto già stabilito dal TAR Lecce con sentenza 1583/2022, con la quale il giudice amministrativo ha stabilito che: «... *gli impianti agro-fotovoltaici costituiscono una documentata e incontrovertibile realtà nell'attuale quadro ordinamentale e una realtà vista con favore dal legislatore statale che a certe condizioni li ammette al finanziamento pubblico*».

Inoltre, il giudice ha rilevato che, proprio per via della configurazione strutturale dell'agrovoltaico, esso non pregiudica la coltivazione del suolo e, dunque, non crea il c.d. fenomeno del consumo del suolo a differenza del fotovoltaico a terra "classico".

CAPITOLO 3

ENERGIA, PRODUZIONE AGRICOLA E MONITORAGGIO DELLE COLTURE

3. Benefici del sistema agrovoltaico

I benefici che un sistema agrovoltaico può fornire vengono a crearsi grazie al coinvolgimento diretto, fin da subito, del mondo agricolo con la pianificazione degli impianti. Le innovazioni tecnologiche ed un'attenta progettazione di questi impianti ci permettono di conoscere quali colture possono essere considerate le più adatte alla presenza del fotovoltaico, come organizzare la disposizione dei moduli, a quale altezza collocarli e che sistemi fotovoltaici utilizzare in base alla scelta colturale per consentire le lavorazioni culturali sottostanti (Weselek et al., 2019).

I benefici che questi progetti possono fornire riguardano principalmente la protezione delle colture ed il fabbisogno idrico (Amaducci et al., 2018). Questi impianti possono proteggere le colture da eventi atmosferici estremi incrementando la resa a fine ciclo colturale; possono ridurre l'evapotraspirazione generata dall'ombreggiamento dei pannelli con conseguente innalzamento dell'umidità del suolo nei mesi più caldi; infine è possibile migliorare e valorizzare l'azienda agricola ed eventuali terreni abbandonati o marginali (Wagner et al., 2023).

Per gli operatori agricoli alcuni dei vantaggi principali, oltre a quelli sopra elencati, possono essere:

- fornire nuove risorse finanziarie per espandere o rinnovare attività aziendali;
- sviluppare nuove competenze professionali con la possibilità di creare lavoro;
- disporre di un partner solido per ripararsi da mutazioni climatiche talvolta disastrose.

Il rigore scientifico è avvalorato dalle diverse pubblicazioni su riviste Q1 e Q2 esistenti in materia.

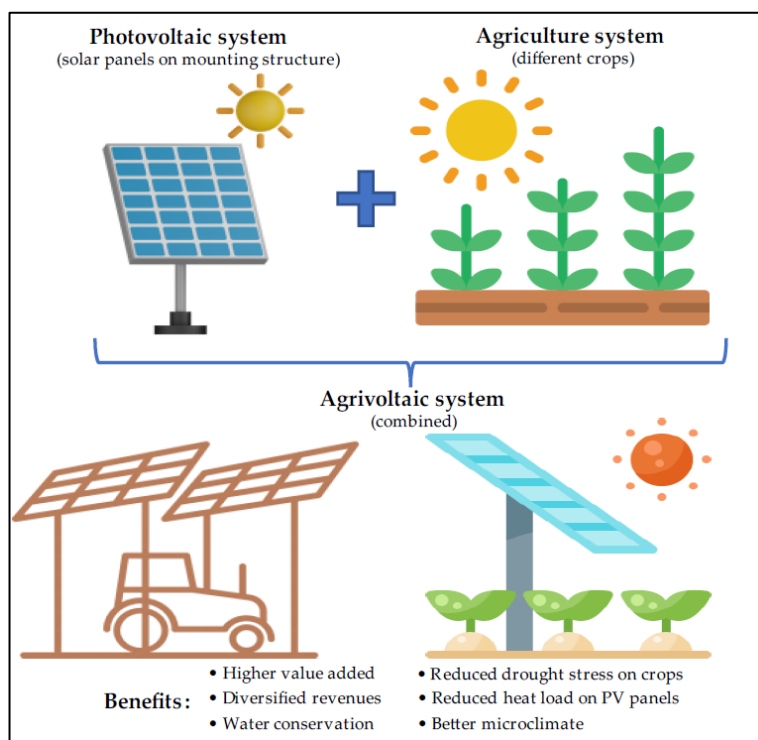


Figura 11. Comparazione tra fotovoltaico tradizionale e agrovoltaico (Chalgynbayeva et al., 2023).

3.1 Aspetti agronomici e culturali nell'impianto agrovoltaico

L'installazione di un impianto agrovoltaico avrà degli effetti sull'agricoltura, non solo in termini di produzione delle colture, ma anche sulle pratiche agronomiche (Amaducci et al., 2018; Wagner et al., 2023). Per questo motivo andranno analizzati separatamente l'influenza sugli aspetti tecnici e le procedure di gestione del terreno, dagli effetti sulle condizioni microclimatiche e le conseguenze per la resa delle coltivazioni (Adeh et al., 2018).

Sebbene l'applicazione della tecnologia agrovoltaico sia in continua espansione in tutto il mondo, ad essa è attualmente associata una scarsa ricerca scientifica volta ad esaminare l'impatto sui parametri agronomici, in particolar modo sulle performance delle colture, in termini qualitativi e quantitativi. A tal proposito, ad oggi, la pratica maggiormente diffusa consiste nell'impiego di software che permettono di simulare e, di conseguenza, valutare gli effetti delle alterazioni ambientali sulla resa agricola. L'applicazione di un sistema agrovoltaico impone dei vincoli

stringenti per quanto riguarda la produzione delle colture e le tecniche richieste per la gestione del terreno (Dinesh & Pearce, 2016).

In prima istanza, le strutture sulle quali verranno montati i moduli fotovoltaici dovranno rispettare dei requisiti minimi in termini di dimensioni, per permettere alle convenzionali macchine agricole di operare sul campo: per una coltivazione di cereali, ad esempio, sarà necessario che i pannelli siano posti almeno a 4-5 m di altezza. Inoltre, la distanza tra i plinti che sorreggono la struttura dovrà essere compatibile con le distanze di piantumazione, al fine di ridurre le perdite di terreno coltivabile, e ovviamente con la larghezza delle macchine. Oltre all'impatto sugli aspetti gestionali del terreno sopracitati, un impianto agrivoltaico avrà degli effetti, altrettanto inevitabili, sulle condizioni microclimatiche, con risultanti conseguenze sulla resa delle colture. Stando a quanto riportato in letteratura, i parametri maggiormente influenzati sono: la temperatura del suolo, quella dell'aria e la quantità di radiazione solare disponibile al terreno. Di maggior rilevanza quest'ultimo parametro, in quanto principalmente da esso dipendono le caratteristiche qualitative delle colture e il loro livello di sviluppo (Adeh et al., 2018; Amaducci et al., 2018).

Le colture da foraggio, prato o pascolo in sistemi agro-zootecnici sono sicuramente vocate a questa integrazione, e hanno maggiormente da guadagnare anche in termini di miglioramento delle prestazioni aziendali, sia sul versante della mitigazione della spinta alla crescita dei volumi produttivi, sempre meno compatibile con la qualificazione delle produzioni oltre che con la compliance a norme e direttive (es. nitrati e benessere animale), sia su quello della miglior gestione dei bilanci economici e materiali dell'azienda: dalla riduzione della dipendenza dall'import mangimistico all'ottimizzazione delle superfici per la gestione delle deiezioni (Amaducci et al., 2018; Andrew et al., 2021; Schindele et al., 2020; Valle et al., 2017).

Un approccio di miglioramento produttivo diventa in questo caso sostenibile se, contestualmente alla solarizzazione, si intraprende una strategia di riequilibrio e di moderazione degli eccessi, riducendo le intensità delle produzioni animali che caratterizzano la zootecnia nelle aree in cui questa viene oggi esercitata secondo modalità eccessivamente concentrate (modello intensivo), e consentendo, al contrario, una migliore utilizzazione dell'asset territoriale in contesti di zootecnia estensiva con pascolamento. La differenziazione e l'integrazione economica derivante dall'installazione potrebbe costituire un benefit aziendale in grado di compensare e stabilizzare il reddito pur riducendo, ove eccessivo, il carico zootecnico in ottica di qualificazione, non solo ambientale, della produzione (Andrew et al., 2021; Maity et al., 2023; Schindele et al., 2020).

L'applicazione fotovoltaica a sistemi di coltivazione di foraggi, nella prospettiva della nuova riforma PAC (2023-2027) (Di Stefano & Ingoglia, 2022), deve poter consentire un più coerente utilizzo delle risorse derivanti dagli aiuti comunitari al fine di rendere sostenibili e stabilizzare gli investimenti necessari ad assicurare l'adesione alla condizionalità rafforzata e agli eco-schemi, condizione tanto più necessaria, anche in ottica di mitigazione, in un comparto che è, motivatamente, ritenuto responsabile di severi impatti ambientali. È infatti chiaro che l'Italia (similmente ad altri Paesi europei) non potrà esibire miglioramenti significativi in termini di prestazioni climatico-ambientali dell'agricoltura se non sarà in grado di incidere sull'impatto esercitato dalla filiera zootecnica, a cui è imputabile oltre l'80% delle emissioni climalteranti in agricoltura (Schindele et al., 2020).

Con riferimento invece alle colture alimentari, sebbene diversi studi e sperimentazioni abbiano fornito dati molto positivi sulla tenuta o addirittura sull'aumento delle rese produttive in sistemi combinati food crops – FV (Thomas et al., 2023; Wagner et al., 2023), tali risultati sono riferibili soprattutto a condizioni climatiche sub-tropicali e/o sub-aride, entro cui possono rientrare senz'altro molte coltivazioni delle latitudini mediterranee, mentre per i climi umido-continentali i risultati in termini di rese produttive devono essere attentamente valutati, con riferimento alla tipologia colturale e alle condizioni pedoclimatiche locali, sia rispetto alle rese produttive che alle prestazioni qualitative e nutrizionali del prodotto.

3.1.1 Impianti fissi applicati a colture estensive e aree pascolive

Un'interessante applicazione può essere legata al ripristino/consolidamento di colture di natura estensiva, particolarmente in zootecnia (Andrew et al., 2021; Chalgybayeva et al., 2023).

In questo caso le impiantistiche energetiche potrebbero anche accompagnare la conversione di seminativi in prati permanenti e pascoli, ed essere sostenute da pagamenti PAC abbinati ad entrambe le azioni. Le installazioni possono produrre un vantaggio produttivo, specialmente negli ambienti a clima mediterraneo e con ridotte o assenti disponibilità irrigue, consentendo di aumentare la produzione di fieno ed erba, grazie al miglioramento dell'umidità del suolo connessa alle fasce d'ombra e alla riduzione del fabbisogno idrico delle vegetazioni. La maggior diversificazione di condizioni edafiche, termiche e luminose consentirebbe inoltre di aumentare la biodiversità vegetale e con ciò la qualità pabulare del foraggio, riducendo il rischio

di sovra pascolamento specie in annate siccitose, oltre ad offrire condizioni di maggior comfort e riparo per il bestiame al pascolo o razzolamento (Valle et al., 2017).

