



Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale in
Pianificazione Territoriale, Urbanistica e
Paesaggistico-Ambientale

A.A. 2023-2024

Sessione di Laurea Dicembre 2024

Agrivoltaico, ambiente e paesaggio: impatti e trade-off

Relatori:

Claudia CASSATELLA

Enrico GOTTERO

Candidata:

Valentina BRETTO

SOMMARIO

LISTA DELLE FIGURE	III
LISTA DELLE TABELLE	VI
INTRODUZIONE	VII
CAPITOLO 1 – L’AGRIVOLTAICO NELLA TRANSIZIONE ENERGETICA E IL PROBLEMA DELL’INSERIMENTO NEL PAESAGGIO	1
1.1 La spinta verso il fotovoltaico nella transizione energetica	1
1.2 Il dibattito scientifico sul rapporto tra paesaggio ed agrivoltaico	8
CAPITOLO 2 – LA TECNOLOGIA AGRIVOLTAICA: LE TIPOLOGIE, LE NORME E GLI STRUMENTI PER IL PROGETTO	18
2.1 La definizione della tecnologia agrivoltaica	18
2.2 Il contesto tecnico normativo: il rapporto tra uso del suolo e la produzione di energia rinnovabile da impianti agrivoltaici	20
2.3 I requisiti progettuali di un impianto agrivoltaico	29
2.2.1 Le tipologie di impianti e le possibili applicazioni.....	31
2.2.2 I parametri per la scelta della coltura	36
2.2.3 La valutazione delle prestazioni al suolo: il monitoraggio	37
CAPITOLO 3 – LA VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI VISIVI E PAESAGGISTICI: I METODI E GLI STRUMENTI ESISTENTI	39
3.1 I metodi e gli strumenti per la valutazione degli impatti visivi e paesaggistici	39
3.1.1 La verifica della compatibilità paesaggistica	40
3.1.2 La valutazione di impatto visivo nell’ambito della VIA	42
3.1.3 Il metodo inglese: Landscape and Visual Assessment (LVIA).....	45
CAPITOLO 4 – IL SET DI INDICATORI PER VALUTARE GLI IMPATTI DELL’AGRIVOLTAICO SUL PAESAGGIO E LA SUA APPLICAZIONE	50
4.1 Il set di indicatori utili per il confronto pre e post intervento	50
4.2 I casi studio	55

4.2.1 Novi Ligure (Piemonte)	56
4.2.2 Monticelli d’Ongina (Emilia-Romagna).....	59
4.2.3 Scalea (Calabria)	62
4.3 L’applicazione degli indicatori all’interno dei casi studio	65
4.4 Il cambiamento del paesaggio nei casi studio: un confronto	79
4.5 Il rapporto tra pianificazione regionale ed energie rinnovabili nelle regioni oggetto di studio.....	83
CAPITOLO 5 – CONCLUSIONI	91
5.1 Considerazioni generali	91
5.2 Il confronto tra la gli strumenti esistenti e il set di indicatori proposto: opportunità e limiti	93
5.3 Le conclusioni e le prospettive future di sviluppo.....	97
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	102
Bibliografia.....	102
Sitografia	109
Linee guida, piani e programmi	112
Riferimenti legislativi.....	116
ALLEGATI	118
a. Identificazione delle pubblicazioni scientifiche che compongono il database finale.....	118

LISTA DELLE FIGURE

Figura 1 - Parole chiave utilizzate per le query (fonte: elaborazione propria).....	9
Figura 2 - Numero di riferimenti per ogni combinazione di parole chiave (fonte: elaborazione propria).....	10
Figura 3 - Processo di revisione sistematica della letteratura (fonte: elaborazione propria)	11
Figura 4 - Distribuzione degli articoli revisionati per anno di pubblicazione (fonte: elaborazione propria).....	12
Figura 5 - Distribuzione degli articoli revisionati per tipologia di rivista (fonte: elaborazione propria).....	12
Figura 6 - Distribuzione degli articoli revisionati per rivista (fonte: elaborazione propria)	13
Figura 7 - Distribuzione degli articoli revisionati per tematica chiave (fonte: elaborazione propria).....	13
Figura 8 - Distribuzione degli articoli revisionati per continente (fonte: elaborazione propria)	15
Figura 9 - Distribuzione degli articoli revisionati per paese di provenienza (fonte: elaborazione propria).....	15
Figura 10 - Distribuzione degli articoli revisionati per approccio e metodo (fonte: elaborazione propria).....	16
Figura 11 - Distribuzione degli articoli revisionati, rispetto ai casi studio, per continente (fonte: elaborazione propria)	17
Figura 12 - Distribuzione degli articoli revisionati, rispetto ai casi studio, per paese di provenienza (fonte: elaborazione propria).....	17
Figura 13 - Impianto agrivoltaico (fonte: ARSAC)	20
Figura 14 - Impianto fotovoltaico a terra vs. impianto agrivoltaico (fonte: Edilportale e Greenmove).....	30
Figura 15 - Rappresentazione del Land Equivalent Ratio (fonte: Fraunhofer ISE, 2020)	31
Figura 16 - Schema di funzionamento di un impianto agrivoltaico (fonte: MiTE, 2022)	32
Figura 17 - Impianto agrivoltaico in cui la coltivazione avviene sia tra le file che al di sotto dei moduli fotovoltaici (fonte: MiTE, 2022).....	35

Figura 18 - Impianto agrivoltaico in cui la coltivazione avviene unicamente tra le file dei moduli fotovoltaici (fonte: MiTE, 2022)	35
Figura 19 - Impianto agrivoltaico in cui i moduli sono disposti verticalmente. La coltivazione e il pascolo degli animali avvengono tra le file dei moduli fotovoltaici (fonte: MiTE, 2022).....	35
Figura 20 - Schema riassuntivo delle tipologie dei sistemi agrivoltaici (fonte: NREL)	36
Figura 21 - Fattori utili a identificare i valori del paesaggio (fonte: Landscape Institute, 2013).....	46
Figura 22 - Fasi di valutazione degli effetti sul paesaggio (fonte: Landscape Institute, 2013).....	49
Figura 23 - Configurazione e densità delle tessere (fonte: elaborazione propria da Oudes et Al., 2021)	54
Figura 24 - Processo per elaborare l'analisi di sensitività (fonte: elaborazione propria da Cassatella, 2014)	55
Figura 25 - Inquadramento territoriale dell'impianto di Novi Ligure (fonte: elaborazione propria).....	56
Figura 26 - Localizzazione dell'impianto di Novi Ligure: situazione pre-post intervento (base: Ortofoto AGEA 2021. fonte: elaborazione propria)	57
Figura 27 - Progetto dell'impianto agrivoltaico a Novi Ligure (fonte: MASE, Salvetti Graneroli engineering)	58
Figura 28 - Opere di mitigazione nell'impianto agrivoltaico a Novi Ligure (fonte: MASE, Salvetti Graneroli engineering).....	58
Figura 29 - Inquadramento territoriale dell'impianto di Monticelli d'Ongina (fonte: elaborazione propria).....	59
Figura 30 - Localizzazione dell'impianto di Monticelli d'Ongina: situazione pre-post intervento (base: Ortofoto AGEA 2008 e 2023. fonte: elaborazione propria)	60
Figura 31 - Produzione di frumento a Monticelli d'Ongina (fonte: REM Tec Energy) .	60
Figura 32 - Impianto agrivoltaico situato a Monticelli d'Ongina (fonte: REM Tec Energy)	61
Figura 33 - Inquadramento territoriale dell'impianto di Scalea (fonte: elaborazione propria)	62
Figura 34 - Localizzazione dell'impianto di Scalea: situazione pre-post intervento (base: Ortofoto Regione Calabria 2007-2008 e Google Satellite 2023. fonte: elaborazione propria).....	63

Figura 35 - Produzione di limoni nell’impianto agrivoltaico situato a Scalea (fonte: EF Solare Italia).....	63
Figura 36 - Impianto agrivoltaico situato a Scalea (fonte: EF Solare Italia).....	64
Figura 37 - Area di studio a Novi Ligure, al 2021 (base: Ortofoto AGEA 2021).....	65
Figura 38 - Progetto nell’area di studio a Novi Ligure (base: Ortofoto AGEA 2021. fonte: elaborazione propria).....	66
Figura 39 - Carta sensibilità visiva a Novi Ligure (base: Ortofoto AGEA 2021. fonte: elaborazione propria).....	69
Figura 40 - Fattori critici e di detrazione visiva a Novi Ligure (base: Google Satellite 2023. fonte: elaborazione propria).....	70
Figura 41 - Area di studio a Monticelli d’Ongina, al 2008 (base: Ortofoto AGEA 2008).....	71
Figura 42 - Impianto agrivoltaico a Monticelli d’Ongina, al 2023 (base: Ortofoto AGEA 2023).....	71
Figura 43 - Carta sensibilità visiva a Monticelli d’Ongina (base: Ortofoto AGEA 2023. fonte: elaborazione propria).....	74
Figura 44 - Fattori critici e di detrazione visiva a Monticelli d’Ongina (base: Google Satellite 2023 fonte: elaborazione propria).....	74
Figura 45 - Area di studio a Scalea, al 2008 (base: Ortofoto Regione Calabria 2007-08).....	75
Figura 46 - Impianto agrivoltaico a Scalea, al 2023 (base: Google Satellite 2023) ...	75
Figura 47 - Carta sensibilità visiva a Scalea (base: Google Satellite 2023. fonte: elaborazione propria).....	78
Figura 48 - Fattori critici e di detrazione visiva a Scalea (base: Google Satellite 2023. fonte: elaborazione propria).....	78
Figura 49 - Interpretazione del set di indicatori proposto rispetto ai parametri di verifica di compatibilità paesaggistica con riferimento ai tipi di alterazione dei sistemi paesaggistici (fonte: elaborazione propria).....	96

LISTA DELLE TABELLE

Tabella 1 - Set di indicatori utili al confronto pre-post intervento (fonte: elaborazione propria)	52
Tabella 2 - Criteri per valutare gli effetti degli interventi sul paesaggio (fonte: elaborazione propria).....	53
Tabella 3 - Confronto tra indicatori all'interno dei tre diversi casi studio (fonte: elaborazione propria).....	80
Tabella 4 - Parametri per la lettura delle caratteristiche paesaggistiche nella verifica di compatibilità paesaggistica (fonte: elaborazione propria da DPCM 12/12/2005)	94
Tabella 5 - Set di indicatori proposti per valutare le caratteristiche paesaggistiche di un intervento (fonte: elaborazione propria)	95
Tabella 6 - Sintesi dei principali risultati della revisione della letteratura (fonte: elaborazione propria).....	120

INTRODUZIONE

Il cambiamento climatico è una delle sfide più grandi che l'umanità si trova ad affrontare per cui è necessaria una risposta globale coordinata e condivisa. Al fine di raggiungere la neutralità climatica entro il 2050, l'UE ha stabilito che i Paesi Membri debbano ridurre le emissioni di gas effetto serra di almeno il 55% entro il 2030, rispetto ai livelli del 1990 (Consiglio europeo, 2024b).

L'obiettivo consiste nel passare a un sistema di produzione e consumo basato prevalentemente sulle fonti energetiche rinnovabili, a discapito dell'energia prodotta da combustibili fossili. Questo processo prende il nome di transizione energetica ed è un tema di fondamentale importanza nell'attuale contesto globale. In particolare, per raggiungere la neutralità carbonica è necessario agire sul settore energetico, maggiore responsabile delle emissioni di gas serra in atmosfera, con l'82% del totale nazionale. La restante quota di emissioni deriva, invece, da fonti non energetiche connesse a processi industriali, gas fluorurati, agricoltura e rifiuti (MASE, 2024).

Questo obiettivo richiede un massiccio aumento delle energie rinnovabili. Secondo le stime del MASE, contenute all'interno del Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC), il maggior contributo, in termini di produzione, sarà da parte di eolico e fotovoltaico. In particolare, consultando l'ultimo rapporto disponibile del Gestore di Servizi Energetici (GSE), per l'anno 2023, si nota come il fotovoltaico sia una tecnologia in forte progressione con una potenza installata complessiva in esercizio pari a 30.319 MW in aumento del 21% rispetto all'anno 2022. In termini di produzione la cifra è pari, invece, a 30.711 GWh con un aumento, rispetto al 2022, del 9,2%. Andando, invece, a valutare l'evoluzione della potenza e della numerosità degli impianti fotovoltaici installati in Italia nel periodo 2009-23, si nota una veloce crescita iniziale favorita dai meccanismi di incentivazione pubblica. A partire dal 2013 si assiste a una fase di sviluppo più graduale fino ad arrivare a una nuova accelerata a partire dal 2022.

La tecnologia fotovoltaica richiede, però, ampie porzioni di terreno creando un conflitto per lo sfruttamento del suolo e mettendo a rischio un'altra problematica mondiale, ovvero la produzione alimentare. Secondo l'ultimo rapporto del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), il consumo di suolo rappresenta una importante criticità, specialmente nelle regioni del nord, che dal 2006 al 2022 è

aumentato di oltre 120.000 ettari. Nello specifico, il consumo di suolo netto registrato in Italia nel 2023 è stato in media di oltre 21 ha al giorno, pari a 2,4 m² al secondo.

Una soluzione innovativa è rappresentata dai sistemi agrivoltaici (AFV) che combinano, sullo stesso terreno, la produzione alimentare e di energia elettrica, consentendo di superare il trade-off esistente tra le due produzioni. Questo avviene tramite l'installazione di moduli fotovoltaici sopraelevati che permettono lo svolgimento delle pratiche agricole sull'intera superficie. Tale sistema a doppio uso del territorio potrebbe contribuire alla transizione verso un approvvigionamento energetico rispettoso del clima e resiliente (Sponagel et Al., 2024).

È stato dimostrato che i sistemi AFV migliorino l'uso del suolo, l'efficienza dell'uso dell'acqua e delle colture (Colantoni et Al., 2021). La diffusione su larga scala di tali sistemi può però avere un impatto negativo sulla qualità del paesaggio e sull'accettazione da parte delle comunità. Spesso, infatti, l'introduzione della tecnologia viene vista dai cittadini come un elemento di significativa alterazione paesaggistica e ambientale. Nel dibattito pubblico, diverse associazioni ambientaliste si sono schierate a favore della tecnologia agrivoltaica se ben progettata e realizzata. In particolare, Legambiente e Coldiretti promuovono le opere agrivoltaiche come opportunità e condannano fermamente i pannelli fotovoltaici a terra installati in zone agricole.

In particolare, il lavoro si articola in una prima parte dove viene elaborato il quadro di riferimento rispetto alle iniziative e gli accordi presi a livello internazionale, sul tema dei cambiamenti climatici. Nello specifico vengono ripercorse, in ordine cronologico, le principali tappe al fine di costruire uno sviluppo sostenibile. Vengono, inoltre, inquadrare le principali politiche a livello europeo e nazionale rispetto al ruolo assunto delle energie rinnovabili nel processo di transizione ecologica. All'interno del capitolo viene, inoltre, revisionata la letteratura scientifica andando ad analizzare il rapporto tra paesaggio ed agrivoltaico. La ricerca viene svolta tramite parole chiave grazie al supporto della banca dati disponibile online SCOPUS.

Il secondo capitolo tratta il tema dell'agrivoltaico, dal punto di vista teorico, facendo emergere le varie tipologie, le norme affrontate a livello nazionale e gli strumenti utili per il progetto. Dopo aver dato una definizione e fatto emergere i benefici della tecnologia viene analizzato il contesto normativo a livello nazionale. In seguito, vengono introdotti i requisiti progettuali, secondo i parametri definiti dal Ministero

della Transizione Ecologica (MiTE, 2022). In particolare, si introducono le tipologie di impianti, i parametri per la scelta delle colture e il sistema di monitoraggio.

Nel terzo capitolo, vengono analizzati i principali strumenti utili a valutare gli impatti paesaggistici e visivi, dovuti all'introduzione di nuove opere. Viene introdotta la verifica di compatibilità paesaggistica e la valutazione di impatto visivo nell'ambito della procedura di VIA. Nello specifico, vengono evidenziati i parametri utilizzati nei diversi approcci al fine di valutare l'efficacia di tali strumenti.

In ultimo, partendo dai criteri proposti in letteratura, viene proposto un set di indicatori con lo scopo di valutare l'inserimento di una tecnologia agrivoltaica all'interno di un determinato contesto. Nello specifico, viene analizzata la situazione pre e post intervento all'interno di tre diversi contesti localizzati a Novi Ligure (Piemonte), Monticelli d'Ongina (Emilia-Romagna) e Scalea (Calabria).

Al fine di promuovere l'implementazione di tali tecnologie e prevenire i rischi è fondamentale comprendere gli effetti paesaggistici e stabilire politiche di utilizzo del territorio. L'obiettivo della seguente tesi è quello di arricchire i modelli valutativi esistenti con indicatori specifici per il paesaggio vista la mancanza, nella normativa vigente, di requisiti progettuali legati a tale tematica.

CAPITOLO 1 – L’AGRIVOLTAICO NELLA TRANSIZIONE ENERGETICA E IL PROBLEMA DELL’INSERIMENTO NEL PAESAGGIO

1.1 La spinta verso il fotovoltaico nella transizione energetica

Come affermato precedentemente nella fase introduttiva, il fotovoltaico e l’eolico saranno fortemente sfruttati nel processo di decarbonizzazione con l’obiettivo di azzerare le emissioni di gas serra in atmosfera. Dopo un breve inciso sugli accordi europei in materia di cambiamenti climatici si ritiene necessaria una revisione delle politiche presenti a livello europeo e nazionale per analizzare come si stia affrontando tale processo di transizione ecologica.

Iniziative e accordi internazionali sui cambiamenti climatici

Il percorso per costruire uno sviluppo sostenibile inizia nel 1972 a Stoccolma, in Svezia, nella Conferenza delle Nazioni Unite sull’Ambiente Umano (in inglese “*United nations conference on the human environment*”). In tale occasione 113 nazioni si incontrano e redigono un piano d’azione con 109 raccomandazioni in merito ai temi di sviluppo e ambiente (MASE, 2015). Viene riconosciuto l’impatto delle azioni umane sulle risorse naturali del pianeta ed emerge la consapevolezza che l’ambiente debba essere salvaguardato attraverso un’azione comune, da affrontare a livello globale.

Al fine di raggiungere degli obiettivi concreti, mirati alla tutela delle risorse naturali, il 9 maggio 1992, a Rio de Janeiro, la comunità mondiale si riunisce per firmare il trattato internazionale che prende il nome di Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (in inglese “*United Nations Framework Convention on Climate Change*” da cui l’acronimo UNFCCC). In questa occasione, emerge una riflessione in merito ai problemi ambientali e di come questi siano una questione da affrontare a livello mondiale, mediante una strategia condivisa. Tale trattato, entrato in vigore il 21 marzo 1994, conosciuto anche con il nome “*Accordi di Rio*”, punta alla riduzione delle emissioni antropogeniche di gas serra, elemento alla base del riscaldamento globale. Non sono presenti limiti legalmente vincolanti ma le singole nazioni firmatarie

possono adottare, attraverso dei protocolli, i limiti obbligatori di emissione. Al fine di valutare il progresso nel trattare il tema del cambiamento climatico ogni anno vengono svolti incontri formali tra le parti firmatarie dell' UNFCCC conosciute con il nome di Conferenza delle Parti (in inglese "*Conference of the Parties*" da cui l'acronimo COP). Di seguito vengono introdotte le COP ritenute più significative al fine di fornire un quadro riassuntivo rispetto al tema del cambiamento climatico.

1997 – COP3 di Kyoto

Nel 1997 viene svolta, a Kyoto, in Giappone, la terza Conferenza delle Parti (COP). In tale occasione viene pubblicato uno dei più importanti strumenti internazionali volti a combattere il cambiamento climatico entrato in vigore, però, solamente nel 2005.

Per la prima volta vengono imposti obiettivi vincolanti e quantificati di riduzione delle emissioni dei gas effetto serra (in particolare si fa riferimento a biossido di carbonio, metano, protossido di azoto, idrofluorocarburi, perfluorocarburi ed esafluoro di zolfo). Nello specifico, tali limitazioni, riguardano i "*paesi aderenti*", ovvero 37 paesi industrializzati e la Comunità Europea. Per "*paesi industrializzati*" si intendono gli Stati riconosciuti come i principali responsabili delle emissioni in atmosfera (presenti all'interno dell'allegato I della UNFCCC). Nello specifico, tali paesi hanno l'obbligo vincolante di ridurre le emissioni, nel periodo 2008-2012, di almeno il 5%, rispetto ai livelli del 1990.

2015 – COP21 di Parigi

Un'altra tappa fondamentale riguarda l'incontro di Parigi, in Francia, dove viene sviluppata la prima intesa universale e giuridicamente vincolante sul tema climatico rinnovando l'impegno, da parte dei paesi firmatari, a favore dell'azione per il clima. Secondo l'intesa l'accordo entrerà in vigore dopo la ratifica da parte di almeno 55 paesi che rappresentino almeno il 55% delle emissioni globali di gas ad effetto serra (Consiglio europeo, 2024a). Tale risultato avviene il 4 novembre 2016.

L'obiettivo dell'Accordo di Parigi è contenere l'aumento della temperatura media globale al di sotto dei 2°C prevedendo uno scenario di incremento pari a 1,5°C, rispetto ai livelli pre-industriali. Lo scopo è contrastare gli effetti dei cambiamenti climatici attraverso un approccio condiviso che porti, entro il 2050, alla neutralità climatica. A livello nazionale devono essere disposti dei piani in grado di accogliere

tale ambizione prevedendo una revisione degli impegni ogni 5 anni e fissando obiettivi sempre più ambiziosi, da comunicare agli altri paesi. Si tratta di un percorso con obiettivi a lungo termine basato sulla trasparenza e la responsabilità.

2018 – COP24 di Katowice

Risulta inoltre necessario citare il Pacchetto di Katowice (Polonia), adottato in occasione della 24° Conferenza delle Parti svolta nel 2018. In tale occasione vengono definite norme, procedure e orientamenti comuni che rendono operativo quanto stabilito nella COP21 di Parigi. Tali disposizioni sono contenute all'interno del “*Katowice Climate Package*”, ovvero un pacchetto di regole e iniziative per attuare quanto stabilito nell'Accordo di Parigi.

2022 – COP27 di Sharm El-Sheikh

Altra tappa significativa della Conferenza delle Parti si è tenuta a Sharm El-Sheikh, in Egitto, nel novembre del 2022. In tale incontro i leader mondiali vengono incoraggiati a intensificare i propri impegni e le proprie azioni in materia di riduzione delle emissioni e ad aumentare gli sforzi di adattamento al fine di raggiungere gli obiettivi resi noti dall'Accordo di Parigi.

Il principale risultato è l'istituzione del fondo “*Loss and Damage*”, con il fine di aiutare i paesi in via di sviluppo a far fronte agli effetti negativi del cambiamento climatico. In questo modo i paesi industrializzati riconoscono le proprie responsabilità per gli impatti sulla crisi climatica con un impegno economico a compensare, in qualche modo, i danni provocati all'ambiente. Tale meccanismo che si propone di risarcire i paesi più poveri per le perdite e i danni dovuti dai cambiamenti climatici viene confermato e arricchito di dettagli operativi nella COP28 di Dubai, del 2023.

2024 – COP29 di Baku

Da segnalare la recente 29° Conferenza delle Parti che si è svolta nel novembre del 2024 a Baku, in Azerbaigian. L'accordo raggiunto durante i negoziati ha lasciato aperte molte questioni cruciali, sollevando critiche da molti dei paesi partecipanti.

La Conferenza si è chiusa con un impegno annuale, da parte delle “paesi sviluppati”, di stanziare annualmente almeno 300 miliardi di dollari alla lotta globale contro il

cambiamento climatico. Tali fondi dovrebbero servire a sostenere i “paesi in via di sviluppo” nella lotta agli effetti della crisi climatica e nella riduzione delle emissioni.

Al momento si è ancora lontani da raggiungere l’obiettivo posto dall’Accordo di Parigi, del 2015. Le temperature globali sono in aumento, così come gli eventi meteorologici estremi, provocando danni irreversibili all’ambiente. Sono necessarie misure rapide e incisive al fine di allineare gli obiettivi verso l’azzeramento delle emissioni nette.

Politiche a livello europeo

Patto Verde Europeo (Green Deal)

Nel dicembre del 2019, viene presentato il Patto Verde Europeo anche definito come Green Deal. È un pacchetto di iniziative strategiche, promosso dalla Commissione Europea, con l’obiettivo giuridico vincolante di raggiungere la neutralità climatica entro il 2050. È previsto, inoltre, un obiettivo intermedio fissato per il 2030, data entro cui è necessario ridurre le emissioni del 55%, rispetto ai livelli del 1990.

Viene proposto un pacchetto di iniziative volto a rivedere la legislatura e introdurre nuove leggi riguardanti diversi settori, tra cui la biodiversità, il cibo, l’edilizia, l’energia e i trasporti con il fine comune di affrontare i problemi legati al clima e l’ambiente.

Lo scopo è promuovere, attraverso un approccio inclusivo e consapevole, una maggiore attenzione alla sostenibilità e una sensibilizzazione verso i cambiamenti climatici. Attraverso tale piano d’azione si intende migliorare il benessere dei cittadini puntando a un massiccio sviluppo delle fonti rinnovabili a sfavore dei combustibili fossili. L’obiettivo è quello di promuovere un uso efficiente delle risorse passando a un’economia pulita e circolare, ripristinando la biodiversità e riducendo l’inquinamento. Per poter garantire tali cambiamenti è necessaria la partecipazione, consapevole e condivisa, da parte delle istituzioni e dei cittadini. A livello nazionale gli Stati Membri sono tenuti a adottare le misure necessarie per raggiungere l’obiettivo di neutralità climatica.

Next Generation Eu

È uno strumento europeo che propone, attraverso una serie di investimenti, un aiuto in termini economici al fine di rilanciare l’economia europea a seguito della pandemia da Covid-19. Tale strumento temporaneo viene introdotto dal consiglio europeo il 21

luglio 2020 e prevede un fondo da 750 mld di euro (in prezzi correnti l'importo è pari a 806,9 mld di euro) al fine di garantire una ripresa sostenibile, uniforme, inclusiva ed equa. Rispetto alla cifra totale dei fondi erogati, 390 mld di euro saranno trasmessi tramite sovvenzioni e 360 mld di euro offerti tramite prestiti a lunga durata (da rimborsare entro il 2058).

L'iniziativa propone il sostegno in campo economico tramite una serie di investimenti e riforme. In termini più generali si parla di rilancio economico al fine di superare la crisi dovuta dalla pandemia. Nello specifico, uno dei punti cardine della strategia riguarda la transizione verde e le energie rinnovabili per un'Europa "più verde".

Tale strumento viene recepito a livello nazionale dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR). Il piano, grazie ai fondi europei del Next Generation Eu, ha l'obiettivo di rendere il Paese più equo, verde e inclusivo, con un'economia più competitiva e innovativa (Agenzia per la Coesione Territoriale, 2023).

Politica Agricola Comune

La Politica Agricola Comune (PAC) è una strategia dell'Unione Europea che esiste dal 1962, varata da Belgio, Francia, Germania, Italia, Lussemburgo e Paesi Bassi, paesi fondatori dell'Unione Europea. Nel 2023 viene varata una modifica sostanziale dove vengono individuati obiettivi concreti e quantificabili.

Sono previsti due diversi fondi: il fondo europeo agricolo di garanzia (FEAGA) e il fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale (FEASR) per un totale di 387 mld di euro per il periodo 2021-27, di cui 270 mld specificatamente assegnati per il lustro di tempo 2023-27 (Commissione europea, s.d. a). In linea con la strategia "Farm to fork", promossa dal Green Deal, viene posta maggiore attenzione rispetto alla questione climatica. Per questo il 40% dei fondi sarà destinato a progetti contro la lotta ai cambiamenti climatici.

Ogni Stato deve dare vita a un piano strategico nazionale rispettando gli obiettivi generali individuati e promossi dalla commissione europea. L'Italia ha promosso il suo piano nel 2022. I fondi disponibili saranno pari a un totale di 35 mld di euro di cui 26,6 mld derivanti da investimenti europei e 8,5 mld da fondi nazionali. Lo scopo è dare vita a un'agricoltura sostenibile, dove gli agricoltori sono chiamati ad affrontare una duplice sfida: produrre alimenti e progettare, al contempo, la natura e salvaguardare la biodiversità.

Politiche a livello nazionale

Piano Nazionale Integrato Energia e Clima

A livello nazionale, nel 2020, il Ministero dello Sviluppo Economico (MiSE), ha adottato il Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC), strumento di fondamentale importanza per raggiungere gli obiettivi di sostenibilità ambientale, sociale ed economica. Tramite tale documento vengono stabiliti gli obiettivi nazionali, di riduzione delle emissioni, da raggiungere entro il 2030, in linea con gli altri Stati Membri dell'Unione Europea.

Il piano individua politiche e misure, da attuare in modo integrato, secondo cinque linee di azione. Nello specifico tali pilastri riguardano la decarbonizzazione, l'efficienza energetica, la sicurezza energetica, il mercato interno dell'energia e la dimensione della ricerca, dell'innovazione e della competitività.

Il testo definitivo, modificato nel giugno 2024, mette al centro le energie rinnovabili, puntando a raggiungere una copertura del 39,4% sul consumo finale lordo di energia. Per il 2030, in particolare, si stima un consumo finale lordo di energia di circa 110 Mtep, di cui 43 Mtep da FER (PNIEC, 2024).

Il PNIEC riporta una capacità rinnovabile installata pari a 131 GW, entro il 2030. Si prevede che di questi 79,2 GW deriveranno dal solare, 28,1 GW dall'eolico, 19,4 GW dall'idrico, 3,2 GW dalle bioenergie e 1 GW da fonte geotermica (quest'ultimo dato potrebbe aumentare in base al progresso). Il testo prevede, inoltre, un riferimento esplicito alle tecnologie innovative, tra cui rientra l'agrivoltaico, per cui si intendere realizzare una capacità aggiuntiva di oltre 5 GW.

Per quanto riguarda le emissioni di gas serra, si prevede una riduzione del 66%, rispetto ai livelli del 2005, per gli impianti industriali regolati dalla normativa ETS ("*Emissions Trading System*", ovvero il comparto energetico e la grande industria). In questo modo si prevede di superare l'obiettivo UE del 62%.

Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza

Un altro piano oggetto di studio è il programma di riforme e di investimenti con cui l'Italia gestisce i fondi europei del Next Generation Eu, per la ripresa sociale ed economica del Paese a seguito della pandemia da Covid-19. Tale strumento viene definito Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), redatto dal governo Draghi e approvato dalla commissione europea nel 2021. Al fine di favorire una crescita più

robusta, sostenibile e inclusiva sono stati stanziati 191,5 mld di euro derivanti da fondi europei, a cui si aggiungono 30,6 mld finanziati dallo Stato italiano. I progetti di investimento sono suddivisi in 16 componenti, raggruppate in 6 missioni.

La missione 2 viene definita “*rivoluzione verde e transizione ecologica*” ed ha un finanziamento pari a 59,47 mld di euro, circa il 30% dei fondi totali. I progetti previsti, in linea con gli obiettivi dell’UE, puntano a favorire la transizione verde del nostro Paese. I temi affrontati riguardano l’agricoltura sostenibile, l’economia circolare, l’energia rinnovabile, la mobilità sostenibile, l’efficienza energetica degli edifici, la tutela del territorio e le risorse idriche. Questo avviene attraverso la scomposizione in quattro componenti ognuna delle quali contiene investimenti e riforme.

Per la componente 2, “*energia rinnovabile, idrogeno, rete e mobilità sostenibile*”, sono stati destinati 23,78 mld di euro e si occupa, nello specifico, tra le voci finanziate, dell’agrivoltaico (investimento 1.1: sviluppo agro-voltaico). L’obiettivo è diffondere tali sistemi ibridi al fine di promuovere un’agricoltura sostenibile e una produzione energetica derivante da fonti rinnovabili. In questo modo si renderà il settore agricolo più competitivo, riducendo i costi di approvvigionamento energetico. Viene previsto, inoltre, il monitoraggio 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 (PNRR, 2021). In termini numerici sono previsti 1,1 mld di euro di investimenti per installare agrivoltaici di medie e grandi dimensioni per una potenza complessiva di 1,04 GW, da installare entro il 30 giugno 2026.

Piano Nazionale per la Transizione Ecologica

Infine, troviamo il Piano Nazionale per la Transizione Ecologica (PTE), redatto dal Ministero della Transizione Ecologica (MiTE) nel marzo del 2022. Il piano, in coerenza con le disposizioni derivanti dall’Unione Europea, prevede il raggiungimento, entro il 2050, della neutralità climatica mentre per il 2030 viene riportato l’obiettivo del taglio delle emissioni del 55%. Per far ciò è necessario focalizzarsi sulle produzioni di energia elettrica da fonti rinnovabili. In termini numerici si stima che entro il 2025 dovrà essere dismesso l’uso del carbone e provenire, nel 2030, per il 72% da fonti rinnovabili, sfiorando nel 2050 livelli prossimi al 95-100% (PTE, 2022).

Sono previsti otto ambiti di intervento che devono essere sviluppati secondo un approccio intersettoriale. Gli interventi riguardano: la decarbonizzazione, la mobilità sostenibile, il miglioramento della qualità dell’aria, il contrasto al consumo di suolo e

al dissesto idrogeologico, il miglioramento delle risorse idriche e delle relative infrastrutture, il ripristino e il rafforzamento della biodiversità, la tutela del mare e la promozione dell'economia circolare della bioeconomia e dell'agricoltura sostenibile.

1.2 Il dibattito scientifico sul rapporto tra paesaggio ed agrivoltaico

Nel seguente capitolo viene svolta una sintesi critica dei lavori pubblicati con l'obiettivo di raccogliere, analizzare e sintetizzare le pubblicazioni scientifiche sul tema che lega agrivoltaico e paesaggio. Lo scopo è capire lo stato della conoscenza prodotta su questo determinato tema. In primo luogo, vengono identificate le parole chiave da inserire nel motore di ricerca al fine di identificare i potenziali riferimenti che sembrano più rilevanti e appropriati. In seguito, verranno letti tali documenti e verranno scartati quelli ritenuti non rilevanti o adatti all'analisi. In ultimo, verranno organizzati i riferimenti e sintetizzati i principali risultati.

La prima fase consiste nella scelta dell'argomento da ispezionare, ovvero la questione che si intende sviluppare. In questo caso la tematica da approfondire riguarda l'inserimento nel paesaggio della tecnologia agrivoltaica. Il fine è andare a identificare, nella letteratura e negli articoli selezionati, i possibili impatti dovuti al cambiamento del paesaggio.

Il secondo step consiste nell'andare a riconoscere e selezionare gli articoli da includere nell'analisi. Per far ciò è stata scelta la banca dati SCOPUS, creata dalla casa editrice Elsevier nel 2004 e costantemente aggiornata con pubblicazioni scientifiche. All'interno della query, per interrogare il database, è necessario inserire parole o espressioni chiave specifiche scritte in lingua inglese, per identificare la letteratura pertinente. La revisione sistematica della letteratura è stata condotta tra settembre e ottobre 2024.

Come si può osservare dalla tabella sotto riportata vengono impiegate le varie definizioni dell'espressione "agrivoltaico", usate nel mondo, abbinate con una serie di parole chiave quali "*landscape*" (paesaggio), "*environmental*" e "*impact*" (impatto ambientale), "*social*" e "*perception*" o "*acceptance*" (percezione sociale e accettazione sociale). Viene inoltre combinato il concetto di "*solar landscape*"

(paesaggio solare) con la parola “*agircolture*” (agricoltura). Di seguito viene proposta uno schema con le espressioni scelte e abbinare per l’analisi:

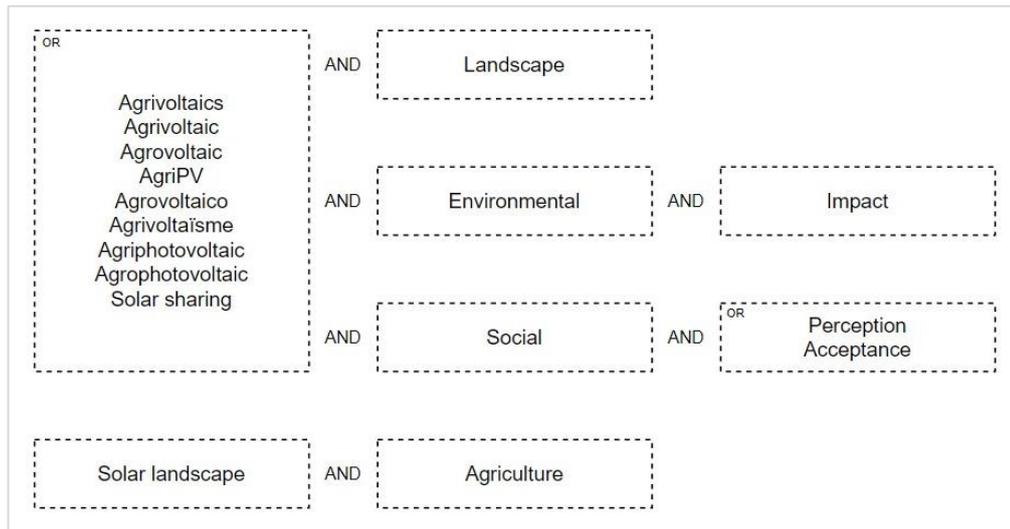
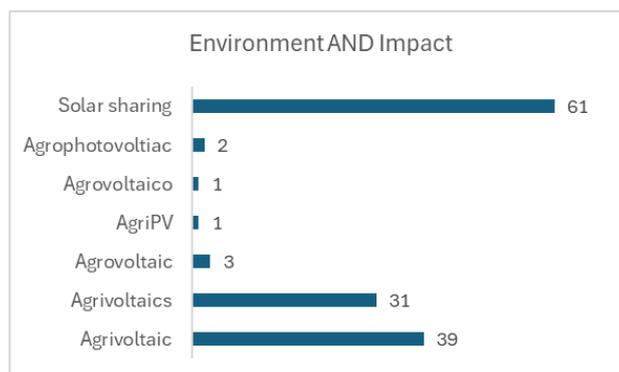
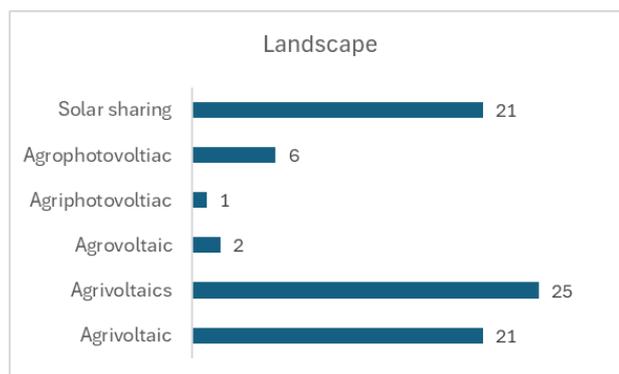


Figura 1 - Parole chiave utilizzate per le query (fonte: elaborazione propria)

La ricerca, basata su 37 query, ha identificato un totale di 421 documenti. Nello specifico sono stati identificati 248 records che comprendono il tema “agrivoltaico” e 173 elementi che collegano il concetto “*solar landscape*” a quello di “*agriculture*”.

Di seguito vengono mostrati dei grafici riportanti l’influenza di ogni declinazione di “agrivoltaico”, usate nel mondo, rispetto alle parole chiave abbinare (“*landscape*”, “*environmental and impact*”, “*solar and perception*” e “*social and acceptance*”).



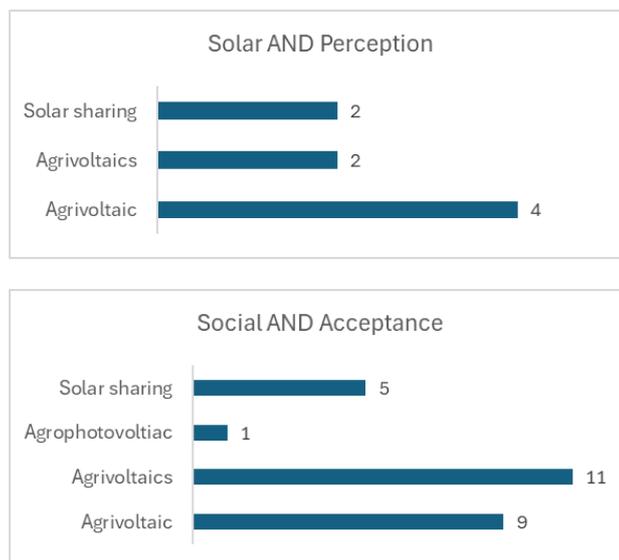


Figura 2 - Numero di riferimenti per ogni combinazione di parole chiave (fonte: elaborazione propria)

Da sottolineare la presenza di articoli che vengono riproposti in più ricerche e che per ovvi motivi vengono conteggiati una volta sola, ottenendo un totale di 353 documenti. Al fine di avere una prima scrematura dei dati, vista l'ampiezza dei documenti rinvenuti, vengono applicate alcune restrizioni attraverso la sezione "filtri" messa a disposizione dal database stesso. In particolare, sono stati selezionati i documenti scritti in lingua inglese, nelle versioni a libero accesso e definitive. Questo secondo step permette di escludere 194 papers per un totale di 159 documenti. Leggendo titolo e abstract è stata svolta un'ulteriore cernita, dove sono stati selezionati i testi considerati più congrui per un totale di 64 documenti. Tali papers che sono stati successivamente letti per intero. I testi considerati con un focus correlato e selezionati dopo il processo di screening sono 42.

Nello specifico, all'interno degli allegati (*a. identificazione delle pubblicazioni scientifiche selezionate che compongono il database finale*) è possibile visionare una tabella con l'identificazione dei 42 documenti esaminati che compongono il database finale. Per ogni articolo viene definito il riferimento bibliografico (disponibili per intero nella bibliografia al fondo), la tipologia di rivista, l'ambito di appartenenza, la tematica chiave, il paese e il continente di provenienza degli articoli, l'approccio o il metodo, il paese e il continente di provenienza dei casi studio.

Di seguito viene proposto uno schema logico riportante il numero di pubblicazioni restituite ed effettivamente selezionate in base ai criteri di ricerca sopra descritti.

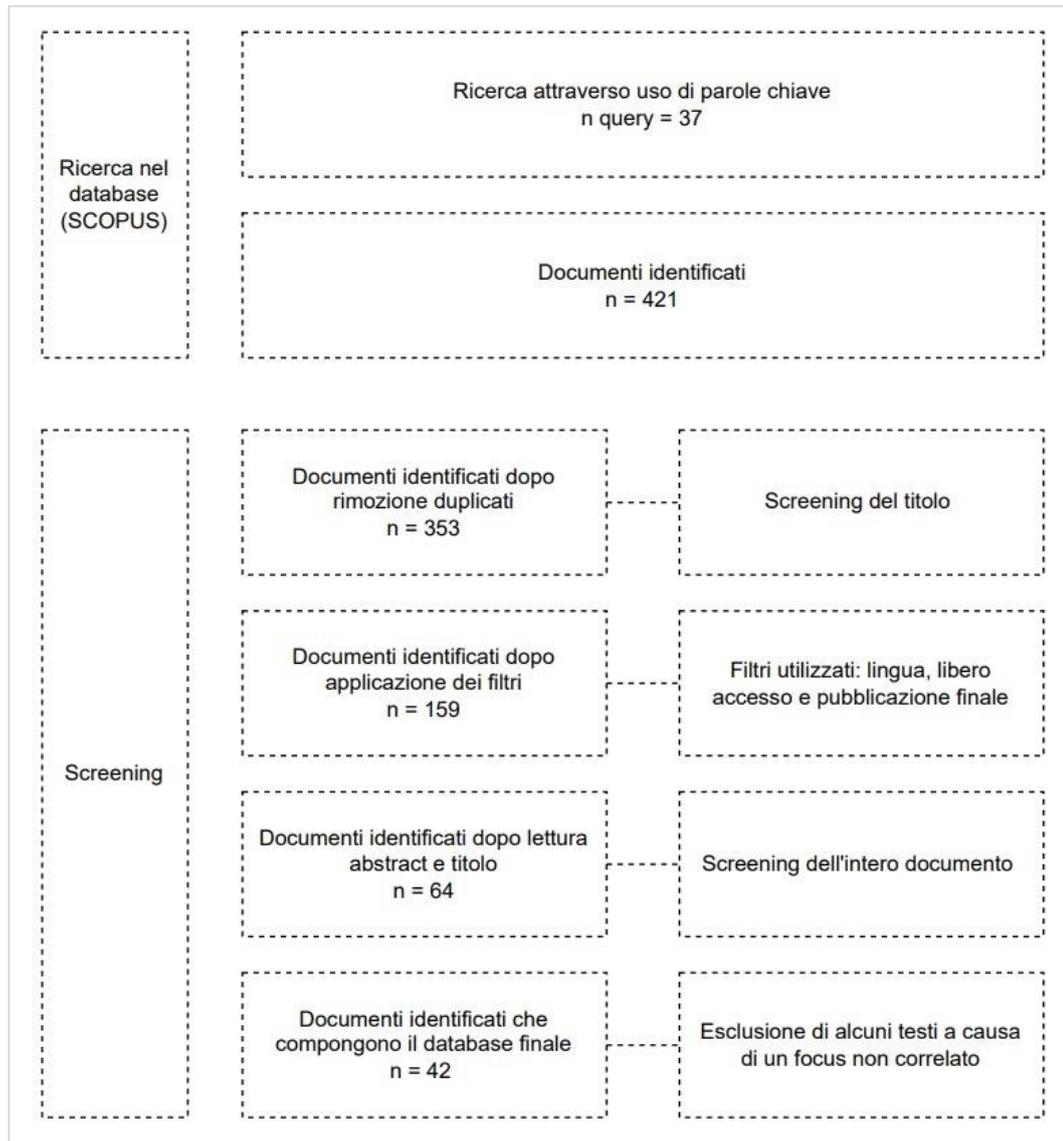


Figura 3 - Processo di revisione sistematica della letteratura (fonte: elaborazione propria)

A seguire, al fine di organizzare i principali risultati ottenuti, vengono proposti istogrammi e grafici ad albero con lo scopo di osservare in modo intuitivo gli elementi maggiormente rappresentati.

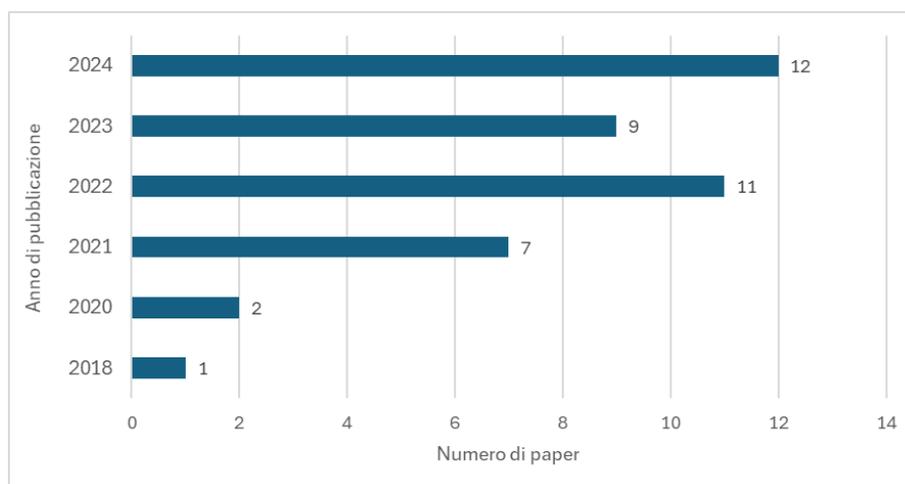


Figura 4 - Distribuzione degli articoli revisionati per anno di pubblicazione (fonte: elaborazione propria)

Il grafico sopra riportato mostra l'anno di pubblicazione dei vari articoli selezionati. Come si può osservare si tratta di documenti recenti, la maggior parte dei quali pubblicati negli ultimi 3 anni (76% sul totale). L'anno maggiormente rappresentato è il 2024 con 12 scritti (29% sul totale). La tecnologia agrivoltaica, infatti, si sia sviluppata solamente negli ultimi anni, di particolare rilevanza per i temi legati al cambiamento climatico.

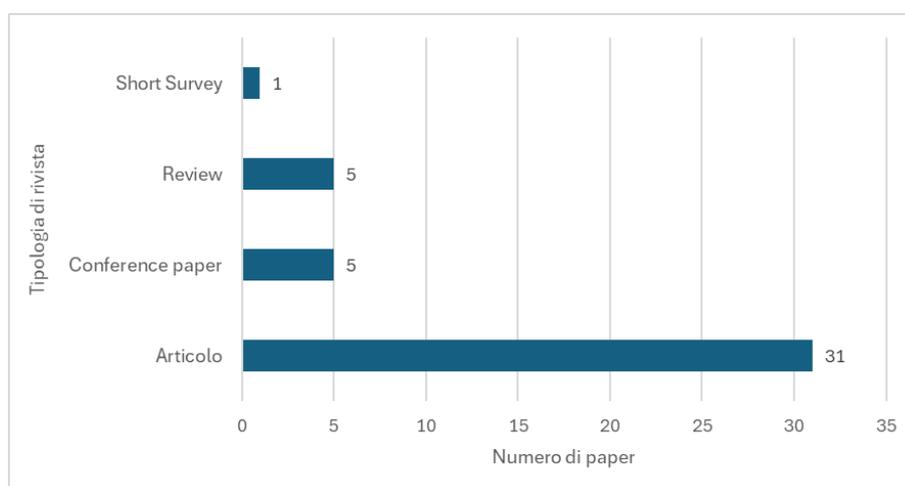


Figura 5 - Distribuzione degli articoli revisionati per tipologia di rivista (fonte: elaborazione propria)

L'istogramma rappresenta i documenti rinvenuti, suddivisi per tipologia. Quasi la totalità dei paper selezionati per il database finale, nello specifico 31 documenti (74% sul totale) fa riferimento ad un articolo.

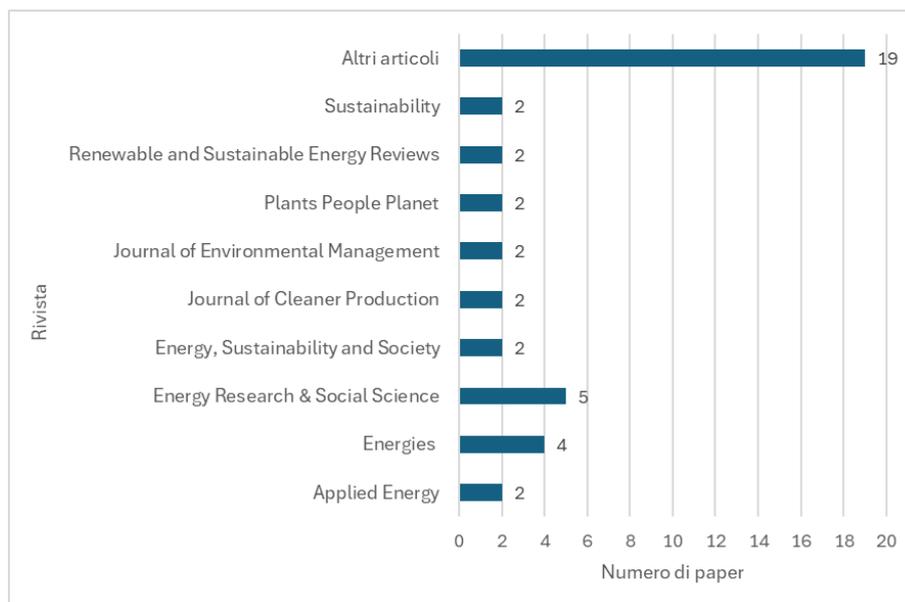


Figura 6 - Distribuzione degli articoli revisionati per rivista (fonte: elaborazione propria)

I dati mostrano l'ambito di appartenenza delle riviste che compongono il database finale dove si riscontra una situazione non omogenea. La maggior parte degli articoli, nello specifico 19 (45% sul totale), riporta un ambito senza equali. Ad essere ripetute più volte sono le riviste "Energy Research & Social Science" ed "Energies", proposte rispettivamente in 5 e 4 documenti.

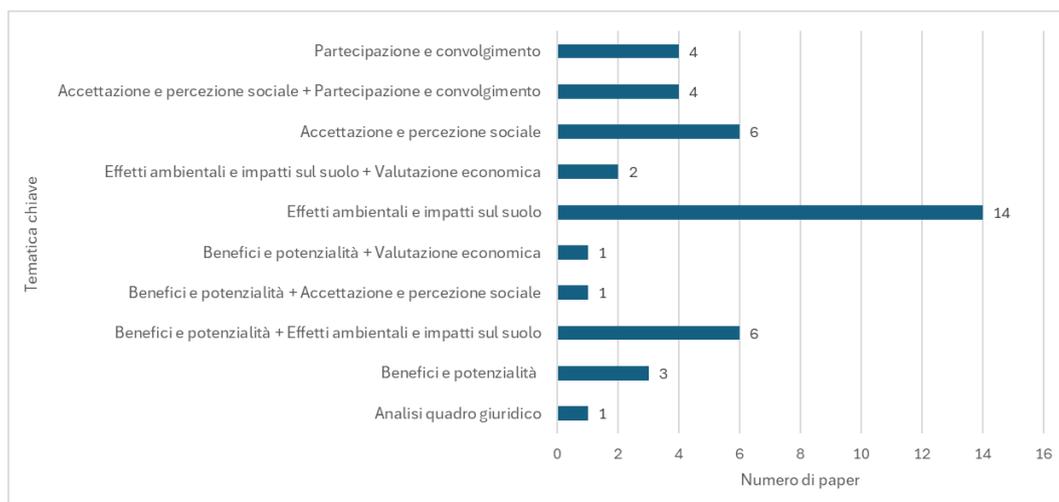


Figura 7 - Distribuzione degli articoli revisionati per tematica chiave (fonte: elaborazione propria)

Nel grafico sopra riportato viene mostrato l'argomento chiave rinvenuto all'interno dei vari documenti. In particolare, in 14 papers (33% sul totale) si affronta la tematica degli "effetti ambientali e degli impatti sul suolo". Negli impianti agrivoltaici, la presenza di pannelli solari altera le normali condizioni del suolo provocando una serie di conseguenze sulle pratiche agricole e un forte impatto sugli ecosistemi locali, da

considerare in fase di pianificazione. Nello specifico, all'interno degli scritti, viene promosso l'uso multifunzionale della tecnologia agrivoltaica in grado di proteggere la coltura dai fattori ambientali esterni e al contempo garantire la produzione di energia elettrica (Abouaiana at Al., 2022; Walston at Al., 2021). Vengono valutati gli effetti ambientali sul suolo attraverso l'uso di indicatori (Adeh at Al., 2018; Choi at Al., 2020) spesso prevedendo un confronto tra scenari, al fine di valutare i benefici in termini di produzione (Krexner at Al., 2024; Pascaris at Al., 2021; Scarano at Al., 2024; Toledo et Al., 2024; Uchanski at Al., 2023; Wagner at Al., 2023; Walston at Al., 2021). Altra metodologia adottata prevede un approccio di tipo teorico, valutando le conoscenze acquisite all'interno degli altri testi, attraverso una revisione della letteratura (Gómez-Catasús at Al., 2024; Schweiger at Al., 2023; Yavari at Al., 2022).

A seguire, per rappresentanza in base alle tematiche rilevate, si osservano due argomenti chiave: l'accettazione e la percezione sociale e i benefici e la potenzialità dell'agrivoltaico, collegato al tema degli effetti ambientali e degli impatti sul suolo. Nello specifico si segnalano 6 papers per le due categorie appena nominate, corrispondenti al 14% di influenza sul totale.

Con il termine "*accettazione e percezione sociale*" si fa riferimento alla percezione pubblica rispetto al tema del paesaggio agricolo trasformato, a causa dell'introduzione di un impianto agrivoltaico. Viene affrontato il problema di accettazione sociale, legato all'opinione pubblica, considerando l'introduzione di un elemento fortemente impattato sul territorio che compromette la conservazione della naturalità. In particolare, viene valutato il pensiero di residenti e fruitori del luogo in cui è stato realizzato un impianto agrivoltaico (Biró-Varga at Al., 2024; Buckley Biggs at Al., 2022; Carrausse et Al., 2023; Hilker at Al., 2024; Kim at Al., 2021; Sirnik at Al., 2023). I dati rilevati vengono ottenuti attraverso interviste, sondaggi e questionari, sintetizzando i principali risultati attraverso grafici.

Inoltre, viene rapportato il concetto di "*effetti ambientali e impatti sul suolo*", precedentemente descritto e abbinato a un discorso riguardante i "*benefici e le potenzialità del sistema agrivoltaico*". La tecnologia se ottimizzata nella sua integrazione sul territorio può apportare numerosi benefici rispetto le pratiche agricole e la produzione di energia (Handler at Al., 2022; Hernández at Al., 2022; Kumpanalaisatit at Al., 2022; Li at Al., 2024; Maity at Al., 2023; Mehta at Al., 2024).

Da segnalare, inoltre, il tema della "*partecipazione e coinvolgimento*" degli stakeholder presente all'interno di 4 documenti (10% sul totale). Il successo delle

innovazioni tecnologiche, come l'agrivoltaico, passa per un percorso trasparente e condiviso dove le varie parti dialogano tra loro al fine di raggiungere un obiettivo comune come nel caso della decarbonizzazione. Risulta fondamentale ascoltare l'opinione dai vari soggetti coinvolti, in quanto il successo della tecnologia, passa per l'accettazione degli attori (Campos et Al., 2022; Moore et Al., 2022; Schneider et Al., 2023; Torma et Al., 2024).

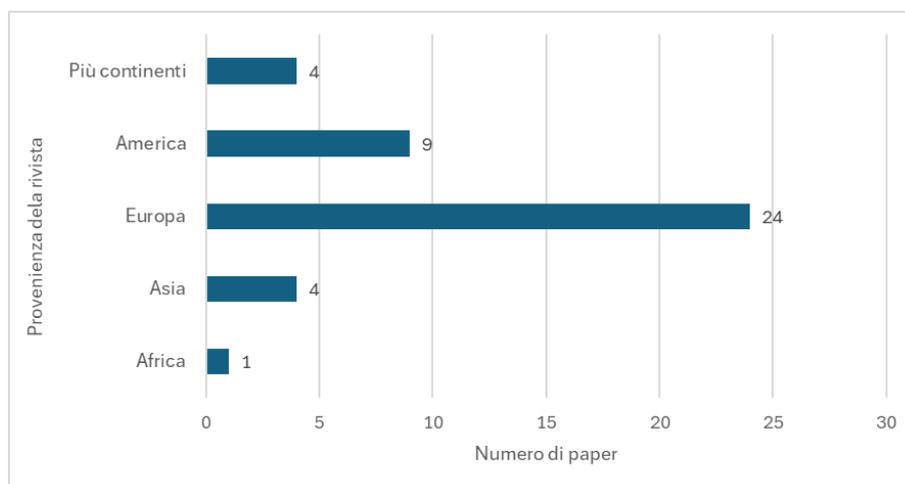


Figura 8 - Distribuzione degli articoli revisionati per continente (fonte: elaborazione propria)

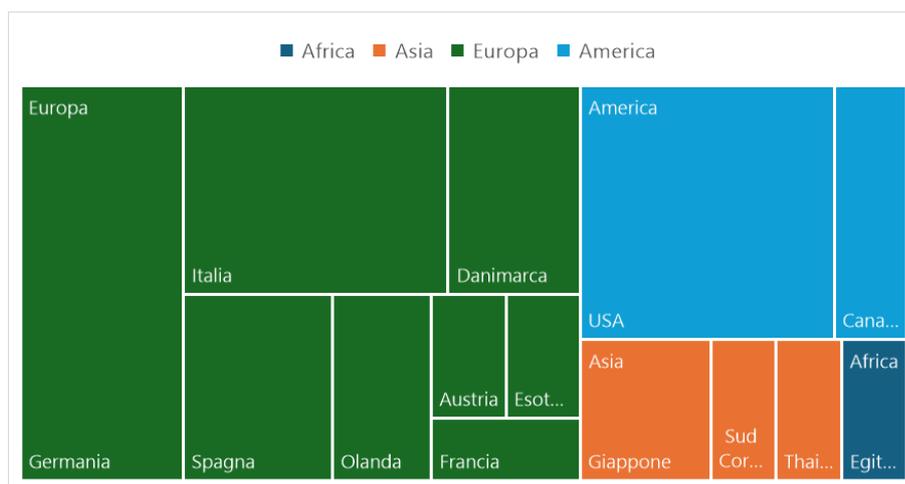


Figura 9 - Distribuzione degli articoli revisionati per paese di provenienza (fonte: elaborazione propria)

L'istogramma e il grafico ad albero sopra riportati mostrano la distribuzione degli articoli revisionati rispetto al continente e i Paesi di provenienza.

Nello specifico, 24 documenti (57% sul totale) sono stati scritti in Europa, in particolare in Germania (7), Italia (6), Spagna (3) e Danimarca (3). A seguire è l'America con un totale di 9 paper (21% sul totale), derivanti da USA (7) e Canada (2).

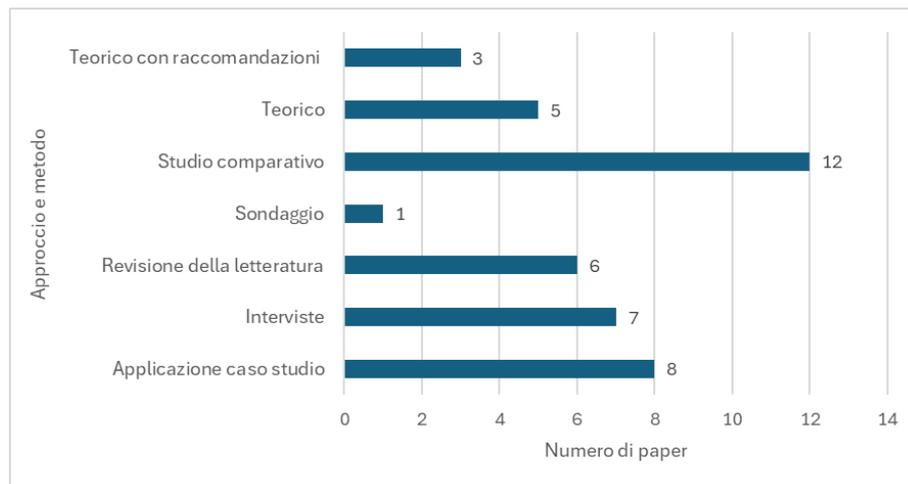


Figura 10 - Distribuzione degli articoli revisionati per approccio e metodo (fonte: elaborazione propria)

Nel grafico sopra riportato sono mostrati gli approcci e i metodi adottati per scrivere i diversi paper. Nella maggior parte dei casi (12 documenti corrispondenti al 29% sul totale) viene utilizzato il metodo dello studio comparativo. In particolare, può essere svolto un confronto tra scenari in modo tale da valutare quello più vantaggioso da inserire in un determinato contesto. In altri casi viene invece valutata la situazione pre e post intervento al fine di studiare i cambiamenti paesaggistici. In ultimo, vengono analizzati gli effetti sul suolo e le prestazioni ambientali rispetto a diverse zone sul terreno. In particolare, vengono valutate le prestazioni del suolo e/o delle colture al di sotto dei moduli fotovoltaici e in territori adiacenti non a contatto con i pannelli.

Altro approccio utilizzato nei vari documenti è l'applicazione di casi studio, rinvenuti all'interno di 8 documenti (19% sul totale). In questo caso viene analizzato un particolare contesto e su di esso vengono svolte analisi e raccolte dati. Nello specifico, nella maggior parte dei paper analizzati si fa riferimento ad analisi ambientali e/o economiche con l'obiettivo di valutare le prestazioni e gli impatti delle tecnologie al fine di attuare una gestione delle risorse consapevole.

Infine, troviamo il metodo delle interviste, applicate all'interno di 7 paper (17% sul totale). In questo caso vengono distribuiti alla popolazione questionari al fine di comprendere la posizione della popolazione sul tema delle energie rinnovabili e nello specifico rispetto alla tecnologia agrivoltaica.

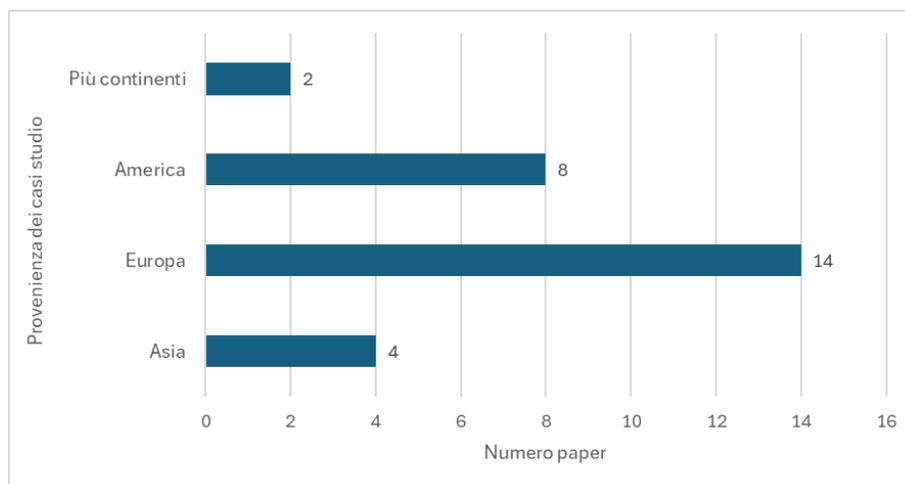


Figura 11 - Distribuzione degli articoli revisionati, rispetto ai casi studio, per continente (fonte: elaborazione propria)

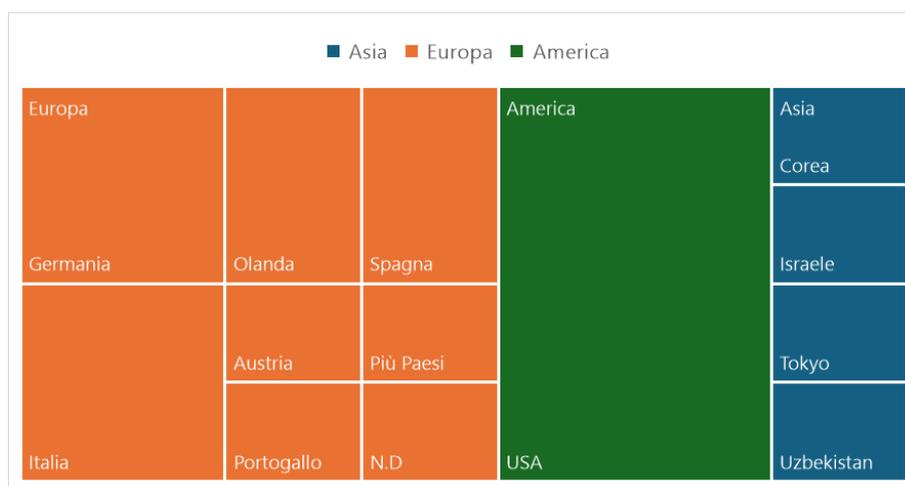


Figura 12 - Distribuzione degli articoli revisionati, rispetto ai casi studio, per paese di provenienza (fonte: elaborazione propria)

Nei due grafici sopra riportati, infine, viene osservata la provenienza dei casi applicativi, rispetto al continente e al Paese. Nello specifico si fa riferimento all'applicazione dei casi studio, alle interviste, ai sondaggi e allo studio comparativo. La maggior parte dei casi riguarda il contesto europeo. I Paesi maggiormente rappresentati sono Germania (3), Italia (3), Olanda (2) e Spagna (2). A seguire si trova l'America con i casi studio selezionati presenti esclusivamente negli USA (8). In ultimo si trova l'Asia, con 4 paper selezionati derivanti da Corea, Israele, Tokyo e Uzbekistan.

CAPITOLO 2 – LA TECNOLOGIA AGRIVOLTAICA: LE TIPOLOGIE, LE NORME E GLI STRUMENTI PER IL PROGETTO

2.1 La definizione della tecnologia agrivoltaica

Di seguito viene data una definizione del sistema agrivoltaico. Si tratta di una soluzione innovativa che si sta diffondendo negli ultimi anni al fine di limitare la dipendenza da combustibili fossili e raggiungere la neutralità climatica entro il 2050, secondo le direttive UE. Tale tecnologia apporta numerosi vantaggi permettendo un'agricoltura sempre più efficiente ad affrontare la crisi climatica. Sono presenti, però, forti limitazioni rispetto alle coltivazioni che possono essere abbinate al di sotto dei pannelli solari, dovute al rapporto di dipendenza di alcune colture dalla luce. Il termine non va confuso con il concetto di agrisolare, impianto fotovoltaico diffuso sui tetti delle aziende rurali. Entrambi, infatti, conseguono gli stessi obiettivi per un futuro verde, differenziando, però, per le superfici che coinvolgono.

Il concetto di agrivoltaico (AFV) viene introdotto per la prima volta in Germania nel 1981 da Adolf Goetzberger e Armin Zastrow. Solamente nel 2004, però, l'ingegnere Akira Nagashima darà vita a un primo prototipo in Giappone denominandolo “*solar sharing*”. L'idea consisteva in una struttura simile a un pergolato con tubi metallici molto sottili per consentire le normali attività di coltivazione. La copertura con pannelli fotovoltaici era pensata, oltre che per produrre energia, per evitare un eccessivo irraggiamento, dannoso per le colture. Il primo impianto agrivoltaico sperimentale sviluppato in Europa, è stato costruito in Francia, a Montpellier, nel 2010. Il prototipo è stato suddiviso in due parti: una statica e una dinamica. La prima sezione è formata da moduli statici con diversa densità nella disposizione dei pannelli, al fine di studiare l'effetto dell'ombra sulla crescita delle piante. La seconda sezione prende forma nel 2014 con lo scopo di valutare i vantaggi della tecnologia ad inseguimento solare, la quale permette una regolazione dei livelli di radiazione sulle colture (Toledo et Al., 2021).

Il sistema agrivoltaico è una possibile soluzione per affrontare la decarbonizzazione, aumentando la produzione di energia fotovoltaica, senza compromettere la produttività dei suoli agricoli. L'idea consiste nell'integrare, sullo stesso pezzo di terra, la produzione di energia elettrica e le pratiche agricole. I pannelli, infatti, non vengono installati direttamente sul terreno, ma sopraelevati ad un'altezza variabile, per ottenere un irraggiamento uniforme e consentire le normali attività agro-zootecniche. Questa soluzione innovativa e sostenibile permette di massimizzare l'utilizzo del terreno consentendo, contemporaneamente, la coltivazione e la produzione di energia pulita, apportando benefici ad entrambi i settori, per un uso efficace ed efficiente del suolo.

Tale sistema permette di rispondere alla maggior richiesta di prodotti agricoli, dovuta all'aumento di popolazione degli ultimi anni conciliando, al contempo, la produzione di energia rinnovabile e soddisfacendo quindi i consumi. L'agrivoltaico è parte integrante del processo di transizione energetica ed è utile a mitigare gli effetti della crisi climatica, l'innalzamento delle temperature e i periodi di siccità. È stato dimostrato che i sistemi AFV migliorano l'uso del suolo, l'efficienza nell'uso dell'acqua e delle colture (Colantoni et Al., 2021).

Da questa particolare tecnologia derivano numerosi vantaggi per gli agricoltori e l'ambiente. In primis, la produzione integrata consente di ottimizzare la resa delle coltivazioni, dal punto di vista qualitativo e quantitativo. L'ombreggiamento permette un importante risparmio idrico, proteggendo le colture da picchi di calore e stress termico. Allo stesso tempo, però, la crescita di alcune colture potrebbe essere influenzata negativamente dalla scarsità di luce.

I pannelli, inoltre, forniscono protezione in caso di fenomeni climatici avversi come forti precipitazioni, vento e grandine. Il suolo, con l'installazione dei pannelli, non viene impermeabilizzato e a fine vita utile (approssimativamente 20-30 anni) le installazioni possono essere rimosse, senza compromettere la qualità del terreno. Infine, l'agricoltore ha un guadagno aggiuntivo per la messa a disposizione dei terreni, creando, in aggiunta, posti di lavoro nel settore agricolo.

Il termine "*agrivoltaico*" non va confuso con il concetto di "*agrisolare*". Entrambi sono due sistemi innovativi per produrre energia da fonti rinnovabili secondo il concetto di sostenibilità, al fine di perseguire il processo di decarbonizzazione. Nello specifico, però, quando si parla di agrisolare si fa riferimento a pannelli che vengono installati

sulle coperture delle aziende agro-zootecniche, senza consumare suolo, creando un connubio tra agricoltura ed energia pulita.

Tale intervento è sostenuto dal PNRR, attraverso la missione 2 denominata “*rivoluzione verde e transizione ecologica*” e nello specifico dalla componente 1 “*economia circolare e agricoltura sostenibile*”. In particolare, si fa riferimento all’investimento 2.2 denominato “*parco agrisolare*” per cui sono previsti 1,5 mld di euro per progetti che prevedono l’acquisto e la posa in opera di pannelli ad energia solare sulle coperture di fabbricati a uso produttivo nei settori agricolo, zootecnico e agro-industriale. L’obiettivo è rimuovere e smaltire i tetti esistenti, per costruirne di nuovi, al fine di migliorare la coibentazione e aereazione e il benessere degli animali (PNRR, 2021).



Figura 13 - Impianto agrivoltaico (fonte: ARSAC)

2.2 Il contesto tecnico normativo: il rapporto tra uso del suolo e la produzione di energia rinnovabile da impianti agrivoltaici

Come affermato in precedenza, lo sviluppo da fonti energetiche rinnovabili è una priorità al fine di mitigare il cambiamento climatico. Una possibile soluzione è la tecnologia agrivoltaica in grado di conciliare in modo virtuoso, sullo stesso terreno, la produzione agricola ed energetica. Risulta fondamentale una normativa unificata in grado di bilanciare il rapporto tra agricoltura e impianti fotovoltaici. In linea generale, si hanno a disposizione delle norme relativamente recenti e attualmente in fase di elaborazione e aggiornamento che verranno di seguito introdotte.

Tra le principali norme emerge il Decreto-Legge 31 maggio 2021, n.77 (anche conosciuto con il nome di “*Decreto Semplificazioni*”) convertito, successivamente, con la Legge 29 luglio 2021, n.108. Il provvedimento pone le basi al fine di raggiungere gli obiettivi previsti all’interno del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), del Piano nazionale degli investimenti complementari e del Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima 2030 (PNIEC). Per farlo vengono proposte procedure semplificate al fine di snellire e accelerare il lavoro all’interno della pubblica amministrazione.

Il testo di legge, nella sua versione definitiva, è composto da 121 articoli, di cui 67 originali e 54 aggiunti, concentrati in 2 parti: una inerente alla “*governance per il PNRR*” e una che riguarda le “*disposizioni di accelerazione e snellimento delle procedure e di rafforzamento della capacità amministrativa*”. In allegato, inoltre, sono previsti 4 documenti.

In particolare, nella prima parte, compresa tra gli articoli 1-16, si fa riferimento esplicito alla necessità di redigere periodicamente relazioni semestrali sullo stato di attuazione degli interventi del PNRR, il loro impatto e l’efficacia rispetto agli obiettivi perseguiti. Tutto questo è possibile grazie all’istituzione di una cabina di regia che indirizza e coordina l’attuazione degli interventi (Camera dei deputati, 2021a). Nella seconda parte, invece, in riferimento agli articoli 17-67, vengono proposte delle soluzioni al fine di dare impulso agli investimenti, semplificare l’iter procedurale per la realizzazione delle opere e snellire le procedure della pubblica amministrazione.

Particolarmente rilevante risulta essere l’articolo 31, definito “*semplificazione per gli impianti di accumulo e fotovoltaici e individuazione delle infrastrutture per il trasporto del GNL in Sardegna*”, presente all’interno del Capo VI “*accelerazione delle procedure per le fonti rinnovabili*” (L.108/2021). Tale articolo contiene varie disposizioni al fine di incentivare lo sviluppo di produzioni energetiche sostenibili, alternative ai combustibili fossili (Camera dei deputati, 2021a). Nello specifico, all’interno del comma 5, viene introdotta un’eccezione al divieto generale di accedere agli incentivi statali per gli impianti fotovoltaici con moduli collocati a terra su territori agricoli. Il divieto, infatti, non viene applicato “*agli impianti agrivoltaici che adottino soluzioni integrative innovative con monitoraggio 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*” (L.108/2021). Viene, inoltre, specificato che l’accesso ad incentivi è garantito

solamente laddove vengano realizzati dei *“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”* (L.108/2021). Nel momento in cui tali situazioni non fossero rispettate *“cessano i benefici fruiti”* (L.108/2021).