Un'impiantistica fotovoltaica fissa agirebbe da deterrente a conversioni in senso opposto (da prato/pascolo a seminativo), che sempre causano pesanti perdite di sostanza organica, e quindi desorbimento di CO₂, dai suoli interessati (Andrew et al., 2021; Dupraz et al., 2011; Valle et al., 2017).

Le colture da foraggio, prato o pascolo in sistemi agro-zootecnici sono sicuramente vocate a questa integrazione, e hanno maggiormente da guadagnare anche in termini di miglioramento delle prestazioni aziendali, sia sul versante della mitigazione della spinta alla crescita dei volumi produttivi, sempre meno compatibile con la qualificazione delle produzioni oltre che con la compliance a norme e direttive (es. nitrati e benessere animale), sia su quello della miglior gestione dei bilanci economici e materiali dell'azienda: dalla riduzione della dipendenza dall'import mangimistico all'ottimizzazione delle superfici per la gestione delle deiezioni (Andrew et al., 2021).

Un approccio di miglioramento produttivo diventa in questo caso sostenibile se, contestualmente alla solarizzazione, si intraprende una strategia di riequilibrio e di moderazione degli eccessi, riducendo le intensità delle produzioni animali che caratterizzano la zootecnia nelle aree in cui questa viene oggi esercitata secondo modalità eccessivamente concentrate (modello intensivo), e consentendo, al contrario, una migliore utilizzazione dell'asset territoriale in contesti di zootecnia estensiva con pascolamento. La differenziazione e l'integrazione economica derivante dall'installazione potrebbe costituire un benefit aziendale in grado di compensare e stabilizzare il reddito pur riducendo, ove eccessivo, il carico zootecnico in ottica di qualificazione, non solo ambientale, della produzione (Schindele et al., 2020).

L'applicazione agrovoltaica a sistemi di coltivazione di foraggi, nella prospettiva della nuova riforma PAC (2020-2027), deve poter consentire un più coerente utilizzo delle risorse derivanti dagli aiuti europei al fine di rendere sostenibili e stabilizzare gli investimenti necessari ad assicurare l'adesione alla condizionalità rafforzata e agli eco-schemi, condizione tanto più necessaria, anche in ottica di mitigazione, in un comparto che è, motivatamente, ritenuto responsabile di severi impatti ambientali (Di Stefano & Ingoglia, 2022). E' infatti chiaro che l'Italia (similmente ad altri Paesi europei) non potrà esibire miglioramenti significativi in termini di prestazioni climatico-ambientali dell'agricoltura se non sarà in grado di incidere sull'impatto

esercitato dalla filiera zootecnica, a cui è imputabile oltre l'80% delle emissioni climalteranti in agricoltura (Presidenza del Consiglio dei Ministri, 2020).

3.1.2 Impianti integrati in produzioni orticole e solar sharing

Le installazioni all'interno dell'azienda possono essere utilizzate, in piani di coltivazione che prevedano opportuni avvicendamenti, in alleanza con colture che non competano in altezza con le superfici esposte dei pannelli. Molte di queste colture, specialmente in climi caldi, beneficiano dell'ombreggiatura parziale offerta dai pannelli in opportuna configurazione, che migliora l'umidità del terreno e riduce la ventosità al suolo.

In molti Paesi queste impiantistiche "leggere" sono adottate anche per le coltivazioni ortofrutticole. Il modello di riferimento è probabilmente quello giapponese, Paese la cui natura insulare, le tensioni geopolitiche e le ridotte superfici agricole hanno tradizionalmente scoraggiato il fotovoltaico su terreni agricoli, addirittura proibito da una disposizione di legge fino ai primi anni '10. Il divieto è stato superato con il concetto, sviluppato da (Sekiyama & Nagashima, 2019) di *solar sharing*, la convivenza tra impiantistiche FV leggere, spesso movimentabili e adattabili alla tipologia di coltura sottostante, e piccole e medie aziende agricole che ne ricavano una sostanziale integrazione di reddito. Anche se esistono installazioni anche più rilevanti, fino alla taglia dell'utility-scale, sempre allestite in base al principio della convivenza con le colture agricole, l'attuale schema di sostegno alle aziende agricole in Giappone privilegia il ricorso al solare come beneficio alle piccole aziende, tanto che la più recente regolamentazione (2018) prevede un orizzonte di sviluppo pari a 500 installazioni/anno con una potenza media di circa 0,7 MWp ciascuna.

Per esigenze di meccanizzazione, tali installazioni possono prevedere il montaggio in posizioni elevate al di sopra del colmo dei trattori agricoli, così da consentirne il transito, anche se il maggior costo di queste tipologie va valutato in rapporto sia al ritorno dell'investimento che agli oneri gestionali e manutentivi in relazione alle colture sottostanti, avendo riguardo al variare stagionale dei relativi fabbisogni di radiazione luminosa (Chalgynbayeva et al., 2023; Mamun et al., 2022).

3.2 Tipologia colturale

Ciò che influenza la scelta colturale e le colture di per sé sono principalmente i moduli fotovoltaici. Facendo da copertura, i pannelli fotovoltaici riducono l'evapotraspirazione delle piante consentendo di avere un risparmio idrico (Adeh et al., 2018).

I sistemi agrivoltaici possono infatti migliorare l'efficienza d'uso dell'acqua da parte delle colture e del suolo. Per la realizzazione di qualsiasi tipologia di impianto è obbligatoria una descrizione dell'area che comprenda: descrizione del terreno con eventuale grado di pendenza, percentuale di superficie occupata, tipologia di coltura, numero di cicli da realizzare, esposizione a raggi solarie presenza di eventuali vincoli nell'appezzamento (Adeh et al., 2018).

Non tutte le specie vegetali sono adattabili alla condizione di ombreggiamento (Barron-Gafford et al., 2019; Valle et al., 2017) e si è analizzato che l'uso di colture che tollerano l'ombra porta una riduzione delle perdite di raccolto e un aumento del valore economico di oltre il 30% (Dinesh & Pearce, 2016).

Per questo motivo è importante stabilire la densità di copertura (LAOR) la quale deve garantire un'equilibrata produttività di energia elettrica e redditività della coltura. Attraverso questo equilibrio è possibile avere un aumento dell'umidità dell'aria nelle zone sottostanti ai moduli che, oltre a produrre effetti favorevoli sulla crescita vegetale riduce la temperatura dei moduli con un vantaggio nel loro rendimento.

Una classificazione delle colture più o meno adatte alla copertura da moduli fotovoltaici può essere riassunta nel seguente elenco:

1. Colture non adatte: si fa riferimento a specie vegetali con elevato fabbisogno di luce (eliofile) alle quali è possibile avere una forte diminuzione della resa nel caso in cui ci sia una densità di copertura troppo elevata. Queste colture sono ad esempio il frumento, farro, mais, girasole, alberi da frutto, cavolo rosso, cavolo cappuccio, miglio e zucca (Amaducci et al., 2018; Marrou et al., 2013).
2. Colture poco adatte: principalmente barbabietola da zucchero, barbabietola rossa e cavolfiore (Chalgynbayeva et al., 2023).
3. Colture adatte: per le quali un ombreggiamento moderato non ha quasi alcun effetto sulle rese. Tra queste abbiamo segale, orzo, avena, colza, pisello, cavolo verde, asparago, carota,

- ravanello, porro, sedano, finocchio, tabacco (Chalgynbayeva et al., 2023; Mamun et al., 2022).
4. Colture mediamente adatte: come cipolla, fagiolo, cetriolo e zucchine (Chalgynbayeva et al., 2023; Colantoni et al., 2021; Colantoni & Di Stefano, 2021; Marrou et al., 2013).
 5. Colture molto adatte: in questo caso l'ombreggiamento ha effetti positivi sulle rese. Queste particolari condizioni si possono riscontrare su patata, spinaci, insalata, luppolo, fave, agrumi ed uva (Chalgynbayeva et al., 2023; Malu et al., 2017; Marrou et al., 2013).

3.2.1 La scelta della coltura

I sistemi agrovoltaici nascono dall'intuizione di poter sfruttare un terreno agricolo per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, senza che questo venga sottratto alla propria destinazione d'uso (Agostini et al., 2021; Colantoni et al., 2021; Colantoni & Di Stefano, 2021; Di Stefano & Colantoni, 2022).

L'impianto agrovoltaico, quindi, deve influenzare nel minor modo possibile la resa agricola, permettendo il normale sviluppo delle colture. L'installazione dei moduli fotovoltaici, oltre alla sottrazione di terreno coltivabile, data la presenza delle strutture che li sorreggono, comporta un altro effetto, tanto prevedibile quanto inevitabile: il parziale ombreggiamento del terreno sottostante, riducendo la quantità di radiazione solare, diretta e diffusa, disponibile alle coltivazioni. Sarà quindi di fondamentale importanza individuare una tipologia di coltura che fornisca una risposta soddisfacente, in termini di crescita, e che non sia compromessa dalle variazioni microclimatiche causate dalla presenza dei moduli (Barron-Gafford et al., 2019). Ovvero, una coltura da considerare compatibile con gli impianti agrovoltaici.

Come è noto, il tasso di crescita di una pianta varia prevalentemente in risposta alla disponibilità di radiazione solare (Barron-Gafford et al., 2019). Ciò è giustificato dal fatto che la maggior parte della biomassa vegetale è formata da composti del carbonio, la cui quantità è il risultato del bilancio tra la CO₂ assimilata con la fotosintesi e quella persa attraverso la respirazione (fase anabolica e fase catabolica), ovvero il tasso di assimilazione netta della CO₂ (NAR).

A sua volta, la fotosintesi è funzione della quantità di radiazione intercettata dalle foglie della pianta. Ammesso che non vi siano altri fattori ambientali limitanti i processi metabolici (scarsità di acqua, fitopatie, ecc.), come emerso dagli studi disponibili in letteratura, una maggiore

disponibilità di radiazione si traduce in un aumento del NAR, secondo una relazione che ha la forma di una curva di saturazione: la curva di risposta alla luce.

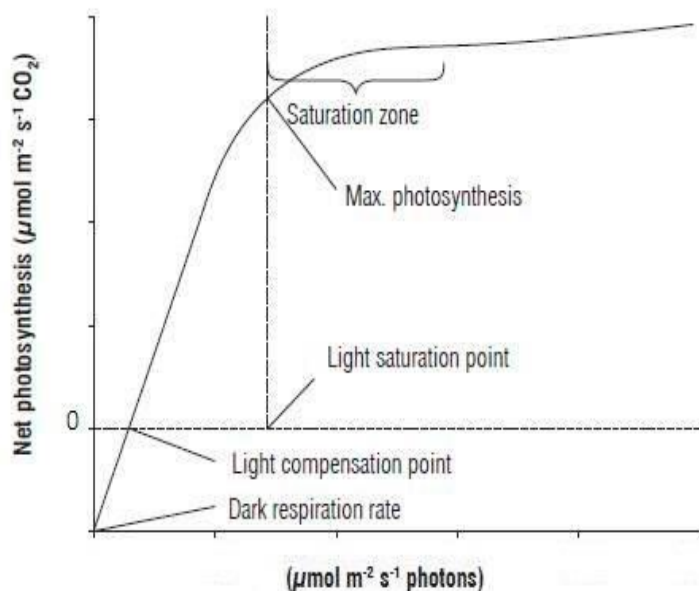


Figura 12. Curva di risposta alla luce.