Fino ad allora, così come stabilito dall’articolo 65 *“impianti fotovoltaici in ambito agricolo”* del Decreto-Legge del 24 gennaio 2012, n.1, convertito successivamente secondo Legge del 24 marzo 2012 n.27, per gli *“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”*. Originariamente, infatti, non erano presenti differenziazioni formali tra impianti fotovoltaici su suolo agricolo e tecnologie agrivoltaiche e quindi, nella pratica, le tecnologie erano considerate sullo stesso piano e indistinte.

Solamente con l’introduzione della Legge 29 luglio 2021, n.108 vengono recepite e introdotte le disposizioni presenti all’interno del PNRR e viene modificata la Legge del 24 marzo 2012 n.27 e nello specifico l’articolo 65, attraverso l’introduzione dell’articolo 31 ai commi *1-quater, 1-quinquies e 1-sexies*.

Altra norma di particolare rilevanza è il Decreto Legislativo 8 novembre 2021, n. 199, attuativo della Direttiva UE 2018/2001 (cosiddetta *“Direttiva RED II”*) del Parlamento Europeo e del Consiglio dell’11 dicembre del 2018. Il decreto presenta novità sul tema dell’uso di energia da fonti rinnovabili, in coerenza con gli obiettivi europei di decarbonizzazione, verso un percorso di crescita sostenibile. Il documento è composto da 50 articoli, suddivisi in 7 titoli, con al fondo 8 allegati.

Nello specifico, come è possibile leggere nell’art.1 *“finalità”*, al comma 2, vengono definiti all’interno del decreto *“gli strumenti, i meccanismi, gli incentivi e il quadro istituzionale, finanziario e giuridico, necessari per il raggiungimento degli obiettivi di incremento della quota di energia da fonti rinnovabili al 2030”* (D.lgs. 199/2021). Per far ciò, come specificato all’interno del comma 3 dello stesso articolo, è necessaria l’attuazione delle misure del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) e del Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima (PNIEC). L’obiettivo vincolante per l’Unione Europea è la *“riduzione delle emissioni di gas effetto serra di almeno il 55 per cento rispetto ai livelli del 1990 entro il 2030”* (D.lgs. 199/2021).

Come specificato all'interno dell'articolo 3, al primo comma, *“l'Italia intende conseguire un obiettivo minimo del 30 per cento come quota complessiva di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo”* in coerenza con le indicazioni presenti all'interno del PNIEC (D.lgs. 199/2021).

All'interno del decreto, di fondamentale importanza risulta essere Titolo II *“regimi di sostegno e strumenti di promozione”* e nello specifico il Capo II *“regimi di sostegno per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili”*. In particolare, all'interno dell'articolo 5 *“caratteristiche generali dei meccanismi di incentivazione”* vengono definiti i criteri di incentivazione tariffaria differiti a seconda della tipologia e della potenza dell'impianto. Facendo riferimento a quanto scritto nei commi 2-4, per i grandi impianti, ovvero le tecnologie con potenza superiore a 1 MW, si prevede l'attribuzione dell'incentivo secondo *“procedure competitive di aste al ribasso effettuate in riferimento a contingenti di potenza”*. Per gli impianti di piccola taglia, ossia con potenza inferiore a 1 MW, l'incentivo viene attribuito secondo due diversi meccanismi: per gli impianti con *“costi di generazione più vicini alla competitività di mercato”* si prevede il rilascio di una *“richiesta da effettuare direttamente alla data di entrata in esercizio”* mentre per gli *“impianti innovativi e per impianti con costi di generazione maggiormente elevati”* l'incentivo viene *“attribuito tramite bandi”*. Infine, per gli impianti di potenza pari o inferiore a 1 MW, facenti parte di comunità dell'energia o di configurazioni di autoconsumo collettivo, si ricorre a *“incentivi diretti”* in un'ottica di semplificazione procedurale che premia *“l'energia autoconsumata istantaneamente”* (D.lgs. 199/2021). La somma viene erogata dal Gestore dei Servizi Energetici (GSE), così come definito all'interno dello stesso articolo, al comma 1.

Nel Capo IV *“norme in materia di attuazione e coordinamento con il PNRR e allocazione dei proventi delle aste CO2”* e, nello specifico, all'articolo 14 *“criteri specifici di coordinamento fra misure del PNRR e strumenti di incentivazione settoriali”* vengono definite le *“modalità per la concessione dei benefici delle misure del PNRR”* così come definito all'interno del comma 1. In particolare, viene fatto riferimento ai *“criteri e modalità per incentivare la realizzazione di impianti agrivoltaici attraverso la concessione di prestiti o contributi a fondo perduto”* in conformità con la misura 2, componente 2, investimento 1.1 del PNRR e in coerenza con il già citato articolo 65, comma 1-quater, del Decreto-Legge del 24 gennaio 2012, n.1 convertito successivamente secondo Legge del 24 marzo 2012, n.27 che permette l'accesso a tali

fondi solo a coloro che introducono sistemi ibridi di agricoltura e produzione energetica senza compromettere l'uso del suolo dedicato all'agricoltura (D.lgs. 199/2021). I diversi metodi di retribuzioni sono quelli recentemente descritti nell'articolo 5 *“caratteristiche generali dei meccanismi di incentivazione”*.

Nel Titolo III *“procedure autorizzative, codici e regolamentazione tecnica”* e nello specifico all'interno del Capo I *“autorizzazioni e procedure amministrative”* è importante andare ad analizzare l'articolo 20 che tratta la *“disciplina per l'individuazione di superfici e aree idonee per l'installazione di impianti a fonti rinnovabili”*. All'interno del comma 1, in particolare, viene specificato che è necessario individuare *“principi e criteri omogenei per l'individuazione delle superfici e delle aree idonee e non idonee all'installazione di impianti a fonti rinnovabili”* (D.lgs. 199/2021). Lo scopo è andare a individuare le aree adatte all'installazione di impianti fotovoltaici al fine di soddisfare il fabbisogno in termini di potenza installata e raggiungere gli obiettivi presenti all'interno del PNIEC. Con il termine *“area idonea”* il D.lgs. 199/2021, all'articolo 2, definisce *“un'area con un elevato potenziale atto a ospitare l'installazione di impianti di produzione elettrica da fonte rinnovabile, anche all'eventuale ricorrere di determinate condizioni tecnico-localizzative”*. All'interno del comma 4 viene stabilito che spetta alle regioni individuare tali aree abili all'installazione di tecnologie fotovoltaiche. Devono inoltre essere stabilite le modalità al fine della *“minimizzazione degli impatti sull'ambiente, sul territorio, sul patrimonio culturale e sul paesaggio”* così come specificato all'interno del comma 5 (D.lgs. 199/2021). Infine, all'interno del comma 8 vengono definite, attraverso una lista, le aree che possono essere considerate idonee all'installazione di impianti per la produzione di energia rinnovabile. Tra queste emergono le aree dove sono già presenti tecnologie della medesima fonte rinnovabile, i terreni oggetto di bonifica, le cave e miniere abbandonate o in disuso, i siti ferroviari, autostradali e aeroportuali dismessi. Vengono, inoltre, considerati adatti i terreni racchiusi in un buffer di 500 metri da zone a destinazione industriale, artigianale e commerciale e le aree adiacenti alla rete autostradale entro una distanza non superiore ai 300 metri.

In collegamento, all'articolo 22 *“procedure autorizzative specifiche per le aree idonee”*, all'interno del comma 1, viene specificato che è necessaria una valutazione di impatto ambientale da parte dell'autorità competente in materia paesaggistica al fine di dichiarare idonea una determinata area.

Facendo un salto in avanti rispetto all'ordine cronologico degli eventi, il 21 giugno 2024 viene emanato il cosiddetto "*Decreto Aree Idonee*" provvedimento recante la "*disciplina per l'individuazione di superfici e aree idonee per l'installazione di impianti a fonti rinnovabili*", in attuazione dell'articolo 20 del Decreto Legislativo 8 novembre 2021, n. 199. Nel documento sono presenti 9 articoli, distribuiti all'interno di 2 titoli definiti "*ripartizione della potenza fra regioni e province autonome*" e "*principi e criteri omogenei per l'individuazione delle aree idonee*".

Come specificato nell'articolo 3 "*modalità di conseguimento degli obiettivi*", nei successivi 180 giorni (ovvero entro il 30 dicembre 2024) spetta alle regioni emanare le proprie leggi all'interno delle quali vengono individuate le aree idonee e inadatte all'installazione di nuovi impianti rinnovabili. In attesa delle leggi regionali si potrà fare riferimento alle aree idonee individuate dall'articolo 20, comma 8 del Decreto Legislativo 8 novembre 2021, n. 199.

All'interno del decreto, così come definito nell'articolo 1, comma 1, vengono delineati i "*principi e criteri omogenei per l'individuazione da parte delle regioni delle superfici e delle aree idonee e non idonee all'installazione di impianti a fonti rinnovabili*" con lo scopo di raggiungere gli obiettivi di decarbonizzazione fissati a livello europeo (pacchetto di iniziative "*Fit for 55*") e nazionale (PNIEC). Al comma 2 viene specificato che per le superfici e le aree idonee viene previsto un "*iter agevolato per la costruzione ed esercizio degli impianti rinnovabili e delle infrastrutture connesse secondo le disposizioni vigenti di cui all'art. 22 del decreto legislativo 8 novembre 2021, n. 199*" (Decreto 21/06/2024).

Entrando nello specifico, all'articolo 2 "*obiettivi delle regioni e province autonome*", viene proposta una tabella con gli obiettivi regionali di potenza minima da raggiungere annualmente dal 2021 al 2030. Nel dettaglio le regioni e le due province autonome dovranno spartirsi gli 80 GW di potenza da fonti rinnovabili obiettivo fissato, a livello nazionale, per ridurre al minimo la dipendenza da fonti fossili. Il maggior contributo avverrà da parte della Sicilia (10,4 GW), Lombardia (8,7 GW) e Puglia (7,3 GW). Per la regione Piemonte, sono stati assegnati 4,9 GW di potenza minima da raggiungere, entro il 2030 (Decreto 21/06/2024).

All'interno dell'articolo 4 "*monitoraggio e verifica del raggiungimento degli obiettivi*", comma 1, viene definito che alla fase di rilevazione dei dati e alla verifica degli adempimenti provvede il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) con il supporto del Gestore dei Servizi Energetici (GSE).

All'interno del Titolo II e, nello specifico, all'articolo 7 vengono introdotti i "*principi e criteri per l'individuazione delle aree idonee*". In particolare, si lascia ampia discrezionalità nelle scelte localizzative degli impianti FER alle varie regioni privilegiando l'uso di superfici edificate e aree agricole inutilizzabili con il fine di tutelare il patrimonio culturale e del paesaggio. Vengono considerate non idonee le superfici e le aree comprese all'interno dei perimetri dei beni sottoposti a tutela secondo Decreto Legislativo del 22 gennaio 2004 ("*Codice dei beni culturali e del paesaggio*"). Le regioni, inoltre, possono stabilire una fascia di rispetto, di ampiezza variabile, dal perimetro dei beni sottoposti a tutela.

Altro provvedimento degno di menzione, tornando all'ordine cronologico degli eventi dopo aver introdotto il "*Decreto Aree Idonee*", risulta essere il Decreto 22 dicembre 2023, n.436, entrato in vigore il 14 febbraio. Tale norma riguarda, così come specificato all'interno del comma 1 dell'articolo 1 "*finalità e ambito di applicazione*", i criteri e le modalità al fine di incentivare la realizzazione di tecnologie agrivoltaiche sperimentali, grazie agli investimenti previsti dal PNRR. L'obiettivo è installare, entro il 30 giugno 2026, una potenza complessiva pari ad almeno 1,04 GW ed una produzione indicativa di 1.300 GWh/anno. Il provvedimento, anche noto con il nome "*Decreto Agrivoltaico*", si compone di 18 articoli e 3 allegati e nasce in attuazione dell'articolo 14, comma 1, del Decreto Legislativo 8 novembre 2021, n. 199.

Per impianto agrivoltaico di natura sperimentale, così come specificato all'interno dell'articolo 2 "*definizioni*", comma 1b, si intende un sistema integrato in grado di non compromettere le attività agricole sottostanti grazie all'utilizzo di moduli fotovoltaici elevati da terra. Tali tecnologie sono inoltre dotate di sistemi di monitoraggio che consentano di valutare l'impatto dell'installazione sulle colture.

Nel comma 2, dell'articolo 1 "*finalità e ambito di applicazione*", viene specificato che laddove vengano rispettati i requisiti proposti dal provvedimento, al fine di soddisfare l'obiettivo di produzione di energia pulita da impianti agrivoltaici, viene riconosciuto un incentivo composto da: "*un contributo in conto capitale nella misura massima del 40% dei costi ammissibili*" e "*una tariffa incentivante applicata alla produzione di energia elettrica netta immessa in rete*" (DM 436/2023). Le risorse finanziarie, così come precisato nel comma 3, derivano dall'investimento 1.1 "*sviluppo agrivoltaico*", appartenente alla missione 2 "*rivoluzione verde e transizione ecologica*", componente 2 "*energia rinnovabile, idrogeno, rete e mobilità sostenibile*", del PNRR.

All'articolo 4 "*soggetti beneficiari*", vengono identificati coloro che beneficiano dei suddetti fondi ovvero agricoltori e imprenditori agricoli che possono partecipare in forma individuale, societaria o cooperativa. Vengono, inoltre, ammessi i consorzi formati da due o più imprenditori agricoli e/o società agricole e le associazioni temporanee di imprese.

Come precisato nell'articolo 5 "*modalità e requisiti generali per l'accesso agli incentivi*", però, possono beneficiare degli incentivi messi a disposizione dal PNRR esclusivamente gli impianti di nuova costruzione, con potenza nominale superiore a 1 kW. È inoltre necessario che al momento della richiesta sia stato conseguito il titolo abilitativo per la costruzione ed esercizio dell'impianto e che vengano rispettati i criteri di carattere progettuale. Le caratteristiche costruttive e i requisiti di esercizio da rispettare sono presenti all'interno dell'allegato 2 "*requisiti dei sistemi agrivoltaici avanzati*" e riguardano la superficie minima destinata all'attività agricola, l'altezza minima dei moduli dell'impianto rispetto al suolo, la producibilità elettrica minima e il rispetto della continuità dell'attività agricola e pastorale sul terreno oggetto di intervento (tali caratteristiche vengono approfondite all'interno del capitolo 2.3 "*i requisiti progettuali di un impianto agrivoltaico*"). È possibile accedere agli incentivi tramite l'iscrizione in appositi registri, nel limite del contingente di 300 MW, per gli impianti di potenza fino a 1 MW, o con la partecipazione a procedure competitive, per un contingente complessivo di 740 MW, per le tecnologie agrivoltaiche di qualsiasi potenza, così come viene stabilito all'interno dei commi 1 e 2 dell'articolo 5.

L'accesso agli incentivi, così come descritto nel comma 1 dell'articolo 6 "*procedure per l'accesso agli incentivi*" avviene attraverso la partecipazione a procedure pubbliche, distinte in registri e aste, bandite dal Gestore dei Servizi Energetici (GSE). In secondo luogo, il GSE esamina la documentazione trasmessa e verifica i requisiti necessari per l'ammissione agli incentivi così come definito nel comma 3, dell'articolo 7 "*criteri di selezione dei progetti e ammissione agli incentivi*".

Tramite Decreto Dipartimentale 16 maggio 2024, n.233, vengono definite le regole operative relative al "*Decreto Agrivoltaico*" (così come stabilito dall'articolo 12 "*regole operative e avviso pubblico*") per l'accesso alle tariffe incentivanti previste dal PNRR al fine di realizzare impianti agrivoltaici innovativi. Successivamente è stato pubblicato dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) il Decreto

Dipartimentale 31 maggio 2024, n.251 che approva e aggiorna le regole operative per la partecipazione dei bandi.

Nello specifico, nel periodo tra il 4 giugno e il 2 settembre 2024, sono state spedite le richieste per l'accesso agli incentivi del PNRR. Alla chiusura del bando sono giunte 643 richieste di partecipazione la maggior parte delle quali derivanti dal sud Italia (56% sul totale) per una potenza complessiva stimata dai progetti pari ad oltre 1,7 GW. (MASE, 2024).

Recentemente, infine, è stata pubblicata la Legge 12 luglio 2024, n.101, di conversione del Decreto-Legge 15 maggio 2024, n.63, anche conosciuta con il nome "*Decreto Agricoltura*", recante "*disposizioni urgenti per le imprese agricole, della pesca e dell'acquacoltura, nonché per le imprese di interesse strategico nazionale*". Il testo del provvedimento si articola in 16 articoli e 2 allegati.

Di particolare importanza per i temi affrontati nella presente tesi, risulta essere l'articolo 5 denominato "*disposizioni finalizzate a limitare l'uso del suolo agricolo*". Il provvedimento introduce alcune novità in materia di energia rinnovabile andando a modificare, con l'aggiunta di un nuovo comma (1-bis), l'articolo 20 del Decreto Legislativo 8 novembre 2021, n.199. L'obiettivo del provvedimento è tutelare le aree classificate dai piani urbanistici come agricole, limitando l'installazione di impianti fotovoltaici con moduli collocati a terra. Per le caratteristiche intrinseche della struttura, sollevata da terra e in grado di non compromettere le normali funzioni agricole sottostante ai moduli, i progetti agrivoltaici sono esclusi da tale divieto.

Sono, però, presenti delle eccezioni presentate all'interno del comma 1. Nello specifico, l'installazione dei pannelli a terra è consentita in zone agricole limitatamente nelle aree già occupate precedentemente da impianti fotovoltaici con possibilità di svolgere interventi di modifica, rifacimento, potenziamento o ricostruzione, senza incrementare l'area occupata. Il fotovoltaico a terra è inoltre consentito nelle aree agricole all'interno di cave e discariche oggetto di ripristino ambientale. Inoltre, l'installazione è consentita laddove sia costituita una Comunità Energetica Rinnovabile (CER) o nel caso di "*progetti attuativi delle misure di investimento del PNRR*" (L. 101/2024).

Da sottolineare il fatto che, specificatamente per la regione Piemonte, tale provvedimento ha poco impatto in quanto l'installazione degli impianti fotovoltaici

collocati a terra su suolo agricolo era già vietata da Delibera della Giunta Regionale 31 luglio 2023, n.58-7356, norma successivamente ripresa e in parte modificata con la Delibera della Giunta Regionale 23 ottobre 2023 n.26-7599. L'obiettivo è preservare le aree agricole di elevato interesse agronomico permettendo esclusivamente l'installazione delle tecnologie di tipo agrivoltaico. Con “*aree agricole di elevato interesse agronomico*” si intendono, i territori agricoli riconducibili all'articolo 2 comma 1 lett. E) del d.m. 1444/68, riconosciuti e individuati dai disciplinari delle produzioni agricole vegetali come a Denominazione di Origine Protetta (D.O.P.), ad Indicazione Geografica Protetta (I.G.P.), a Denominazione di Origine Controllata (D.O.C.) e Garantita (D.O.C.G.). Inoltre, rientrano in tale definizione i terreni agricoli e naturali ricadenti nella I e II classe di capacità d'uso del suolo. Tali zone interessano la quasi totalità del territorio regionale rappresentando, di fatto, una forte limitazione nella realizzazione di impianti fotovoltaici con moduli a terra.

2.3 I requisiti progettuali di un impianto agrivoltaico

Per progettare un impianto agrivoltaico deve essere effettuata un'attenta pianificazione con il fine di massimizzare la produzione alimentare ed energetica. Si tratta di una tecnologia complessa che deve essere in grado di connettere due settori molto diversi: un sistema energetico ed uno agronomico. Spesso favorendo un'attività si va in contrapposizione con l'altra ed è quindi necessario trovare il giusto equilibrio, fissando parametri e definendo requisiti volti a conseguire prestazioni ottimali sul sistema complessivo (MiTE, 2022). Occorre tenere in considerazione che non esiste a priori un modello per garantire l'integrazione di un sistema agrivoltaico nel paesaggio poiché questo è mediato dalla qualità del singolo progetto, con parametri e giudizi prettamente visivi. Affinché un progetto sia un “*progetto di paesaggio*” è necessaria un'appropriata analisi paesaggistica che valuti, oltre alle prestazioni energetiche ed agricole, lo studio della visibilità e la percezione del paesaggio (ENEA, 2022).

A questo punto della tesi è necessario introdurre le prerogative che i sistemi agrivoltaici devono seguire e soddisfare per essere considerati come tali. In particolare, devono essere rispettate le linee guida e i requisiti messi a disposizione dal MiTE che verrà utilizzata come bibliografia di base (MiTE, 2022).

Nel dettaglio sono stati individuate cinque caratteristiche da soddisfare per definire un impianto agrivoltaico come tale. I requisiti sono identificati attraverso le prime lettere dell'alfabeto dalla A alla E.

In primo luogo (requisito A), come è stato più volte ripetuto, è necessario integrare l'attività agricola e la produzione di energia in modo da ottimizzare le rese di entrambi i settori. Per farlo devono essere progettate e realizzate, in modo opportuno, configurazioni spaziali e scelte tecnologiche. In secondo luogo, (requisito B) deve essere garantita la continuità dell'attività agricola e pastorale nel ciclo di vita del sistema. Altro requisito richiesto (requisito C) riguarda l'adozione di soluzioni integrate innovative, con moduli elevati da terra, al fine di consentire l'utilizzo di attrezzature agricole all'avanguardia in grado di incrementare l'efficienza del sistema. Inoltre, viene fatto cenno al sistema di monitoraggio (requisito D) al fine di verificare l'impatto della struttura sulle colture specificamente facendo riferimento al risparmio idrico, la produttività agricola e la continuità delle attività delle aziende agricole. Infine (requisito E), è necessario consentire la verifica del recupero di fertilità del suolo, del microclima e della resilienza ai cambiamenti climatici, tramite un sistema di monitoraggio integrato al requisito D. Gli ultimi due requisiti che riguardano il monitoraggio verranno meglio approfonditi nel capitolo successivo (2.2.3 la valutazione delle prestazioni al suolo: il monitoraggio).

A seconda della diversa combinazione dei requisiti si avranno dei sistemi con diverse caratteristiche. In particolare, il rispetto dei requisiti A, B e D (esclusivamente riferito al monitoraggio della continuità agricola) danno per definizione la costituzione di un "impianto agrivoltaico". Si parla, invece, di "impianto agrivoltaico avanzato" se sono rispettati i requisiti A, B, C e D. Questa circostanza permette di richiedere l'accesso agli incentivi statali. Infine, se tutti i requisiti vengono soddisfatti è possibile accedere ai contributi del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR).



Figura 14 – Impianto fotovoltaico a terra vs. impianto agrivoltaico (fonte: Edilportale e Greenmove)

2.2.1 Le tipologie di impianti e le possibili applicazioni

Al fine di una corretta pianificazione è fondamentale prestare attenzione alla trasformazione del paesaggio e agli impatti ambientali dovuti a particolari scelte progettuali. Fondamentale è andare a calcolare le prestazioni e l'efficienza dell'uso del suolo, in termini di resa, al fine di valutare se l'uso combinato di agricoltura ed energia sullo stesso suolo sia vantaggioso, rispetto all'uso singolare del terreno. Si tratta di un presupposto fondamentale per la fattibilità della soluzione agrivoltaica. Oltre a questo parametro è necessario andare a valutare la configurazione spaziale dei moduli e come questi vengono predisposti e inseriti nello spazio.

La principale differenza dei sistemi agrivoltaici rispetto ai tradizionali impianti fotovoltaici montati a terra, è la possibilità di coltivare al di sotto dei pannelli solari. La sfida consiste quindi nel coniugare due realtà molto differenti tra loro come il settore agricolo e quello energetico, al fine di apporre il maggior beneficio possibile a entrambe le parti, in termini di rendimento.

Esiste un parametro, definito Land Equivalent Ratio (LER), in grado di calcolare l'efficienza dell'uso del suolo. Valuta il rapporto, in termini di resa, tra un sistema ad un solo indirizzo produttivo (ex. solo agricolo o solo fotovoltaico), rispetto ad un sistema combinato, come nel caso dell'agrivoltaico. È un concetto elaborato in ambito agronomico per capire se il mix di agricoltura ed energia solare è equilibrato e funzionale. I sistemi con un valore di $LER > 1$ indicano che la produzione agricola ed elettrica combinata nel sistema agrivoltaico è più elevata della produzione separata. Al contrario, un $LER < 1$ indica che la produttività di una tecnologia agrivoltaica è inferiore alla produzione separata di colture ed energia elettrica (Toledo et AL., 2021). Le simulazioni intraprese all'interno di diverse pubblicazioni (Dupraz et AL., 2011 e Valle et AL., 2017) mostrano che la produttività complessiva del terreno può essere aumentata fino al 70% tramite il sistema agrivoltaico.

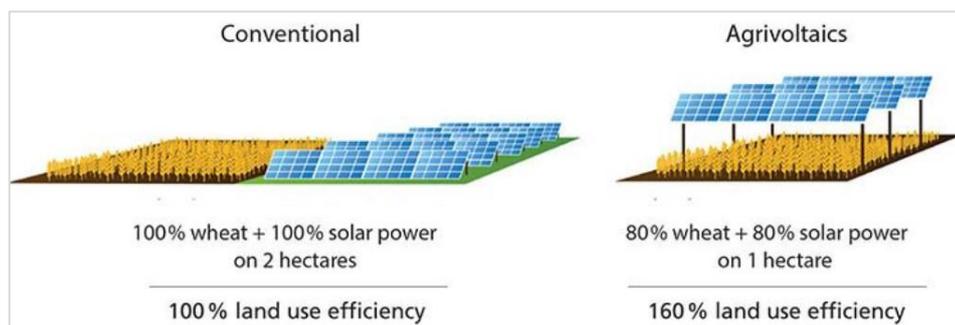


Figura 15 - Rappresentazione del Land Equivalent Ratio (fonte: Fraunhofer ISE, 2020)

Constato l'apporto in termini di resa della tecnologia agrivoltaica, è necessario tenere a mente che prestazioni fotovoltaiche e agricole sono spesso in opposizione poiché le soluzioni ottimizzate per la produzione di energia, risultano dannose per la protezione delle piante. Risulta fondamentale, quindi, ottenere il giusto compromesso al fine di soddisfare gli obiettivi di qualità di prestazione desiderati (Toledo et Al., 2021). In linea generale, è opportuno prevedere alla pianificazione di diversi fattori al fine di consentire una progettazione ideale, integrata con il paesaggio, prevedendo quelli che sono i possibili effetti.

La particolarità di questa tecnologia è la struttura elevata da terra, grazie a particolari supporti, che garantisce la continuità dell'attività agricola e pastorale garantendo, al contempo, una efficiente produzione energetica. Per sviluppare un sistema agrivoltaico è quindi necessario uno studio interdisciplinare in quanto la progettazione e realizzazione implica il coinvolgimento di più settori. I parametri progettuali riguardano la distribuzione spaziale, la densità dei moduli in pianta, l'altezza e l'orientamento dei pannelli da terra. Le configurazioni possono essere diverse grazie alla flessibilità del sistema agrivoltaico.

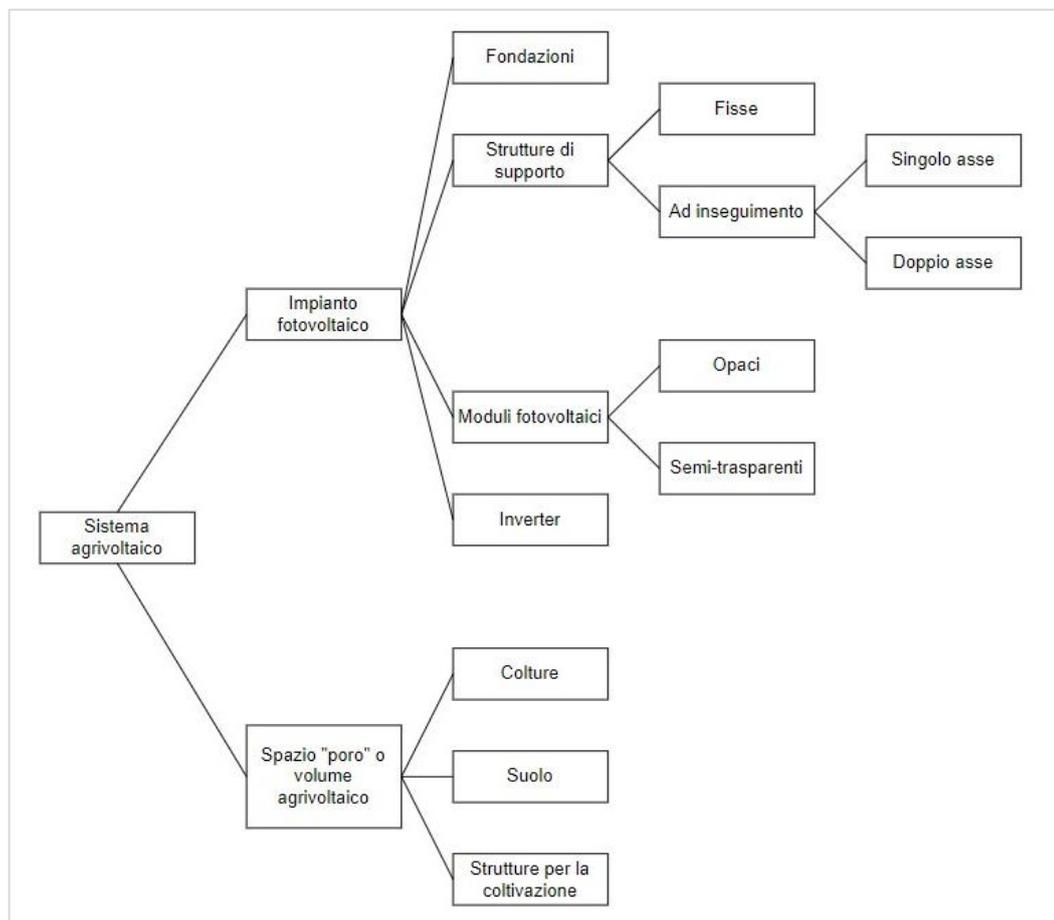


Figura 16 - Schema di funzionamento di un impianto agrivoltaico (fonte: MiTE, 2022)

In particolare, la distribuzione in pianta dei moduli risulta variabile al fine di ottimizzare le interazioni tra produzione di energia ed attività agricole. Un sistema agrivoltaico può, infatti, essere costituito da un'unica tessera di moduli fotovoltaici o da un insieme di tessere. In termini di configurazione spaziale, l'area destinata alle coltivazioni o alle attività zootecniche può coincidere con l'intera area del sistema agrivoltaico oppure può essere ridotta. L'obiettivo, in ogni caso, è quello di non compromettere la continuità dell'attività agricola e/o pastorale creando le condizioni per garantire, al contempo, una sinergia con la produzione di energia. In particolare, devono essere soddisfatte tre condizioni che riguardano la superficie minima coltivata, la LAOR massima e la producibilità elettrica minima.

Per quanto riguarda la prima configurazione, si deve garantire, sugli appezzamenti oggetto di intervento agrivoltaico, almeno il 70% della superficie totale destinata all'attività agricola. Il secondo criterio, denominato Land Area Occupation Ratio (LAOR) riguarda il rapporto tra superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico e la superficie totale occupata dal sistema agrivoltaico (MiTE, 2022). Il valore, espresso in termini percentuali, non deve superare il 40%. Inoltre, le linee guida del MiTE introducono un requisito rispetto alla producibilità elettrica minima dei pannelli fotovoltaici espressa in GWh/ha/anno. In particolare, il valore della producibilità elettrica specifica di un impianto agrivoltaico deve essere confrontato con quello di un impianto fotovoltaico standard. Il valore non dovrebbe essere inferiore al 60% di quest'ultimo.

Una caratteristica fondamentale, quando si parla di impianto agrivoltaico e da valutare in fase di progettazione è l'altezza dei moduli da terra, ovvero lo spazio tra i pannelli solari e la superficie del terreno. Questa può essere variabile e deve essere calcolata in modo da non creare ombreggiamento e consentire le normali pratiche agronomiche, compresi dei sistemi di meccanizzazione delle colture.

Nel caso di attività colturali svolte al di sotto dei moduli, l'altezza dell'impianto sarà quindi differente ma comunque sempre maggiore di 2,1 m al fine di consentire l'utilizzo e la circolazione di macchine agricole, funzionali alla coltivazione. In caso di attività zootecniche, invece, l'altezza minima dovrà essere di 1,3 m al fine di consentire il passaggio dei capi di bestiame (MiTE, 2022). Oltre che la piantumazione di colture, infatti, la tecnologia agrivoltaica può essere integrata al pascolo, apportando benefici sulla vita dell'animale e sulla produttività del terreno (Toledo et

Al., 2021). La presenza di moduli fotovoltaici, inoltre, può influire sulla vita degli insetti impollinatori in particolare delle api.

L'uso di strutture alte è comunemente utilizzato per le tecnologie al fine di garantire omogeneità di radiazione al di sotto dei moduli e consentire lo sviluppo, in altezza, delle colture. Si può, però, incorrere in implicazioni negative dovute all'accettazione sociale, come preoccupazione e rifiuto da parte del pubblico a causa del forte impatto visivo della struttura. Dal punto di vista economico, la maggiore elevazione dell'impianto comporta costi maggiori a causa del costo delle strutture di sostegno.

Per quanto riguarda l'orientamento delle file dei moduli si preferisce la direzione est-ovest, con i moduli che guardano il sud, in riferimento agli impianti localizzati nell'emisfero nord. L'angolo di inclinazione dei pannelli deve essere pari alla latitudine, meno una decina di gradi, al fine di soddisfare i requisiti di luce, per una crescita ottimale delle colture (MiTE, 2022).

Al fine di incrementare la produzione agricola, vengono utilizzati dei sensori. Questa soluzione consiste nell'optare per moduli con inclinazione dinamica monoassiale o biassiale, al posto dei classici sistemi fissi. Questa opzione permette l'inseguimento del sole durante il giorno, migliorando la resa energetica e agricola. La produzione, in termini numerici, rispetto a un sistema fisso, ha un incremento del 20-30% (ENEA, 2022). Tuttavia, non è sempre possibile optare per questa soluzione a causa di problemi legati all'occupazione del suolo, alla ventosità del sito e all'elevato costo delle strutture.

A seconda della disposizione dei moduli e il rapporto che questi hanno con lo svolgimento delle attività agricole possono essere classificate tre macrocategorie di impianti (MiTE, 2022). Requisito fondamentale affinché un impianto venga classificato come agrivoltaico è che il terreno su cui insiste l'impianto fotovoltaico venga usato per svolgere attività agricole.

Il primo caso permette la continuità delle attività agricole e/o zootecniche anche al di sotto dei pannelli fotovoltaici, grazie ad impianti agrivoltaici elevati da terra. Ne conseguono una serie di benefici dovuti alla protezione delle colture da stress termici ed eventi climatici avversi. Viene, quindi, configurato un doppio uso del suolo che permette una sinergia tra agricoltura e produzione di energia. In questo caso la superficie occupata dalle colture e quella del sistema agrivoltaico coincidono.

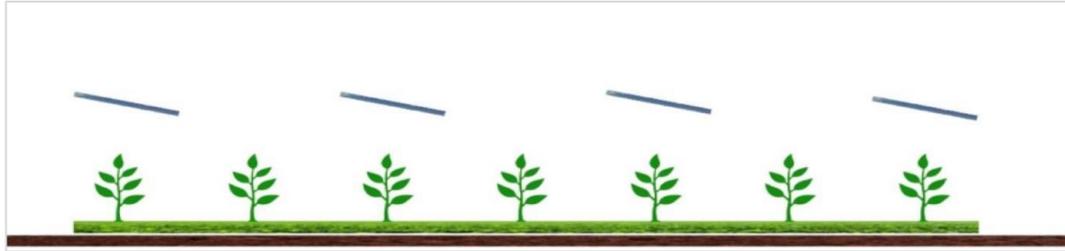


Figura 17 - Impianto agrivoltaico in cui la coltivazione avviene sia tra le file che al di sotto dei moduli fotovoltaici (fonte: MiTE, 2022)

La seconda tipologia non è progettata per consentire le attività agricole al di sotto dei pannelli fotovoltaici, creando una cooperazione minore rispetto al caso precedente poiché i moduli non svolgono funzioni sinergiche con l'attività agricola, nonostante ci sia un uso combinato del territorio.

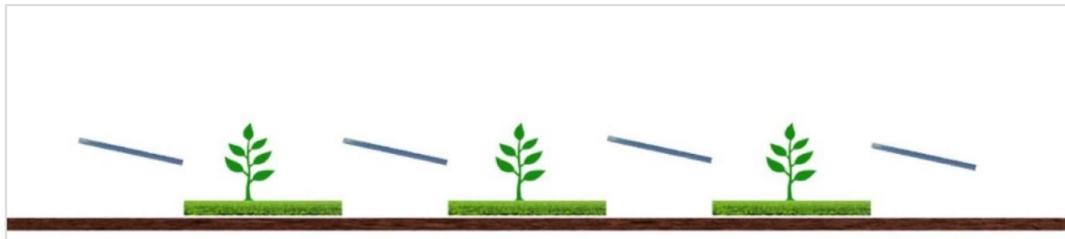


Figura 18 - Impianto agrivoltaico in cui la coltivazione avviene unicamente tra le file dei moduli fotovoltaici (fonte: MiTE, 2022)

Infine, il terzo caso propone di disporre i moduli in senso verticale, limitando la connettività all'interno dell'area, con particolare riferimento alle attività zootecniche, a causa del limitato movimento che possono avere gli animali, al di sotto dei pannelli solari. Tale soluzione permette una protezione delle colture dal vento essendo queste coltivate tra le file dei moduli.



Figura 19 - Impianto agrivoltaico in cui i moduli sono disposti verticalmente. La coltivazione e il pascolo degli animali avvengono tra le file dei moduli fotovoltaici (fonte: MiTE, 2022)

Per ciascuna macrocategoria è poi possibile definire delle sottocategorie in funzione dell'attività agricola svolta sul sito di riferimento. In particolare, si fa riferimento a colture permanenti (sottocategoria A), colture annuali e pluriennali (sottocategoria B) e attività zootecniche (sottocategoria C).

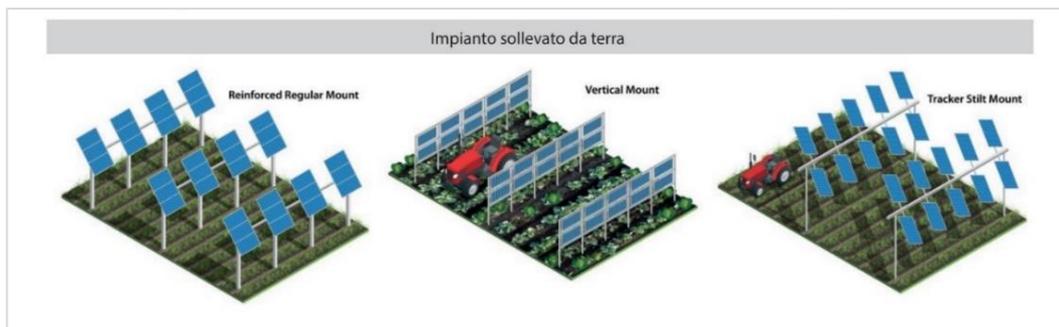


Figura 20 - Schema riassuntivo delle tipologie dei sistemi agrivoltaici (fonte: NREL)

2.2.2 I parametri per la scelta della coltura

L'installazione dei pannelli fotovoltaici, al di sopra di un terreno agricolo, modifica necessariamente le modalità di coltivazione a causa della riduzione della radiazione diretta a disposizione delle colture (Colantoni et AL., 2021). Per ovvie ragioni non tutte le colture, quindi, possono essere piantumate al di sotto dei pannelli a causa della dipendenza di alcune dalla luce. Inoltre, lo sviluppo di alcune coltivazioni potrebbe essere limitato a causa dello sviluppo in altezza. Va ricordato, inoltre, che l'ombreggiamento provocato dai moduli non genera sempre un effetto dannoso sulle colture ma potrebbe anche proteggere il raccolto da fenomeni climatici avversi e ridurre il verificarsi dello stress idrico, per la riduzione della evapo-traspirazione delle colture (Colantoni et AL., 2021).

All'interno delle linee guida messe a disposizione dal MiTE vengono introdotte cinque diverse categorie classificate in base alla tolleranza all'ombra (MiTE, 2022). Si tratta di una interpretazione derivante dal contesto tedesco, quindi studiato secondo le caratteristiche locali. Questa classificazione, ottenuta da esperienze in un diverso contesto operativo, può aiutare a identificare le colture ritenute più idonee alla coltivazione al di sotto dei pannelli solari tenendo a mente, però, che non esiste, ad oggi, un sistema standardizzato. Sarebbe, quindi, necessario definire un quadro di riferimento comune stabilendo delle soglie al fine di garantire un corretto equilibrio tra redditività e produttività elettrica e agricola.

In primis viene riconosciuta la categoria delle "colture non adatte", ovvero le piante che necessitano di un fabbisogno di luce elevato, con forti ripercussioni in termini di resa anche in situazioni di modesta densità di copertura. Le colture che rientrano in questa particolare classe sono il frumento, il farro, il mais e gli alberi da frutto. Le "colture poco adatte" sono il cavolfiore, la barbabietola da zucchero e quella rossa.

Le “*colture adatte*”, ovvero quelle per le quali l’ombreggiatura moderata non ha quasi nessun effetto sulle rese sono, ad esempio, la segale, l’orzo, l’avena, il cavolo verde, la colza, i piselli e la carota. All’interno della categoria “*colture mediamente adatte*” rientrano cipolle, fagioli, cetrioli e zucchine. Infine, nelle “*colture molto adatte*” troviamo le coltivazioni per le quali l’ombreggiamento ha effetti positivi sulle rese come ad esempio la patata, il luppolo, gli spinaci, l’insalata e le fave.

2.2.3 La valutazione delle prestazioni al suolo: il monitoraggio

Al fine di soddisfare i requisiti progettuali D ed E richiamati all’interno del capitolo 2.3 “*i requisiti progettuali di un impianto agrivoltaico*”, è necessario valutare le prestazioni di un sistema agrivoltaico e il rapporto che questo ha con l’attività agricola sull’area sottostante ai pannelli. Di seguito verranno proposti i criteri da seguire, al fine di installare un adeguato sistema di monitoraggio per poter usufruire degli incentivi statali, secondo le disposizioni del D.L. 77/2021. In particolare, ricordiamo che il requisito D riguarda il monitoraggio del risparmio idrico (D.1) e della verifica della continuità agricola (D.2). In aggiunta, vengono proposti altri parametri all’interno del requisito E che considerano il recupero della fertilità del suolo (E.1), il microclima (E.2) e la resilienza ai cambiamenti climatici (E.3) Anche in questo caso si fa riferimento alle indicazioni presenti all’interno delle linee guida proposte dal MiTE (MiTE, 2022).

Facendo riferimento al primo parametro, ovvero al monitoraggio del risparmio idrico (D.1) si parla di possibili soluzioni per ottimizzazione l’uso della risorsa idrica. Esistono soluzioni all’avanguardia, integrate al sistema agrivoltaico, che permettono il recupero e la gestione delle acque meteoriche attraverso l’installazione di opportuni sistemi di raccolta. In particolare, il fabbisogno irriguo per l’attività agricola può essere soddisfatto attraverso auto-provvigionamento o servizi di irrigazione. Nel primo caso si fa riferimento alla misurazione dei volumi di acqua prelevati tramite pompe o misuratori posti su pozzi aziendali oppure attraverso punti di prelievo da corsi d’acqua o bacini idrici, essendo a conoscenza della portata concessa, espressa in l/s. Nel secondo caso, al fine di misurare l’utilizzo dell’acqua si prevede l’impiego di contatori o misuratori fiscali. Potrebbe, inoltre, verificarsi il caso di un sistema misto che dispone di entrambe le tipologie. Al fine di una corretta operazione di monitoraggio è opportuno conoscere la situazione relativa alle aree limitrofe,

coltivate con le medesime colture e condizioni. Lo scopo è valutare e confrontare i valori di fabbisogno irriguo con l'obiettivo di valutarne l'ottimizzazione.

Gli elementi da considerare per soddisfare il monitoraggio della continuità agricola (D.2) riguardano l'esistenza e la resa delle coltivazioni e il mantenimento dell'indirizzo produttivo nel corso della vita utile dell'impianto agrivoltaico. Per attestare che queste condizioni si verifichino deve essere svolta, periodicamente, una relazione tecnica da parte di un agronomo incaricato, soggetto terzo imparziale, rispetto al titolare del progetto agrivoltaico.

Rispetto al requisito E, invece, si hanno a disposizione tre criteri da osservare. Il primo parametro riguarda il monitoraggio del recupero della fertilità del suolo (E.1) in terreni in cui permane un disuso per un tempo inferiore ai 5 anni. Tali aree potrebbero essere riconvertite per lo svolgimento di attività agricole. La valutazione viene svolta attraverso la rilevazione con metodologia RICA (Rete di Informazione Contabile Agricola), svolta a livello comunitario. In particolare, le elaborazioni tecniche e le analisi, in Italia, vengono effettuate dal CREA (Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria).

Altro parametro riguarda il monitoraggio del microclima (E.2) nella zona al di sotto dei pannelli solari. Tramite sensori di temperatura, umidità relativa e velocità dell'aria vengono valutate le condizioni nell'area sottostante i moduli fotovoltaici. Tali risultati verranno poi confrontati con i dati ottenuti da un terreno limitrofo, senza copertura dell'impianto, e raccolti all'interno di una relazione triennale.

Infine, viene valutata la resilienza ai cambiamenti climatici (E.3). In particolare, nella fase di progettazione, dovrebbe essere prevista, da parte del progettista, una relazione con l'analisi dei rischi climatici, rispetto al luogo di ubicazione dell'impianto, provvedendo a individuare possibili soluzioni di adattamento e mitigazione, per ridurre gli effetti. In seguito, nella fase di monitoraggio, viene valutata l'attuazione di soluzioni di adattamento al cambiamento climatico. I dati dovranno essere riportati all'interno di una relazione.

CAPITOLO 3 – LA VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI VISIVI E PAESAGGISTICI: I METODI E GLI STRUMENTI ESISTENTI

3.1 I metodi e gli strumenti per la valutazione degli impatti visivi e paesaggistici

Secondo la definizione proposta dalla Convenzione Europea del Paesaggio, redatta nell'ottobre del 2000, con il termine “*paesaggio*” si intende “*una determinata parte di territorio, così come è percepita dalle popolazioni, il cui carattere deriva dall'azione di fattori naturali e/o umani e dalle loro interrelazioni*” (CEP, 2000).

Da tale definizione emerge il tema della percezione, attraverso i diversi sensi, da parte di una pluralità di soggetti. Nonostante ciò, quando si pensa alla percezione sensoriale si fa riferimento principalmente agli aspetti visivi. La percezione visuale, infatti, è sicuramente il campo più studiato in grado di valutare le relazioni che si instaurano tra osservatore e paesaggio.

A seconda dell'individuo che viene interrogato ad esprimersi rispetto al tema della percezione, vengono riconosciuti due approcci: un metodo che si basa sull'opinione di esperti e uno che valuta le preferenze della popolazione. Nel caso della presente tesi ci si concentrerà sul primo approccio enunciato in quanto basato su aspetti tangibili e quantificabili, a differenza del metodo che riguarda la percezione da parte della popolazione che presenta un margine di discrezionalità e soggettività. Al fine di valutare i potenziali impatti visivi dovuti all'introduzione di un nuovo progetto è opportuno valutare il paesaggio con procedure sistematiche ed analitiche, attraverso l'uso di indicatori misurabili e criteri comprovati, con l'obiettivo di limitare la soggettività dell'analisi. Lo scopo è valutare il paesaggio trasformato in modo da prevedere e prevenire i potenziali effetti negativi.

Un possibile metodo per valutare il paesaggio viene proposto da Cassatella (Cassatella et Al., 2011), all'interno dello scritto “*Landscape Indicators*”. Sulla base di categoria, scala e utilizzo vengono proposti degli indicatori in grado di valutare i caratteri percettivi, utili ad analizzare e comprendere il paesaggio. Nello specifico,

vengono riconosciuti i seguenti temi: visibilità, detrattori percettivi e visivi, relazione tra nuovi interventi e contesto, caratterizzazione e parametri per l'analisi delle preferenze (Cassatella et Al., 2011).

Un elemento fondamentale da considerare quando si parla di percezione visiva è la questione della scala di indagine, la quale comporta analisi differenziate a seconda del grado di dettaglio richiesto. La scala di osservazione e rappresentazione deve quindi essere definita a priori al fine di definire metodi e strumenti adeguati (Cassatella et Al., 2011).

Di seguito verranno approfonditi ed analizzati i principali strumenti in grado di valutare gli impatti visivi e paesaggistici dovute a trasformazioni del territorio. Lo scopo di tali strumenti è valutare, tramite una serie di metodologie spesso comuni tra i modelli, l'integrazione del progetto nel contesto. Per sviluppare un corretto processo è opportuno conoscere, in modo approfondito, il luogo interessato dall'intervento al fine di conoscere gli elementi di valore e quelli di rischio e vulnerabilità con l'obiettivo di garantire una corretta integrazione tra opera e paesaggio.

3.1.1 La verifica della compatibilità paesaggistica

Al fine di comprendere il punto di vista normativo, per quanto concerne la verifica della compatibilità paesaggistica di un nuovo intervento, viene esaminato il D.P.C.M. 12 dicembre 2005. Tale fonte normativa, individua finalità, criteri di redazione e contenuti della relazione paesaggistica ai sensi dell'articolo 146 "autorizzazioni", del Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n.42 (meglio noto come "Codice dei beni culturali e del paesaggio"). Lo scopo di tale documento è valutare l'inserimento di un intervento all'interno di un determinato contesto. Per far ciò risulta necessario analizzare i possibili impatti negativi sul paesaggio, dovuti all'introduzione di un'opera, in modo da proporre eventuali azioni correttive di mitigazione e/o compensazione al fine di minimizzare gli effetti e migliorare la qualità del paesaggio. Fondamentale è definire gli elementi strutturali che si ritiene debbano essere conservati anche in caso di trasformazione (Cassatella in Devecchi et Al., 2008).

Tra i principi presentati dalla Convenzione Europea viene proposto, come obiettivo prioritario, l'orientamento e l'armonizzazione delle trasformazioni al fine di produrre nuovi valori, qualità e opportunità (Di Bene et Al., 2006). Attraverso la redazione del

documento paesaggistico viene valutato l'inserimento del progetto all'interno di un determinato contesto territoriale, impegnando gli enti che intervengono sulla trasformazione del territorio a considerarlo parte di un insieme. Per produrre un'opera coerente nel contesto in cui si opera, integrata nel paesaggio e in sintonia con le specificità locali, è necessario interpretare il territorio su cui si sta intervento in modo da proporre azioni compatibili.

Al fine di valutare la compatibilità delle trasformazioni, come descritto all'interno dell'allegato del D.P.C.M 12 dicembre 2005, al punto 3 "*contenuti della relazione paesaggistica*", in primo luogo dovrà essere svolta un'analisi del contesto in cui il progetto verrà sviluppato. In particolare, dovrà essere redatta l'analisi dello stato attuale mediante la descrizione dei caratteri paesaggistici del contesto e dell'area di intervento. Tale documentazione dovrà essere restituita mediante estratti cartografici di inquadramento, con una sintesi delle principali vicende storiche. Inoltre, dovranno essere indicati e analizzati i livelli di tutela operanti nel contesto paesaggistico e nell'area di intervento considerata, proveniente dai vari livelli amministrativi. Infine, dovrà essere elaborata una rappresentazione fotografica dello stato attuale dell'area di intervento e del contesto paesaggistico, mediante la ripresa dai luoghi di accessibilità e dai punti panoramici.

In seguito, dovrà essere svolta una valutazione degli effetti sul paesaggio simulando l'introduzione dell'opera in uno scenario post intervento. Le caratteristiche progettuali dell'intervento dovranno essere rappresentate attraverso opportuna documentazione al fine di valutare la compatibilità dell'opera. Vengono riproposte planimetrie, ortofoto e sezioni di inquadramento dell'intera area interessata dall'intervento con la descrizione delle opere da eseguire.

Dovrà, inoltre, essere svolta una simulazione dei luoghi ad intervento realizzato. Lo scopo è simulare lo stato modificato, mediante piante, sezioni e prospetti al fine di prevedere gli eventuali effetti negativi dovuti dall'introduzione di una determinata opera nel contesto. In ultimo, dovranno essere previsti gli elementi di mitigazione e compensazione necessari al fine di tutelare le aree più vulnerabili, identificate come territori soggetti a possibili effetti collaterali.

All'interno dell'allegato, vengono riportati, al fine di fornire un orientamento omogeneo, alcuni indicatori utili alla verifica della compatibilità paesaggistica. Nello specifico, vengono proposti i parametri di lettura di qualità e criticità paesaggistica (punto 2, in corsivo, all'interno del 4.2 "*interventi e/o opere a carattere lineare o a*

rete”) come la diversità, l’integrità, la qualità visiva, la rarità e il degrado. Inoltre, vengono proposti parametri di lettura del rischio paesaggistico, antropico e ambientale (punto 2, in corsivo, all’interno del 4.2 “*interventi e/o opere a carattere lineare o a rete*”) come la sensibilità, la vulnerabilità/fragilità, la capacità di assorbimento visuale, la stabilità e la instabilità.

All’interno del testo vengono, inoltre, proposti i principali tipi di modificazione e alterazione (punto 8, in corsivo, all’interno del 4.2 “*interventi e/o opere a carattere lineare o a rete*”) che possono incidere con maggior rilevanza: la morfologia; la compagine vegetale; lo skyline naturale o antropico; la funzionalità ecologica, idraulica e dell’equilibrio idrogeologico; l’assetto percettivo, scenico o panoramico; l’assetto insediativo-storico; i caratteri tipologici dell’insediamento storico; l’assetto fondiario, agricolo e colturale e, infine, i caratteri strutturali del territorio agricolo. Proseguendo della lettura del punto, vengono indicati, inoltre, alcuni dei più importanti tipi di alterazione dei sistemi paesaggistici, all’interno dei quali possono verificarsi effetti distruttivi e irreversibili. Tra questi emergono l’intrusione, la suddivisione, la frammentazione, la riduzione, l’eliminazione progressiva delle relazioni visive, la concentrazione, l’interruzione di processi ecologici e ambientali, la destrutturazione e, infine, la deconnotazione.

Il procedimento di compatibilità paesaggistica risulta esaustivo per gli interventi di forte rilevanza paesaggistica, mentre per le opere minori risulta “eccessivo” (Di Bene et Al., 2006). La relazione può essere un valido strumento per garantire qualità e coerenza delle trasformazioni paesaggistiche nonostante un margine di discrezionalità e soggettività del valutatore. La bontà di una trasformazione dipende soprattutto da un’adeguata pianificazione e dalla capacità del progettista di creare un’opera coerente e in grado di integrarsi con il contesto.

3.1.2 La valutazione di impatto visivo nell’ambito della VIA

Lo scopo del seguente capitolo è introdurre il concetto di valutazione di impatto ambientale secondo un approccio di tipo teorico e procedurale. Tale studio permette un supporto alla decisione al fine di verificare, in modo preventivo, trasparente e partecipato, le conseguenze ambientali e l’accettabilità sociale di un’opera all’interno di un determinato contesto. La procedura di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) nasce negli USA nel 1969 con l’entrata in vigore della *National*

Environmental Policy Act (NEPA). Lo scopo di tale politica è individuare preventivamente gli effetti che la realizzazione di un'opera può avere sull'ambiente.

La Direttiva Europea 85/337/CEE del 27 giugno 1985, definita “*valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati*” introduce i principi generali della VIA allo scopo di completare e coordinare le procedure di autorizzazione di progetti che possono avere un impatto rilevante sull'ambiente. La procedura consiste in un'analisi preliminare dei possibili effetti negativi dovuti alla realizzazione di un determinato intervento. Laddove si verificano impatti negativi sarebbe opportuno prevedere opere di mitigazione e/o compensazione al fine di ridurre gli effetti e salvaguardare e migliorare le condizioni ambientali. All'interno della normativa, nello specifico negli allegati I e II, vengono stabilite le opere che devono essere sottoposte a procedura di VIA. All'interno dell'articolo 3 viene stabilito che gli effetti diretti e indiretti di un progetto devono essere individuati, descritti e valutati ogni qual volta interagiscano con: uomo, fauna e flora; suolo, acqua, aria, clima e paesaggio; uomo e ambiente; beni materiali e patrimonio culturale. Tale normativa è stata modificata dalla 2011/92/UE del 13 dicembre 2011 ampliando l'elenco di progetti da sottoporre a VIA.

La procedura viene recepita in Italia con la Legge 8 luglio 1986, n.349 definita “*istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale*”. Attraverso il D.P.C.M. 27 dicembre 1988, vengono pubblicate le “*norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e giudizio di compatibilità*”. All'interno del D.P.C.M. vengono riportate, in allegato, le “*componenti e fattori ambientali*”. Nello specifico, vengono richiamate le seguenti componenti e fattori ambientali da tenere in considerazione: atmosfera; ambiente idrico; suolo e sottosuolo; vegetazione, flora e fauna; ecosistemi; salute pubblica; rumore e vibrazioni; radiazioni ionizzanti e non ionizzanti; paesaggio. Altro allegato di particolare rilevanza, per i temi affrontati nella presente tesi, riguarda la “*caratterizzazione ed analisi delle componenti e dei fattori ambientali*”, al comma 5, lettera I “*paesaggio*”. Con tale definizione si fa riferimento sia agli aspetti storico-testimoniali e culturali che agli aspetti legati alla percezione visiva. Lo scopo è definire azioni che determinino qualità al paesaggio, contrastando gli elementi di disturbo e le modifiche introdotte dal progetto.

Attualmente, il recepimento della direttiva europea (2011/92/UE) è stato attuato con il Decreto legislativo 3 aprile 2006, n.152 definito “*norme in materia ambientale*”. In particolare, all’interno di tale decreto, nella parte II “*procedure per la valutazione ambientale strategica (VAS), per la valutazione d’impatto ambientale (VIA) e per l’autorizzazione ambientale integrata (IPPC)*”, si trova il titolo III dedicato alla “*valutazione di impatto ambientale*”.

La VIA risulta obbligatoria laddove un progetto possa avere un impatto negativo sull’ambiente. All’interno dell’articolo 6 “*oggetto della disciplina*”, vengono individuati due diversi campi di applicazione. Nei commi 6 e 7 viene specificato quando è necessario effettuare una verifica di assoggettabilità o una procedura di VIA. All’interno degli allegati è presente un elenco che individua in quale approccio rientrino i vari progetti.

Lo studio di impatto ambientale, così come definito nell’articolo 22 “*studio di impatto ambientale*”, costituisce il principale documento del procedimento di VIA, redatto in modo conforme con le Norme Tecniche proposte dal D.P.C.M del 27 dicembre 1988. Nello specifico, tale strumento deve contenere la descrizione del progetto e la stima dei possibili effetti che la realizzazione dell’opera può apportare all’ambiente. Si tratta di un’analisi preventiva in grado di valutare i possibili effetti al fine di agire anticipatamente, attraverso opportune misure mitigative. Di particolare importanza risulta la fase di monitoraggio per valutare nel tempo le misure adottate. L’obiettivo è “*mantenere sotto controllo*” gli effetti sul territorio causati dalla realizzazione di un’opera.

All’interno degli allegati, come precedentemente anticipato, è possibile stabilire a priori se sia necessario sottoporre l’intervento a procedura di VIA. Nello specifico, la normativa stabilisce una distinzione tra impianti fotovoltaici sotto i 10 MW e sopra questo limite. Nel primo caso la procedura di VIA è regionale, mentre i secondi sono assoggettabili alla procedura di VIA di competenza statale. Recentemente la soglia dei 10 MW, per la VIA di competenza statale, è stata elevata a 20 MW e poi a 25 MW, in presenza di specifici requisiti localizzativi dell’opera.

La componente “*paesaggio*”, all’interno dei progetti di VIA, rappresenta una criticità rispetto ai metodi e i criteri utilizzati per la sua valutazione. Questo avviene a causa della difficoltà ad interpretare tale componente con indicatori quantificabili ed oggettivi. In particolare, all’interno della normativa, non viene fornito un set di

indicatori comprovato in grado di valutare in modo oggettivo e unitario l'impatto visivo di un progetto all'interno del paesaggio. Spesso si ricorre a identificare un unico aspetto del paesaggio, tralasciando la complessità che lo definisce. Gli aspetti possono fare riferimento all'ambito fisico-territoriale, naturalistico o antropico. Per individuare i singoli impatti si fa riferimento a diversi modelli, a seconda del progetto, in un'ottica di ottimizzazione delle risorse umane ed economiche. La restituzione dei dati può avvenire attraverso scale di giudizio qualitative, numeriche o ordinali. Lo scopo è valutare l'alternativa di progetto più vantaggiosa per un determinato contesto d'analisi, dal punto di vista del minor impatto ambientale e visivo.

In assenza di indicatori comprovati, al fine di valutare l'inserimento di un'opera in un contesto, all'interno delle procedure di VIA, si fa spesso riferimento al D.P.C.M 12 dicembre 2005, normativa di base per valutare la compatibilità paesaggistica.

3.1.3 Il metodo inglese: Landscape and Visual Assessment (LVIA)

A livello europeo, in particolare in Gran Bretagna, si è sviluppata la *Landscape and Visual Impact Assessment* (LVIA, valutazione dell'impatto visivo e paesaggistico), riferimento a livello europeo, di valutazione d'impatto paesaggistico e visivo. L'obiettivo è garantire che i nuovi sviluppi siano compatibili, andando a identificare preventivamente gli impatti potenziali che potrebbero alterare il paesaggio circostante. Lo scopo consiste nel ridurre i possibili effetti negativi dovuti a nuovi interventi. Tale tecnica è richiesta per qualsiasi sviluppo che possa avere un carattere significativo, dal punto di vista visivo, su un determinato contesto. Lo strumento risulta non cogente nonostante l'importanza dei temi trattati.

Spesso la LVIA viene utilizzata per supportare i professionisti nella Valutazione di Impatto Ambientale (VIA), ma può anche essere utilizzata come documento autonomo. La valutazione viene effettuata seguendo le linee guida contenute nella *Guidelines for Landscape and Visual Impact Assessment* (GLVIA, linea guida per il paesaggio e la valutazione degli impatti visivi), pubblicata dal Landscape Institute, con il supporto di IEMA, nell'aprile del 2013.

L'impostazione metodologica di lettura del paesaggio, promossa dallo *Landscape Character Assessment* (LCA, *valutazione delle caratteristiche del paesaggio*), è incentrata sull'interpretazione del paesaggio, attraverso analisi visive. In particolare,

vengono esaminati gli effetti paesaggistici e visivi. Tali elementi vengono studiati in modo indipendente al fine di attuare scelte pianificatorie coerenti.

In linea generale, il processo da seguire per svolgere la LVIA consiste in una prima fase di analisi del luogo oggetto dell'intervento. In seguito, vengono eseguite analisi prettamente visive al fine di identificare i potenziali effetti sul paesaggio. La valutazione richiede un approccio di tipo oggettivo, tramite l'utilizzo di parametri quantitativi e qualitativi. Dove possibile, infine, dovrebbero essere sviluppate opere mitigative e/o compensative al fine di ridurre al minimo gli impatti negativi. Risulta opportuno stabilire protocolli di monitoraggio per valutare l'efficacia delle misure. La LVIA comprende diversi aspetti che dovrebbero idealmente essere discussi dai professionisti e dalle autorità competenti, tenendo in considerazione le opinioni della popolazione locale. Il coinvolgimento di numerosi stakeholder è fondamentale al fine di comprendere le diverse prospettive degli attori in gioco.

Nello specifico, il primo passaggio consiste nella descrizione dell'intervento in progetto e dell'area entro cui si svolge la valutazione. Risulta opportuno stabilire una condizione di base, rispetto alla quale possono essere determinati i potenziali effetti paesaggistici e visivi. Devono essere valutati i caratteri del paesaggio, tra cui emergono le influenze fisiche, come geologia, morfologia, copertura del suolo e tipo di vegetazione, e le influenze dell'attività umana, compreso l'uso e la gestione del territorio e la natura degli insediamenti e degli edifici. I parametri considerati riguardano: landscape condition, scenic quality, rarity, representiveness, conservation interests, recreation value, perceptual aspects, associations.

- **Landscape quality (condition):** A measure of the physical state of the landscape. It may include the extent to which typical character is represented in individual areas, the intactness of the landscape and the condition of individual elements.
- **Scenic quality:** The term used to describe landscapes that appeal primarily to the senses (primarily but not wholly the visual senses).
- **Rarity:** The presence of rare elements or features in the landscape or the presence of a rare Landscape Character Type.
- **Representativeness:** Whether the landscape contains a particular character and/or features or elements which are considered particularly important examples.
- **Conservation interests:** The presence of features of wildlife, earth science or archaeological or historical and cultural interest can add to the value of the landscape as well as having value in their own right.
- **Recreation value:** Evidence that the landscape is valued for recreational activity where experience of the landscape is important.
- **Perceptual aspects:** A landscape may be valued for its perceptual qualities, notably wildness and/or tranquillity.
- **Associations:** Some landscapes are associated with particular people, such as artists or writers, or events in history that contribute to perceptions of the natural beauty of the area.

Figura 21 - Fattori utili a identificare i valori del paesaggio (fonte: Landscape Institute, 2013)

Una volta stabiliti tali aspetti chiave che compongono la condizione di base è possibile identificare i ricettori del paesaggio e i ricettori visivi. Nel primo caso si intendono gli elementi costitutivi del paesaggio che verranno influenzati dalla trasformazione in progetto, mentre nel secondo caso si considerano le persone interessate ai cambiamenti (Landscape Institute, 2013).

Gli effetti possono essere di tipo diretto, derivanti dallo sviluppo dell'intervento, o indiretto, dovuto da cambiamenti consequenziali. Possono inoltre verificarsi effetti cumulativi, ovvero effetti aggiuntivi causati dallo sviluppo di un'opera considerati insieme ad altri progetti in programma.

Per ogni effetto/recettore identificato risulta opportuno una valutazione tenendo in considerazione i diversi aspetti come la suscettibilità e il valore correlato, al fine di valutare la sensibilità del recettore. Viene, inoltre, valutato l'entità dell'effetto combinando diversi aspetti come dimensione/scala, durata e reversibilità. Sommando tra loro tali informazioni si ricava la valutazione dell'importanza dell'effetto, al fine di ottenere la significatività finale.

Al fine di valutare gli effetti visivi, viene analizzato il cambiamento delle viste disponibile alle persone, dopo l'introduzione di nuovi elementi. Fondamentale è identificare l'area oggetto di valutazione in cui gli effetti saranno potenzialmente visibili, le persone che potrebbero essere interessate dagli effetti e i punti di vista da esaminare (Op. cit.). Tale analisi risulta di particolare importanza, ad esempio, nelle prime fasi di progettazione al fine di valutare il potenziale di visibilità di un sito rispetto ad un altro, confrontando tra loro diverse opzioni.

Esistono due approcci principali per mappare la visibilità (Op. cit.). Il primo metodo consiste nel mappare manualmente ciò che si riesce a vedere da un determinato punto, lavorando direttamente sul campo. Tale azione viene ripetuta da più punti. Comporta un certo grado di soggettività e non tiene conto del fatto che il punto più alto, di un determinato progetto, è probabile che sia al di sopra della linea visiva del tecnico. Tale procedura richiede un'area di studio limitata, per piccoli progetti. Il secondo metodo si basa su approcci digitali, utilizzando dati di elevazione, al fine di creare un modello digitale del terreno. Lo scopo è calcolare l'intervisibilità tra punti al fine di identificare l'area da cui la proposta di intervento risulta visibile. Tale approccio risulta molto utilizzato sebbene presenti delle limitazioni in ambiente urbano a causa delle difficoltà di interpretazione degli edifici, da parte dei software digitali. I prodotti cartografici vengono definiti *Zone of Visual Influence* (ZVI, zona di

influenza visiva), in riferimento alla superficie del territorio (DSM, modello digitale della superficie) e *Zone of Theoretical Visibility* (ZTV, zona di visibilità teorica), in riferimento al solo modello del terreno (DTM, modello digitale del terreno). La seconda proposta risulta quella più adeguata da utilizzare nella analisi in quanto mostra solo i terreni da cui la proposta progettuale risulta visibile, senza tenere in considerazione vegetazione e edifici.

La scelta dei punti di vista può comprendere punti accessibili (luoghi pubblici) o non accessibili (luoghi privati), punti mobili in luoghi frequentati da mezzi pubblici e punti in luoghi in cui lavorano le persone (Op. cit.). La definizione dei punti di vista deve tenere in considerazione numerosi fattori tra cui: l'accessibilità al pubblico; il potenziale numero e la sensibilità dei potenziali soggetti interessati alla visualizzazione del progetto; la direzione delle viste, la distanza (vista a corta, media e lunga distanza) e l'elevazione; la natura dell'esperienza visiva (ad es. viste statiche, da insediamenti, da punti successivi lungo un percorso); il tipo di vista (ad es. panorama, viste, sguardi di sfuggita); il potenziale effetto cumulativo (sviluppo proposto in connessione ad altri interventi) (Op. cit.). Non è possibile stabilire a priori il numero ideale di punti di vista, in quanto variabile a seconda del contesto di studio. Per quanto riguarda i ricettori visivi, ovvero le persone interessate al cambiamento, sono generalmente riscontrabili nelle seguenti categorie: residenti che vivono o lavorano nell'area oggetto di trasformazione e visitatori che frequentano il luogo (Op. cit.).

Ciascuno degli effetti visivi identificati deve essere valutato in termini di dimensione o scala; estensione geografica dell'area interessata; durata e reversibilità (Op. cit.). Nello specifico, deve essere analizzato e visualizzato il cambiamento rispetto alla perdita o aggiunta di caratteristiche, in termini di forma, scala, linea, altezza, colore e materiale (Op. cit.). La portata geografica varia a seconda dei punti di vista. In particolare, viene valutato l'angolo di visione rispetto all'attività principale del recettore e alla distanza del punto di vista rispetto allo sviluppo proposto.

Infine, ove possibile, laddove si riscontrino degli effetti significativi dovrebbero essere proposte azioni mitigative e di miglioramento. Lo scopo di tali azioni è eliminare, o quantomeno ridurre, gli effetti negativi sul paesaggio.

Di seguito viene proposto uno schema riassuntivo dei passaggi da seguire al fine di valutare gli effetti sul paesaggio, dovuti all'introduzione di un nuovo progetto:

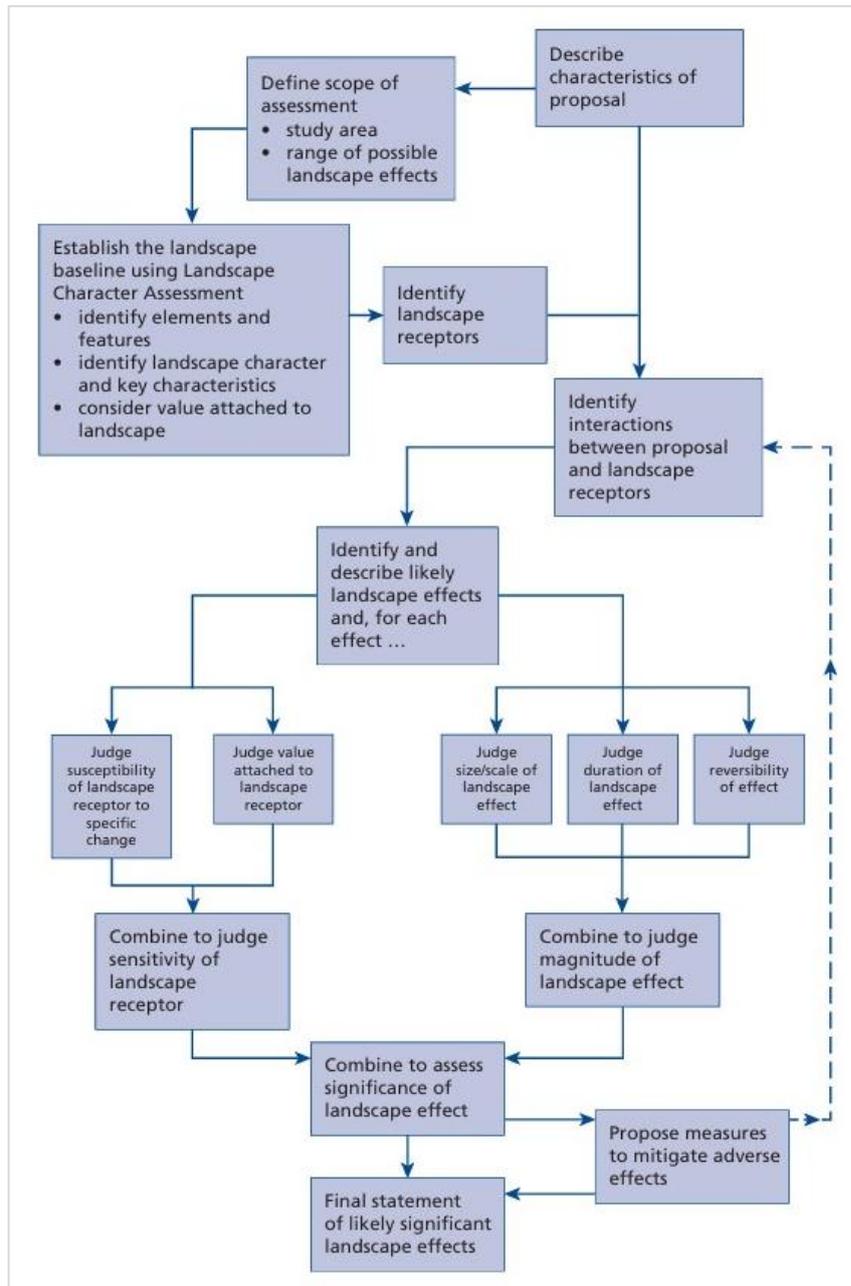


Figura 22 - Fasi di valutazione degli effetti sul paesaggio (fonte: Landscape Institute, 2013)

CAPITOLO 4 – IL SET DI INDICATORI PER VALUTARE GLI IMPATTI DELL’AGRIVOLTAICO SUL PAESAGGIO E LA SUA APPLICAZIONE

4.1 Il set di indicatori utili per il confronto pre e post intervento

Risulta fondamentale andare ad indagare gli impatti della tecnologia agrivoltaica sull’ambiente e il paesaggio in quanto l’introduzione di un impianto porta ad evidenti cambiamenti contribuendo, in alcuni casi, a bassi livelli di accettazione da parte della popolazione residente e fruitrice del territorio. Tra i metodi disponibili uno dei più recenti e completi appare lo scritto di Sirnik (Sirnik et Al., 2024). L’autore propone di misurare il cambiamento del paesaggio attraverso l’uso di 10 indicatori. Tra questi, però, risulta una ridondanza degli aspetti che riguardano l’uso del suolo trascurando l’aspetto visivo e riducendolo a un solo indicatore. Partendo dai criteri proposti dall’autore, vengono introdotti altri riferimenti, rinvenuti nella fase di revisione della letteratura precedentemente svolta (*1.2 il dibattito scientifico sul rapporto tra paesaggio ed agrivoltaico*), al fine di proporre un set di indicatori completo, in grado di valutare i cambiamenti dal punto di vista paesaggistico e visivo.

Nello specifico, dopo la lettura dei documenti risultano di particolare importanza, gli scritti pubblicati da Oudes (Oudes et Al., 2021) e Sirnik (Sirnik et Al., 2023). All’interno di quest’ultimo documento, viene introdotto il testo di Kuiper (Kuiper et Al., 2022), utile ad individuare ulteriori indicatori. Inoltre, vengono selezionati alcuni criteri rinvenuti all’interno delle linee guida proposte da Cassatella (Cassatella, 2014), al fine di fornire una valutazione dal punto di vista visivo. Tali documenti vengono individuati come letteratura di base per la scelta degli indicatori.

Il set di indicatori, successivamente riportato in tabella, viene introdotto con lo scopo di fornire dei criteri di giudizio quantitativi e qualitativi. Lo scopo, nel primo caso, è valutare la magnitudine dell’intervento, mentre nel secondo caso vengono attribuite diverse configurazioni a cui far riferimento per valutare l’indicatore come positivo, neutro o negativo. Tale metodologia è pensata per essere applicata a una scala locale, in modo da arricchire le valutazioni esistenti, con parametri replicabili,

attraverso l'uso di formule. Il set di indicatori viene applicato in una fase pre intervento, utile al fine di valutare l'alternativa migliore per un determinato contesto. L'analisi, inoltre, può essere utile al fine di prevedere i possibili impatti e agire preventivamente con opere di mitigazione e/o compensazione.