Nelle ordinate il NAR è espresso in μmol di CO_2 assimilata m^{-2} area fogliare s^{-1} , nelle ascisse la quantità di radiazione solare è espressa in densità di flusso fotonico fotosintetico: μmol di fotoni per unità di tempo per unità di superficie. Ciascuna pianta o coltura è caratterizzata da una propria curva di risposta alla luce, a seconda della capacità di adattarsi a differenti intensità di illuminazione. La curva di assimilazione della CO_2 della lattuga, ad esempio, mostra un'elevata attività fotosintetica della pianta a bassa irradianza, ciò si traduce in una migliore efficienza fotosintetica, in condizioni di ridotta intensità luminosa, rispetto alle altre piante. Il punto di saturazione luminosa della lattuga si colloca tra i 450 e i 475 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

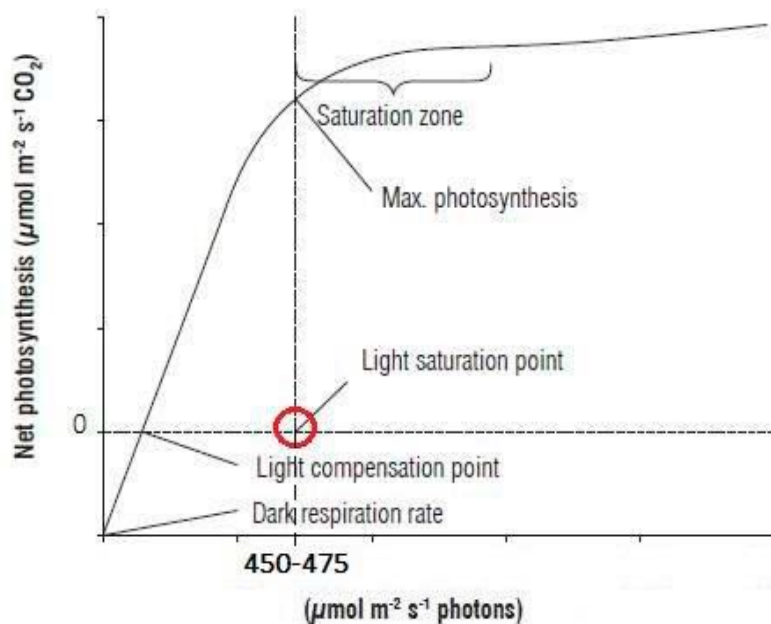


Figura 13. Curva di risposta alla luce.

Questo permette alla lattuga di realizzare il tasso massimo di fotosintesi netta a livelli di irradianza minori rispetto a molte altre tipologie di colture. È proprio questa caratteristica che ha permesso di individuare la lattuga (Marrou et al., 2013) come una coltura altamente compatibile con un impianto agrivoltaico: anche le piante ombreggiate dai moduli, nelle diverse ore della giornata, potrebbero ricevere una quantità di radiazione solare, ovviamente diffusa, sufficiente per effettuare il massimo tasso di fotosintesi. Ciò permetterebbe di ottenere una resa della coltura con valori prossimi a quelli che si avrebbero in condizioni di coltivazione in pieno campo, senza quindi compromettere la produzione agricola.

3.3. Produzione agricola e monitoraggio delle colture

Le Linee guida del MiTE, oltre ai tre requisiti strutturali citati nel Capitolo 2, prevede due requisiti dedicati esclusivamente alla produzione agricola e al monitoraggio delle colture, in ottica di continuità dell'attività agricola e zootecnica negli impianti agrovoltaici (Ministero dell'Ambiente e della Transizione Ecologica, 2022).

In particolare, recitano le Linee guida, che i valori dei parametri tipici relativi al sistema

agrivoltaico dovrebbero essere garantiti per tutta la vita tecnica dell'impianto.

L'attività di monitoraggio, dunque, è quindi utile sia alla verifica dei parametri fondamentali, quali la continuità dell'attività agricola sull'area sottostante gli impianti, sia di parametri volti a rilevare effetti sui benefici concorrenti (Ministero dell'Ambiente e della Transizione Ecologica, 2022).

Gli esiti dell'attività di monitoraggio, con specifico riferimento alle misure di promozione degli impianti agrivoltaici innovativi citate in premessa, sono fondamentali per valutare gli effetti e l'efficacia delle misure stesse e per tale motivo il DL 77/2021 ha previsto che, ai fini della fruizione di incentivi statali, sia installato un adeguato sistema di monitoraggio che permetta di verificare le prestazioni del sistema agrivoltaico con particolare riferimento alle seguenti condizioni di esercizio (Di Stefano & Colantoni, 2022; Ministero dell'Ambiente e della Transizione Ecologica, 2022). In particolare, il MiTE ha classificato tale requisito come requisito D e lo ha suddiviso in due macrocategorie:

D.1) il risparmio idrico;

D.2) la continuità dell'attività agricola, ovvero: l'impatto sulle colture, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture o allevamenti e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate.

In aggiunta a quanto sopra, al fine di valutare gli effetti delle realizzazioni agrovoltaiche, il PNRR prevede altresì il monitoraggio dei seguenti ulteriori parametri che le Linee guida etichettano come REQUISITO E (Governo italiano, 2020; Ministero dell'Ambiente e della Transizione Ecologica, 2022):

E.1) il recupero della fertilità del suolo;

E.2) il microclima;

E.3) la resilienza ai cambiamenti climatici.

Infine, per monitorare il buon funzionamento dell'impianto fotovoltaico e, dunque, in ultima analisi la virtuosità della produzione sinergica di energia e prodotti agricoli, è importante la misurazione della produzione di energia elettrica, che molti sistemi fotovoltaici e agrovoltaici già possiedono (Chalgybayeva et al., 2023; Mamun et al., 2022).

Di seguito una breve disamina di ciascuno dei predetti parametri e delle modalità con cui

possono essere monitorati.:

Entrambi i requisiti prevedono l'introduzione di sistemi di monitoraggio agronomici ed economici utilizzati per la rilevazione di effetti benefici o negativi sulle colture. Tali sistemi sono essenziali per garantire la continuità dell'attività agricola negli impianti agrovoltai.

In particolar modo il requisito D prevede che sia installato un adeguato sistema per il monitoraggio di:

D.1) RISPARMIO IDRICO

Con l'utilizzo dei sistemi agrivoltai si possono adottare importanti soluzioni sulla gestione della risorsa idrica in quanto il fabbisogno idrico può essere ridotto per effetto del maggior ombreggiamento del suolo (Barron-Gafford et al., 2019; Ministero dell'Ambiente e della Transizione Ecologica, 2022). È possibile, dove previsto, creare un'efficace infrastruttura per il recupero delle acque meteoriche con sistemi di raccolta specifici. Gli utilizzi idrici sono in funzione del tipo di coltura, tecnica colturale, apporti idrici naturali, evapotraspirazione e tecniche di irrigazione.

Per il monitoraggio del risparmio idrico si può far riferimento ad aree agricole con medesima coltura in assenza di impianto agrovoltai. Per questo motivo è stato emesso il Decreto Ministeriale del 31/07/2015¹⁴³: “Linee guida per la regolamentazione da parte delle Regioni delle modalità di quantificazione dei volumi idrici ad uso irriguo” che prevede tecniche di quantificazione sull'utilizzo dell'acqua.

Il monitoraggio prevede la rilevazione periodica, la quantificazione e la trasmissione dei dati alla piattaforma del Sistema informativo nazionale per la gestione delle risorse idriche in agricoltura (SIGRIAN¹⁴⁴) dei volumi idrici a scopo irriguo utilizzati (Ministero dell'Ambiente e

¹⁴³ Questo decreto, inoltre, ha istituito presso il Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali un tavolo permanente, coordinato dal Capo del Dipartimento delle politiche europee e internazionali e dello sviluppo rurale, o da un suo delegato, cui partecipano il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, le Regioni e Province autonome, le Autorità di distretto idrografico, il CREA, l'ANBI (Associazione nazionale bonifiche e irrigazioni), l'ISTAT e le Associazioni di categoria agricole, con l'incarico di monitorare le attività indicate nelle Linee guida anche con riferimento alla raccolta e gestione dei dati sui volumi irrigui, nonché di proporre ulteriori documenti tesi ad uniformare i metodi di stima.

¹⁴⁴ Il SIRGIAN è uno strumento di riferimento per il monitoraggio dei volumi irrigui previsto dal Decreto del Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali del 31/07/2015 “Approvazione delle linee guida per la regolamentazione da parte delle Regioni delle modalità di quantificazione dei volumi idrici ad uso irriguo”, che

della Transizione Ecologica, 2022).

D.2) MONITORAGGIO DELLA CONTINUITÀ DELL'ATTIVITÀ AGRICOLA

Tale requisito, prevede che ci siano due elementi specifici da monitorare durante la vita dell'impianto attraverso una relazione tecnica con cadenza stabilita e coordinata da un agronomo.

Essi sono:

- l'esistenza e la resa della coltivazione;
- il mantenimento dell'indirizzo produttivo.

Questo requisito è stato introdotto con il DM 12/01/2015 n. 162 in materia di: "Piano colturale aziendale o Piano di coltivazione"¹⁴⁵ ed è già in vigore per aziende agricole.

Il requisito E, introdotto dal PNRR¹⁴⁶ (Presidenza del Consiglio dei Ministri, 2020), prevede il monitoraggio di tre macro-elementi:

E.1) RECUPERO DELLA FERTILITÀ DEL SUOLO

In questo parametro si fa riferimento in particolare al recupero di terreni abbandonati o non coltivati (c.d. *greenfields* e *brownfields*) che potrebbero rientrare in produzione grazie alla redditività garantita dai sistemi agrivoltaici. Le Linee guida rilevano che è importante monitorare i casi in cui sia ripresa l'attività agricola su superfici agricole non utilizzate negli ultimi 5 anni (Ministero dell'Ambiente e della Transizione Ecologica, 2022).

raccoglie tutte le informazioni di natura gestionale, infrastrutturale e agronomica relative all'irrigazione collettiva ed autonoma a livello nazionale; è un geodatabase, strutturato come un WebGis in cui tutte le informazioni sono associate a dati geografici, collegati tra loro nei diversi campi, con funzione anche di banca dati storica utile ai fini di analisi dell'evoluzione dell'uso irriguo dell'acqua nelle diverse aree del Paese.

¹⁴⁵ Per informazioni: <https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/8499>

¹⁴⁶ La misura di investimento nello specifico prevede: i) l'implementazione di sistemi ibridi agricoltura-produzione di energia che non compromettano l'utilizzo dei terreni dedicati all'agricoltura, ma contribuiscano alla sostenibilità ambientale ed economica delle aziende coinvolte, anche potenzialmente valorizzando i bacini idrici tramite soluzioni galleggianti; ii) il monitoraggio delle realizzazioni e della loro efficacia, con la raccolta dei dati sia sugli impianti fotovoltaici sia su produzione e attività agricola sottostante, al fine di valutare il microclima, il risparmio idrico, il recupero della fertilità del suolo, la resilienza ai cambiamenti climatici e la produttività agricola per i diversi tipi di colture.