Nel caso specifico della seguente tesi vengono valutati i cambiamenti apportati dall'introduzione di una tecnologia agrivoltaica, grazie all'utilizzo di 9 indicatori, applicati all'interno di 3 casi studio. Si fanno riferimento a diverse dimensioni quali la copertura del suolo, la definizione del mosaico agro-ecologico e alla percezione visiva. Di seguito viene proposta una tabella riassuntiva riportante il nome, la descrizione, la formula da applicare per valutare il cambiamento del paesaggio, la fonte dei dati, il riferimento bibliografico e l'unità di misura dell'indicatore.

Nome indicatore	Descrizione dell'indicatore	Formula	Fonte dei dati	Riferimento	Unità di misura
<i>CAMBIAMENTO DELL'USO DEL SUOLO</i>	Cambiamento dell'uso del suolo da uno stato ad un altro	differenza dell'uso del suolo da uno scenario pre a uno post intervento	Ortofoto, immagini satellitari e carte tematiche dell'uso del suolo	Kuiper et Al., 2022	ha
<i>CAMBIAMENTO DEL TIPO DI COLTURA</i>	Alterazione o spostamento del tipo di coltura da uno stato ad un altro	cambio di coltura da uno scenario pre a uno post intervento	Ortofoto, immagini satellitari, lavoro sul campo e interviste agli agricoltori	Sirnik et Al., 2023 e 2024	qualitativo
<i>CAMBIAMENTO DEL SISTEMA DI SUPPORTO DELLA COLTURA</i>	Cambiamento degli elementi di supporto e protezione delle colture dai fattori ambientali (es. serre, teli)	differenza tra l'area coperta da un sistema di protezione delle colture nello scenario post e pre intervento	Ortofoto, immagini satellitari, lavoro sul campo e interviste agli agricoltori	Sirnik et Al., 2023 e 2024	ha
<i>CAMBIAMENTO DELLE FORMAZIONI VEGETALI</i>	Modifica della vegetazione tenendo in considerazione boschi, boschetti ed elementi lineari come filari, alberi e siepi	differenza tra gli elementi lineari o aree verdi nello scenario post e pre intervento	Ortofoto e immagini satellitari	Kuiper et Al., 2022	ha o km

CAMBIAMENTO DELLE RECINZIONI	Cambiamento della recinzione perimetrale utilizzata al fine di impedire l'accesso. I parametri di fruizione sono accessibile, aperto su richiesta, parzialmente accessibile o inaccessibile	differenza tra la lunghezza della recinzione nello scenario post e pre intervento	Ortofoto, immagini satellitari, lavoro sul campo e interviste agli agricoltori	Sirnik et Al., 2023 e 2024	km e qualitativo
CAMBIAMENTO DELLE TRAME STORICHE	Valuta le modifiche delle strutture storiche lineari che compongono il paesaggio come strade e fiumi	differenza tra la lunghezza delle trame storiche nello scenario post e pre intervento	Ortofoto e immagini satellitari	Kuiper et Al., 2022	km
CONFIGURAZIONE E DENSITÀ DELLE TESSERE	Cambiamento della forma del lotto agricolo che ospita l'impianto tecnologico. Rapporto tra la superficie coperta dai pannelli e la superficie totale del lotto. Le possibili configurazioni sono responsive, irresponsive, split, islands, incidental	rapporto tra la superficie coperta dall'impianto e quella del lotto	Ortofoto e immagini satellitari	Kuiper et Al., 2022	% e qualitativo
SENSIBILITÀ VISIVA	Offre la possibilità di determinare le aree visibili da una successione di punti sulla base di un modello digitale del terreno e all'impostazione di alcuni parametri quali altezza, ampiezza e profondità del cono visivo dell'osservatore	grado di visibilità (elaborazione con software QGis, con plugin "visibility analysis")	Modelli digitali e lavoro sul campo	Cassatella, 2014	restituzione cartografica
FATTORI CRITICI E DI DETRAZIONE VISIVA	Viene analizzata l'area nel post intervento, tramite simulazioni visive, al fine di porre in evidenza gli elementi riconosciuti come alteranti dei caratteri originali. Le immagini sono arricchite con didascalie e/o simboli	tramite supporto cartografico, individuazione degli elementi caratterizzanti	Ortofoto, immagini satellitari, lavoro sul campo	Cassatella, 2014	restituzione cartografica

Tabella 1 - Set di indicatori utili al confronto pre-post intervento (fonte: elaborazione propria)

Al fine di rendere confrontabili i valori numerici ottenuti dalle varie analisi risulta di particolare importanza rendere tra loro confrontabili i dati. Per farlo si ricorre alla variazione percentuale utilizzando la seguente formula: $((\text{valore finale} - \text{valore iniziale}) / \text{valore iniziale}) \times 100$. I risultati ottenuti, a seconda dell'impatto paesaggistico e visivo che hanno verranno valutati come positivi, neutri o negativi. Nel caso non fossero presenti cambiamenti tra i due scenari si considera l'indicatore con

la dicitura “nulla da rilevare”. Di seguito viene riportata una tabella riassuntiva sui criteri da seguire al fine di valutare i possibili effetti sul paesaggio:

Nome indicatore	Criteri per valutare gli effetti degli interventi sul paesaggio
<i>CAMBIAMENTO DELL'USO DEL SUOLO</i>	L'introduzione di un'opera agrivoltaica all'interno di un determinato contesto modifica l'uso del suolo. Gli impianti, nella maggior parte dei casi, vengono introdotti all'interno di aree agricole facendo sì che ci sia un mutamento dell'uso del suolo che consideri la posa in opera della tecnologia.
<i>CAMBIAMENTO DEL TIPO DI COLTURA</i>	Aiuta a comprendere il cambiamento del tipo di coltura, rispetto all'uso del suolo agricolo valutato con l'indicatore precedente. Al fine di valutare l'indicatore si considerano i seguenti elementi: l'impatto visivo della coltura nel contesto rispetto al cambio del colore; l'impatto dal punto di vista del consumo di acqua; la richiesta di meccanizzazione per specifiche colture e la perdita degli elementi caratteristici delle colture tradizionali, dovuti all'introduzione della tecnologia
<i>CAMBIAMENTO DEL SISTEMA DI SUPPORTO DELLA COLTURA</i>	L'introduzione di elementi a protezione delle colture verrà considerata negativa in quanto ritenuto, dal punto di vista visivo, elemento estraneo e incongruo rispetto al paesaggio agricolo tradizionale
<i>CAMBIAMENTO DELLE FORMAZIONI VEGETALI</i>	Laddove vi sarà un incremento della compagine vegetale, l'indicatore verrà considerato positivo. La presenza di formazioni vegetali costituisce un tassello fondamentale per l'ecosistema agrario svolgendo una funzione estetica, di schermatura visiva, e di micro habitat per animali
<i>CAMBIAMENTO DELLE RECINZIONI</i>	La rete non permette alla fauna selvatica di muoversi liberamente da una parte all'altra del lotto, limitando la permeabilità del luogo. Laddove, però, le recinzioni fossero rialzate, il dato verrebbe considerato solo in parte come negativo. Inoltre, le recinzioni di tipo opaco limitano la vista e vengono considerate come barriere visive
<i>CAMBIAMENTO DELLE TRAME STORICHE</i>	Nei casi in cui il sistema paesaggistico venga arricchito con nuova viabilità che attraversa il sistema agricolo questo verrà ritenuto un elemento negativo. L'area sarà maggiormente frammentata e divisa in parti non più comunicati tra loro
<i>CONFIGURAZIONE E DENSITÀ DELLE TESSERE</i>	Verrà ritenuta positiva la copertura di pannelli, rispetto alla superficie totale, maggiore dell'80%, così come definito nello scritto di Oudes et Al, 2021. Viene tenuto un margine di discrezionalità in quanto la tecnologia agrivoltaica è composta da moduli con lunghezze prestabilite, difficilmente adattabili ai contesti agricoli
<i>SENSIBILITÀ VISIVA</i>	Verranno definite le aree visibili da una serie di punti accessibili posti in prossimità dell'area di intervento. Più il territorio risulta visibile e maggiore l'indicatore sarà considerato negativo. Laddove l'area risulti visibile sarebbe opportuno prevedere a opere di mitigazione e compensazione
<i>FATTORI CRITICI E DI DETRAZIONE VISIVA</i>	Vengono valutati, attraverso il supporto fotografico, gli elementi considerati estranei e incongrui rispetto al contesto agricolo. A seconda dell'area oggetto di studio, potrebbero essere previste opere mitigative e/o compensative in grado di migliorare la situazione dal punto di vista visivo

Tabella 2 - Criteri per valutare gli effetti degli interventi sul paesaggio (fonte: elaborazione propria)

Per maggior chiarezza rispetto agli indicatori definiti come “*configurazione e densità delle tessere*” e “*sensibilità visiva*” vengono riportati due box di approfondimento. Nel primo caso vengono esplicate le possibili configurazioni delle tessere, mentre nel secondo approfondimento viene riportata la procedura da seguire per produrre un’analisi di sensitività.

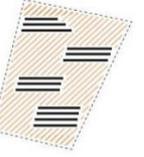
BOX 1: Configurazione e densità delle tessere (elaborazione propria da Oudes et Al.,2021)					
					
	RESPONSIVE “reattivo”	IRRESPONSIVE “indipendente”	SPLIT “diviso”	ISLANDS “isola”	INCIDENTAL “accidentale”
TIPO DI CONFIGURAZIONE DELLE TESSERE	L’area coperta dall’impianto agrivoltaico corrisponde quasi esattamente alla forma del lotto, che non viene alterato rispetto alla configurazione originale	La zona coperta dai pannelli solari non segue la forma del lotto, lasciando spazi vuoti, all’interno della patch. Questa situazione si verifica di frequente vista la limitata flessibilità nella composizione degli impianti tecnologici	La disposizione dei moduli avviene a partire da un lato del lotto, coprendo, nel complesso, solo parzialmente la superficie totale. Per questo motivo, all’interno dello stesso lotto potrebbero verificarsi, al contempo, più funzioni	Il disegno che compone, nel suo complesso, l’impianto è indipendente rispetto alla forma del lotto. I pannelli vengono distribuiti all’interno della patch, formando delle sorte di isole, da cui ne deriva il nome. La percentuale di lotto coperta è parziale	I moduli vengono posizionati sul lotto seguendo gli elementi naturali e antropici presenti nel contesto locale
ALLINEAMENTO DELLA TESSERA AL LOTTO	Confine della trama	(parzialmente) autoreferenziale	Confine della trama (a volte autoreferenziale)	Autoreferenziale	Più elementi specifici nel sito
COPERTURA DEI PANNELLI RISPETTO AL LOTTO	Molto alto (65-90%)	Alto (50-75%)	Basso (25-50%)	Basso (35-40%)	Dipende dalle circostanze locali

Figura 23 - Configurazione e densità delle tessere (fonte: elaborazione propria da Oudes et Al., 2021)

BOX 2: Sensibilità visiva (elaborazione propria da Cassatella, 2014)

Tale tipo di analisi viene svolta con il software QGis, nello specifico utilizzando il plugin "visibility analysis". Lo scopo della seguente analisi è determinare le aree visibili da una serie di punti di osservazioni, selezionati strategicamente nell'intorno dell'area oggetto di studio. Lo studio richiede la disponibilità di modelli digitali del terreno (DTM o DSM) e l'impostazione di alcuni parametri come l'altezza, l'ampiezza e la profondità del cono visivo dell'osservatore.

I punti di osservazione, in assenza di luoghi privilegiati, vengono selezionati su strade accessibili, nell'intorno dell'area oggetto di studio. Tale decisione si ritiene opportuna in quanto la maggior parte delle persone percepisce il paesaggio da questo elemento.

- La stima si basa su un punto di vista posizionato a un 1,60 m dal suolo, corrispondente all'altezza di un osservatore convenzionale (offset A).
- Il campo visuale (azimuth1 e azimuth2) viene impostato in funzione dell'ambiente circostante e risulta un parametro vario, da valutare in funzione del singolo conteso applicativo.
- Nel caso dell'apertura verticale (vert1 e vert2), invece, il parametro scelto è pari a 180°, la massima ampiezza possibile da parte di un soggetto ($\pm 90^\circ$ sopra e sotto l'occhio dell'osservatore).
- La profondità visuale (radius1) considera i seguenti valori: 0 – 500 m (primo piano), 500 – 1.200 m (piano intermedio), 1.200 – 2.500 m (secondo piano), 5.000 – 10.000 m (piano di sfondo). Nello specifico, per la seguente analisi verrà utilizzato come parametro di distanza 500 m, distanza rispetto alla quale sono distinguibili le singole componenti della scena.

Per quanto riguarda la cartografia il Digital Terrain Model (DTM, modello digitale del terreno) tiene in considerazione solamente l'andamento del terreno, mentre il modello Digital Surface Model (DSM, modello digitale della superficie), oltre l'andamento del terreno, tiene in considerazione gli ostacoli dovuti a edifici e masse vegetali. Tendendo in considerazione che la copertura del suolo può variare e che il DSM non considera la trasparenza della vegetazione, si ritiene opportuno, nel seguente caso in analisi, utilizzare i DTM messi a disposizione dalle varie regioni con una risoluzione 5x5.

La restituzione consiste in una mappa binaria dei luoghi da cui l'oggetto di studio appare visibile oppure non visibile (valori 1,0). La dimensione del pixel corrisponde alla dimensione della cella del DTM.

Figura 24 - Processo per elaborare l'analisi di sensitività (fonte: elaborazione propria da Cassatella, 2014)

4.2 I casi studio

Per l'applicazione del set di indicatori si è deciso di selezionare le tecnologie in base alla disponibilità di dati e informazioni essendo presenti, in Italia, ancora poche realtà. Nello specifico, gli impianti scelti sono localizzati a Novi Ligure (Piemonte), Monticelli d'Ongina (Emilia-Romagna) e Scalea (Calabria). Nel primo caso la tecnologia deve essere ancora realizzata mentre gli altri due casi studio sono stati realizzati e attualmente sono in funzionamento.

Di seguito verranno introdotte le specifiche dei luoghi oggetto di trasformazione e delle tecnologie agrivoltaiche installate.

4.2.1 Novi Ligure (Piemonte)

L'area di progetto è posta a nord dell'abitato di Novi Ligure, nella parte sud-est della provincia di Alessandria. Nello specifico il progetto denominato "Novi Ligure Solar 1" verrà localizzato in località San Bovo, in adiacenza dell'aeroporto di Novi Ligure "E. Mossi" e a breve distanza dall'abitato di Pozzolo Formigaro. Si estende fra due assi viari importanti (via Mazzini e Strada Statale 35) a ridosso del punto di contatto fra un'area particolarmente antropizzata (a sud il centro abitato di Novi Ligure e a nord ovest quello di Pozzolo Formigaro) e territori dedicati all'attività agricola. Va specificato che l'impianto non è ancora stato realizzato e l'iter procedurale è fermo all'approvazione del MASE per la procedura di VIA.

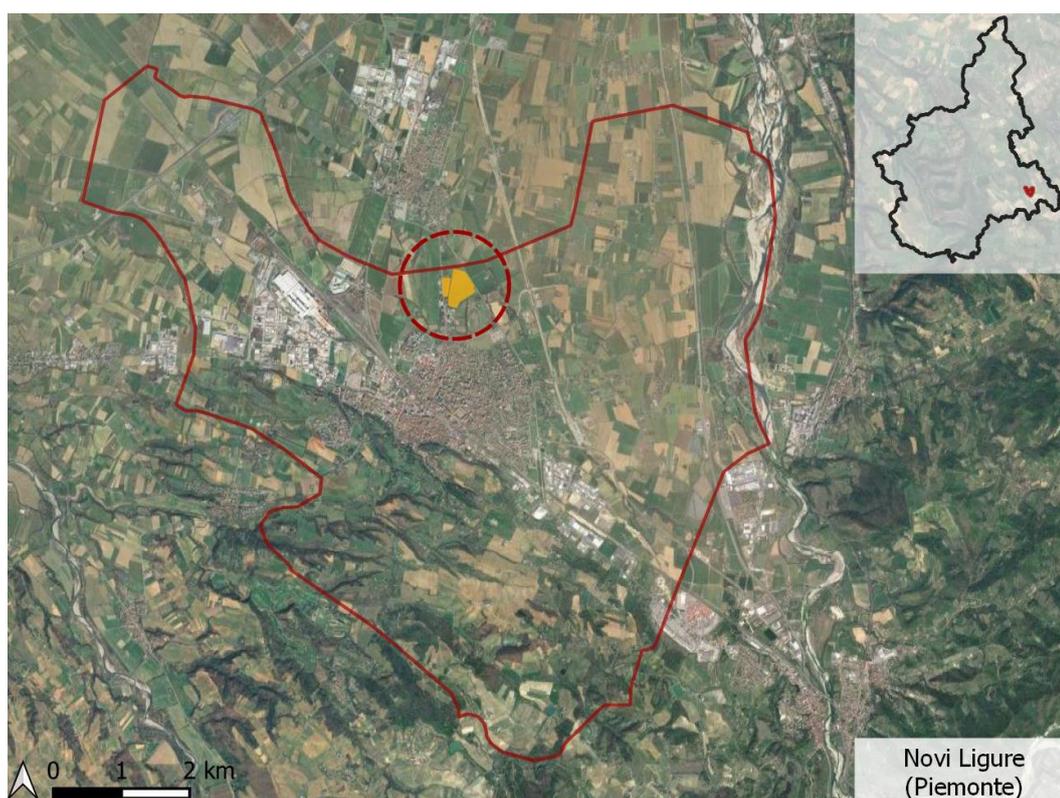


Figura 25 - Inquadramento territoriale dell'impianto di Novi Ligure (fonte: elaborazione propria)

Come riportato in seguito, (4.5 *il rapporto tra pianificazione regionale ed energie rinnovabili nelle regioni oggetto di studio – il caso della regione Piemonte*) il Piano Paesaggistico Regionale (PPR) è lo strumento di tutela e promozione del paesaggio piemontese. Il piano divide il territorio regionale in 76 ambiti e 535 unità di paesaggio. Per ogni ambito è presente una scheda dove vengono evidenziati i fattori costitutivi della "struttura" paesaggistica. L'area in esame rientra nell'ambito n.70 "Piana alessandrina" e nell'unità di paesaggio n.7012 "Novi Ligure, Basaluzzo e Pozzolo Formigaro", cui è attribuita la tipologia n.5 "urbano rilevante alternato".

L'ambito di appartenenza è molto vasto e presenta parti molto diverse tra loro. Dal punto di vista paesaggistico, l'area sorge su un ampio e antico conoide alluvionale di sinistra idrografica del torrente Scrivia. Il contesto morfologico attuale è sostanzialmente pianeggiante, coltivato prevalentemente a frumento. Retrostante al centro storico sorge un rilievo collinare. Non sono presenti, nell'area di intervento o nelle immediate vicinanze, vincoli paesaggistici e/o aree protette.



Figura 26 - Localizzazione dell'impianto di Novi Ligure: situazione pre-post intervento (base: Ortofoto AGEA 2021. fonte: elaborazione propria)

Il progetto è stato presentato, nel 2022, dalla società Ellomay Solar Italy Sixteen di Bolzano e prevede un'estensione di circa 16,5 ha e una potenza di picco di 14,45 MW. L'intervento ha carattere di tipo temporaneo: una volta terminata la vita utile della tecnologia questa sarà rimossa per ripristinare la situazione antecedente allo sviluppo dell'intervento. L'area risulta facilmente accessibile grazie alla viabilità stradale esistente. La destinazione d'uso del terreno è attualmente agricola, coltivato a prato polifita, prevalentemente di graminacee con presenza di leguminose. Il progetto prevede la conversione del tipo di coltura a erbe foraggere con la disposizione di arnie per la produzione di miele.

L'intervento concerne la realizzazione di un impianto agrivoltaico con pannelli bifacciali disposti a circa 5 m di altezza dal suolo. I moduli saranno dotati di un sistema ad inseguimento in modo da orientare i moduli automaticamente, in base alla posizione del sole. I supporti metallici saranno infissi nel terreno senza necessità di basamento al fine di poter agevolare lo smantellamento dell'area una volta

terminata la vita utile dell'impianto. Le file saranno disposte a circa 8 m, in modo da consentire le normali pratiche colturali, con possibilità di meccanizzazione della raccolta dei prodotti.



Figura 27 – Progetto dell'impianto agrivoltaico a Novi Ligure (fonte: MASE, Salvetti Graneroli engineering)

Dal punto di vista ambientale, saranno presenti varie fasce verdi di mitigazione visiva e paesaggistica, studiate in modo tale da rispettare e preservare gli habitat presenti nel territorio e limitare l'impianto visivo dovuto all'introduzione dell'impianto agrivoltaico.



Figura 28 – Opere di mitigazione nell'impianto agrivoltaico a Novi Ligure (fonte: MASE, Salvetti Graneroli engineering)

4.2.2 Monticelli d'Ongina (Emilia-Romagna)

L'area in cui sorge l'impianto è localizzata in provincia di Piacenza, in Emilia-Romagna, più precisamente a sud dell'abitato di Monticelli d'Ongina, in località Borgonovo.

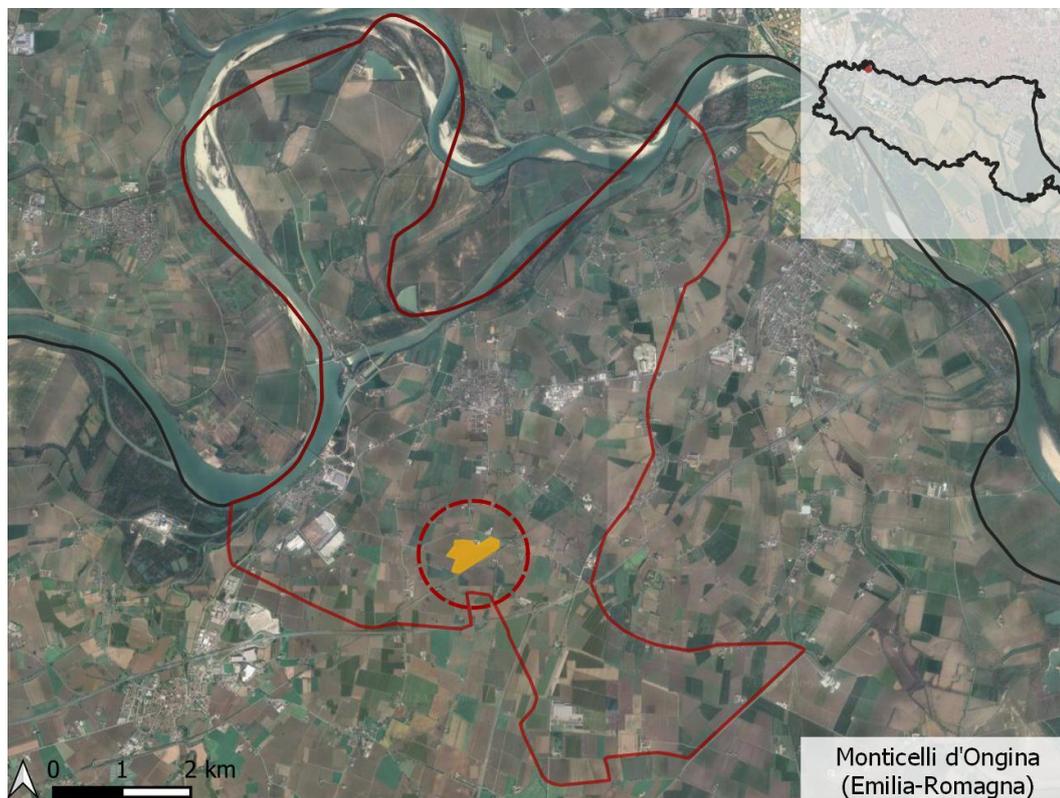


Figura 29 - Inquadramento territoriale dell'impianto di Monticelli d'Ongina (fonte: elaborazione propria)

Come affermato in seguito, (4.5 il rapporto tra pianificazione regionale ed energie rinnovabili nelle regioni oggetto di studio – il caso della regione Emilia-Romagna) il Piano Territoriale Paesaggistico Regionale (PTPR) identifica, all'interno del territorio regionale, 23 unità di paesaggio e 49 ambiti paesaggistici. L'area in esame rientra nell'aggregazione Ag_B definito come "ambito fluviale – Città del Po", nello specifico nell'ambito paesaggistico n.4 "area dell'asse Piacenza Cremona".

L'area oggetto di studio è localizzata lungo il Po, non lontano dal centro di Piacenza, in un'area caratterizzata da destinazione d'uso del suolo principalmente a seminativo. Il contesto paesaggistico è agricolo, con una morfologia del terreno pianeggiante. La risorsa idrica rappresenta una grande ricchezza naturale e paesaggistica che ha modellato il terreno e lo sviluppo del territorio. L'area è caratterizzata dalla presenza di urbanizzato sparso e dall'infrastruttura ferroviaria Piacenza-Cremona che delimita, a sud, il lotto agrivoltaico.

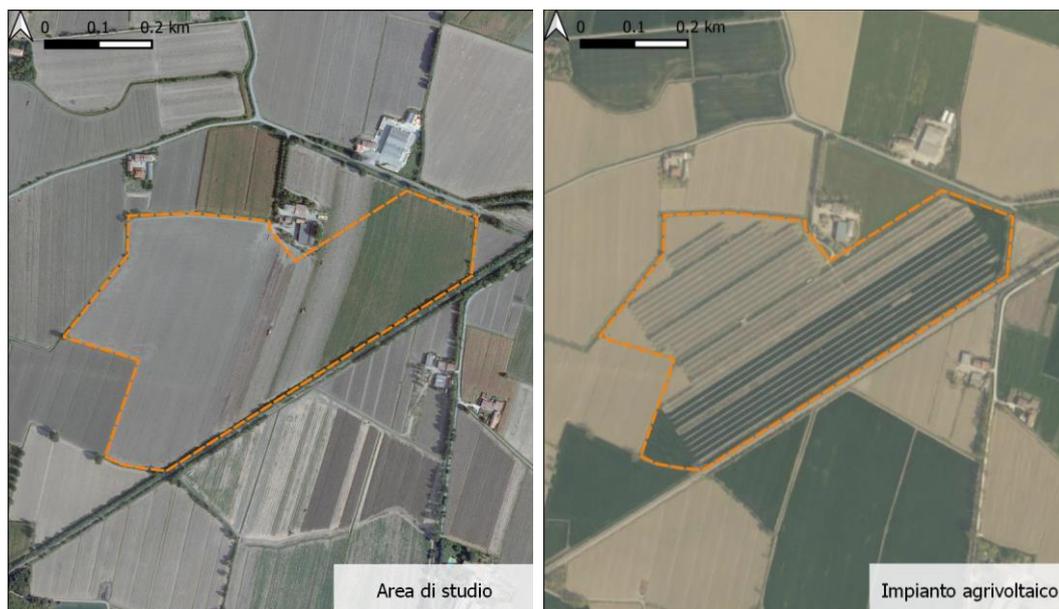


Figura 30 - Localizzazione dell'impianto di Monticelli d'Ongina: situazione pre-post intervento (base: Ortofoto AGEA 2008 e 2023. fonte: elaborazione propria)

L'azienda R.E.M. Tec Energy ha brevettato un sistema ad inseguimento solare, soprannominato Agrivoltaico®, capace di massimizzare la resa in termini di produzione di energia elettrica pulita e mantenendo, al contempo, il terreno disponibile per le colture agricole. La superficie destinata all'impianto è di circa 17,1 ha, con una potenza nominale pari a 3,2 MW. Il carattere dell'intervento è di tipo temporaneo, essendo l'impianto completamente rimovibile, una volta terminata la vita utile. Inoltre, i materiali impiegati per la realizzazione della struttura sono riciclabili e non inquinati (alluminio riciclato e non trattato).



Figura 31 - Produzione di frumento a Monticelli d'Ongina (fonte: REM Tec Energy)

Gli studi, iniziati nel 2011, in collaborazione con l'Università di Piacenza, hanno evidenziato un incremento della produzione di circa il 4,3%, rispetto ad uno scenario

in campo aperto (REM Tec Energy). La destinazione d'uso del terreno è agricola, in entrambi gli scenari pre e post intervento, coltivato a frumento. L'area non presenta vincoli paesaggistici, aree protette o edifici tutelati e risulta facilmente accessibile, nonostante la lontananza dal nucleo abitato.

L'impianto è costituito da un sistema biassiale con pannelli ad inseguimento solare, posti a 4,5 m di altezza da terra. Tale tecnologia è supportata da un sistema di controllo e comunicazione all'avanguardia, in grado di seguire lo spostamento del sole, tramite metodologia wireless. A comando i pannelli possono essere posizionati in modo verticale consentendo una distribuzione omogenea delle piogge oppure possono essere disposti parallelamente al terreno per consentire il passaggio alle macchine agricole. I pali che sostengono la struttura sono distanziati di 12 m al fine di consentire un'illuminazione distribuita e consentire il passaggio delle macchine agricole. L'irrigazione avviene attraverso un sofisticato impianto di subirrigazione, posto nel terreno a circa 40 cm in profondità.

In entrambi gli scenari esaminati, pre e post intervento, non sono presenti fasce verdi utili a mitigare l'impatto dal punto di vista visivo e paesaggistico.



Figura 32 - Impianto agrivoltaico situato a Monticelli d'Ongina (fonte: REM Tec Energy)

4.2.3 Scalea (Calabria)

La tecnologia agrivoltaica è localizzata in un contesto morfologico pianeggiante, in area agricola, a sud dell'abitato di Scalea, in provincia di Caserta, tra località Menestalla e La Bruca. L'impianto è posto in adiacenza dell'aeroporto di Scalea e a breve distanza dalle frazioni di Macellina e Marina Santa Maria del Cedro.



Figura 33 - Inquadramento territoriale dell'impianto di Scalea (fonte: elaborazione propria)

Come esplicitato in seguito, (4.5 il rapporto tra pianificazione regionale ed energie rinnovabili nelle regioni oggetto di studio – il caso della regione Calabria) il Quadro Territoriale Regionale Paesaggistico (QTRP) è il piano urbanistico-territoriale, con valenza paesaggistica, della regione Calabria. Tale strumento viene suddiviso in tomi. Nello specifico, all'interno del tomo 3 “atlante di paesaggi”, viene proposta una suddivisione della regione in 16 ambiti paesaggistici territoriali regionali e 39 unità paesaggistiche territoriali regionali. L'area in esame rientra dell'ambito n.1 “il Tirreno Cosentino” e, nello specifico, nell'unità n.1a “Alto Tirreno Cosentino”.

L'area in cui è insediata la tecnologia agrivoltaica comprende un tratto costiero, caratterizzato dalla pianura alluvionale del fiume Lao che scorre a nord dell'area, al confine con la pista dell'aeroporto, che segna il margine nord dell'area di studio. La produzione agricola prevalente è il cedro da cui prende il nome lo stesso litorale. Dal

punto di vista insediativo sono presenti urbanizzati di piccole e medie dimensioni. Il centro di Scalea spicca, all'interno dell'ambito, per la sua valenza turistica.

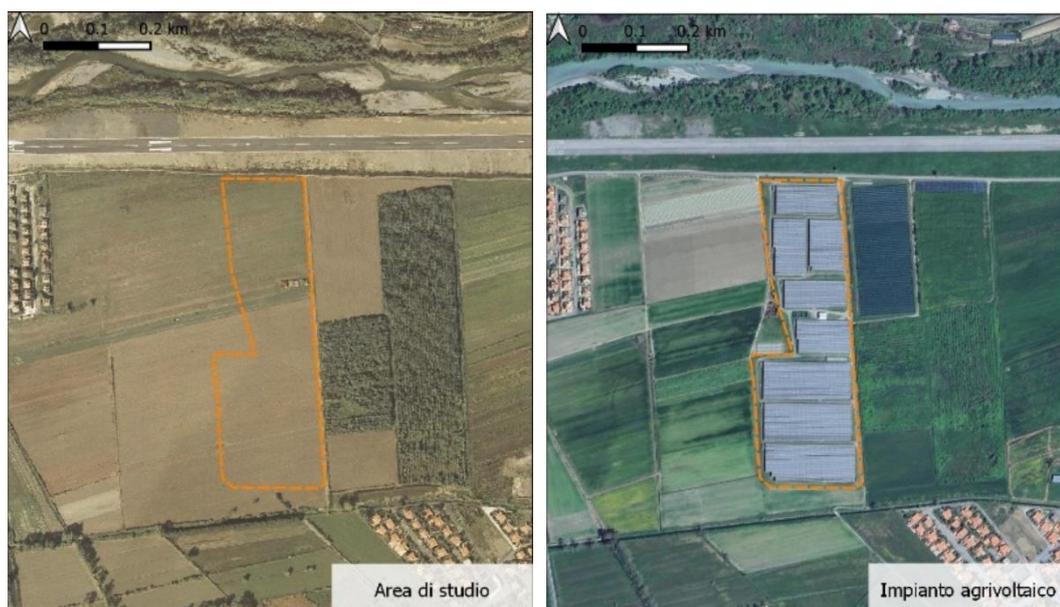


Figura 34 - Localizzazione dell'impianto di Scalea: situazione pre-post intervento (base: Ortofoto Regione Calabria 2007-2008 e Google Satellite 2023. fonte: elaborazione propria)

L'azienda EF Solare Italia, in collaborazione con Le Greenhouse (partner agricolo) e Convert Italia (società specializzata in pannelli solari con sistemi ad inseguimento) ha promosso nel territorio di Scalea un impianto agrivoltaico sperimentale. L'impianto ha carattere di tipo temporaneo in modo da essere smantellato una volta terminata la vita utile dell'impianto.



Figura 35 - Produzione di limoni nell'impianto agrivoltaico situato a Scalea (fonte: EF Solare Italia)

Il progetto, nato nel novembre del 2021, consiste in diverse tecnologie oltre alla classica produzione in campo aperto come l'applicazione dell'impianto agrivoltaico con moduli mobili, rialzati da terra, e le cosiddette "serre agrivoltaiche", costituite da

un “tetto di pannelli mobili” e da “cupolini trasparenti” che all’occorrenza possono aprirsi e chiudersi, in base alle condizioni atmosferiche. Lo scopo è quello di esaminare la produttività, la qualità e le proprietà del suolo in diversi contesi, al fine di valutare la situazione migliore (ENEA, 2024). Il microclima locale, combinato a quello creato al di sotto dei pannelli permette la coltivazione di limoni, arance, cedri e clementine. La produzione di agrumi, rispetto a una situazione post intervento che prevedeva la coltivazione di frumento, insedia nell’area una produzione agricola di pregio, ampiamente sviluppata sul territorio.

La particolare tecnologia propone l’utilizzo di pannelli bifacciali mobili, gestiti tramite un particolare software e una rete di sensori, in grado di ottimizzare i movimenti al fine di aumentare le rese agricole ed energetiche. I pali che sostengono i pannelli, sollevati da terra ad una altezza pari a circa 3 m, sono infissi al suolo senza l’uso di cemento, garantendo una riconversione totale del terreno una volta terminata la vita utile dell’impianto. La distanza tra le file è calcolata in modo da garantire il giusto apporto di luce e consentire le normali pratiche agricole. Tramite un sistema sofisticato di monitoraggio è possibile gestire e valutare da remoto le caratteristiche microclimatiche dell’aria e del suolo, garantendo le condizioni ideali per il giusto apporto di luce alle coltivazioni.

Viene impiegato un uso più razionale della risorsa idrica, utilizzando fino al 70% di acqua in meno rispetto alle coltivazioni in pieno campo (EF Solare Italia). Questo è possibile grazie alla presenza dei pannelli che offrono protezione e ombreggiamento, evitando lo stress termico. Un’altra particolarità della tecnologia consiste nell’utilizzo di un dissalatore in grado di convertire l’acqua salmastra in acqua potabile per l’irrigazione. Il progetto non prevede opere di mitigazioni verde, in entrambi gli scenari esaminati, in grado di limitare l’impatto dal punto di vista visivo e paesaggistico.



Figura 36 - Impianto agrivoltaico situato a Scalea (fonte: EF Solare Italia)

4.3 L'applicazione degli indicatori all'interno dei casi studio

Lo scopo del seguente capitolo è andare ad esaminare i cambiamenti del paesaggio dovuti all'introduzione di opere agrivoltaiche. Nello specifico verranno confrontati due scenari, uno antecedente alla posa in opera della tecnologia e uno a posteriori. I casi studio presi in considerazione per la presente analisi, così come descritto all'interno del capitolo precedente (4.2 *i casi studio*), sono Novi Ligure (Piemonte), Monticelli d'Ongina (Emilia-Romagna) e Scalea (Calabria). In particolare, nei tre casi selezionati, si sono verificati dei cambiamenti paesaggistici che verranno di seguito messi in evidenza caso per caso.

4.3.1 Il caso di Novi Ligure (Piemonte)

All'interno dei confini amministrativi del comune di Novi Ligure, in provincia di Alessandria, si intende realizzare un nuovo impianto agrivoltaico. Attualmente l'opera non è ancora stata realizzata ma ha concluso la procedura di VIA. Verrà di seguito applicato il set di indicatori (4.1 *il set di indicatori utili per il confronto pre e post intervento*), al fine di esaminare le caratteristiche spaziali e valutare i cambiamenti del paesaggio dovuti all'introduzione della tecnologia. Di seguito sono riportate due ortofoto AGEA al 2021. Nella prima immagine è stata inquadrata l'area di studio, mentre nella seconda viene riportato il progetto dell'impianto agrivoltaico, grazie alla documentazione messa a disposizione dal sito del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE, 2023).



Figura 37 - Area di studio a Novi Ligure, al 2021 (base: Ortofoto AGEA 2021)



Figura 38 - Progetto nell'area di studio a Novi Ligure (base: Ortofoto AGEA 2021. fonte: elaborazione propria)

○ *Cambiamento dell'uso del suolo*

Tale indicatore permette di descrivere l'uso del suolo all'interno dell'area in esame in cui si prevede l'installazione di un impianto agrivoltaico. Nello specifico, viene utilizzata la Land Cover Piemonte al 2023 con un grado di dettaglio al quinto livello. Analizzando il conteso è possibile riscontrare diversi usi del suolo. Nello specifico, partendo da sinistra, l'area compresa tra la strada e la vegetazione, è classificata come “*monocoltura estensiva*” rappresentata dal codice 21120. A dividere le due aree, all'interno delle quali sorgeranno i due impianti agrivoltaici, si trova una fascia verde identificata con il codice 32400 e definita come “*area a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione*”. Infine, l'area più a destra viene definita “*foraggiere avvicendate*” e riconosciuta con il codice 21116. Non essendo ancora l'impianto agrivoltaico realizzato non è possibile affermare con certezza l'uso del suolo che verrà assegnato all'area ma è possibile ipotizzare, avendo a disposizione la legenda con codici e definizioni, che l'area potrebbe essere definita come “*impianti fotovoltaici*” e rappresentata dal codice 12111. Il suolo agricolo nella situazione pre intervento occupa un'area pari a 158.338,65 m² (15,83 ha). L'area, invece, occupata dall'impianto agrivoltaico, dove avverrà la coltivazione nel post intervento, è uguale a 123.067,55 m² (12,31 ha). Si registra una perdita di suolo agricolo pari al -35.271,1 m² (-3,53 ha), in termini di variazione percentuale uguale al -22,28%.