E.2) MICROCLIMA

Con questo parametro viene evidenziato l'impatto che un impianto così tecnologico può recare sulle colture limitrofe e sottostanti. Una variazione del microclima locale può venirsi a creare grazie alla diminuzione della superficie utile per la coltivazione a causa della struttura a palizzata, quantità di luce, precipitazioni e circolazione dell'aria intercettate al di sotto dell'impianto (Adeh et al., 2018).

Questi aspetti possono essere monitorati grazie a sensori di temperatura, umidità e velocità dell'aria confrontandoli con zone limitrofe in assenza di impianto.

In particolare, il monitoraggio potrebbe riguardare:

- la temperatura ambiente esterno (acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti) misurata con sensore (preferibile PT100) con incertezza inferiore a $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$;
- la temperatura retro-modulo (acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti) misurata con sensore (preferibile PT100) con incertezza inferiore a $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$;
- l'umidità dell'aria retro-modulo e ambiente esterno, misurata con igrometri/psicrometri (acquisita ogni minuto e memorizzata ogni 15 minuti);
- la velocità dell'aria retro-modulo e ambiente esterno, misurata con anemometri.

I risultati di tale monitoraggio possono essere registrati, recitano le Linee guida, tramite una relazione triennale redatta da parte del proponente (Ministero dell'Ambiente e della Transizione Ecologica, 2022).

E.3) MONITORAGGIO DELLA RESILIENZA AI CAMBIAMENTI CLIMATICI

E' chiaro che la produzione di elettricità da moduli fotovoltaici deve essere realizzata in condizioni che non pregiudichino l'erogazione dei servizi o le attività impattate da essi in ottica di cambiamenti climatici attuali o futuri. dovrà essere perciò prevista una valutazione del rischio ambientale e climatico attuale e futuro in relazione ad alluvioni, nevicate, innalzamento dei livelli dei mari, piogge intense, ecc. per individuare e implementare le necessarie misure di adattamento in linea con il Framework dell'Unione Europea¹⁴⁷. Dunque:

¹⁴⁷ Per approfondimenti v. Capitolo 1.

- in fase di progettazione: il progettista dovrebbe produrre una relazione recante l'analisi dei rischi climatici fisici in funzione del luogo di ubicazione, individuando le eventuali soluzioni di adattamento;
- in fase di monitoraggio: il soggetto erogatore degli eventuali incentivi verificherà l'attuazione delle soluzioni di adattamento climatico eventualmente individuate nella relazione di cui al punto precedente (ad esempio tramite la richiesta di documentazione, anche fotografica, della fase di cantiere e del manufatto finale).

3.4 Il sistema di monitoraggio dell'Università degli Studi della Tuscia: AGRIFOTO

Durante il triennio di ricerca e alla luce dei requisiti imposti dal MiTE (Ministero dell'Ambiente e della Transizione Ecologica, 2022) e dal Governo italiano (Presidenza del Consiglio dei Ministri, 2020), e in attesa dell'emanazione delle Linee guida CREA-GSE ai sensi del DL 17/2022, presso l'Università degli Studi della Tuscia è iniziata un'importante sperimentazione di un sistema di monitoraggio coerente con gli standard previsti dalle Linee guida stesse e dalla normativa vigente, in particolare che permettesse di monitorare i requisiti D ed E.

Nel dettaglio, il sistema innovativo di monitoraggio delle colture negli impianti agrovoltai, denominato AGRIFOTO e in corso di brevettazione, è basato sull'utilizzo di camere multispettrali posizionate sui pali dei pannelli che permettono di analizzare i principali indici di vegetazione e sull'utilizzo di sensori che permettono la misurazione dei parametri agroambientali¹⁴⁸ stabiliti dalla normativa vigente¹⁴⁹ e dalle Linee guida.

Gli indici di vegetazione sono una combinazione della percentuale di radiazione riflessa in diverse bande specifiche.

Gli indici di vegetazione (VI) sono semplici e importanti algoritmi utilizzati per estrarre informazioni dalla firma spettrale della vegetazione. Le proprietà della vegetazione possono essere classificate in tre classi principali: proprietà strutturali, fisiologia e biochimica delle piante. Gli indici di vegetazione, dunque, sono utili per studiare le proprietà delle colture attraverso la conversione del valore di riflettanza in un singolo valore numerico.

¹⁴⁸ In particolare: il microclima, il risparmio idrico, il recupero della fertilità del suolo, la resilienza ai cambiamenti.

¹⁴⁹ v. DL 77/2021.

Le proprietà della vegetazione sono divise in sintesi in tre categorie principali:

1. Strutturale
2. Biochimico,
3. Fisiologia vegetale/Stress vegetale.

Nel nostro sistema scientifico esistono diversi indici di vegetazione e quelli più utilizzati sono i seguenti:

1. per vigore (NDVI, WDRVI, GNDVI, LAI, SAVI)
2. per stress idrico (NDMI e NMDI)
3. per clorofilla (TCARI/OSAVI)

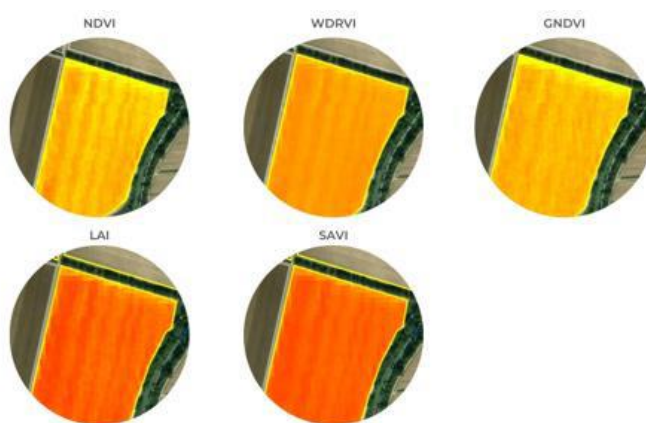


Figura 14. Tipi di indici di vegetazione.

L'indice di vegetazione più utilizzato è senza dubbio l'NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Esso descrive il livello di vigoria della coltura e si calcola come rapporto tra la differenza e la somma della radiazione riflessa nel vicino infrarosso e nel rosso:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{ROSSO}}{\text{NIR} + \text{ROSSO}}$$

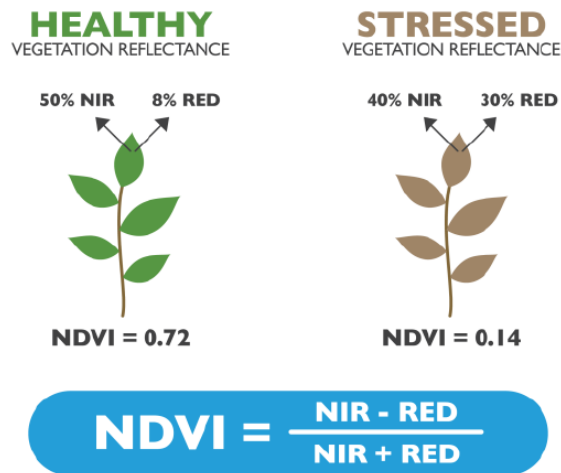


Figura 14. NDVI.

Come accennato, presso l'Università degli Studi della Tuscia è stata sviluppata una piattaforma per il monitoraggio delle colture e l'analisi dello stato di salute, tramite l'utilizzo di camere multispettrali. Il sistema AGRIFOTO si può dividere in 2 punti:

1. Sistema *hardware* mediante sistema di monitoraggio con telecamera multispettrale.
2. *Wireframe* per le foto gestionali e per la valutazione dell'indice di vegetazione.

Nella seguente figura è sintetizzato il funzionamento del sistema:

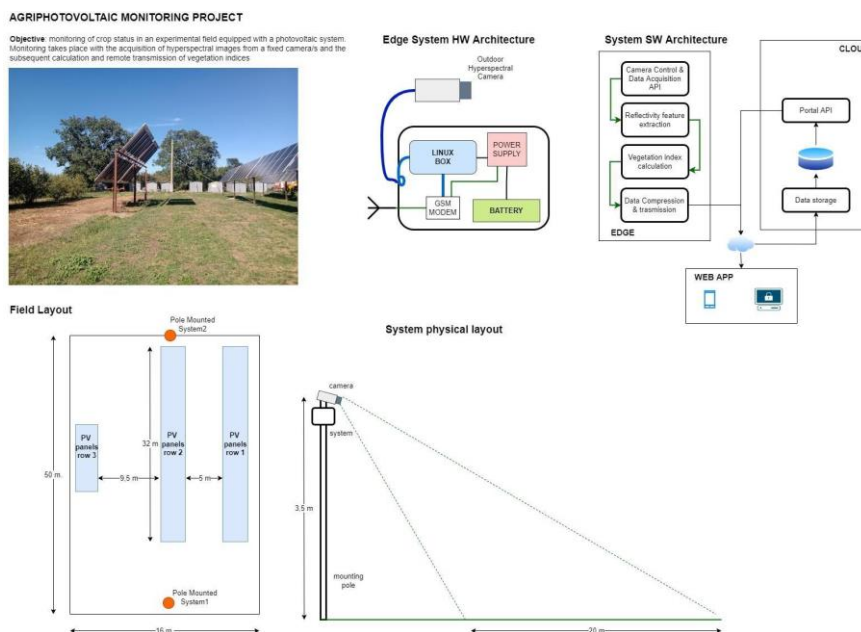


Figura 16. Schema di funzionamento AGRIFOTO.

Nella figura sottostante, invece, si può osservare la struttura del sistema di monitoraggio tramite una piattaforma di gestione innovativa *in cloud*. I dati registrati dalle camere e dai sensori saranno caricati su una piattaforma *cloud* liberamente accessibile dall'imprenditore agricolo tramite il servizio web e un'applicazione per tablet e smartphone.

I dati saranno conservati su apposito server per un periodo massimo di 10 anni decorrenti dall'installazione del sistema di monitoraggio, nel pieno rispetto della normativa sulla *privacy*.

Il sistema AGRIFOTO, dunque, consente il monitoraggio dei suoli agricoli dove sono stati installati impianti fotovoltaici, al fine di valutare, attraverso l'analisi multispettrale delle immagini raccolte, lo stato vegetativo delle colture.

Il sistema, grazie alla presenza di sensori e telecamere multispettrali, è inoltre in grado di supportare tecnici e professionisti nella redazione di perizie tecniche, pareri, relazioni economiche e agronomiche, rendendo più efficiente il lavoro e riducendo i margini di incertezza.

Il sistema AGRIFOTO può effettuare un'analisi comparativa antecedente e successiva all'installazione dei pannelli fotovoltaici: infatti, registrando i dati subito dopo l'installazione dell'impianto, potrà verificare lo stato di vigoria e di stress idrico delle colture, oltre che tutti i restanti parametri. Successivamente, una volta che si sono verificati gli impatti dei pannelli sulle colture con la registrazione dei nuovi dati, attraverso la piattaforma IoT¹⁵⁰, sarà possibile effettuare una comparazione dei dati e analizzare i vantaggi o i problemi legati all'installazione del sistema agrivoltaico.

Il Sistema AGRIFOTO è adatto a tutte le configurazioni di impianti agrivoltaici previste dalla Linee guida MiTE (Ministero dell'Ambiente e della Transizione Ecologica, 2022), ma è più adatto agli impianti di tipo 1 e 2 (agrovoltaico avanzato).