- *Cambiamento del tipo di coltura*

L'area è attualmente caratterizzata da terreni agricoli coltivati a prati polifiti, prevalentemente di graminacee, con presenza di leguminose. Nello scenario post intervento si prevede la coltivazione estensiva di un miscuglio di essenze foraggere mellifere, lasciando sostanzialmente inalterata la situazione. Inoltre, verranno create delle postazioni apistiche per la produzione di miele. Nello specifico, saranno disposte, tra le file dei pannelli solari, 6 postazioni di 100 m² ciascuna.

- *Cambiamento del sistema di supporto della coltura*

Attraverso la documentazione messa a disposizione sul sito del MASE (MASE, 2023), in particolare osservando la “*documentazione fotografica degli inserimenti ambientali*”, si nota come in entrambi gli scenari non vengano predisposti elementi a supporto delle colture al fine di avere un riparo dai fattori ambientali dannosi.

- *Cambiamento delle formazioni vegetali*

All'interno dell'area di studio sono presenti zone verdi quali un'area a vegetazione boschiva e arbustiva, tra i due diversi lotti sui quali sorgeranno gli impianti agrivoltaici, e una fascia boschiva di latifoglie posizionata a sud-est in corrispondenza del confine del lotto. Inoltre, si prevedono ulteriori opere mitigative verdi, una volta attuata l'opera, corrispondenti a fasce verdi di varia ampiezza, in corrispondenza del perimetro dell'impianto. Nello specifico, sono previste tre diverse tipologie di mitigazione. La mitigazione di tipo 1, pensata sul lato ovest ed est, permette di creare una schermatura visiva al fine di mitigare l'impatto derivante dall'impianto agrivoltaico, per uno spessore di 20 m. Questa larghezza è giustificata dal fatto che entrambi i lati sono a diretto contatto con il fronte strada. La mitigazione di tipo 2, localizzata sul lato nord delle due aree, avrà un modulo di impianto di circa 15 m. Infine, il terzo tipo di mitigazione, disposto sul lato sud, è pensato per una larghezza pari a 5 m. In termini numerici la situazione pre intervento prevede una superficie coperta da verde pari a 17.704,34 m² (1,77 ha). Nella fase post intervento l'area verde che divide i due lotti verrà rimossa e, inoltre, sarà necessario sommare al calcolo le nuove fasce verdi di mitigazione per un totale di 24.317,65 m² (2,43 ha). Si registra quindi un incremento di formazioni vegetali per un totale di 6.613,31 m² (0,66 ha), pari al 37,29%.

- *Cambiamento delle recinzioni*

L'area di progetto, nella situazione pre intervento, non presenta limitazioni perimetrali. Con l'introduzione della tecnologia agrivoltaica, invece, si prevede una recinzione a protezione dell'impianto. L'intera rete, alta circa 2 m, sarà sollevata da terra per un'altezza di circa 20 cm al fine di garantire il passaggio della fauna selvatica. L'unico punto di accesso è un cancello, posizionato a sud del lotto, accessibile solamente agli utenti autorizzati. Nello specifico, si passa da un'area completamente "accessibile" ad una "parzialmente accessibile" con una lunghezza della rete perimetrale pari a 1.700,18 m (1,70 km).

- *Cambiamento delle trame storiche*

Confrontando lo scenario pre e post intervento è possibile osservare nuove strade di collegamento, a supporto della tecnologia agrivoltaica. Tale inserimento all'interno del contesto agricolo è visto come elemento di suddivisione e frammentazione, in grado di alterare il sistema paesaggistico. La viabilità interna e perimetrale al lotto permette il raggiungimento di tutte le componenti dell'impianto per una corretta gestione delle opere di manutenzione e gestione della sicurezza. Nello specifico le opere viarie hanno una lunghezza pari a 2.782,78 m (2,78 km), rispetto a uno scenario pre intervento che non prevedeva alcun tipo di collegamento.

- *Configurazione e densità delle tessere*

Analizzando l'allineamento dei pannelli solari rispetto al lotto è possibile classificare la tessera come "responsive" (ovvero "reattivo"). L'area coperta dai pannelli solari corrisponde quasi esattamente alla forma del lotto. In termini percentuali, la superficie coperta dai pannelli rispetto alla superficie totale, è pari al 76%.

- *Sensibilità visiva*

L'impianto agrivoltaico, come descritto precedentemente, è localizzato tra due strade principali di alto scorrimento, all'interno delle quali vengono individuati i punti di osservazione. Tale elaborazione risulta utile al fine di valutare il grado di visibilità dell'area rispetto alla trasformazione prossima con l'installazione di un impianto agrivoltaico. Il terreno risulta completamente visibile ed è per questo opportuno considerare opere mitigative verdi che circondano l'area di studio, così come previsto dal progetto preliminare.

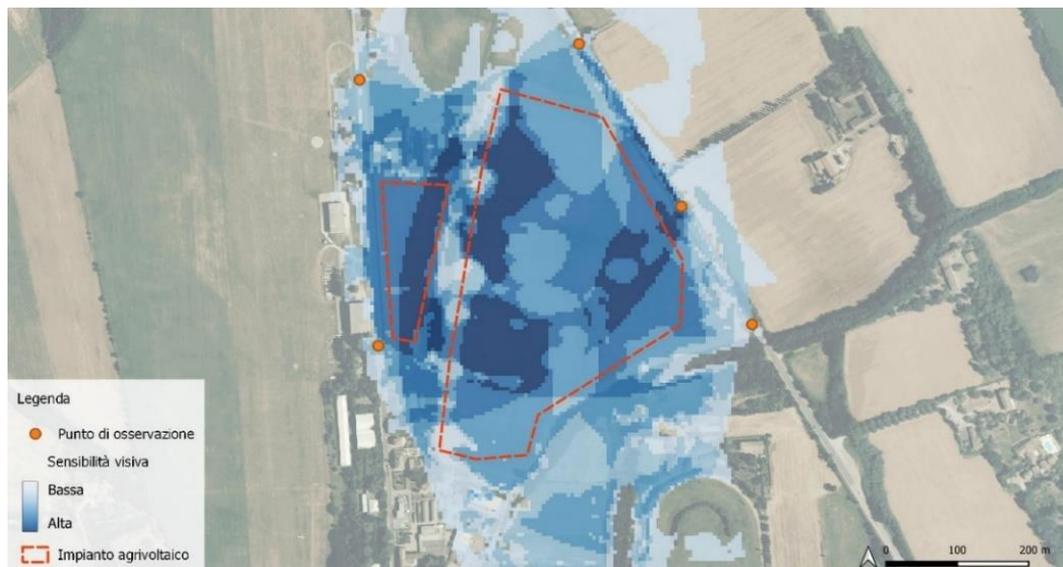


Figura 39 - Carta sensibilità visiva a Novi Ligure (base: Ortofoto AGEA 2021. fonte: elaborazione propria)

○ *Fattori critici e di detrazione visiva*

Andando ad analizzare la situazione post intervento, considerando l'introduzione dell'impianto agrivoltaico anche se non ancora effettivamente costruito, si riscontrano tre elementi caratterizzanti all'interno dell'area di studio. In particolare, sullo sfondo, è possibile identificare un fulcro visivo dell'ambiente naturale, grazie alla presenza di un rilievo montuoso. Viene individuato come fattore di criticità puntuale, in quanto detrattore visivo, una cisterna dell'acqua. Infine, l'area di progetto, con lo sviluppo della tecnologia agrivoltaica, rappresenterà, a livello locale, un elemento di intrusione visiva. Questo a causa dell'introduzione di un elemento incongruo rispetto al conteso paesaggistico locale. La presenza di opere mitigative verdi, però, permettono la schermatura visiva dell'impianto rendendolo non visibile alle persone che hanno accesso ai punti limitrofi all'area in esame.



Legenda

- Fulcro visivo dell'ambiente naturale
- Fattore puntuale critico e di detrazione visiva
- xxx Fattore di intrusione visiva



Figura 40 - Fattori critici e di detrazione visiva a Novi Ligure (base: Google Satellite 2023. fonte: elaborazione propria)

4.3.2 Il caso di Monticelli d'Ongina (Emilia-Romagna)

Il comune di Monticelli d'Ongina ha localizzato, all'interno dei limiti amministrativi, un impianto agrivoltaico di seguito mostrato in due diversi stralci cartografici. In alto, viene riportata un'ortofoto AGEA, risalente al 2008, che mostra lo stato antecedente alla creazione della tecnologia. La seconda immagine, invece, riporta l'inserimento della struttura all'interno del contesto piacentino, grazie all'utilizzo di un'ortofoto AGEA al 2023. Di seguito verranno analizzati i due scenari a confronto, pre e post intervento attraverso l'uso del set di indicatori precedentemente introdotto (4.1 il set di indicatori utili per il confronto pre e post intervento).



Figura 41 - Area di studio a Monticelli d'Ongina, al 2008 (base: Ortofoto AGEA 2008)



Figura 42 - Impianto agrivoltaico a Monticelli d'Ongina, al 2023 (base: Ortofoto AGEA 2023)

○ *Cambiamento dell'uso del suolo*

Per analizzare tale indicatore è stato necessario avvalersi della cartografia messa a disposizione della regione Emilia-Romagna riportante l'uso del suolo, per l'anno 2008 (2008 - Coperture vettoriali uso del suolo di dettaglio - Edizione 2018) e l'ultima versione messa a disposizione, risalente al 2020 (2020 - Coperture vettoriali uso del suolo di dettaglio - Edizione 2023). Nella situazione antecedente allo sviluppo della struttura, l'area risulta essere con destinazione d'uso del suolo a "seminativi semplici irrigui" (2121, codice uso del suolo). Secondo la cartografia al 2020, invece, con l'introduzione dell'opera agrivoltaica, tale terreno viene definito "impianti fotovoltaici" (1228, codice uso del suolo). Il suolo agricolo nella situazione pre intervento è pari a 212.634,61 m² (21,26 ha). L'area, invece, coperta dai pannelli solari del sistema agrivoltaico, nella situazione post intervento, è uguale a 178.335,95 m² (17,83 ha). La perdita di suolo agricolo è uguale a -34.298,66 m² (3,43 ha). In termini di variazione percentuale si registra il valore di -16,13%.

○ *Cambiamento del tipo di coltura*

La tipologia di coltura rimane inalterata con la coltivazione, in entrambi gli scenari di confronto pre e post intervento, di frumento. L'impianto agrivoltaico non viene studiato in una situazione pre intervento come di norma avviene, ma viene integrato nel contesto esistente.

○ *Cambiamento del sistema di supporto della coltura*

Non ci sono variazioni per quanto concerne il supporto delle colture. In entrambi gli scenari non sono presenti delle strutture con il fine di riparare il raccolto dai fattori ambientali dannosi.

○ *Cambiamento delle formazioni vegetali*

La vegetazione a supporto del sistema agricolo non subisce una variazione dal confronto dei due scenari pre e post intervento. Sono, infatti, già presenti elementi lineari che circondano il lotto sul quale sussiste l'impianto agrivoltaico, quali alberi e filari. Tali elementi si dispongono sia in corrispondenza della parte sud del lotto, dove è presente come elemento di delimitazione perimetrale la ferrovia, che nella parte nord, in corrispondenza di un canale. La lunghezza totale delle formazioni vegetali che circondano il lotto è pari a 989,78 m (0,99 km).

- *Cambiamento delle recinzioni*

Non sono presenti recinzioni perimetrali utilizzate al fine di impedire l'accesso. Tale situazione si verifica in entrambi gli scenari. L'area può essere classificata come "accessibile".

- *Cambiamento delle trame storiche*

Confrontando gli scenari pre e post intervento non sono state rilevate modifiche nella struttura delle trame storiche.

- *Configurazione e densità delle tessere*

Valutando nell'insieme il rapporto tra la superficie totale del lotto e la superficie coperta dai pannelli si può definire la configurazione della tessera come "irresponsive" (ovvero "indipendente") in quanto i pannelli solari, nella loro disposizione, non seguono la forma del lotto ma lasciano notevoli spazi vuoti. La percentuale di terreno coperta da pannelli, rispetto all'area totale, risulta pari all'85%, valore molto alto rispetto ai limiti teorici imposti da Oudes nel suo paper (Oudes et Al., 2021).

- *Sensibilità visiva*

Nel seguente caso in analisi vengono selezionati i punti di osservazione in prossimità delle strade limitrofe considerate come punti accessibili, a possibili utenti. L'area risulta quasi completamente visibile ad eccezione della zona sud-ovest a causa della mancanza di collegamenti infrastrutturali accessibili ai cittadini. Al fine di limitare la visibilità della tecnologia sarebbe opportuno prevedere opere mitigative verdi disposte sul perimetro dell'area.

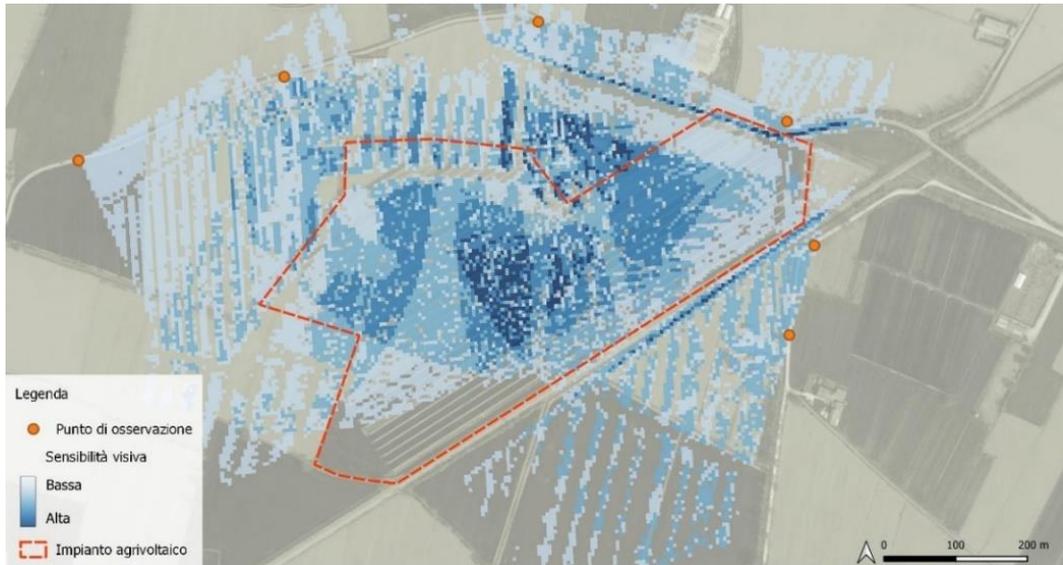


Figura 43 - Carta sensibilità visiva a Monticelli d'Ongina (base: Ortofoto AGEA 2023. fonte: elaborazione propria)

○ *Fattori critici e di detrazione visiva*

All'interno del conteso di analisi la tecnologia agrivoltaica è riconosciuta come fattore di intrusione visivo. Questo significato viene attribuito in quanto all'interno del contesto locale viene introdotto un elemento estraneo ed incongruo. Altro elemento rappresentativo riguarda la presenza di un filare riconosciuto come elemento caratterizzate, di rilevanza paesaggistica.



Legenda

- Elemento caratterizzante di rilevanza paesaggistica: alberature, filari e siepi
- xxx Fattore di intrusione visiva



Figura 44 - Fattori critici e di detrazione visiva a Monticelli d'Ongina (base: Google Satellite 2023 fonte: elaborazione propria)

4.3.3 Il caso di Scalea (Calabria)

L'impianto agrivoltaico è localizzato in provincia di Cosenza, in Calabria. Di seguito vengono riportate le cartografie di base che mostrano l'area oggetto di studio in una situazione precedente e a posteriori rispetto all'introduzione della tecnologia agrivoltaica. La prima cartografia mostra, attraverso un'ortofoto messa a disposizione della regione Calabria, l'area di studio al 2008. Situazione nettamente diversificata si registra al 2023, quanto sull'area è stato realizzato l'impianto. La seconda immagine ha fonte dati Google Satellite 2023 a causa della mancanza, ai vari livelli amministrativi, di un'ortofoto aggiornata. A seguire vengono analizzati, attraverso l'uso degli indicatori (4.1 il set di indicatori utili per il confronto pre e post intervento), i due scenari a confronto con il fine di far emergere i cambiamenti paesaggistici.



Figura 45 - Area di studio a Scalea, al 2008 (base: Ortofoto Regione Calabria 2007-08)



Figura 46 - Impianto agrivoltaico a Scalea, al 2023 (base: Google Satellite 2023)

- *Cambiamento dell'uso del suolo*

L'indicatore descrive l'uso del suolo secondo il sistema di classificazione Corine Land Cover per l'anno 2018, con il grado di dettaglio al quarto livello, messo a disposizione dal geoportale regionale. Per tale annata la cartografia riporta il codice 2111, corrispondente alle "colture intensive". Non essendo i dati disponibili della CLC più aggiornati del 2018, non è possibile stabilire con certezza l'uso del suolo post intervento. Questo problema avviene a causa della regione e della provincia di Cosenza che non hanno messo a disposizione online cartografie più recenti. Osservando le definizioni all'interno degli altri casi studio è probabile che all'area venga assegnata la destinazione d'uso del suolo a "impianto fotovoltaico". In ogni caso, sarebbe opportuno che provincia e regione si mobilitassero al fine di fornire una cartografia più dettagliata e aggiornata. In ogni caso, in termini numerici, la superficie coltivata passa da 111.329,97 m² (11,13 ha), nello scenario pre intervento, a 79.501,39 m² (7,95 ha), dopo l'introduzione degli impianti agrivoltaici. Si registra una perdita di suolo agricolo pari a -31.828,58 m² (-3,18 ha), in termini di variazione percentuale uguale al -28,57%.

- *Cambiamento del tipo di coltura*

Confrontando i due scenari pre e post intervento si osserva un cambiamento della coltura. Nello specifico si passa da una produzione di frumento, in campo aperto, a una coltivazione di agrumi quali limoni, arance, cedri e clementine, all'interno di "serre agrivoltaiche" e "impianti agrivoltaici tradizionali".

- *Cambiamento del sistema di supporto della coltura*

Nella situazione pre intervento non sono previste opere di supporto. Viceversa, nella situazione post intervento, la "serra agrivoltaica" è coperta da un supporto trasparente in plastica in grado di proteggere le colture dai fattori ambientali. In particolare, il supporto prevede un totale di 79.144,81 m² (7,91 ha) di copertura. Gli "impianti agrivoltaici tradizionali" non prevedono nessun tipo di protezione.

- *Cambiamento delle formazioni vegetali*

All'interno dell'area oggetto di studio non sono presenti formazioni vegetali. Questa situazione si verifica sia nella situazione antecedente che a quella a posteriori allo sviluppo della tecnologia.

- *Cambiamento delle recinzioni*

Nello scenario pre intervento non sono presenti limitazioni fisiche mentre dopo l'introduzione della tecnologia si nota l'introduzione di una recinzione perimetrale, utilizzata al fine di impedire l'accesso. L'area passa da "accessibile" ad "inaccessibile". Il perimetro della recinzione coincidente con il confine del lotto su cui sorge l'impianto agrivoltaico ed è pari a 1.713,05 m (1,71 km). La rete può essere considerata come una barriera ecologica che non permette la normale permeabilità alla fauna locale.

- *Cambiamento delle trame storiche*

Mettendo a confronto i due scenari, si riscontra una situazione nettamente diversificata rispetto alla valutazione degli elementi lineari. In particolare, con la costruzione dell'impianto agrivoltaico, vengono introdotte numerose strade. Andando a calcolare le nuove infrastrutture presenti, a servizio dell'impianto agrivoltaico, si rileva una lunghezza pari a 1.860,92 m (1,86 km), rispetto a uno scenario pre intervento che non prevedeva alcun tipo di collegamento all'interno del lotto. La nuova viabilità costituisce un elemento di suddivisione e frammentazione del sistema agricolo. Tale elemento risulta di particolare importanza una volta che la tecnologia verrà smantellata.

- *Configurazione e densità delle tessere*

Andando a valutare il rapporto tra la superficie del lotto e la superficie coperta dai pannelli si ottiene una configurazione delle tessere definibile come "islands" (ovvero "isola"). Questa definizione è attribuibile in quanto le strutture vengono posizionate in più blocchi, indipendenti rispetto alla forma del terreno. In termini percentuali la superficie coperta è pari al 71%.

- *Sensibilità visiva*

La carta riportata di seguito mostra la visibilità dell'area da specifici punti di osservazione posizionati sulle strade limitrofe all'impianto agrivoltaico. Ad eccezione dell'area a sud della tecnologia, il resto del sistema risulta visibile da molti dei punti di vista analizzati. Sarebbe pertanto opportuno prevedere alla realizzazione di opere mitigative verdi al fine di limitare la visibilità dell'opera agli utenti.

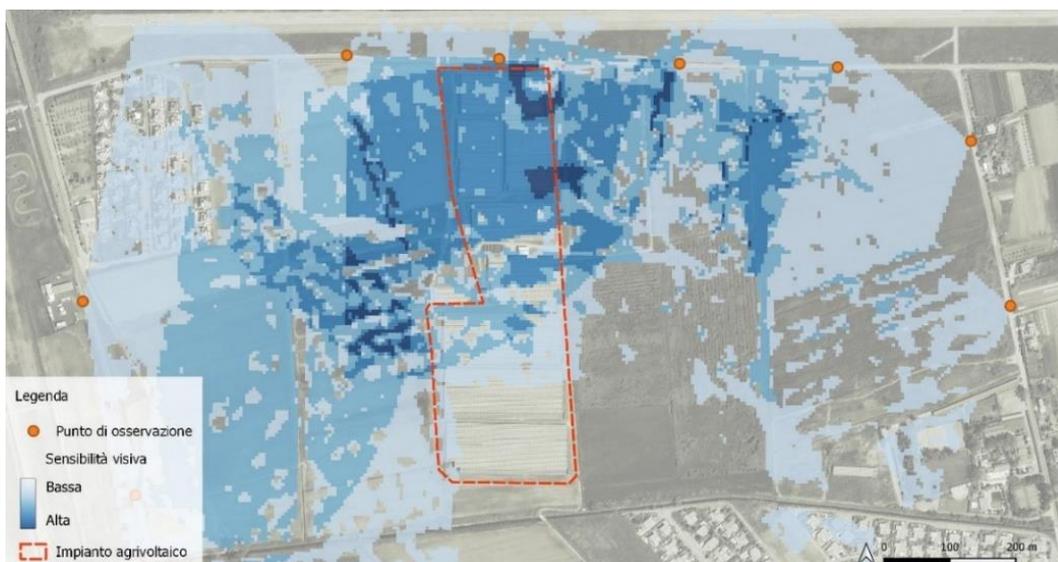


Figura 47 - Carta sensibilità visiva a Scalea (base: Google Satellite 2023. fonte: elaborazione propria)

○ *Fattori critici e di detrazione visiva*

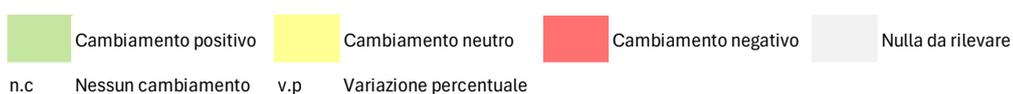
Nell'area in esame emerge l'impianto agrivoltaico come elemento di intrusione visiva, di forte impatto, nel contesto locale. Altro elemento caratterizzante è rappresentato dal rilievo montuoso, visibile sullo sfondo, denominato come fulcro visivo dell'ambiente naturale.



Figura 48 - Fattori critici e di detrazione visiva a Scalea (base: Google Satellite 2023. fonte: elaborazione propria)

4.4 Il cambiamento del paesaggio nei casi studio: un confronto

Nel seguente paragrafo viene proposto un confronto tra i casi studio, rispetto ai diversi indicatori presi in esame. Lo scopo è proporre una panoramica dei dati rilevati al fine di valutare se il cambiamento del paesaggio riscontrato sia comune o meno tra i diversi casi applicativi. Gli indicatori proposti sono di tipo quantitativo e qualitativo, al fine di valutare l'introduzione di una tecnologia agrivoltaica all'interno di un determinato contesto applicativo.



Nome dell'indicatore	Caso studio					
	Novi Ligure		Monticelli d'Ongina		Novi Ligure	
<i>CAMBIAMENTO DELL'USO DEL SUOLO</i>	da "monocoltura estensiva" e "foraggiere avvicendate" a "impianto fotovoltaico"	- 3,53 ha V.P. - 22,28%	da "seminativo semplice irriguo" a "impianto fotovoltaico"	- 3,43 ha V.P. - 16,13%	da "coltura intensiva" a "impianto fotovoltaico"	- 3,18 ha V.P. - 28,57%
<i>CAMBIAMENTO DEL TIPO DI COLTURA</i>	da "prati polifiti" a "foraggiere mellifere" e "postazioni apistiche"		"frumento" (n.c.)		da "frumento" ad "agrumi"	
<i>CAMBIAMENTO DEL SISTEMA DI SUPPORTO DELLA COLTURA</i>	non presente in entrambi gli scenari	n.c.	non presente in entrambi gli scenari	n.c.	da "non presente" a "supporto trasparente in plastica"	7,91 ha V.P. 100%
<i>CAMBIAMENTO DELLE FORMAZIONI VEGETALI</i>	aggiunta di "fasce verdi di mitigazione" nello scenario post intervento	0,66 ha V.P. 37,29%	presenza di "alberi e filari" in entrambi gli scenari	n.c.	non presente in entrambi gli scenari	n.c.
<i>CAMBIAMENTO DELLE RECINZIONI</i>	da "accessibile" a "parzialmente accessibile" (recinzione rialzata)	1,70 km V.P. 100%	"accessibile"	n.c.	da "accessibile" a "inaccessibile"	1,71 km V.P. 100%
<i>CAMBIAMENTO DELLE TRAME STORICHE</i>	da "non presente" a "collegamenti interni"	2,78 km V.P. 100%	non presente in entrambi gli scenari	n.c.	da "non presente" a "collegamenti interni"	1,86 km V.P. 100%
<i>CONFIGURAZIONE E DENSITÀ DELLE TESSERE</i>	"responsive" (reattivo)	copertura dei pannelli rispetto alla sup. tot. 76%	"irresponsive" (indipendente)	copertura dei pannelli rispetto alla sup. tot. 85%	"islands" (isola)	copertura dei pannelli rispetto alla sup. tot. 71%

<i>SENSIBILITÀ VISIVA</i>	area completamente visibile	area parzialmente visibile (area a sud ovest non visibile)	area parzialmente visibile (area a sud non visibile)
<i>FATTORI CRITICI E DI DETRAZIONE VISIVA</i>	fasce verdi di mitigazione visiva disposte lungo il perimetro dell'impianto	assenza di elementi in grado di mitigare l'effetto visivo dovuto dall'impianto	assenza di elementi in grado di mitigare l'effetto visivo dovuto dall'impianto

Tabella 3 - Confronto tra indicatori all'interno dei tre diversi casi studio (fonte: elaborazione propria)

La tabella sopra riportata mostra il confronto tra i diversi casi studio analizzati, riportando dei cambiamenti in tutte e tre le situazioni. Nello specifico i maggiori cambiamenti si riscontrano a Novi Ligure e Scalea. Nel caso di Monticelli d'Ongina a cambiare è solamente un indicatore.

Nel caso del “*cambiamento dell'uso del suolo*”, la maggiore variazione avviene nel comune di Scalea, passando da una destinazione d'uso del suolo definita come “*coltura intensiva*” a un “*impianto fotovoltaico*”, con un valore pari a -28,57%, quantificabile come -3,18 ha. In tutti i casi selezionati si ha una diminuzione di suolo agricolo coltivato a causa dell'introduzione delle tecnologie agrivoltaiche con moduli di larghezza predefinita che non consentono di utilizzare interamente la superficie disponibile. Nei casi di Novi Ligure e Monticelli d'Ongina si registra una variazione percentuale pari rispettivamente al -22,28% (-3,53 ha) e -16,13% (- 3,43 ha). Visto l'elevato valore percentuale, rinvenuto all'interno dei diversi casi studio, l'indicatore viene valutato come “negativo” in quanto, con l'introduzione degli impianti, viene meno la naturalità del luogo.

Il “*cambiamento del tipo di coltura*” avviene all'interno dei comuni di Novi Ligure e Scalea. Nel primo caso si passa da “*prato prolifero*” a “*foraggiere mellifera*”, con la disposizione all'interno dell'area di postazioni apistiche. Nel seguente caso l'indicatore viene considerato “neutro” in quanto la tipologia di coltura rimane sostanzialmente inalterata, rispetto alla situazione antecedente all'introduzione della tecnologia. Nel caso di Monticelli d'Ongina non si registra alcun cambiamento rendendo l'indicatore definibile come “nulla da rilevare”, con una produzione nei due scenari di “*frumento*”. Infine, nel caso di Scalea si passa da una produzione di “*frumento*” a una di “*agrumi*”. L'indicatore viene considerato negativo in quanto viene introdotta una coltura che necessita di specifiche accortezze, come temperature calde costanti ed esigenze idriche elevate.

Per quanto concerne il “*cambiamento del sistema di supporto alle colture*”, si registra una situazione di “nessun cambiamento” a Novi Ligure e Monticelli d’Ongina. In entrambi gli scenari pre e post intervento non si registra nessun tipo di supporto, rendendo l’indicatore definibile come “nulla da rilevare”. Nel caso di Scalea, invece, con l’installazione di “serre agrivoltaiche”, è stato previsto un “supporto trasparente in plastica” per un totale di 7,91 ha, mentre nello scenario pre intervento non si prevedeva nessun tipo di protezione. Tale introduzione risulta “negativa”, in quanto altera i caratteri tipici del sistema agricolo.

L’indicatore “*cambiamento delle formazioni vegetali*” non registra cambiamenti nei casi di Monticelli d’Ongina e Scalea. Nel primo caso la “situazione rimane inalterata”, con la presenza di filari e alberi per una lunghezza complessiva pari a 0,99 km, facendo sì che l’indicatore sia considerato “nulla da rilevare”, vista la presenza di verde che risulta, però, inalterato. Nel secondo caso, invece, non sono presenti formazioni vegetali, in entrambi gli scenari esaminati, definendo l’indicatore come “nulla da rilevare”. Nel caso di Novi Ligure, invece, si assiste ad un’aggiunta di fasce verdi di mitigazione visiva, disposte su tutto il perimetro dell’area su cui sorge l’impianto agrivoltaico, per un totale di 0,66 ha. Rispetto alla situazione pre intervento si registra una variazione percentuale del dato pari al 37,29%, ritenuto “positivo” dal punto di vista ecologico.

Nel caso del “*cambiamento delle recinzioni*” si registra una situazione inalterata per Monticelli d’Ongina, dove l’area risulta “*accessibile*”, permettendo alla fauna locale di spostarsi liberamente, senza la presenza di barriere fisiche. Tale situazione viene classificata come “nulla da rilevare” in quanto inalterata, tra i due scenari esaminati. Nei casi di Novi Ligure e Scalea, invece, si registra l’installazione di una recinzione pari a una lunghezza, in entrambi i casi, di 1,70 km. L’area da “*accessibile*”, con la produzione di colture in campo aperto, passa a “*inaccessibile*”. Nel caso di Novi Ligure, però, viene svolta un’accortezza rispetto alla fauna locale, in quanto viene previsto di rialzare la recinzione per permettere il passaggio della fauna. Per questo il cambiamento viene visto solo parzialmente come negativo, classificando l’indicatore come “neutro”, al contrario di Scalea dove l’indicatore viene valutato come “negativo”.

Il “*cambiamento delle trame storiche*” avviene, ancora una volta, nei comuni di Novi Ligure e Scalea. Nello specifico, in entrambi i casi, si passa da una situazione pre intervento in cui non sono presenti strade per facilitare l’accesso e la produzione delle

colture, a una situazione post intervento in cui sono stati progettati e realizzati collegamenti interni. Rispettivamente si registra una lunghezza pari a 2,78 km e 1,86 km. Tale situazione viene ritenuta “negativa” in un’ottica di smantellamento dell’opera, una volta terminata la vita utile della tecnologia. I percorsi risultano elementi di frammentazione e suddivisione del sistema agricolo. Nel caso di Monticelli d’Ongina, invece, non si registra nessun cambiamento, con una situazione in entrambi gli scenari che non prevede la presenza di elementi lineari di collegamento. Tale situazione viene quindi ritenuta come “nulla da rilevare”.

La “*configurazione e densità delle tessere*” prevede una situazione differenziata nei tre casi studi analizzati. Nello specifico, nel caso di Novi Ligure si riscontra una configurazione “*responsive*” (reattivo), con una superficie coperta dai pannelli pari al 76%. A Monticelli D’Ongina, la configurazione è “*irresponsive*” (indipendente), con copertura dell’85%. Infine, a Scalea la configurazione è “*islands*” (isola), con copertura del 71%. Percentuali più elevate rispecchiano un maggior adattamento dei pannelli al contesto. Tale indicatore viene ritenuto “positivo” se supera la percentuale dell’80%, come nel caso di Monticelli d’Ongina.

I risultati inerenti alla “*sensibilità visiva*” riportano dei risultati diversificati. Nel caso di Novi Ligure l’area risulta completamente visibile dai punti di osservazione stabiliti per l’analisi. Questo a causa della posizione in cui si intende inserire la tecnologia, compresa tra due strade. Nel comune di Monticelli d’Ongina e Scalea, invece, l’area risulta parzialmente visibile e sarebbe opportuno prevedere, nelle aree di maggior visibilità, ad opere verdi al fine di ridurre l’impatto visivo. Nel primo caso l’indicatore viene considerato “negativo”, mentre negli altri due casi studio analizzati “neutro”.

Infine, i “*fattori critici e di detrazione visiva*” considerano l’indicatore “negativo” nei casi di Monticelli d’Ongina e Scalea, a causa dell’introduzione di un elemento tecnologico di forte impatto visivo. Nel caso di Novi Ligure, invece l’indicatore viene considerato come “positivo”, grazie alla presenza di fasce verdi di mitigazione che schermano la visuale dell’opera tecnologica. L’analisi fotografica dell’area in esame viene considerata come parte indispensabile, al fine di valutare l’introduzione dell’opera nel contesto, grazie all’uso di fotoinserti.

Non esiste una configurazione prestabilita riscontrata in tutti i casi applicativi. L’impianto tecnologico agrivoltaico non può essere uno strumento calato dall’alto ma deve essere studiato nei dettagli, rispetto al contesto sul quale deve essere inserito.

La scelta degli indicatori potrebbe aver influenzato lo studio a causa di una letteratura limitata sul tema degli impianti. Tale analisi potrebbe essere approfondita attraverso l'introduzione di nuovi indicatori e l'aggiunta di ulteriori casi studio, anche al di fuori dell'Italia, al fine di avere una comprensione maggiore rispetto al tema riguardante i cambiamenti del paesaggio.

4.5 Il rapporto tra pianificazione regionale ed energie rinnovabili nelle regioni oggetto di studio

La tecnologia agrivoltaica è portatrice di numerosi benefici per la produzione agricola ed energetica ed è potenzialmente sfruttabile all'interno del territorio nazionale, grazie alla grande disponibilità di terreni e un clima favorevole. Al fine di installare un impianto agrivoltaico, in primo luogo, è necessario svolgere un'analisi del sito sul quale si intende agire. Per definizione i pannelli saranno elevati da terra, al fine di preservare la continuità delle attività agricole e pastorali, ottimizzando l'uso dello spazio. La scelta delle colture risulta un passaggio fondamentale che influenza e definisce il layout dell'impianto, l'altezza e la distanza dei pannelli. Dovranno, inoltre, essere definite opere di mitigazione e monitoraggio per garantire la massima resa per entrambi i settori coinvolti. L'obiettivo primario è stabilire un equilibrio tra pratiche agricole e produzione di energia rinnovabile.

In primo luogo, dovrà quindi essere svolta una valutazione del sito che consiste in un'analisi per valutare l'idoneità del luogo all'installazione dell'impianto. Dovranno essere svolte indagini rispetto al clima, andando ad analizzare negli ultimi 20-30 anni la temperatura massima, minima e media, nonché le precipitazioni e l'umidità relativa. È inoltre necessario valutare la vegetazione e la fauna locale al fine di mitigare l'impatto sulla biodiversità (Colantoni et Al., 2021). Per apprendere tali dati risulta necessaria una valutazione alla scala locale, combinando le informazioni su un potenziale impatto alla scala vasta. Risulta quindi necessario, ai vari livelli amministrativi, attuare un uso consapevole del territorio, salvaguardando, tutelando e valorizzando le caratteristiche paesaggistiche così come definito nell'articolo 131 "paesaggio" del D.lgs. 22 gennaio 2004, n.42 (*Codice dei beni culturali e del paesaggio*). Al fine di avere uno sguardo di insieme all'interno del territorio in cui si

sta operando, risulta opportuno valutare la questione dell'agrivoltaico e delle energie rinnovabili a una scala regionale, all'interno dei piani territoriali e paesaggistici. Lo scopo è studiare tali strumenti al fine di fornire un quadro pianificatorio in merito ai possibili vincoli ambientali e/o paesaggistici. L'installazione delle tecnologie agrivoltaiche, infatti, può incontrare dei limiti all'interno delle politiche e degli strumenti di pianificazione. Lo scopo del piano regionale è riconoscere i caratteri peculiari del territorio e le caratteristiche paesaggistiche al fine di definire appositi indirizzi e raccomandazioni con l'obiettivo di conservare e ripristinare i valori paesaggistici. Di seguito verranno esaminati i piani territoriali e paesaggistici delle regioni comprendenti i tre casi studio selezionati.

Il caso della regione Piemonte

Il Piano Territoriale Regionale (PTR) piemontese è stato di recente revisionato e adottato tramite D.G.R n.4-8689 del 3 giugno 2024, rappresentando lo strumento di riferimento per il governo del territorio, a livello regionale. Lo scopo del piano è fornire una lettura strutturale della regione, in grado di definire indirizzi generali e settoriali della pianificazione del territorio (PTR Regione Piemonte, 2024).

La lettura regionale parte dalla suddivisione dell'area piemontese in 4 Quadranti, caratterizzati da uniformità e riconoscibilità dei percorsi evolutivi e dei caratteri di natura socio-economica (PTR Regione Piemonte, 2024). Suddividendo ulteriormente il territorio vengono, inoltre, riconosciuti gli Ambiti di integrazione territoriale (Ait), ripartizione di dimensione intermedia tra la scala comunale e provinciale, identificati secondo la logica del policentrismo. Come nel PTR del 2011, infatti, i poli vengono distinti secondo 4 livelli di gerarchia urbana (metropolitano, superiore, medio e inferiore). Da questo schema vengono selezionati i “*nuclei di polarizzazione locale*” (PTR Regione Piemonte, 2024) da cui parte la definizione degli Ait. Ogni ambito prende il nome del centro urbano di livello gerarchico più elevato e i comuni che costituiscono l'Ait sono gravitanti rispetto al nucleo principale.

Nel contesto odierno è necessario garantire un modello di sviluppo sostenibile, per la lotta ai cambiamenti climatici, in coerenza con le strategie adottate a livello europeo e nazionale. La sostenibilità ambientale viene quindi richiamata all'interno del piano come tematica trasversale in coerenza con la Strategia Regionale per lo Sviluppo Sostenibile (SRSvS) e la Strategia Regionale sui Cambiamenti Climatici (SRCC). La pianificazione territoriale, nella dimensione regolativa, deve essere in

grado di rendere i territori più resilienti al fine di contenere il riscaldamento globale e contrastare gli effetti negativi dei cambiamenti climatici.

Un altro problema portato alla luce all'interno del piano è il significativo incremento del consumo di suolo a scapito delle aree agricole e naturali. Risulta fondamentale una gestione del suolo capace di trovare il giusto equilibrio tra sostenibilità e uso razionale della risorsa suolo e crescita e sviluppo (Regione Piemonte, 2024). La priorità è ottimizzare l'uso del suolo e non solamente ridurre il consumo.

Il PTR piemontese determina le regole per l'uso del territorio individuando disposizioni e criteri. La componente regolativa è rappresentata dalle norme di attuazione scomposte attraverso direttive e indirizzi.

In particolare, all'articolo 33 "*le energie rinnovabili*" delle norme di attuazione del PTR, viene specificato l'obiettivo regionale di promuovere la decarbonizzazione, in coerenza con gli obiettivi nazionali ed europei. Per promuovere ciò viene incentivata la realizzazione di impianti di sfruttamento delle diverse Fonti Energetiche Rinnovabili (FER). Viene introdotto il tema delle aree idonee alla localizzazione e realizzazione degli impianti, in coerenza ai criteri stabiliti dalle norme nazionali (*2.2 il contesto tecnico normativo: il rapporto tra uso del suolo e la produzione di energia rinnovabile da impianti agrivoltaici*). L'obiettivo è massimizzare la resa produttiva garantendo, al contempo, la tutela e il rispetto delle risorse agricole e naturali, come riportato all'interno del comma 2.

Il Piano Paesaggistico Regionale (PPR), invece, è stato approvato con D.C.R n.233-35836 del 3 ottobre 2017, in coerenza con le disposizioni contenute nella Convenzione europea del paesaggio (Cep), nel Codice dei beni culturali e nella legislazione nazionale e regionale vigente. Lo scopo di tale strumento è garantire, all'interno del territorio regionale, la tutela e la valorizzazione del patrimonio paesaggistico, naturale e culturale (PPR Regione Piemonte, 2017). Il PTR e il PPR sono documenti complementari di un unico processo di pianificazione con il fine di gestire, salvaguardare e valorizzare il territorio piemontese.

Il quadro conoscitivo viene sviluppato secondo quattro principali assi tematici: naturalistico-ambientale (fisici ed ecosistemici), storico-culturale, percettivo-identitario e morfologico-insediativo. La lettura avviene attraverso la perimetrazione del territorio piemontese in 12 Macroambiti, articolati in 76 Ambiti di Paesaggio (Ap).

Tale partizione va ulteriormente disaggregata in 535 Unità di Paesaggio (Up), intesi come sub-ambiti e identificati da un'immagine unitaria, distinta e riconoscibile.

Come detto precedentemente, le linee strategiche e gli obiettivi generali sono comuni al PTR. La parte inedita riguarda le strategie operative e le strumentazioni in materia paesaggistico-ambientale. Il PPR, attraverso indirizzi strategici e direttive, impronta la pianificazione regionale verso uno sviluppo sostenibile e un uso consapevole del territorio al fine di garantire un'adeguata tutela, valorizzazione e promozione del territorio piemontese.

Andando ad analizzare le norme di attuazione del PPR, verranno di seguito riportati i principali articoli riguardanti le energie rinnovabili, con particolare attenzione agli impianti fotovoltaici. Essendo un testo obsoleto e il tema dell'agrivoltaico molto recente, all'interno del documento non si parla di "tecnologia agrivoltaica", ma le informazioni riportate faranno riferimento agli "impianti fotovoltaici a terra".

In particolare, all'interno dell'articolo 13 "*aree di montagna*", viene specificato che vette e crinali montani e pedemonti, non sono idonei all'installazione di impianti fotovoltaici a terra. Al fine di salvaguardare i paesaggi e i coni visuali ad essi associati, infatti, così come specificato nel comma 12e, non è consentita l'installazione degli impianti in un intorno di 50 metri per lato dai sistemi di vette e crinali.

All'interno degli articoli 20 "*aree di elevato interesse agronomico*" e 32 "*aree rurali di specifico interesse paesaggistico*" viene fatto riferimento alle aree agricole. Nello specifico, vengono considerate non idonee all'installazione degli impianti fotovoltaici, i terreni ricadenti nella I e II classe di capacità d'uso del suolo. Vengono inoltre considerate inidonee le aree agricole destinate alla produzione di prodotti D.O.C.G. e D.O.C. Nello specifico, in tali aree deve essere garantita la conservazione attiva e la valorizzazione agricola.

Sono inidonei all'installazione di fotovoltaici a terra, inoltre, i siti inseriti nel patrimonio mondiale Unesco (*Complesso dei Sacri Monti e delle Residenze Sabaude, I Paesaggi vitivinicoli del Piemonte, Langhe-Roero e Monferrato*), così come riportato nell'articolo 33 "*luoghi ed elementi identitari*". Tali ambiti, come specificato nei commi 3-6, sono meritevoli di tutela, conservazione e valorizzazione e per questo non adatti all'installazione di tecnologie fotovoltaiche che altererebbero il valore scenico ed estetico del paesaggio. In tali contesti è infatti richiesta una conservazione dei profili paesaggisti e delle visuali. Per gli stessi motivi sono, inoltre, non idonee le aree

degli ex tenimenti dell'Ordine Mauriziano, così come specificato nei commi 10-13 dello stesso articolo.

Il caso della regione Emilia-Romagna

Il Piano Territoriale Regionale (PTR) è lo strumento di programmazione della regione Emilia-Romagna con il quale si perseguono gli obiettivi strategici di uno sviluppo sostenibile all'interno dei confini regionali. Il piano è stato approvato dall'Assemblea legislativa con delibera 3 febbraio 2010, n.276 ai sensi dell'articolo 23 della L.R. 24 marzo 2000, n.20. Il documento si compone di quattro parti definite come segue: *“una regione attraente: l'Emilia Romagna nel mondo che cambia”*, *“la regione-sistema: il capitale territoriale e le reti”*, *“programmazione strategica, reti istituzionali e partecipazione”* e, infine, *“valutazione di sostenibilità ambientale e territoriale”*.

All'interno del piano viene evidenziato il problema delle fonti energetiche fossili, da sostituire, nel più breve lasso possibile con energie rinnovabili in modo da garantire un futuro più *green*, in coerenza con obiettivi fissati a livello nazionale e internazionale. Lo scopo è tutelare il benessere e la qualità della vita dei cittadini. Viene evidenziato, inoltre, il rischio di competizione del suolo fra usi agro-alimentari ed energetici. Per arginare tale problema si segnala la necessità di integrazione tra loro i *“piani di tutela dei beni storici, del paesaggio e dell'assetto idrogeologico e piano energetico, piano di sviluppo rurale e strumenti della pianificazione urbanistica e territoriale”* (volume 2 - PTR Regione Emilia-Romagna, 2010).

All'interno del volume 4, *“valutazione di sostenibilità ambientale e territoriale”*, vengono stabiliti gli obiettivi specifici e le strategie da perseguire a livello regionale. Rispetto alle *“reti dell'energia”* il piano propone di *“valorizzare lo sviluppo delle fonti rinnovabili anche rispetto alle tematiche dell'uso del suolo”* (volume 4 - PTR Regione Emilia-Romagna, 2010).

Il Piano Territoriale Paesistico Regionale (PTPR) è parte tematica del Piano Territoriale Regionale (PTR) dell'Emilia-Romagna. Tale documento, risalente al 1993, definisce gli obiettivi e le politiche di tutela e valorizzazione al fine di conservare i paesaggi regionali. Viene svolta particolare attenzione ai valori paesaggistici, storico-testimoniali, culturali, naturali, morfologici ed estetici. La regione è attualmente impegnata, insieme al Ministero della Cultura, nel processo di adeguamento del PTPR vigente al Codice dei beni culturali e del paesaggio (d.lgs. 42/2004).

Il piano è costituito da un corpo normativo e una parte cartografica dove vengono mostrati i luoghi all'interno dei quali vengono applicate le disposizioni. All'interno del sito web del Piano Territoriale Paesaggistico Regionale (PTPR) viene specificato, alla sezione degli strumenti di gestione del PTPR, che le *“norme sono ancora in vigore, mentre la cartografia è stata superata dalle specificazioni cartografiche operate dai Piani Territoriali di Coordinamento Provinciale”* (Regione Emilia-Romagna, 2024(a)).

In fase di pianificazione, è importante tenere a mente che non ci sono paesaggi che vanno consumati e altri che devono essere conservati e tutelati ma è più corretto affermare che esistono diversi livelli di trasformabilità, in base alle caratteristiche ambientali, naturalistiche e storiche-culturali di una determinata porzione di territorio. Tenendo a mente questo concetto è possibile agire con linee di sviluppo, compatibili con le caratteristiche locali di una determinata porzione di territorio, in modo da non compromettere l'identità delle comunità locali.

In particolare, la regione identifica 23 unità di paesaggio caratterizzate da un'omogeneità di struttura, caratteri e relazioni. All'interno di ciascun ambito vengono applicate regole di tutela al fine di migliorare la gestione del paesaggio. In fase di adeguamento del Piano Territoriale Paesistico Regionale al Codice dei beni culturali e del paesaggio, inoltre, vengono individuati 49 ambiti paesaggistici sulla base di specifici e distintivi caratteri di tipo fisico, storico, sociale ed economico, riconosciuti dalle comunità locali.

Le norme di attuazione del PTPR, all'interno degli articoli, non contengono riferimenti al tema energetico. Questo avviene a causa di un documento con disposizioni obsolete e non adatto alle esigenze attuali.

Per sopperire a tale mancanza all'interno del Piano Paesistico del 1993, all'interno dei progetti di tutela e valorizzazione ambientale viene affrontato il tema dell'impatto sull'ambiente e sul paesaggio degli impianti tecnologici per la produzione di energia da fonti rinnovabili. L'elaborato si colloca all'interno degli studi e delle ricerche per l'adeguamento del piano paesaggistico. In particolare, il documento definito *“impianti per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile solare fotovoltaica”*. Lo scopo del testo è minimizzare gli impatti sul paesaggio e sull'ambiente della tecnologia, tramite la descrizione dei potenziali impianti e possibili misure di mitigazione.

Il caso della regione Calabria

Il Quadro Territoriale Regionale Paesaggistico (QTRP) è stato approvato con Delibera del Consiglio Regionale 1° agosto 2016, n.134. Lo strumento ha valore di piano urbanistico-territoriale con valenza paesaggistica, garantendo il governo delle trasformazioni e congiuntamente del paesaggio, all'interno dei confini regionali. Lo scopo è quello di indirizzare e stabilire gli obiettivi generali di tutela e valorizzazione del territorio. Nello specifico, deve essere assicurata la conservazione dei principali caratteri identitari del luogo, finalizzando le diverse azioni allo sviluppo sostenibile, competitivo e coeso.

Il QTRP ha contenuti strategico-programmatici, progettuali e normativi e si compone di quattro tomi definiti come segue "tomo 1 - *quadro conoscitivo*", "tomo 2 - *visione strategica*", "tomo 3 - *atlante di paesaggi (ambiti paesaggistici territoriali regionali)*" e "tomo 4 - *disposizioni normative*". Sono, inoltre, presenti tre ulteriori documenti riportanti gli "a. *indici e manifesto degli indirizzi*", la "b. *v.a.s. rapporto ambientale*" e gli "c. *esiti della conferenza di pianificazione*".

All'interno del terzo tomo "*atlante dei paesaggi*" viene proposta una suddivisione della regione in 16 Ambiti Paesaggisti Territoriali Regionali (Aptr). Tali elementi sono il risultato di letture congiunte tra le interazioni degli aspetti ambientali, morfologici, storici-culturali e insediativi. All'interno di ogni Aptr, inoltre, vengono individuate le Unità Paesaggistiche Territoriali Regionali (Uptr per un totale di 39 elementi. Gli Uptr vengono identificati e si determinano rispetto ad una polarità/attrattore.

A partire dall'individuazione delle risorse reali e potenziali di rilevanza regionale vengono proposti, all'interno del secondo tomo "*visione strategica*", dei programmi strategici e progetti che guidano la pianificazione provinciale e comunale. Gli interventi sono pensati al fine di valorizzare il territorio regionale. Di particolare rilevanza, per i temi affrontati all'interno della presente tesi, è il programma strategico definito come "*reti materiali e immateriali per lo sviluppo della regione*". Tale pilastro viene declinato in un'azione strategica chiamata "*sviluppo sostenibile del sistema energetico*". L'obiettivo generale è quello di promuovere lo sviluppo di nuove tecnologie incentivando la produzione di fonti energetiche rinnovabili. A seguire, andando a precisare gli obiettivi specifici, emergono i seguenti temi: "*sostenere lo sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili*" e "*risparmio energetico a promozione*

delle fonti energetiche rinnovabili in relazione allo sviluppo degli insediamenti agricoli e zootecnici” (tomo 2 - QTRP Regione Calabria, 2016).

All'interno del quarto tomo, invece, vengono proposte le disposizioni normative. Di particolare rilevanza è la parte C riguardante *“le reti materiali e immateriali per lo sviluppo della regione”*. Per ovvi motivi, essendo il testo risalente al 2016, non ci sarà un riferimento esplicito al tema dell'agrivoltaico, ma verranno riportate le informazioni inerenti al *“fotovoltaico a terra”*.

All'articolo 15 *“reti tecnologiche”*, viene fatto esplicito riferimento all'energia da fonti rinnovabili. In particolare, nel comma 3, viene posta particolare attenzione alla salvaguardia delle aree sottoposte a tutela paesaggistica ritenute non idonee alla localizzazione di impianti. La norma ha uno speciale riguardo, all'interno del comma 4, per le fonti fotovoltaiche ed eoliche riconosciute come i maggiori elementi di impatto sul paesaggio. Nello specifico, devono essere evitati gli interventi che comportano significative alterazioni della morfologia dei suoli e devono essere mantenuti i tracciati storici, gli elementi del mosaico paesaggistico e i segni rurali. Dal punto di vista mitigativo devono essere previsti degli spazi o filari *“verdi”* e schermature vegetali, per attenuare la continuità visiva determinata dai pannelli fotovoltaici e mitigare l'impatto visivo. La disposizione dei moduli deve adattarsi alla morfologia del luogo, al fine di inserirsi nel contesto e della trama del paesaggio locale. Inoltre, viene specificato che le opere già realizzate devono essere opportunamente mitigate. Vengono stabilite le aree potenzialmente non idonee all'installazione di impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili. I comuni, laddove lo ritenessero opportuno ai fini di una maggiore tutela e salvaguardia del territorio e del paesaggio, potranno richiedere speciali cautele nelle aree agricole interessate da produzioni agro-alimentari di qualità e/o di particolare pregio (tomo 4 - QTRP Regione Calabria, 2016).

CAPITOLO 5 – CONCLUSIONI

5.1 Considerazioni generali

La lotta ai cambiamenti climatici è una priorità mondiale che deve essere affrontata attraverso un'azione collettiva. Devono essere stabiliti obiettivi vincolanti e quantificabili al fine di ridurre le emissioni di gas effetto serra. Lo scopo è garantire, attraverso azioni strategiche ed investimenti finanziari, un futuro più sostenibile. Si tratta di un percorso con obiettivi a lungo termine, basato sulla responsabilità delle singole nazioni che devono essere in grado di promuovere strumenti efficaci, incentivando l'utilizzo di energie rinnovabili.

Tali temi sono molto discussi all'interno della letteratura. In particolare, all'interno della seguente tesi, viene analizzato il rapporto che lega paesaggio e agrivoltaico. Dopo aver selezionati i documenti pertinenti, vengono sintetizzati i principali risultati. Nello specifico, all'interno di 14 articoli, dei 42 selezionati (33% dei casi sul totale), viene affrontato il tema degli effetti ambientali e degli impatti sul suolo. In particolare, all'interno degli scritti, attraverso l'uso di parametri e il confronto di scenari vengono valutati gli effetti dell'agrivoltaico sul suolo. La tecnologia risulta, infatti, capace di garantire una miglior resa dei terreni e un minor consumo di acqua, grazie alla presenza dei pannelli fotovoltaici che permettono un parziale ombreggiamento e un minore stress termico.

Altre tematiche chiave che sono emerse riguardano i benefici della tecnologia associato alla tematica degli effetti ambientali e degli impatti sul suolo e il tema dell'accettazione e della percezione sociale. Tali argomenti chiave vengono rinvenuti all'interno di 6 articoli per ciascuna delle due categorie (14% dei casi sul totale). Emerge la capacità della tecnologia agrivoltaica di combinare, all'interno dello stesso terreno, la produzione di energia solare con le pratiche agricole apportando benefici ad entrambi i settori. Inoltre, viene evidenziato l'importanza dell'opinione pubblica, laddove venga introdotto all'interno del paesaggio un elemento estraneo al contesto.

I temi vengono trattati attraverso diversi approcci e metodi dove emerge fra tutti lo studio comparativo (29% dei casi sul totale), seguito dall'applicazione dei casi studio (19% dei casi sul totale) e dal metodo delle interviste (17% dei casi sul totale). Circa il 60% del totale degli articoli viene scritto da autori europei, negli ultimi 3 anni (76%

dei casi sul totale), in quanto la tecnologia ha assunto particolare rilevanza solamente di recente.

In particolare, lo sviluppo dell'agrivoltaico, si sta diffondendo negli ultimi anni grazie alla capacità della tecnologia di produrre energia pulita senza sacrificare la destinazione d'uso dei terreni agricoli. Tale innovazione può facilitare il raggiungimento degli obiettivi previsti, verso un progressivo abbandono delle fonti fossili. Gli impianti agrivoltaici possono essere installati su qualsiasi area agricola, grazie all'utilizzo di strutture in acciaio, alte diversi metri, capaci di garantire la continuità delle attività colturali e pastorali anche al di sotto dei pannelli solari.

La fase di progettazione risulta un aspetto cruciale in quanto la tecnologia deve essere grado di integrarsi con il contesto esistente. L'inserimento di un'opera modifica gli equilibri naturali e sta alla capacità del progettista creare un progetto di qualità in grado di integrarsi, in modo coerente, nel paesaggio. Risulta fondamentale valutare preventivamente gli effetti potenziali sulle risorse ambientali generati dalle trasformazioni territoriali al fine di proporre azioni compensative e/o mitigative capaci di limitare il prodursi di esternalità ambientali negative.

In particolare, esistono strumenti per la valutazione degli impatti visivi e paesaggistici quali la verifica di compatibilità paesaggistica e la valutazione di impatto visivo, nell'ambito della VIA. Tali metodi si basano su parametri qualitativi che dovrebbero essere affiancati da strumenti di tipo quantitativo, al fine di stimare la grandezza del cambiamento, in termini numerici. A tal proposito la seguente tesi propone un set di indicatori al fine di sopperire a tale mancanza, al fine di integrare i metodi esistenti e supportare il valutatore nelle decisioni.

5.2 Il confronto tra la gli strumenti esistenti e il set di indicatori proposto: opportunità e limiti

Lo scopo del seguente sotto paragrafo è valutare gli strumenti esistenti, messi a disposizione dalla normativa italiana, in grado di valutare l'inserimento di un nuovo intervento dal punto di vista paesaggistico e visivo, e metterli a confronto con la metodologia proposta dalla seguente tesi. Nello specifico, di seguito, vengono proposte delle tabelle riassuntive riportanti i parametri utilizzati nella verifica di compatibilità paesaggistica. L'obiettivo è integrare i diversi parametri già consolidati nelle metodologie esistenti con gli indicatori proposti dalla seguente tesi.

Nello specifico, come precedentemente definito, *(3.1.1 la verifica della compatibilità paesaggistica)* la verifica di compatibilità paesaggistica viene richiesta in casi di interventi di nuova costruzione che producono modificazioni di grande impatto territoriale. L'area oggetto di intervento deve essere analizzata allo stato di fatto, evidenziando gli elementi di valore paesaggistico, attraverso il supporto di estratti cartografici e rappresentazioni fotografiche. Simulando l'introduzione dell'opera, in uno scenario post intervento, devono essere stimati i possibili impatti sul paesaggio, al fine di visualizzare e prevedere gli effetti negativi, al fine di poterli mitigare e/o compensare.

Il DPCM 12 dicembre 2005 individua una serie di parametri in grado di fornire un orientamento omogeneo rispetto alla verifica di compatibilità paesaggistica. In particolare, si tratta di criteri di giudizio qualitativi che ricorrono all'uso di dati descrittivi e verbali di difficile utilizzo, con un'elaborazione complessa e per certi versi soggettiva. In particolare, vengono proposti i parametri di lettura di qualità e criticità paesaggistiche; i parametri di lettura del rischio paesaggistico, antropico e ambientale; i principali tipi di modificazioni e di alterazione e, infine, i tipi di alterazione dei sistemi paesaggistici.

Di seguito tali elementi vengono riproposti attraverso una tabella riassuntiva.

Verifica di compatibilità paesaggistica <i>DPCM 12 dicembre 2005</i>	
<i>PARAMETRI DI LETTURA DI QUALITÀ E CRITICITÀ PAESAGGISTICHE</i>	Diversità
	Integrità
	Qualità visiva
	Rarietà
	Degrado
<i>PARAMETRI DI LETTURA DEL RISCHIO PAESAGGISTICO, ANTROPICO E AMBIENTALE</i>	Sensibilità
	Vulnerabilità/fragilità
	Capacità di assorbimento visuale
	Stabilità
	Instabilità
<i>PRINCIPALI TIPI DI MODIFICAZIONI E DI ALTERAZIONI</i>	Morfologia
	Compagine vegetale
	Skyline naturale o antropico
	Funzionalità ecologica, idraulica e dell'equilibrio idrogeologico
	Assetto percettivo, scenico o panoramico
	Assetto insediativo-storico
	Caratteri tipologici dell'insediamento storico
	Assetto fondiario, agricolo e colturale
Caratteri strutturali del territorio agricolo	
<i>TIPI DI ALTERAZIONE DEI SISTEMI PAESAGGISTICI</i>	Intrusione
	Suddivisione
	Frammentazione
	Riduzione
	Eliminazione progressiva delle relazioni visive
	Concentrazione
	Interruzione di processi ecologici e ambientali
	Destruutturazione
	Deconnotazione

Tabella 4 - Parametri per la lettura delle caratteristiche paesaggistiche nella verifica di compatibilità paesaggistica (fonte: elaborazione propria da DPCM 12/12/2005)

Per quanto riguarda la valutazione di impatto visivo, nell'ambito della VIA (3.1.2 *la valutazione di impatto visivo nell'ambito della VIA*), lo scopo è valutare, in modo preventivo rispetto allo sviluppo dell'opera, i possibili effetti sull'ambiente. Fondamentale è analizzare il contesto in cui si intende realizzare l'opera e spiegare nel dettaglio il progetto e come questo si inserisce nel paesaggio anche attraverso l'uso di scenari alternativi. Lo scopo, come già anticipato, è definire i possibili impatti sull'ambiente al fine di limitarli e/o eliminarli prima che questi avvengano, attraverso opere di mitigazione e/o compensazione. I principi fondamentali sono: prevenzione, dialogo, analisi e interazione e partecipazione.

All'interno del DPCM 27 dicembre 1988 vengono riportate le componenti e i fattori ambientali da tenere in considerazione durante lo studio ambientale. Tra queste emerge la componente “*paesaggio*” con riferimento alle caratteristiche storico-testimoniali e culturali e gli aspetti legati alla percezione visiva. L'obiettivo è definire le azioni di disturbo esercitate dal progetto e le modifiche introdotte in rapporto alla qualità dell'ambiente. La stima degli impatti è un passaggio fondamentale della VIA, dove vengono applicati diversi modelli, a seconda della discrezionalità del valutatore. La restituzione dei dati può avvenire tramite scale di giudizio quantitative, numeriche o ordinali. Vista l'assenza di parametri comprovati che consentano un giudizio da applicare in modo univoco, spesso si ricorre agli indicatori presenti nel DPCM 12 dicembre 2005 (verifica di compatibilità paesaggistica).

Il set di indicatori proposto dalla seguente tesi (4.1 *il set di indicatori utili per il confronto pre e post intervento*), invece, propone un giudizio di tipo quantitativo e qualitativo al fine di valutare la magnitudine dell'intervento e descrivere, attraverso definizioni prestabilite, l'indicatore a cui si sta facendo riferimento. Tale metodo viene applicato a una scala locale ed essendo molto rigido risulta di facile replicabilità, grazie all'utilizzo di formule. Dopo la raccolta di dati, risulta di particolare importanza l'interpretazione del parametro in modo da valutare possibili elementi di mitigazione e/o compensazione, laddove si riscontrino effetti negativi. Tale analisi, inoltre, essendo svolta a tavolino, prima della costruzione dell'opera, può aiutare a valutare le alternative rispetto alla localizzazione dell'intervento, al fine di scegliere l'opzione più vantaggiosa per un determinato contesto.

Set di indicatori proposti <i>(da Cassatella, 2014; Kuiper et Al., 2022; Oudes et Al., 2021; Sirkic et Al., 2023 e 2024)</i>
Cambiamento dell'uso del suolo
Cambiamento del tipo di coltura
Cambiamento del sistema di supporto della coltura
Cambiamento delle formazioni vegetali
Cambiamento delle recinzioni
Cambiamento delle trame storiche
Configurazione e densità delle tessere
Sensibilità visiva
Fattori critici e di detrazione visiva

Tabella 5 - Set di indicatori proposti per valutare le caratteristiche paesaggistiche di un intervento (fonte: elaborazione propria)

Al fine di una maggiore comprensione del tema risulta di particolare importanza confrontare tra di loro gli indicatori proposti dalle diverse metodologie. In particolare, il confronto verte sui criteri di compatibilità paesaggistica, con specifica attenzione verso i parametri di alterazione dei sistemi paesaggistici, e il set di indicatori proposto dalla presente tesi. Non avendo a disposizione un set di indicatori per valutare l'inserimento di un'opera nel paesaggio, la procedura di VIA non verrà considerata nella fase di confronto finale tra le metodologie. Il set di indicatori proposto dalla seguente tesi può essere comunque considerato come possibile elemento di supporto valutativo.

I principali tipi di modificazione che comprendono l'inserimento di una tecnologia agrivoltaica riguardano la morfologia, la compagine vegetale, lo skyline naturale e i caratteri strutturali del territorio agricolo.

Le alterazioni dei sistemi paesaggistici vengono di seguito riportati in tabella con un raffronto rispetto agli indicatori riportati dalla presente tesi.

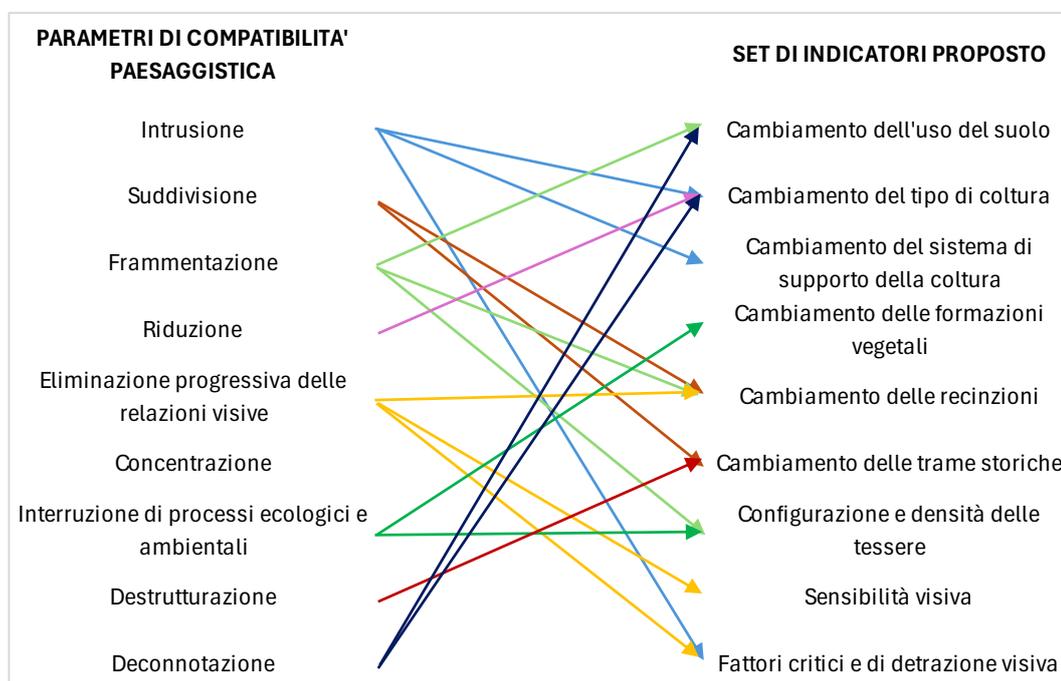


Figura 49 - Interpretazione del set di indicatori proposto rispetto ai parametri di verifica di compatibilità paesaggistica con riferimento ai tipi di alterazione dei sistemi paesaggistici (fonte: elaborazione propria)

Come si può osservare dalla tabella sopra riportata, i parametri che valutano le alterazioni dei sistemi paesaggistici, all'interno della verifica di compatibilità paesaggistica, sono otto. Per quasi tutti gli elementi, ad eccezione della "concentrazione", vengono affiancati dei parametri selezionati dal set di indicatori proposto dalla seguente tesi. I parametri più volte ripetuti sono il "cambiamento del

tipo di coltura” e il “*cambiamento delle recinzioni*” che coinvolgono, rispettivamente, tre indicatori. Lo scopo è affiancare ai parametri evidenziati dal DPCM 12 dicembre 2005 degli indicatori al fine di comprendere i cambiamenti paesaggistici e visivi avvenuti a seguito dell’introduzione della tecnologia agrivoltaica. Il set di indicatori proposto dalla presente tesi, infatti, permette di valutare la magnitudine dell’intervento o descrivere, attraverso definizioni prestabilite, l’indicatore come positivo, neutro o negativo.

5.3 Le conclusioni e le prospettive future di sviluppo

La valutazione degli impatti è un processo logico, razionale e coerente, dove le fasi si susseguono tra loro al fine di attribuire dei valori sulla base di criteri espliciti, condivisi e dimostrabili. Le tecniche valutative esistenti si basano principalmente su metodi qualitativi, attraverso l’uso di criteri descrittivi e verbali che portano ad un’elaborazione complessa e per certi versi soggettiva. Tra queste emergono la procedura di verifica di compatibilità paesaggistica e la valutazione di impatto ambientale. In entrambi i casi lo scopo è quello di valutare l’introduzione di un progetto all’interno di un contesto al fine di stimare i possibili effetti negativi sull’ambiente, per poterli prevedere e affrontarli in modo efficace.

Nello specifico, nella verifica di compatibilità, la fonte normativa di riferimento, rappresentato dal D.P.C.M 12 dicembre 2005, propone dei parametri di lettura delle caratteristiche paesaggistiche. Per quanto riguarda la procedura di VIA, invece, la tematica di interesse è il “*paesaggio*”. Per valutare tale componente non sono presenti indicatori stabiliti dalla normativa ma si valuta caso per caso a seconda del contesto e dalla discrezionalità del valutatore. La restituzione dei dati avviene attraverso scale di giudizio qualitative, numeriche o ordinali.

La seguente tesi propone un set di indicatori, applicabile nei diversi contesti geografici a una scala locale, al fine di integrare gli strumenti esistenti e supportare i decisori. La valutazione viene svolta a tavolino, prima che l’opera venga introdotta all’interno di un determinato contesto. Attraverso l’uso di formule, gli indicatori risultano replicabili e confrontabili tra loro grazie al calcolo della variazione percentuale. I parametri vengono, in seguito, valutati come positivi, neutri o negativi, a seconda dell’impatto previsto. Se la situazione rimane inalterata tra i due scenari,

invece, l'indicatore verrà valutato come "nulla da rilevare". Vengono analizzati due scenari pre e post intervento, all'interno di tre diversi casi studio.

L'applicazione riporta alcuni limiti. Tra questi emerge l'assenza di analisi sul campo, vista la localizzazione degli impianti in varie parti di Italia. Inoltre, mancano indicazioni chiare a livello regionale. I piani risultano sorpassati e non pronti ad accogliere le necessità attuali della società in termini di energia. Dal confronto tra indicatori (*4.4 il cambiamento del paesaggio nei casi studio: un confronto*), inoltre, emergono alcuni parametri che andrebbero rivisti nella loro formulazione a causa dell'applicazione ritenuta poco significativa nei casi selezionati. Risulta fondamentale la valutazione del parametro, al fine di stabilire possibili azioni di mitigazione e/o compensazione oppure raccomandazioni pratiche da applicare preventivamente allo sviluppo dell'opera.

Tra gli indicatori emerge i "*fattori critici di detrazione visiva*". Attraverso analisi di immagini vengono messe in evidenza gli elementi alteranti del contesto agricolo nella fase post intervento. Con l'introduzione della tecnologia agrivoltaica, però, la restituzione presenterà sempre almeno un elemento negativo ed è per questo opportuno prevedere ad opere mitigative verdi di schermatura visiva. Si ritiene comunque indispensabile l'analisi fotografica con la simulazione visiva dell'opera all'interno del contesto.

Per quanto riguarda il "*cambiamento dell'uso del suolo*" e il "*cambiamento del tipo di coltura*", fondamentale è la perimetrazione del lotto e la scala da cui si analizza l'area oggetto di intervento. Nel caso del primo indicatore viene valutato il passaggio da una classe ad un'altra, attraverso un parametro di tipo quantitativo. Nello specifico, nei casi analizzati, si passa da un uso agricolo a un uso classificato come antropico, nonostante la coltivazione, in entrambi gli scenari di prodotti agricoli. Il secondo indicatore, da abbinare a quello precedente, valuta il cambiamento della coltura attraverso un indicatore di tipo qualitativo. Deve essere valutato il passaggio da una coltura ad un'altra, in riferimento a una scala di progetto del sistema. Nello specifico, deve essere analizzata l'impatto dal punto di vista del consumo di acqua, la richiesta di meccanizzazione e la perdita degli elementi caratteristici delle colture tradizionali. Inoltre, da una scala locale, su cui si basa principalmente l'analisi, si deve affrontare un ulteriore passaggio di scala, al fine di comprendere l'integrazione paesaggistica del colore della tessera che dovrebbe armonizzarsi con quello del paesaggio.

Risulta fondamentale l'indicatore che valuta la "*sensibilità visiva*", al fine di comprendere le aree più suscettibili al ricettore. Sicuramente un modo per limitare la vista dell'impianto è l'utilizzo di opere verdi perimetrali, valutate dall'analisi attraverso l'indicatore del "*cambiamento delle formazioni vegetali*".

Al fine di integrare il sistema agrivoltaico con il paesaggio sono di fondamentale importanza le accortezze progettuali. Nella fase di realizzazione della tecnologia dovrebbero essere prediletti i siti caratterizzati da una buona accessibilità. Nel caso si renda necessario la creazione di nuove strade è opportuno utilizzare materiali non bituminosi e occupare suolo coincidente con il futuro lotto agrivoltaico (Regione Emilia-Romagna, 2011). È inoltre necessario che la struttura di sostegno preveda la posa di pali infissi nel terreno, senza la necessità di alcuna fondazione in calcestruzzo, in modo da facilitare la fase di dismissione, una volta terminata la vita utile dell'opera. Risulta, infatti, fondamentale la fase di previsione degli effetti anche a lungo termine. Sarebbe opportuno, inoltre, prevedere ad habitat specifici in prossimità dell'area occupata dalla tecnologia, attraverso l'inserimento di elementi ambientali coerenti con il contesto (ex. elementi lineari arborei e siepi). Tale azione si ritiene necessaria al fine di ricreare i corridoi ecologici danneggiati dall'inserimento dell'opera (Op. cit.).

In riferimento agli indicatori analizzati, la dimensione e la forma della tessera, valutate attraverso l'indicatore di "*configurazione e densità della tessera*", dovrebbero essere simili a quelle già presenti nel paesaggio (ENEA, 2023). Gli elementi lineari esistenti, valutati attraverso i parametri "*cambiamento delle trame storiche*" e "*cambiamento delle formazioni vegetali*", dovrebbero essere simili alla distanza fra le file dei moduli, così da apparire pressoché simili nella vista dall'alto (Op. cit.). Inoltre, l'altezza dei sistemi e il colore delle tessere dovrebbero armonizzarsi con il paesaggio in cui si inseriscono (Op. cit.). Ulteriore accortezza deve essere applicata per il "*cambiamento del sistema di supporto alla coltura*", elemento artificiale che andrebbe armonizzato con il contesto, attraverso opportune scelte del colore e grado di trasparenza del supporto. Infine, l'introduzione di recinzioni perimetrali, valutato con l'indicatore "*cambiamento delle recinzioni*", dovrebbe valutare la possibilità di reti rialzate, come nel caso studio di Novi Ligure, al fine di consentire il passaggio della fauna selvatica, rendendo l'area permeabile.