¹⁵⁰ L'Internet delle cose (IdC), in inglese Internet of Things (IoT), è un neologismo utilizzato nel mondo delle telecomunicazioni e dell'informatica che fa riferimento all'estensione di internet al mondo degli oggetti e dei luoghi concreti, che acquisiscono una propria identità digitale in modo da poter comunicare con altri oggetti nella rete e poter fornire servizi agli utenti. Si tratta dell'evoluzione del web stesso, il 3.0, inteso come la generalizzazione del Web of Things (o WoT) e come parte anche del web semantico e degli altri tipi di web.

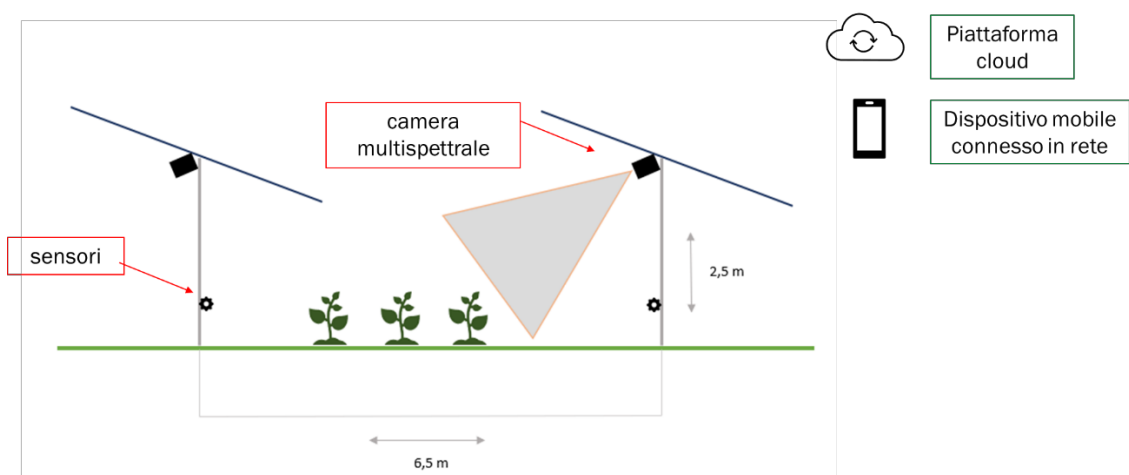


Figura 17. Schema di funzionamento AGRIFOTO.

Le camere acquisiranno un set di dati in diversi periodi giornalieri e in diverse condizioni di illuminazione.

Ogni immagine scattata dalla camera produce due *file*:

- un *file* binario con estensione .bip con l'hypercube contenente lo spettro dell'immagine per ciascun pixel;
- un *file* con estensione .hdr contenente i parametri di impostazione con cui è stata acquisita l'immagine;

La camera è controllata tramite un'interfaccia USB che consente di inviare comandi all'obiettivo e al motore di scansione:

- per controllare il processo di scansione da remoto, è stato installato un convertitore USB/ETH e un convertitore ETH/RADIO e il convertitore permette di utilizzare una portante radio WI-FI o GSM;
- è stato creato uno script Python per controllare la telecamera e acquisire dati immagini;
- è stato creato un secondo script Python per trasferire le immagini su un server web;
- il trasferimento delle immagini tramite portante GSM 4G è risultato troppo limitante rispetto alla dimensione dei file da trasferire, mentre il trasferimento tramite Wi-Fi è risultato idoneo.

Nella figura sottostante è spiegato il funzionamento del sistema di acquisizione dati.

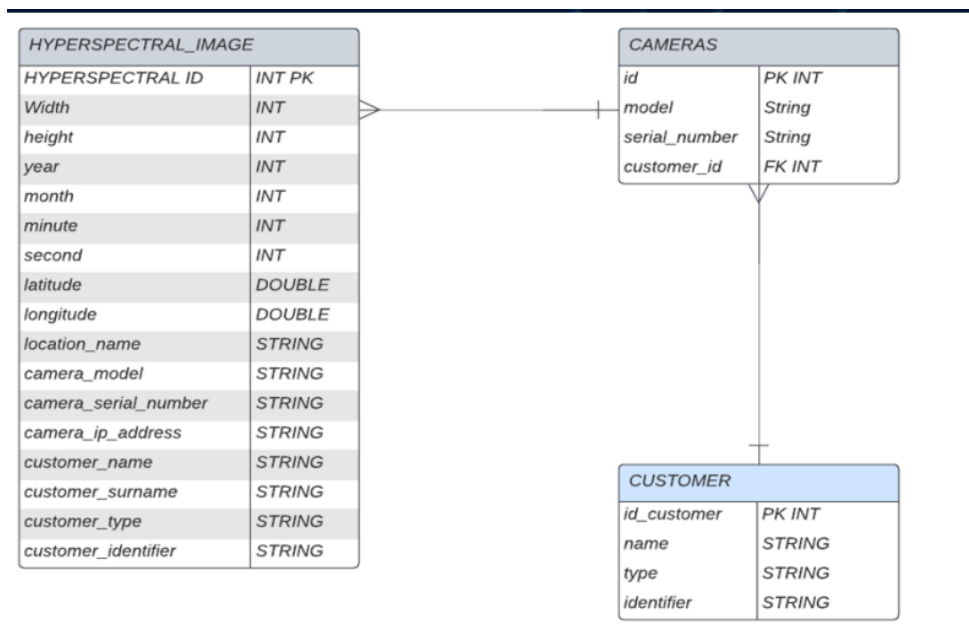


Figura 18. Schema di funzionamento sistema di acquisizione dati AGRIFOTO.

3.5 La sperimentazione in Italia: il caso studio dell'impianto di Montalto di Castro (VT)

L'Università degli Studi della Tuscia ha svolto e sta svolgendo varie sperimentazioni nella provincia di Viterbo. Su tutte, nel presente paragrafo, sarà analizzata quella in essere presso Montalto di Castro in provincia di Viterbo.

L'impianto di Montalto di Castro sorge nel territorio della Tuscia, in Provincia di Viterbo, al confine con la Toscana, e occupa una superficie pari a 6 ettari, alcuni dei quali inerbiti naturalmente. La zona dell'impianto posta più a nord, risulta essere più adatta per la conduzione di sperimentazioni, grazie ad una maggiore disponibilità di acqua irrigua e alla presenza di un terreno nettamente più pianeggiante.

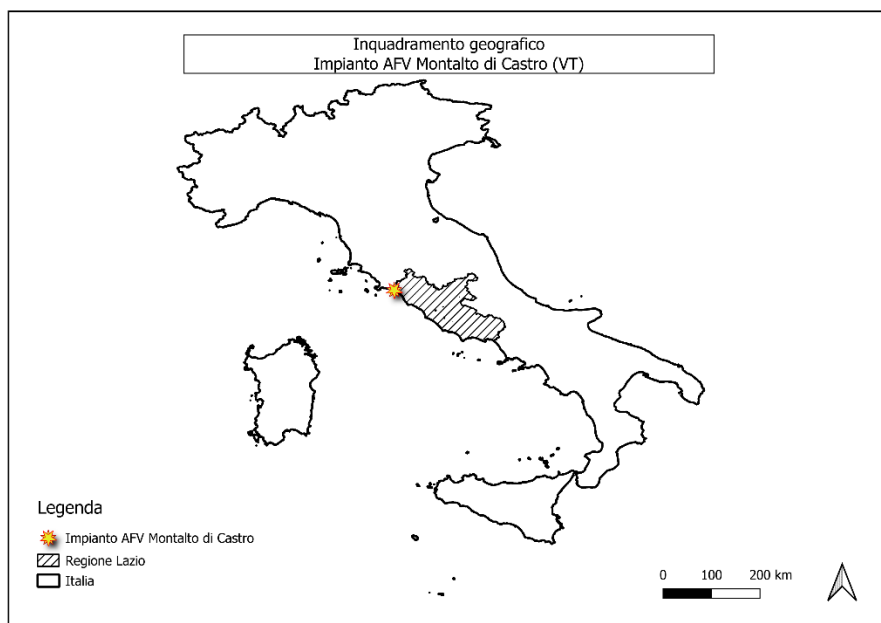


Figura 19. Inquadramento geografico impianto.

Dopo l'identificazione della zona più idonea per eseguire le sperimentazioni, segue il campionamento del suolo. Il campionamento prevede l'analisi fisico-chimica del suolo prelevato in più zone del sito scelto, in modo da poter estrapolare le caratteristiche medie dell'intero sito.

Nel caso specifico dell'impianto di Montalto di Castro, l'analisi granulometrica ha evidenziato la presenza di un substrato prevalentemente sabbioso e caratterizzato da un'alta presenza di scheletro. Sotto il profilo chimico, il valore del pH è intorno alla neutralità e la concentrazione di materia organica è molto ridotta. In sostanza si tratta di un terreno povero sia sotto l'aspetto chimico e biologico e piuttosto grossolano sotto quello dello stato strutturale.

Per la scelta delle colture da adottare per la sperimentazione, è importante avere in analisi i dati climatici più significativi, che mostrino l'andamento medio stagionale della temperatura e delle piogge (Adeh et al., 2018; Barron-Gafford et al., 2019). Nel nostro caso, in particolare, sono stati raccolti i dati dal 2004 fino al 2019, che mostrano come, naturalmente, temperatura ridotte e piogge elevate si concentrino nei mesi autunnali e invernali. Riordinando tutti questi dati, è possibile costruire l'andamento termo-pluviometrico stagionale del sito di sperimentazione.

Prima di proseguire con la realizzazione dell'impianto, è soprattutto necessario considerare le restrizioni territoriali vigenti per il sito considerato, specie sotto il profilo urbanistico e di gestione paesaggistica del territorio: il Piano Regolatore Generale (PRG), infatti, inserisce il

territorio di Montalto di Castro nella classe B2, ovvero tra i siti soggetti a protezione paesaggistica e per i quali, dunque, sono necessarie specifiche autorizzazioni prima di poter installare un impianto fotovoltaico. Secondo l'articolo 25 delle Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del PRG regionale, infatti, qualsiasi intervento ad impatto paesaggistico che viene effettuato nel territorio del Comune di Montalto di Castro, non deve in alcun modo danneggiare né l'esercizio delle imprese agricole né l'assetto territoriale e paesaggistico dell'area.

3.5.1 La scelta delle specie vegetali

Una volta considerati tutti questi aspetti: legali, urbanistici, pedo-climatici e agronomici, si passa alla scelta delle specie e delle varietà vegetali da impiantare e su cui effettuare la sperimentazione.

La scelta, però, è condizionata dalla presenza di tre fattori limitanti, tra cui:

- le caratteristiche pedo-climatiche proprie del sito di realizzazione dell'impianto;
- la larghezza contenuta (circa 4 m) dell'interfilare coltivabile tra i pannelli fotovoltaici;
- l'altezza limitata da terra (circa 1,5 m) dei pannelli fotovoltaici preesistenti.

Il primo fattore limitante impone di orientare la scelta verso le coltivazioni in grado di adattarsi al suolo prevalentemente sciolto che caratterizza la zona di Montalto di Castro, e al clima tipicamente mediterraneo che sottopone le colture a stress particolari, soprattutto nel periodo estivo.

Inoltre, la ridotta larghezza tra le file di pannelli non consente una agevole meccanizzazione agricola dell'impianto colturale, e porta alla scelta di colture che richiedano pochi interventi agronomici e che possano crescere quanto più indipendentemente possibile; ancora, la presenza delle strutture dei pannelli fotovoltaici può esporre la coltura al rischio di ombreggiamento ed elevata competizione tra le singole piante, rendendo la loro crescita, e quindi la resa, meno elevata (Chalgynbayeva et al., 2023).

Infine, l'altezza dei pannelli, posizionati a 1,5 m da terra, porta a preferire colture caratterizzate da un portamento limitato, che non superino gli 80-90 cm di altezza e che non interferiscano con i pannelli fotovoltaici, generando fenomeni di competizione per la luce ed ombreggiamento, andando ad inficiare l'efficienza produttiva dell'impianto e riducendo la produzione energetica.

Alla luce delle precedenti considerazioni, quindi, sono stati individuati due possibili cicli di rotazione colturale che rispettano tutte le caratteristiche precedentemente individuate:

1. Primo ciclo, della durata di un anno, che prevede la rotazione di:

Asparagus officinalis L., Crocus sativus L. e Trifolium repens L.

2. Secondo ciclo, effettuato dopo il primo anno, che prevede l'impiego di:

Cucumis sativus L., Solanum tuberosum L. e Asparagus officinalis L.

La scelta di inserire la coltura leguminosa del trifoglio bianco all'interno della rotazione colturale del primo anno, è dettata dalla necessità di dover reintegrare la sostanza organica del terreno, la cui dotazione è scarsa, riducendo nel contempo l'intervento agronomico della concimazione, sia di quella organica che di quella minerale azotata, aumentando la "forza vecchia" del suolo.

3.5.2 *Asparagus officinalis L.* (asparago)

Asparagus officinalis è una specie erbacea perenne largamente coltivata nel nord del Lazio, quindi nelle zone di Montalto e Tarquinia.

L'impianto, effettuato nel periodo di maggio-giugno, prevede l'utilizzo di turioni (c.d. zampe) di uno o due anni, che rappresentano il materiale cui si ricorre nella tecnica tradizionale; le zampe possono essere messe a dimora sia in autunno, che all'inizio della primavera.

Per la messa a dimora si deve creare sul fondo delle fosse un cuscinetto di letame, a sua volta coperto da un sottile strato di terra (2-3 cm), su cui vengono poste le zampe. Successivamente queste ultime vanno coperte con uno strato di terra fine (3-4 cm). Più raramente si ricorre alla semina diretta di semi ibridi della generazione F1 ottenuti in laboratorio e impiantati nel terreno dopo una lavorazione di 40 cm circa di profondità e una concimazione a base di azoto e fosforo. I semi vengono sistemati in file singole ad una distanza di 1,5 m x 0,3 m che permette di arrivare ad impiantare circa 22.000 semi per ettaro.

L'irrigazione è svolta tramite gocciolatoi che permettono di effettuare una micro-irrigazione localizzata che evita sprechi di acqua; la stessa tecnologia viene sfruttata per la fertirrigazione a base di fertilizzanti minerali. A partire dal primo anno viene effettuata una concimazione azotata in concentrazioni via via crescenti nel corso degli anni e che spaziano dai 90 kg/ha fino ad arrivare ai 150 kg/ha.

Al terzo anno dall'impianto, la coltura inizia a fornire i primi raccolti nel periodo di marzo-aprile, con una resa che si aggira sulle 6-7 t/ha di turioni freschi.

Dalle prime ricerche in letteratura, l'asparago sembrerebbe adattarsi bene al regime agrovoltico, con rese elevate e paragonabili a quelle in pieno campo. L'asparago è definita una promettente coltura per i sistemi agrovoltici in quanto è in grado di adattarsi bene alle scarse condizioni di luce (Cossu et al., 2020).

3.5.3 *Crocus sativus L.* (zafferano)

Le colture di zafferano si adattano perfettamente al clima mediterraneo, tanto è vero che numerosi ne sono gli esempi in questa zona.

La coltivazione prevede la lavorazione del terreno a 30 cm di profondità con una concimazione preventiva a base di nitrato ammonico e fosfato. I bulbi vengono poi sistemati ad una profondità di 12 cm e disposti in file, rispettando una distanza di 50cm ogni quattro file.

Le uniche cure colturali richieste riguardano il controllo delle infestanti, mentre per l'irrigazione, a parte in periodi particolarmente siccitosi, sono sufficienti le precipitazioni, se non nei periodi della fioritura (settembre-ottobre).

La raccolta, che consiste nel prelevare gli stigmi dai fiori appena sbocciati, viene effettuata manualmente, per una durata di 15-20 giorni. Considerando, infine, che la pianta non supera i 20-30 cm di altezza, la coltivazione di *Crocus sativus* risulta ideale se considerate le obbligazioni imposte dall'impianto di Montalto.

In letteratura, attualmente, non ci sono vere e proprie sperimentazioni con lo zafferano ma negli USA è partito il progetto Next2Sun che prevede l'installazione di moduli fotovoltaici verticali e la coltivazione di zafferano tra le file¹⁵¹.

3.5.4 *Trifolium repens L.* (trifoglio bianco o ladino)

Il trifoglio è una coltura annuale tipica del bacino del Mediterraneo. Non tollera le carenze idriche e ha un *optimum* di crescita quando la temperatura si aggira attorno ai 24 gradi.

Le cure colturali prevedono un attento monitoraggio delle infestanti, in quanto il trifoglio soffre fortemente i fenomeni di competizione con altre specie. Certamente, la caratteristica che rende il trifoglio bianco adatto ad essere coltivato nell'impianto di Montalto, è la capacità di garantire un inerbimento omogeneo del terreno, oltre che di generare effetti benefici grazie al sovescio che migliorerà la struttura dei suoli sciolti del sito, arricchendoli di sostanza organica e di humus.

Lo studio di Weselek et al., 2021 ha dimostrato che la produzione di sostanza fresca di trifoglio in un impianto agrovoltaiico è stata superiore rispetto alla coltivazione in pieno campo, grazie soprattutto ai benefici che la coltura ha ottenuto dall'ombreggiamento (Pang et al., 2019; Weselek et al., 2021) mentre la produzione di sostanza secca potrebbe avere una diminuzione del 5-8%, a causa dell'ombreggiamento stesso (Weselek et al., 2021).

3.5.5 *Solanum tuberosum l.* (patata)

La patata è una pianta erbacea appartenente alla famiglia delle Solanaceae, caratterizzata dallo sviluppo di un tubero sotterraneo, edule. La coltivazione della solanacea in Provincia di Viterbo, "Patata dell'Alto Viterbese", si fregia peraltro della denominazione IGP. La patata predilige un terreno sciolto, ben drenante e fresco con valori di pH intorno alla neutralità o subacidi e temperature intorno ai 10 °C. Si avvantaggia della presenza della sostanza organica e di nutrienti chimici adeguati, soprattutto del potassio.

¹⁵¹ <https://www.environmentenergyleader.com/2024/01/next2sun-isun-build-vertical-agrivoltaics-system-in-vermont/> e <https://www.energiaitalia.news/news/solare/agrovoltaiico-lo-zafferano-protagonista-di-un-nuovo-progetto-nel-vermont/23813/>

La coltivazione avviene attraverso la semina di tuberi-seme selezionati, anche ridotti in parti, purché con la presenza di gemme (occhi). La semina avviene in primavera (marzo-maggio), a seconda delle condizioni climatiche della zona, e la raccolta inizia, con le varietà più precoci, già nel mese di giugno per arrivare, con le varietà tardive, alla fine di settembre. La resa in tuberi si aggira intorno alle 30-50 t/ha, in funzione della zona e della stagionalità.

In letteratura è stato dimostrato che la chioma della patata sotto agrovoltico raggiunge maggiore altezza e un apparato fogliare meno espanso. La fioritura tende ad iniziare in anticipo rispetto all'epoca classica e la senescenza fogliare è più tardiva. La resa dei tuberi di patata coltivata sotto agrivoltico risulta in linea con la media nazionale prevista per la coltivazione in pieno campo, con rese produttive che si aggirano intorno alle 25 t/ha di tuberi. Anche la dimensione dei tuberi, importante per la serbevolezza e la commerciabilità del prodotto, non ha mostrato significative differenze con quelle dei tuberi in pieno campo (Weselek et al., 2021).

3.5.6 *Cucumis sativus* L. (cetriolo)

La pianta di cetriolo è una pianta strisciante ma che può assumere portamento rampicante se trova i giusti sostegni, grazie alla produzione di cirri. È una pianta rustica e resistente, tuttavia risulta molto sensibile alle basse temperature e agli squilibri idrici. Infatti, le carenze d'acqua portano a ortaggi molto piccoli oppure dal sapore amaro. Se invece si innaffiano le piante in maniera eccessiva possono formarsi ristagni idrici che causano marciumi radicali e muffe.

Inoltre, gli ortaggi possono avere delle cavità al loro interno. Di conseguenza bisogna saper bilanciare frequenza e consistenza degli apporti idrici. Si consiglia quindi di utilizzare un impianto a goccia per una maggiore precisione. È bene tuttavia irrigare la coltivazione di più durante l'estate.

La specie ha una buona resistenza al freddo e agli attacchi di funghi e patogeni, il che fa sì che vengano effettuate poche pratiche agronomiche successivamente all'impianto. Le operazioni più importanti, infatti, vengono effettuate durante la preparazione del letto di semina, con lavorazioni che arrivano fino a 40 cm di profondità e il trattamento del suolo a base di anidride fosforica e ossido di potassio.

La resa, per la coltura di pieno campo, si attesta intorno alle 20-30 t/ha, a seconda della varietà impiegata, delle condizioni climatiche e della stagionalità.

Nello studio di Cossu et al., 2020 si è analizzato come il cetriolo coltivato sotto i pannelli fotovoltaici registri perdite limitate o trascurabili rispetto alla coltivazione in pieno campo (Cossu et al., 2020).

Conclusioni

Dal lavoro di ricerca svolto si comprende come l'energia rinnovabile a basso impatto ambientale sia sempre più necessaria oltre che essenziale per salvaguardare l'ambiente e la produzione agricola e zootecnica.

L'agrovoltaico, dalle ricerche effettuate in letteratura e dall'analisi dei casi studio, risulta essere una valida alternativa in grado di creare opportune sinergie tra produzione energetica e produzione agricola (Di Stefano & Colantoni, 2022).

A questa tecnologia, inoltre, il Legislatore nazionale sta dedicando ingenti quantità di finanziamenti (1,10 miliardi di euro) (Presidenza del Consiglio dei Ministri, 2020) e ha svolto un importante lavoro di semplificazione e di omogenizzazione della normativa in materia, arrivando ad emanare le recenti Linee guida del MiTE, il DL Energia 2022 e il DL 13/2023, che hanno chiarito ulteriormente la disciplina in materia agrovoltaica e in materia autorizzativa.

Grazie alle pronunce delle Autorità giudiziarie competenti si è chiarito che, *in primis*, prevale l'interesse alla produzione energetica su quello della tutela del paesaggio (Di Stefano, 2021); *in secundis* che l'agrovoltaico è caratterizzato da un utilizzo "ibrido" di terreni agricoli, a metà tra produzioni agricole e produzione di energia elettrica, che si sviluppa con l'installazione, sugli stessi terreni, di impianti fotovoltaici, che non impediscono tuttavia la produzione agricola classica, e che si differenzia *in toto* dal fotovoltaico tradizionale.

Ad oggi, in sintesi, nel nostro ordinamento esistono tre tipologie riconosciute dalla legge di impianti agrovoltaici: 1) tipo 1: dove l'altezza minima dei moduli è studiata in modo da consentire la continuità delle attività agricole (o zootecniche) anche al di sotto dei moduli fotovoltaici. Si configura una condizione nella quale esiste un doppio uso del suolo, ed una integrazione massima tra l'impianto agrovoltaico e la coltura. In questo senso, i moduli fotovoltaici svolgono una funzione complementare con alla coltura, che si può esplicitare nella protezione della coltura (da eccessivo soleggiamento, grandine, etc.) compiuta dai moduli fotovoltaici; tipo 2) in cui l'altezza dei moduli da terra non è progettata in modo da consentire lo svolgimento delle attività agricole al di sotto dei moduli fotovoltaici. Si configura una condizione nella quale esiste un uso combinato del suolo, con un grado di integrazione tra l'impianto fotovoltaico e la coltura più basso rispetto al precedente (poiché i moduli fotovoltaici non svolgono alcuna funzione sinergica alla coltura); tipo 3) dove i moduli fotovoltaici sono disposti in posizione verticale. L'altezza minima

dei moduli da terra non incide significativamente sulle possibilità di coltivazione (se non per l'ombreggiamento in determinate ore del giorno), ma può influenzare il grado di connessione dell'area, e cioè il possibile passaggio degli animali, con implicazioni sull'uso dell'area per attività legate alla zootecnia (Ministero dell'Ambiente e della Transizione Ecologica, 2022).

In Italia, ma anche nel resto del Mondo, la struttura dell'impianto agrovoltaico più diffusa risulta essere quella di tipo 1), seguita dal tipo 3) e dal tipo 2) (Agostini et al., 2021; Chalgynbayeva et al., 2023).

Anche da un punto di vista più ingegneristico si sono chiariti, inoltre, alcuni dubbi e sono stati mostrati i primi risultati sul livello di efficienza delle differenti configurazioni: si è infatti compreso dallo studio svolto da Ravilla et al., 2024 che dette configurazioni degli impianti agrovoltaici possono assumere varie forme, più o meno efficienti. Tutti i progetti agrovoltaici hanno registrato comunque prestazioni migliori rispetto ai sistemi fotovoltaici "classici" e il sistema biassale, dalla comparazione effettuata, è il progetto agrovoltaico più performante in termini di rapporto costi/ricavi.

Anche dal punto di vista economico, le due tecnologie sono paragonabili: Chalgynbayeva et al., 2023 hanno rilevato che l'investimento su due ettari di terreno per un impianto agrovoltaico è di circa 1.343.846,00 euro, mentre per un impianto fotovoltaico tradizionale sono necessari 1.031.042,00 euro, senza però poter generare ricavi dall'attività agricola, che invece è presente nell'impianto agrovoltaico.

Dal punto di vista meramente agronomico e alla luce delle prime ricerche effettuate, risultano essere varie le colture che ben si adattano ai pannelli degli impianti agrovoltaici: Amaducci et al., 2018 hanno sperimentato la coltivazione del mais in un impianto agrovoltaico, e dai primi risultati sembrerebbe avere una resa uguale se non superiore alla coltivazione in pieno campo.

Weselek et al., 2021, hanno coltivato diverse specie sotto i pannelli agrovoltaici, rilevando che le colture foraggere (come, ad esempio, il trifoglio) e i tuberi (come la patata) ben si adattano al contesto agrovoltaico e all'ombreggiamento, con rese simili alla coltivazione effettuata in pieno campo.

Cossu et al., 2020, invece hanno deciso di coltivare, negli impianti agrovoltaici oggetto di studio, asparagi e cetrioli, registrando buone rese, anche esse paragonabili a quelle ottenute in pieno campo.

Infine, di recente negli USA è partito il progetto Next2Sun che prevede l'installazione di moduli fotovoltaici verticali e la coltivazione di zafferano tra le file e sarà importante comprendere nei prossimi anni i risultati agronomici ed energetici di tale sperimentazione.

Quindi, per raggiungere gli obiettivi fissati dal *Green Deal* e dal *RePowerUE*, e al fine di tutelare il nostro ecosistema e il patrimonio agroambientale, e ridurre il consumo di suolo, sarà necessario incentivare tutte quelle nuove tecnologie in grado di produrre energia rinnovabile con un basso impatto ambientale.

Come già detto, tra queste vi rientra l'agrovoltaico, che svolgerà nei prossimi anni un ruolo primario nel settore delle energie rinnovabili anche alla luce dei finanziamenti previsti dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza. Per ottenere questi incentivi, tuttavia, è necessario che la produzione agricola, ai sensi della normativa vigente e in particolare del DL 17/2022, sia oggetto di monitoraggio, con specifiche metodologie conformi alle Linee guida CREA-GSE, in corso di emanazione.

Nelle more dell'emanazione di tali Linee guida, è stato sperimentato un innovativo sistema di monitoraggio, dal nome AGRIFOTO, basato sull'utilizzo di camere multispettrali posizionate sui pali dei pannelli che permettono di analizzare i principali indici di vegetazione e sull'utilizzo di sensori che consentono la misurazione dei parametri agroambientali stabiliti dalla normativa vigente. Il sistema è connesso in rete e fornisce all'imprenditore agricolo informazioni in tempo reale sullo stato di salute delle colture e della produzione energetica dell'impianto, il tutto gestibile tramite una piattaforma *cloud* accessibile da qualsiasi dispositivo.

In conclusione, grazie alle politiche incentivanti del PNRR e alla diffusione dei sistemi di monitoraggio necessari per l'accesso ai finanziamenti pubblici, la tecnologia dell'agrovoltaico nei prossimi anni prenderà sempre più campo e contribuirà al raggiungimento degli obiettivi prefissati a livello internazionale.

Bibliografia

- AA.VV. (2015). *Il diritto dell'energia* (Cedam, Ed.).
- AA.VV. (2022). *Fra guerra e crisi energetica: come cambia lo scenario nel 2022? Bilancio e prospettive*.
- AA.VV. (2023). *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*. ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici Edizione 2021 Rapporto ISPRA SNPA*.
- Adeh, E. H., Selker, J. S., & Higgins, C. W. (2018). Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. *PLoS ONE*, 13(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203256>
- Agostini, A., Colauzzi, M., & Amaducci, S. (2021). Innovative agrivoltaic systems to produce sustainable energy: An economic and environmental assessment. *Applied Energy*, 281. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116102>
- Amaducci, S., Yin, X., & Colauzzi, M. (2018). Agrivoltaic systems to optimise land use for electric energy production. *Applied Energy*, 220, 545–561. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.03.081>
- Andrew, A. C., Higgins, C. W., Smallman, M. A., Graham, M., & Ates, S. (2021). Herbage Yield, Lamb Growth and Foraging Behavior in Agrivoltaic Production System. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.659175>
- Angeli, F. (2017). La nuova politica energetica europea: opportunità e rischi per i settori industriali. *Economia e Politica Industriale*, 3.
- Barron-Gafford, G. A., Pavao-Zuckerman, M. A., Minor, R. L., Sutter, L. F., Barnett-Moreno, I., Blackett, D. T., Thompson, M., Dimond, K., Gerlak, A. K., Nabhan, G. P., & Macknick, J. E. (2019). Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–energy–water nexus in drylands. *Nature Sustainability*, 2(9), 848–855. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0364-5>
- Bernardi, M., & Tricarico, L. (2022). Commoning e comunità energetiche: approcci di citizen science nella produzione distribuita d'energia. *Munus*. https://doi.org/10.26321/munus/3_2021
- Bonucci, M. (2021). Come cambia la direttiva rinnovabili: sintesi della nuova RED II. *Fasi.Eu*. <https://fasi.eu/it/articoli/norme/23416-direttiva-rinnovabili-red-ii.html>
- Bruzzi, S. (2022). Il governo del mercato dell'energia verde. *Centro Studi Sul Federalismo*.
- Butti, L. (2021). Il cambiamento climatico in pillole: la scienza, il diritto, il ruolo delle corti. *Filodiritto*. <https://www.filodiritto.com/il-cambiamento-climatico-pillole-la-scienza-il-diritto-il-ruolo-delle-corti>
- Cardi, E. (2018). *Mercati e Istituzioni in Italia* (Giappichelli, Ed.).
- Chalgynbayeva, A., Gabnai, Z., Lengyel, P., Pestisha, A., & Bai, A. (2023). Worldwide Research Trends in Agrivoltaic Systems—A Bibliometric Review. In *Energies* (Vol. 16, Issue 2). MDPI. <https://doi.org/10.3390/en16020611>
- Ciaralli, E. (2008). *I mercati europei dell'elettricità e del gas. Il terzo pacchetto legislativo presentato dalla Commissione* (Il Mulino, Ed.).
- Colantoni, A., Cecchini, M., Monarca, D., Ruggeri, R., Rossini, F., Bernabucci, U., Cortignani, R., Ripa, N., Primi, R., Di Stefano, V., Bianchini, L., Alemanno, R., Speranza, S., Paolo Danieli, P., Mosconi, E. M., Parenti, A., Guerriero, E., Berardo Di Stefano, M., Papili, R., ... Falcetta, C. (2021). *Linea guida per l'applicazione dell'agro-fotovoltaico in Italia*. <http://www.unitus.it/it/dipartimento/dafne>

- Colantoni, A., & Di Stefano, V. (2021). A prototype agrivoltaic plant on the area in the Experimental Farm at Tuscia University. *International Journal of Entrepreneurship*, 25, 1939–4675.
- Commissione europea. (2014). *Quadro per le politiche dell'energia e del clima per il periodo dal 2020 al 2030*.
- Commissione europea. (2015). *Una strategia quadro per un'Unione dell'energia resiliente, corredata da una politica lungimirante in materia di cambiamenti climatici*.
- Commissione europea. (2019). *Il Green Deal europeo*.
<https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>
- Commissione europea. (2020). *Strategia Farm to Fork*.
- Commissione europea. (2022). *Piano REPowerEU*.
- Commissione mondiale per l'ambiente e lo sviluppo. (1987). *Il Rapporto Brundtland*.
- Consiglio dell'Unione europea. (2021). *Proposta di Direttiva del Consiglio che ristruttura il quadro dell'unione per la tassazione dei prodotti energetici e dell'elettricità (rifusione)*.
- Consiglio dell'Unione europea. (2023). *Preparazione della 28^a conferenza delle parti (COP 28) della convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC) (Dubai, 30 novembre – 12 dicembre 2023)*.
- Corazza, C. (2010). *EcoEuropa: le nuove politiche per l'energia e il clima* (Egea, Ed.).
- Cossu, M., Yano, A., Solinas, S., Deligios, P. A., Tiloca, M. T., Cossu, A., & Ledda, L. (2020). Agricultural sustainability estimation of the European photovoltaic greenhouses. *European Journal of Agronomy*, 118. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126074>
- Demarchi, G. (2022). *L'articolo 9 e il problema ambientale: spigolature storico-costituzionali* (Viella, Ed.).
- Di Stefano, V. (2021). Il Consiglio di Stato sull'agrivoltaico. *Salvis Juribus*. <http://www.salvisjuribus.it/>
- Di Stefano, V. (2022). Rinnovabili: la chiave per l'indipendenza energetica. *CREA Futuro*, 6, 17–21. <https://creafuturo.crea.gov.it/>
- Di Stefano, V., Breda, E., & Olini, V. (2022). L'evoluzione della disciplina energetica europea: dal primo pacchetto al REPowerEU. *Amministrazione in Cammino*. <https://www.amministrazioneincammino.luiss.it/>
- Di Stefano, V., & Colantoni, A. (2022). Produzione di energia rinnovabile e agro-fotovoltaico: considerazioni alla luce del Piano nazionale ripresa e resilienza e del dl semplificazioni bis. *Rivista Di Diritto e Giurisprudenza Agraria, Alimentare e Dell'ambiente*, 1. www.rivistadga.it
- Di Stefano, V., & Ingoglia, K. (2022). Towards the next Common Agricultural Policy. *Journal of Business and Social Science Review Issue*, 3(8), 27–46. <https://doi.org/10.48150/jbssr.v3no8.2022.a2>
- Dinesh, H., & Pearce, J. M. (2016). The potential of agrivoltaic systems. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 54, pp. 299–308). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.024>
- Dupraz, C., Marrou, H., Talbot, G., Dufour, L., Nogier, A., & Ferard, Y. (2011). Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy*, 36(10), 2725–2732. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.005>
- Frangioni, A., & Lacalandra, F. (2022). *Mercati dell'Energia Efficienti a Prezzi Marginali Disaccoppiati*. Università Di Pisa.
- Gerbinet, S., Belboom, S., & Léonard, A. (2014). Life Cycle Analysis (LCA) of photovoltaic panels: A review. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 38, pp. 747–753). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.043>

- Germanà, E. (2020). *Il diritto a produrre energia e le nascenti figure dei Prosumer e delle Renewable Energy Communities*. www.reteambiente.it
- Giachetti Fantini, M. (2016). La governance dei mercati energetici. *Aperta Contrada*.
- Goetzberger, A., & Zastrow, A. (1982). On the Coexistence of Solar-Energy Conversion and Plant Cultivation. *International Journal of Solar Energy*, 1(1), 55–69. <https://doi.org/10.1080/01425918208909875>
- Grippò, V. E., & Manca, F. (2008). *Manuale breve di diritto dell'energia* (Cedam, Ed.).
- GSE. (2023). *Rapporto statistico 2021 Energia da fonti rinnovabili in Italia*. <https://www.gse.it/dati-e-scenari/statistiche>
- Lazzari, S. (2021). La transizione verde nel Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza «Italia Domani». *Rivista Quadrimestrale Di Diritto Dell'Ambiente*, 1. <https://www.rqda.eu/>
- Liu, Y., Yuan, S., Zheng, H., Wu, M., Zhang, S., Lan, J., Li, W., & Fan, J. (2023). Structurally Dimensional Engineering in Perovskite Photovoltaics. *Advanced Energy Materials*, 13(23). <https://doi.org/10.1002/aenm.202300188>
- Maity, R., Sudhakar, K., Abdul Razak, A., Karthick, A., & Barbulescu, D. (2023). Agrivoltaic: A Strategic Assessment Using SWOT and TOWS Matrix. *Energies*, 16(8). <https://doi.org/10.3390/en16083313>
- Malu, P. R., Sharma, U. S., & Pearce, J. M. (2017). Agrivoltaic potential on grape farms in India. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 23, 104–110. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2017.08.004>
- Mamun, M. A. Al, Dargusch, P., Wadley, D., Zulkarnain, N. A., & Aziz, A. A. (2022). A review of research on agrivoltaic systems. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 161). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112351>
- Marrou, H., Wery, J., Dufour, L., & Dupraz, C. (2013). Productivity and radiation use efficiency of lettuces grown in the partial shade of photovoltaic panels. *European Journal of Agronomy*, 44, 54–66. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.08.003>
- Masini, S. (2019). *Tracce di diritto agrario* (E. Cacucci, Ed.).
- Ministero dell'Ambiente e della Transizione Ecologica. (2022). *Linee Guida in materia di impianti agrivoltaici*. <https://www.mase.gov.it/notizie/impianti-agri-voltaici-pubblicate-le-linee-guida>
- Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare. (2017). *Strategia Energetica Nazionale*.
- Organizzazione delle Nazioni Unite. (1992). *Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici*.
- Organizzazione delle Nazioni Unite. (1997). *Il Protocollo di Kyoto della Convenzione sui Cambiamenti Climatici*.
- Organizzazione delle Nazioni Unite. (2002). *Report of the International Conference on Financing for Development*.
- Organizzazione delle Nazioni Unite. (2015). *Agenda 2030*.
- Organizzazione delle Nazioni Unite. (2016). *Accordo di Parigi*.
- Pang, K., Van Sambeek, J. W., Navarrete-Tindall, N. E., Lin, C. H., Jose, S., & Garrett, H. E. (2019). Responses of legumes and grasses to non-, moderate, and dense shade in Missouri, USA. I. Forage yield and its species-level plasticity. *Agroforestry Systems*, 93(1), 11–24. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0067-8>
- Patanè, A. (2022). La funzione giustiziale dell'Autorità di Regolazione Energia Reti e Ambiente tra esigenze di risoluzione delle controversie e garanzie costituzionali. *Ambiente Diritto*.

- Postiglione, A. (1982). *Il diritto all'ambiente* (Jovene, Ed.).
- Presidenza del Consiglio dei Ministri. (2020). *Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza #NEXTGENERATIONITALIA*. <https://www.italiadomani.gov.it/content/sogei-ng/it/it/home.html>
- Proietti, E. (2020). L'accesso all'energia rinnovabile: un nuovo diritto umano. *Derechos Humanos Ante Los Nuevos Desafíos de La Globalización*.
- Ramos-Fuentes, I. A., Elamri, Y., Cheviron, B., Dejean, C., Belaud, G., & Fumey, D. (2023). Effects of shade and deficit irrigation on maize growth and development in fixed and dynamic AgriVoltaic systems. *Agricultural Water Management*, 280. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108187>
- Ravilla, A., Shirkey, G., Chen, J., Jarchow, M., Stary, O., & Celik, I. (2024). Techno-economic and life cycle assessment of agrivoltaic system (AVS) designs. *Science of the Total Environment*, 912. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169274>
- Renna, M. (2009). Ambiente e territorio nell'ordinamento europeo. *Rivista Italiana Di Diritto Pubblico Comparato*, 649.
- Renna, M. (2012). I principi in materia di tutela dell'ambiente. *Rivista Quadrimestrale Di Diritto Dell'ambiente*. <https://www.rqda.eu/>
- Romeo, M. (2021). Produzione di agroenergie, autoconsumo collettivo e comunità energetiche. *Rivista Di Diritto e Giurisprudenza Agraria, Alimentare e Dell'ambiente*, 4. www.rivistadga.it
- Ronchi, E., Caminiti, N. M., & Federico, T. (2004). *Il Protocollo di Kyoto in Italia. Le politiche e le misure sul cambiamento climatico*. www.issi.it
- Schindele, S., Trommsdorff, M., Schlaak, A., Oberfell, T., Bopp, G., Reise, C., Braun, C., Weselek, A., Bauerle, A., Högy, P., Goetzberger, A., & Weber, E. (2020). Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications. *Applied Energy*, 265. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114737>
- Scognamiglio, A. (2016). "Photovoltaic landscapes": Design and assessment. A critical review for a new transdisciplinary design vision. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 55, pp. 629–661). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.072>
- Sekiyama, T., & Nagashima, A. (2019). Solar sharing for both food and clean energy production: Performance of agrivoltaic systems for corn, a typical shade-intolerant crop. *Environments - MDPI*, 6(6). <https://doi.org/10.3390/environments6060065>
- Tanzi, A. M., Chiussi, L., Gian, C., Farnelli, M., & Mensi, A. (2022). La transizione ecologica nel commercio internazionale. Tra aspetti di riforma procedurali, istituzionali e diritto sostanziale. *Università Di Bologna*. <https://doi.org/10.6092/unibo/amsacta/6935>
- Thomas, S. J., Thomas, S., Sahoo, S. S., G, A. K., & Awad, M. M. (2023). Solar parks: A review on impacts, mitigation mechanism through agrivoltaics and techno-economic analysis. *Energy Nexus*, 11. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2023.100220>
- Toledo, C., & Scognamiglio, A. (2021). Agrivoltaic systems design and assessment: A critical review, and a descriptive model towards a sustainable landscape vision (three-dimensional agrivoltaic patterns). In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 13, Issue 12). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/su13126871>
- Unione europea. (2013). *Decisione n. 1386/2013/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 20 novembre 2013 su un programma generale di azione dell'Unione in materia di ambiente fino al 2020 «Vivere bene entro i limiti del nostro pianeta»*.
- Unione europea. (2018). *Direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio - dell'11 dicembre 2018 - sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili*.

- Unione europea. (2021). *Regolamento (UE) 2021/1119 del 30 giugno 2021 che istituisce il quadro per il conseguimento della neutralità climatica e che modifica il regolamento (CE) n. 401/2009 e il regolamento (UE) 2018/1999 («Normativa europea sul clima»).*
- Unione europea. (2022). *Decisione (UE) 2022/591 del Parlamento europeo e del Consiglio del 6 aprile 2022 relativa a un programma generale di azione dell'Unione per l'ambiente fino al 2030.*
- Unione europea. (2023). *Direttiva (UE) 2023/1791 del Parlamento europeo e del Consiglio del 13 settembre 2023 sull'efficienza energetica e che modifica il regolamento (UE) 2023/955 (rifusione)(rifusione).*
- Valle, B., Simonneau, T., Sourd, F., Pechier, P., Hamard, P., Frisson, T., Ryckewaert, M., & Christophe, A. (2017). Increasing the total productivity of a land by combining mobile photovoltaic panels and food crops. *Applied Energy*, 206, 1495–1507. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.09.113>
- Wagner, M., Lask, J., Kiesel, A., Lewandowski, I., Weselek, A., Högy, P., Trommsdorff, M., Schnaiker, M. A., & Bauerle, A. (2023). Agrivoltaics: The Environmental Impacts of Combining Food Crop Cultivation and Solar Energy Generation. *Agronomy*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/agronomy13020299>
- Weselek, A., Bauerle, A., Hartung, J., Zikeli, S., Lewandowski, I., & Högy, P. (2021). Agrivoltaic system impacts on microclimate and yield of different crops within an organic crop rotation in a temperate climate. *Agronomy for Sustainable Development*. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00714-y/Published>
- Weselek, A., Ehmann, A., Zikeli, S., Lewandowski, I., Schindele, S., & Högy, P. (2019). Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. A review. In *Agronomy for Sustainable Development* (Vol. 39, Issue 4). Springer-Verlag France. <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0581-3>