L'attuale modello energetico e di sviluppo è ancora basato su fonti energetiche non rinnovabili. Lo scopo è quello di passare gradualmente ad una società alimentata interamente da energia pulita. Vista la grande necessità di energia, è necessario sviluppare nuove soluzioni tecnologiche come nel caso della tecnologia agrivoltaica. Attraverso il supporto degli strumenti pianificatori, ai vari livelli amministrati, devono essere introdotte regole ferree al fine di definire il giusto compromesso tra produzione e tutela del paesaggio. Attualmente i piani regionali risultano obsoleti e non pronti a intraprendere questo cambiamento verso le nuove tecnologie e per questo andrebbero adeguati e aggiornati. Deve essere introdotto il concetto di “*paesaggio fotovoltaico*” o “*paesaggio solare*”, al fine di progettare le nuove tecnologie come fossero un paesaggio (Scognamiglio, 2015). L'obiettivo è quello di passare da una visione esclusivamente ingegneristica a una che includa e tenga in considerazione l'ambiente e le prestazioni ecologiche.

Prospettive future di sviluppo della ricerca

Alcuni ricercatori pensano che lo studio della percezione del paesaggio basato sulla visione sia un approccio statico e limitato. Sarebbe più opportuno studiare l'“esperienza del paesaggio” attraverso interviste ed esercizi visivi rivolte alla comunità con il fine di esplorare le opinioni individuali (Cassatella et Al., 2011). Per questo motivo l'analisi potrebbe essere implementata attraverso lo studio delle preferenze pubbliche al fine di valutare gli elementi di apprezzamento del paesaggio. L'analisi consisterebbe nell'uso di questionari e interviste al fine di comprendere la percezione da parte di chi abita il luogo e/o lo fruisce. Si tratta di un metodo che presenta però alcune limitazioni come la soggettività e la difficoltà di interpretare e quantificare le informazioni.

Spesso, infatti, la riuscita di un progetto passa per l'approvazione da parte degli utenti. Fondamentale è il processo di sensibilizzazione, verso le comunità locali, rispetto ai benefici apportati dalle tecnologie rinnovabili, come nel caso degli impianti agrivoltaici. Il coinvolgimento delle parti interessate e il processo decisionale partecipativo sono strategie ben riconosciute che contribuiscono ad aumentare i livelli di accettazione del progetto (Pascaris et Al., 2021). In questo modo, viene avviato un processo democratico e collaborativo, significativo per attori locali e stakeholder che si sentono “parte del progetto”, creando una fiducia verso gli sviluppatori di tali tecnologie rinnovabili.

RINGRAZIAMENTI

Per la stesura della presente tesi ci tenevo a ringraziare i miei relatori, la professoressa Claudia Cassatella e il professore Enrico Gottero, per i loro preziosi consigli e per la loro disponibilità. Grazie per i vostri spunti e riflessioni che mi hanno guidato nella fase più importante del mio percorso universitario.

Colgo l'occasione per ringraziare la mia famiglia, per avermi supportato in questo percorso. Il vostro sostegno mi ha aiutato a superare i momenti difficili ed essere qui oggi, con voi, a festeggiare questo importante traguardo.

Infine, grazie ai miei colleghi universitari e ai miei amici di sempre per avermi sostenuto e per essere sempre al mio fianco.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Bibliografia

Introduzione e Capitolo 1 – L'agrivoltaico nella transizione energetica e il problema dell'inserimento nel paesaggio

Abouaiana A., Battisti A., (2022). “Multifunction Land Use to Promote Energy Communities in Mediterranean Region: Cases of Egypt and Italy”, *Land*, volume 11, issue 5, 673.

Adeh E.H., Selker J.S., Higgins C.W., (2018). “Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency”, *PLoS ONE*, volume 13, issue 11, 0203256.

Agostini A., Colauzzi M., Amaducci S., (2021). “Innovative agrivoltaic systems to produce sustainable energy: An economic and environmental assessment”, *Applied Energy*, volume 281, 116102.

Biro-Varga K., Sirnik I., Stremke S., (2024). “Landscape user experiences of interspace and overhead agrivoltaics: A comparative analysis of two novel types of solar landscapes in the Netherlands”, *Energy Research & Social Science*, volume 109, 103408.

Buckley Biggs N., Shivaram R., Acuña Lacarieri E., Varkey K., Hagan D., Young H., Lambin E.F., (2022). “Landowner decisions regarding utility-scale solar energy on working lands: A qualitative case study in California”, *Environmental Research Communications*, volume 4, issue 5.

Campos I., Brito M., De Souza D., Santino A., Luz A., Pera D., (2022). “Structuring the problem of an inclusive and sustainable energy transition – A pilot study”, *Journal of Cleaner Production*, volume 365, 132763.

Carrausse R., Arnauld de Sartre X., (2023). “Does agrivoltaism reconcile energy and agriculture? Lessons from a French case study”, *Energy, Sustainability and Society*, volume 13, issue 8.

Choi C.S., Cagle A.E., Macknick J., Bloom D.E., Caplan J.S., Ravi S., (2020). “Effects of Revegetation on Soil Physical and Chemical Properties in Solar Photovoltaic Infrastructure”, *Environmental Science, Land Use Dynamics*, volume 8.

Farja Y., Maciejczak M., (2022). “*Economic implications of agricultural land conversion to solar power production*”, *Energies*, volume 14 issue 9, 6063.

Gallo A., De Simone C.S. (2023). “*Agrovoltaic as an Answer to the Difficult Relationship Between Land Use and Photovoltaics. A Case Study from Apulia Region*”, *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2023 Workshops*, pp 547-559.

Gerhards C., Reker S., Paskert V., Schneider J., Pannicke-Prochnow N., Stretz R., Birger A., Bendix P., (2022). “*The Agri4Power concept: A win-win situation for renewable energy generation and sustainable agriculture*”, *AGRIVOLTAICS2021 CONFERENCE: Connecting Agrivoltaics Worldwide*, volume 2635, issue 1.

Gómez-Catasús J., Morales M.B., Giralt D., González del Portillo D., Manzano-Rubio R., Solé-Bujalance L., Sardà-Palomera F., Traba J., Bota G., (2024). “*Solar photovoltaic energy development and biodiversity conservation: Current knowledge and research gaps*”, *Conservation Letters*, volume 17, issue 4, e13025.

Handler R., Pearce J.M., (2022). “*Greener sheep: Life cycle analysis of integrated sheep agrivoltaic systems*”, *Cleaner Energy Systems*, volume 3, 100036.

Hernández V., Cos J., Andrés R., Di Blasi M., Genovese M., Hellín P., Contreras F., Guevara A., Fenoll J., Flores P., (2022). “*Impact of an agrivoltaic system on Aloe vera growth in a semi-arid climate*”, *Acta Hortic*, 1355.

Hilker J.M., Busse M., Müller K., Zscheischler J., (2024). “*Photovoltaics in agricultural landscapes: “Industrial land use” or a “real compromise” between renewable energy and biodiversity? Perspectives of German nature conservation associations*”, *Energy, Sustainability and Society*, volume 14, issue 6.

Kadenic M.D., Ballantyne A.G., Olsen T.B., Enevoldsen P., Gross A., (2024). “*Proactive understanding of the multi-level stakeholder acceptance of a novel renewable energy technology: Chemical storage of solar energy*”, *Energy Research & Social Science*, volume 108, 103370.

Ketzer, D., Schlyter, P., Weinberger, N., Rösch, C., (2020). “*Driving and restraining forces for the implementation of the Agrophotovoltaics system technology – A system dynamics analysis*”, *Journal of Environmental Management*, volume 270, 110864.

Kim T.-H., Chun K.-S., Yang S.-R., (2021). “*Analyzing the impact of agrophotovoltaic power plants on the amenity value of agricultural landscape: The case of the Republic of Korea*”, volume 13, issue 20.

Krexner T., Bauer A., Gronauer A., Mikovits C., Schmidt J., Kral I., (2024). “*Environmental life cycle assessment of a stilted and vertical bifacial crop-based agrivoltaic multi land-use system and comparison with a mono land-use of agricultural land*”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, volume 196, 114321.

Kumpanalaisatit M., Setthapun W., Sintuya H., Pattiya A., Jansri S.N., (2022). “*Current status of agrivoltaic systems and their benefits to energy, food, environment, economy, and society*”, Sustainable Production and Consumption, volume 33, pp. 952-963.

Di Simine D., Zanchini E. (2020). “*Agrivoltaico: le sfide per un’Italia agricola e solare*”, Legambiente.

Li H., Sun S., (2024). “*Exploration of the European agrivoltaics landscape in the context of global climate change*”, E3S Web of Conferences, volume 520, 02013.

Lytle W., Meyer T.K., Tanikella N.G., Burnham L., Engel J., Schelly C., Pearce J.M., (2021). “*Conceptual Design and Rationale for a New Agrivoltaics Concept: Pasture-Raised Rabbits and Solar Farming*”, Journal of Cleaner Production, volume 282, 124476.

Maity R., Sudhakar K., Abdul Razak A., Karthick A., Barbulescu D., (2023). “*Agrivoltaic: A Strategic Assessment Using SWOT and TOWS Matrix*”, Energies, volume 16, issue 8, 3313.

Mehta K., Shah M.J., Zörner W., (2024) “*Agri-PV (Agrivoltaics) in Developing Countries: Advancing Sustainable Farming to Address the Water–Energy–Food Nexus*”, Energies, volume 17, issue 17, 4440.

Moore S., Graff H., Ouellet C., Leslie S., Olweean D., (2022). “*Can we have clean energy and grow our crops too? Solar siting on agricultural land in the United States*”, Energy Research & Social Science, volume 91, 102731.

Nakatani M., Osawa T., (2024). “*Assessment of suitability for photovoltaic power generation in periurban seminatural grasslands: toward the coexistence of seminatural grasslands and photovoltaic power generation*”, Discover Sustainability, volume 5, issue 141.

Pascaris A.S., Handler R., Schelly C., Pearce J.M., (2021). “*Life cycle assessment of pasture-based agrivoltaic systems: Emissions and energy use of integrated rabbit production*”, Cleaner and Responsible Consumption, volume 3, 100030.

Pascaris A.S., Schelly C., Burnham L., Pearce J.M. (2021). *“Integrating solar energy with agriculture: Industry perspectives on the market, community, and socio-political dimensions of agrivoltaics”*, Energy Research & Social Science, volume 75, 102023.

Scarano A., Semeraro T., Calisi A., Aretano R., Rtolo C., Lenucci M.S., Santino A., Piro G., De Caroli M., (2024). *“Effects of the Agrivoltaic System on Crop Production: The Case of Tomato (Solanum lycopersicum L.)”*, Applied Sciences, volume 14, issue 7, 3095.

Schneider A.-K., Klabunde F., Buck L., Ohlhoff M., Reis L., Olvermann M., Kauffeld S., Engel B., Glatzel G., Schröder B., Frerichs L., (2023). *“Drawing transformation pathways for making use of joint effects of food and energy production with biodiversity agriphotovoltaics and electrified agricultural machinery”*, Journal of Environmental Management, volume 335, 117539.

Schweiger A.H., Pataczek L., (2023). *“How to reconcile renewable energy and agricultural production in a drying world”*, Plants People Planet, volume 5, issue 5, pp. 650-661.

Sirnik I., Sluijsmans J., Oudes D., Stremke S., (2023). *“Circularity and landscape experience of agrivoltaics: A systematic review of literature and built systems”*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, volume 178, 113250.

Sponagel C., Wik J., Feuerbacher A., Bahrs E., (2024). *“Exploring the climate change mitigation potential and regional distribution of agrivoltaics with geodata-based farm economic modelling and life cycle assessment”*, Journal of Environmental Management, volume 359, 121021.

Tajima M., Doedt C., Iida T., (2022). *“Comparative study on the land-use policy reforms to promote agrivoltaics”*, AIP Conference Proceedings, volume 2635, issue 1, 050003.

Time A., Gomez-Casanovas N., Mwebaze P., Apollon W., Khanna M., DeLucia E.H., Bernacchi C.J., (2024). *“Conservation agrivoltaics for sustainable food-energy production”*, Plants People Planet, volume 6, issue 3, pp. 558-569.

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)”*, Sustainability, volume 13, 6871.

Toledo C., Ramos-Escudero A., Serrano-Luján L., Urbina A., (2024). “*Photovoltaic technology as a tool for ecosystem recovery: A case study for the Mar Menor coastal lagoon*”, Applied Energy, volume 356, 122350.

Torma G., Aschemann-Witzel J., (2023). “Social acceptance of dual land use approaches: Stakeholders' perceptions of the drivers and barriers confronting agrivoltaics diffusion”, Journal of Rural Studies, volume 97, pp.610-625.

Torma G., Aschemann-Witzel J., (2024). “*Sparking stakeholder support: Creating personas for renewable energy innovation adoption based on qualitative data analysis*”, Energy Research & Social Science, volume 109, 103407.

Uchanski M., Hickey T., Boussetot J., Barth K.L., (2023). “*Characterization of Agrivoltaic Crop Environment Conditions Using Opaque and Thin-Film Semi-Transparent Modules*”, Energies, volume 16, issue 7, 3012.

Wagner M., Lask J., Kiesel A., Lewandowki 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, volume 13, issue 2, 299.

Walston L.J., Li Y., Hartmann H.M., Macknick J., Hanson A., Nootenboom C., Lonsdorf E., Hellmann J., (2021). “*Modeling the ecosystem services of native vegetation management practices at solar energy facilities in the Midwestern United States*”, Ecosystem Services, volume 47, 101227.

Yavari R., Zaliwciw D., Cibin R., McPhillips L., (2022), “*Minimizing environmental impacts of solar farms: a review of current science on landscape hydrology and guidance on stormwater management*”, Environmental Research: Infrastructure and Sustainability, volume 2, issue 3, 032002.

Capitolo 2 – La tecnologia agrivoltaica: le tipologie, le norme e gli strumenti per il progetto

Ayadi O., Al-Bakri J., Abdalla M., Aburumman Q., (2024). “*The potential of agrivoltaic systems in Jordan*”, Applied Energy, volume 372, 123841.

Biro-Varga K., Sirnik I., Stremke S., (2024). “*Landscape user experiences of interspace and overhead agrivoltaics: A comparative analysis of two novel types of solar*

landscapes in the Netherlands”, Energy Research & Social Science, volume 109, 103408.

Dupratz C., Marrou H., Talbot G., Dufour L., Nogier A., Ferard T., (2011). “*Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: towards new agrivoltaic schemes*”, Renewable Energy, volume 36, issue 10, pp. 2725-2732.

Scognamiglio A., (2015). “*Photovoltaic landscapes’: Design and assessment. A critical review for a new transdisciplinary design vision*”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, volume 55, pp. 629-661.

Sirnik I., Sluijsmans J., Oudes D., Stremke S., (2023). “*Circularity and landscape experience of agrivoltaics: A systematic review of literature and built systems*”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, volume 178, 113250.

Sirnik I., Oudes D., Stremke S., (2024). “*Agrivoltaics and landscape change: First evidence from built cases in the Netherlands*”, Land Use Policy, volume 140, 107099.

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)*”, Sustainability, volume 13, 6871.

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 with food crops*”, Applied Energy, volume 206, pp. 1495-1507.

Weselek A., Ehmann A., Zikeli S., Lewandowski I., Schindele S., e Högy P., (2019). “*Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. A review*”, Agronomy for Sustainable Development, volume 39.

Capitolo 3 – La valutazione degli impatti visivi e paesaggistici: metodi e strumenti esistenti

Cassatella C., (2011), “*Assessing Visual and Social Perceptions of Landscape*”, in Cassatella C. e Peano A., “*Landscapes Indicators. Assessing and Monitoring Landscape Quality*”, Springer.

Devecchi M., Volpiano M., (2008). “*Il paesaggio astigiano. Identità, valori, prospettive*”, Osservatorio del Paesaggio per il Monferrato e l’Astigiano, Banca Cassa di Risparmio di Asti.

Di Bene A., Scazzosi L., (a cura di) (2006). *“La Relazione Paesaggistica. Finalità e contenuti”*, Gangemi Editore.

Capitolo 4 – Il set di indicatori per valutare gli impatti dell’agrivoltaico sul paesaggio e la sua applicazione e Conclusioni

Biro-Varga K., Sirnik I., Stremke S., (2024). *“Landscape user experiences of interspace and overhead agrivoltaics: A comparative analysis of two novel types of solar landscapes in the Netherlands”*, Energy Research & Social Science, volume 109, 103408.

Oudes D., Stremke S., (2021). *“Next generation solar power plants? A comparative analysis of frontrunner solar landscapes in Europe”*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, volume 145, 111101.

Pascaris A.S., Schelly C., Burnham L., Pearce J.M. (2021). *“Integrating solar energy with agriculture: Industry perspectives on the market, community, and socio-political dimensions of agrivoltaics”*, Energy Research & Social Science, volume 75, 102023.

Scognamiglio A., (2015). *“Photovoltaic landscapes’: Design and assessment. A critical review for a new transdisciplinary design vision”*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, volume 55, pp. 629-661.

Sirnik I., Sluijsmans J., Oudes D., Stremke S., (2023). *“Circularity and landscape experience of agrivoltaics: A systematic review of literature and built systems”*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, volume 178, 113250.

Sirnik I., Oudes D., Stremke S., (2024). *“Agrivoltaics and landscape change: First evidence from built cases in the Netherlands”*, Land Use Policy, volume 140, 107099.

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)”*, Sustainability, volume 13, 6871.

Weitkamp, G., (2011). *“Mapping landscape openness with isovists”*, Research in Urbanism, Series, 2, 205–223.

Sitografia

Introduzione e Capitolo 1 – L'agrivoltaico nella transizione energetica e il problema dell'inserimento nel paesaggio

Agenzia per la Coesione Territoriale (2023). “Next Generation EU e PNRR”. Disponibile su https://www.agenziacoesione.gov.it/dossier_tematici/nextgenerationeu-e-pnrr/ (ultima consultazione il 27/09/2024).

Coldiretti Torino (2024). “Lo stop al fotovoltaico a terra salva le campagne torinesi”. Disponibile su <https://torino.coldiretti.it/news/lo-stop-al-fotovoltaico-a-terra-salva-le-campagnetorinesi/#:~:text=Coldiretti%20Torino%20resta%20favorevole%20all,agrivoltaica%20con%20vere%20coltivazioni%20produttive.> (ultima consultazione il 06/11/2024).

Camera dei deputati (2024). “Le politiche pubbliche italiane. Le fonti rinnovabili”. Disponibile su <https://documenti.camera.it/Leg19/Dossier/Pdf/PP003AP.Pdf> (ultima consultazione il 17/08/2024).

Consiglio europeo (2024)a. “Accordo di Parigi sui cambiamenti climatici” Disponibile su <https://www.consilium.europa.eu/it/policies/climate-change/paris-agreement/> (ultima consultazione il 28/09/2024).

Consiglio europeo (2024)b. “Cambiamenti climatici: il contributo dell'UE”. Disponibile su <https://www.consilium.europa.eu/it/policies/climate-change/> (ultima consultazione il 17/08/2024).

Consiglio europeo (2024)c. “Green Deal europeo”. Disponibile su <https://www.consilium.europa.eu/it/policies/green-deal/> (Consultato il 19/08/2024).

Commissione europea (s.d.)a. “La politica agricola comune: 2023-2027”. Disponibile su https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/cap-2023-27_it (ultima consultazione il 20/08/2024).

Commissione europea (s.d.)b. “L'UE alla conferenza COP27 sui cambiamenti climatici” Disponibile su https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/climate-action-and-greendeal/eu-un-climate-change-conference/eu-cop27-climate-change-conference_it (ultima consultazione il 28/09/2024).

Dipartimento per gli Affari Europei (s.d.). “COP”. Disponibile su <https://www.affarieuropei.gov.it/it/comunicazione/euroacronimi/cop1/#:~:text=CO P%20%C3%A8%20l'acronimo%20di,on%20Climate%20Change%2C%20UNFCCC> (ultima consultazione il 27/09/2024).

ISPRA (s.d.). “Protocollo di Kyoto”. Disponibile su <https://www.isprambiente.gov.it/it/servizi/registro-italiano-emissiontrading/aspetti-general/protocollo-di-kyoto> (ultima consultazione il 27/09/2024).

Legambiente Veneto (2024). “Lo sviluppo dell’agrivoltaico è un’opportunità, non un rischio”. Disponibile su <https://www.legambienteveneto.it/2024/09/10/lo-sviluppo-dellagrivoltaicoeunopportunitanonunrischio/#:~:text=Legambiente%20ritiene%20che%20l'agrivoltaico,territorio%20e%20delle%20attivit%C3%A0%20agricole> (ultima consultazione il 06/10/2024).

MASE (2015)a. “Il percorso dello sviluppo sostenibile”. Disponibile su <https://www.mase.gov.it/pagina/il-percorso-dello-sviluppo-sostenibile-1992> (ultima consultazione il 27/09/2024).

MASE (2019). “Cop 24 – La Conferenza di Katowice”. Disponibile su <https://www.mase.gov.it/pagina/cop-24-la-conferenza-di-katowice> (ultima consultazione il 28/09/2024).

Capitolo 2 – La tecnologia agrivoltaica: le tipologie, le norme e gli strumenti per il progetto

Camera dei deputati (2021)a. “D.L. 77/2021 - Governance del PNRR e semplificazioni”. Disponibile su <https://temi.camera.it/leg18/provvedimento/d-l-77-2021-governance-del-pnrr-e-semplificazioni.html> (ultima consultazione il 18/08/2024).

MASE (2015)b. “Il Percorso dello Sviluppo Sostenibile 1972”. Disponibile su <https://www.mase.gov.it/pagina/il-percorso-dello-sviluppo-sostenibile-1972> (ultima consultazione il 30/09/2024).

MASE (2024). “PNRR: MASE, 643 richieste per bando agrivoltaico”. Disponibile su <https://www.mase.gov.it/comunicati/pnrr-mase-643-richieste-bando-agrivoltaico> (ultima consultazione il 18/08/2024).

*Capitolo 3 – La valutazione degli impatti visivi e paesaggistici:
metodi e strumenti esistenti*

ISPRA (s.d.). “Valutazione di Impatto Ambientale (VIA)”. Disponibile su <https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/autorizzazioni/valutazioniambientali/valutazione-di-impatto-ambientale-via> (ultima consultazione il 26/10/2024).

Landscape Institute (2016). “Landscape and Visual Impact Assessment (LVIA)”. Disponibile su <https://www.landscapeinstitute.org/technical-resource/landscape-visual-impact-assessment/> (ultima consultazione il 31/10/2024).

*Capitolo 4 – Il set di indicatori per valutare gli impatti
dell’agrivoltaico sul paesaggio e la sua applicazione*

EF Solare Italia (s.d.). “Transition2green” Disponibile su <https://www.efsolareitalia.com/agrivoltaico/transition2green/> (ultima consultazione il 13/10/2024).

ENEA (2024). “Energia: agrivoltaico, al via impianto hitech ENEA/EF Solare Italia in Calabria”. Disponibile su <https://www.media.enea.it/comunicati-e-news/archivio-anni/anno-2024/energia-agrivoltaico-al-via-impianto-hitech-enea-ef-solare-italiain-calabria.html> (ultima consultazione il 13/10/2024).

Geoportale Calabria. Disponibile su <https://portalecartografico.regione.calabria.it/> (ultima consultazione il 18/10/2024).

Geoportale Emilia-Romagna. Disponibile su <https://geoportale.regione.emilia-romagna.it/> (ultima consultazione il 13/10/2024).

Geoportale Piemonte. Disponibile su <https://geoportale.igr.piemonte.it/cms/> (ultima consultazione il 23/10/2024).

MASE (2023). “Progetto di un impianto agrivoltaico denominato “Novi Ligure Solar 1”, della potenza di 14,45 MW e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nel comune di Novi Ligure (AL)” Disponibile su <https://va.mite.gov.it/IT/Oggetti/Documentazione/8942/13161?pagina=2> (ultima consultazione il 13/10/2024).

Regione Emilia-Romagna (2024)a. “Strumenti di gestione del PTPR” Disponibile su <https://territorio.regione.emilia-romagna.it/paesaggio/ptpr/strumenti-digestionedel-piano> (ultima consultazione il 16/10/2024).

Regione Piemonte (2024). “*Aggiornamento del Piano territoriale regionale*”. Disponibile su <https://www.regione.piemonte.it/web/temi/ambienteterritorio/territorio/aggiornamento-piano-territoriale-regionale> (ultima consultazione il 22/09/2024).

Rem Tec Energy (s.d.). Disponibile su <https://remtec.energy/agrovoltaico> (ultima consultazione il 13/10/2024).

Linee guida, piani e programmi

Introduzione e Capitolo 1 – L’agrivoltaico nella transizione energetica e il problema dell’inserimento nel paesaggio

Colantoni A., Cecchini M., Monarca D., Ruggeri R., Rossini F., Bernabucci U., Cortingnani R., Primi R., Di Stefano V., Bianchini L., Alemanno R., Speranza S., Danieli P., Mosconi E., Parenti A., Guerriero E., Di Stefano M., Papili R., Rotundo D., Di Blasi M., Di Campello L., Ventura P., Riberti A., Gallucci F., Manenti M., Demofonti M., Onnis L., Lancellotta M., Egidì G., Uniformi M., Falcetta C., (2021). “*Linee guida per l’applicazione dell’agro-fotovoltaico in Italia*”. Disponibile su https://www.qualenergia.it/wp-content/uploads/2022/03/LINEE-GUIDA-v_1.pdf (ultima consultazione il 25/09/2024).

Gestore Servizi Energetici (GSE) (2024). “*Rapporto statistico 2023. Solare fotovoltaico*”. Disponibile su https://www.gse.it/documenti_site/Documenti%20GSE/Rapporti%20statistici/Solare%20Fotovoltaico%20-%20Rapporto%20Statistico%202023.pdf (ultima consultazione il 19/08/2024).

Camera dei deputati (2021)b, “*Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR)*”. Disponibile su <https://www.governo.it/sites/governo.it/files/PNRR.pdf> (ultima consultazione il 19/08/2024).

MASE (2022). “*Piano per la Transizione Ecologica (PTE)*”. Disponibile su <https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/PTE/PTEdefinitivo.pdf> (ultima consultazione il 19/08/2024).

MASE (2024). “*Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima (PNIEC)*”. Disponibile su https://www.mase.gov.it/sites/default/files/PNIEC_2024_revfin_01072024.pdf (ultima consultazione il 19/08/2024).

SNPA (2023). “Rapporto Ambiente – SNPA. Edizione 2023”. Disponibile su <https://www.snpambiente.it/snpa/rapporto-ambiente-snpa-edizione-2023/> (ultima consultazione il 25/08/2024).

Capitolo 2 – La tecnologia agrivoltaica: le tipologie, le norme e gli strumenti per il progetto

Colantoni A., Cecchini M., Monarca D., Ruggeri R., Rossini F., Bernabucci U., Cortingnani R., Primi R., Di Stefano V., Bianchini L., Alemanno R., Speranza S., Danieli P., Mosconi E., Parenti A., Guerriero E., Di Stefano M., Papili R., Rotundo D., Di Blasi M., Di Campello L., Ventura P., Riberti A., Gallucci F., Manenti M., Demofonti M., Onnis L., Lancellotta M., Egidi G., Uniformi M., Falcetta C., (2021). “Linee guida per l'applicazione dell'agro-fotovoltaico in Italia”. Disponibile su https://www.qualenergia.it/wp-content/uploads/2022/03/LINEE-GUIDA-v_1.pdf (ultima consultazione il 25/09/2024).

ENEA, Università Cattolica del Sacro Cuore, Rem Tec (2023). “Sistemi agrivoltaici - Integrazione di attività agricole e impianti fotovoltaici. Prassi di riferimento (Uni/PdR 148:2023)”. Disponibile su <https://www.uni.com/una-prassi-di-riferimento-per-i-sistemi-agrivoltaici/> (ultima consultazione il 01/09/2024).

MiTE (2022). “Linee guida in materia di impianti agrivoltaici”. Disponibile su https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/PNRR/linee_guida_impianti_agrivoltaici.pdf (ultima consultazione il 25/08/2024).

Capitolo 3 – La valutazione degli impatti visivi e paesaggistici: metodi e strumenti esistenti

Landscape Institute (2013). “Guidelines for Landscape and Visual Impact Assessment. Third edition”. Disponibile su <https://www.landscapeinstitute.org/technical/glvia3-panel/> (ultima consultazione il 31/10/2024).

Capitolo 4 – Il set di indicatori per valutare gli impatti dell'agrivoltaico sul paesaggio e la sua applicazione e Conclusioni

Cassatella C., (2014). “Linee guida per l'analisi, la tutela e la valorizzazione degli aspetti scenico-percettivi del paesaggio”. Disponibile su

<https://www.regione.piemonte.it/web/sites/default/files/media/documenti/201812/lineeguida.pdf> (ultima consultazione il 25/09/2024).

Colantoni A., Cecchini M., Monarca D., Ruggeri R., Rossini F., Bernabucci U., Cortingnani R., Primi R., Di Stefano V., Bianchini L., Alemanno R., Speranza S., Danieli P., Mosconi E., Parenti A., Guerriero E., Di Stefano M., Papili R., Rotundo D., Di Blasi M., Di Campello L., Ventura P., Riberti A., Gallucci F., Manenti M., Demofonti M., Onnis L., Lancellotta M., Egidi G., Uniformi M., Falcetta C., (2021). “*Linee guida per l'applicazione dell'agro-fotovoltaico in Italia*”. Disponibile su https://www.qualenergia.it/wp-content/uploads/2022/03/LINEE-GUIDA-v_1.pdf (ultima consultazione il 25/09/2024).

ENEA, Università Cattolica del Sacro Cuore, Rem Tec (2023). “*Sistemi agrivoltaici - Integrazione di attività agricole e impianti fotovoltaici. Prassi di riferimento (Uni/PdR 148:2023)*”. Disponibile su <https://www.uni.com/una-prassi-di-riferimento-per-i-sistemi-agrivoltaici/> (ultima consultazione il 13/11/2024).

Regione Calabria (2016)a. “*Quadro Territoriale Regionale Paesaggistico (QTRP) – tomo 2. Visione strategica*”. Disponibile su https://www.consiglioregionale.calabria.it/ppa9/allegati_192/ppa192_b/qtrp%20Tomo%202%20Visione%20Strategica.pdf (ultima consultazione il 17/10/2024).

Regione Calabria (2016)b. “*Quadro Territoriale Regionale Paesaggistico (QTRP) – tomo 3. Atlante degli aprt – parte I*”. Disponibile su https://old.regione.calabria.it/website/portalmedia/2020-04/TOMO_3-ridotto-Parte-1.pdf (ultima consultazione il 21/11/2024).

Regione Calabria (2016)c. “*Quadro Territoriale Regionale Paesaggistico (QTRP) – tomo 4. Disposizioni normative*”. Disponibile su <https://www.consiglioregionale.calabria.it/ppa10/104/qtrp%20Tomo%204%20Disposizioni%20Normative%20finali%20completo%20allegati.pdf> (ultima consultazione il 17/10/2024).

Regione Emilia-Romagna (1993)a. “*Piano Territoriale Paesaggistico Regionale (PTPR)*”. Disponibile su <https://territorio.regione.emilia-romagna.it/paesaggio/ptpr> (ultima consultazione il 16/10/2024).

Regione Emilia-Romagna (1993)b. “*Norme di Attuazione del PTPR*”. Disponibile su <https://territorio.regione.emiliaromagna.it/codiceterritorio/disciplinaregionale/paesaggio/norme-di-attuazione-del-ptpr> (ultima consultazione il 16/10/2024).

Regione Emilia-Romagna (2010). “*Piano Territoriale Regionale (PTR)*”. Disponibile su <https://territorio.regione.emilia-romagna.it/programmazione-territoriale/ptr-piano-territoriale-regionale> (ultima consultazione il 16/10/2024).

Regione Emilia-Romagna (2011). “*Impianti per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile solare fotovoltaica. Criteri per la minimizzazione e la compensazione degli impatti e per la qualità del progetto*”. Disponibile su [Impianti per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile solare fotovoltaica - Paesaggio - Territorio](#) (ultima consultazione il 20/11/2024).

Regione Emilia-Romagna (2024). “*Gli Ambiti paesaggistici*” Disponibile su https://territorio.regione.emilia-romagna.it/paesaggio/risorse/studi-analisi-e-approfondimenti-tematici/intr_amb_pae (ultima consultazione il 20/11/2024).

Regione Piemonte (2003). “*Criteri e indirizzi per la tutela del paesaggio*” Disponibile su <https://www.regione.piemonte.it/web/sites/default/files/media/documenti/2018-11/manuale.pdf> (ultima consultazione il 21/10/2024).

Regione Piemonte (2017)a. “*Piano Paesaggistico Regionale (PPR)*”. Disponibile su https://www.regione.piemonte.it/web/sites/default/files/media/documenti/2019-04/a_Relazione.pdf (ultima consultazione il 20/09/2024).

Regione Piemonte (2017)b. “*Norme di Attuazione del PPR*”. Disponibile su https://www.regione.piemonte.it/web/sites/default/files/media/documenti/2018-11/b_norme_di_attuazione.pdf (ultima consultazione il 22/09/2024).

Regione Piemonte (2017)c. “*Schede degli ambiti di paesaggio*”. Disponibile su https://www.regione.piemonte.it/web/sites/default/files/media/documenti/2019-03/d_Schede_degli_ambiti_di_paesaggio.pdf (ultima consultazione il 20/10/2024).

Regione Piemonte (2024)a. “*Piano Territoriale Regionale (PTR)*”. Disponibile su https://www.regione.piemonte.it/web/sites/default/files/media/documenti/202406/1_relazione.pdf (ultima consultazione il 20/09/2024).

Regione Piemonte (2024)b. “*Norme di Attuazione del PTR*”. Disponibile su https://www.regione.piemonte.it/web/sites/default/files/media/documenti/2024-06/2_norme_di_attuazione.pdf (ultima consultazione il 22/09/2024).

Kuiper R., Spoon M., (2022). “*Monitor Nationale Omgevingsvisie 2022*”. Disponibile su <https://www.pbl.nl/publicaties/monitor-nationale-omgevingsvisie-2022> (ultima consultazione il 10/10/2024).

Riferimenti legislativi

Capitolo 2 – La tecnologia agrivoltaica: le tipologie, le norme e gli strumenti per il progetto

Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n.42. *Codice dei beni culturali e del paesaggio.*

Decreto-Legge 24 gennaio 2012, n. 1. *Disposizioni urgenti per la concorrenza, lo sviluppo delle infrastrutture e la competitività.*

Legge 24 marzo 2012, n. 27. *Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1, recante disposizioni urgenti per la concorrenza, lo sviluppo delle infrastrutture e la competitività.*

Decreto-Legge 31 maggio 2021, n. 77. *Governance del Piano nazionale di ripresa e resilienza e prime misure di rafforzamento delle strutture amministrative e di accelerazione e snellimento delle procedure.*

Legge 29 luglio 2021, n. 108. *Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 31 maggio 2021 n. 77, recante governance del Piano nazionale di ripresa e resilienza e prime misure di rafforzamento delle strutture amministrative e di accelerazione e snellimento delle procedure.*

Decreto Legislativo 8 novembre 2021, n. 199. *Attuazione della direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2018, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili.*

Delibera della Giunta Regionale 31 luglio 2023, n.58-7356. *Indicazioni sull'installazione di impianti fotovoltaici nelle aree agricole di elevato interesse agronomico, in coerenza con il decreto legislativo 199/2021 (Regione Piemonte).*

Deliberazione della Giunta Regionale 23 ottobre 2023, n. 26-7599. *Indicazioni sull'installazione di impianti fotovoltaici nelle aree agricole di elevato interesse agronomico, in coerenza con il decreto legislativo 199/2021. Modifica parziale della D.G.R. n 58-7356 del 31 luglio 2023 (Regione Piemonte).*

Decreto Ministeriale 22 dicembre 2023, n.436. *Incentivi per l'agrivoltaico.*

Decreto 21 giugno 2024. *Disciplina per l'individuazione di superfici e aree idonee per l'installazione di impianti a fonti rinnovabili.*

Decreto-Legge 15 maggio 2024, n.63. *Disposizioni urgenti per le imprese agricole, della pesca e dell'acquacoltura, nonché per le imprese di interesse strategico nazionale.*

Decreto Dipartimentale 16 maggio 2024, n.233. *DM Agrivoltaico – Regole operative.*

Decreto Dipartimentale 31 maggio 2024, n.251. *Approvazione aggiornamento delle regole operative Gse e pubblicazione degli avvisi pubblici relativi alle procedure per l'accesso agli incentivi previsti dal Dm 22 dicembre 2023, n. 436.*

Legge 12 luglio 2024, n.101. *Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 15 maggio 2024, n. 63, recante disposizioni urgenti per le imprese agricole, della pesca e dell'acquacoltura, nonché per le imprese di interesse strategico nazionale.*

Capitolo 3 – La valutazione degli impatti visivi e paesaggistici: metodi e strumenti esistenti

Direttiva 85/337/CEE del 27 giugno 1985. *Valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati.*

Legge 8 luglio 1986, n.349. *Istituzione del Ministero dell'ambiente e norme in materia di danno ambientale.*

D.P.C.M. 27 dicembre 1988. *Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità di cui all'art. 6 della legge 8 luglio 1986, n. 349, adottate ai sensi dell'art. 3 del decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 10 agosto 1988, n. 377.*

Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n.42. *Codice dei beni culturali e del paesaggio.*

Decreto del Presidente del Consiglio dei ministri 12 dicembre 2005. *Individuazione della documentazione necessaria alla verifica della compatibilità paesaggistica degli interventi proposti, ai sensi dell'articolo 146, comma 3, del Codice dei beni culturali e del paesaggio di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42.*

Direttiva 2011/92/UE del 13 dicembre 2001. *Valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati (sostituiva della direttiva 85/337/CEE).*

Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152. *Norme in materia ambient*

ALLEGATI

a. Identificazione delle pubblicazioni scientifiche che compongono il database finale

	Riferimento dell'articolo	Tipologia di rivista	Rivista	Tematica chiave	Paese di provenienza degli articoli	Approccio o metodo	Paese di provenienza dei casi studio
1	Abouaiana et Al., 2022	Articolo	Land	Effetti ambientali e impatti sul suolo	Italia	Applicazione caso studio	Lasaifar Albalad (Egitto) e Pontinia (Italia)
2	Adeh et Al., 2018	Articolo	PLoS ONE	Effetti ambientali e impatti sul suolo	USA	Applicazione caso studio	Oregon State University (Corvallis, Oregon, USA)
3	Agostini et Al., 2021	Articolo	Applied Energy	Effetti ambientali e impatti sul suolo + Valutazione economica	Italia	Applicazione caso studio	Pianura Padana (Italia)
4	Biró-Varga et Al., 2024	Articolo	Energy Research & Social Science	Accettazione e percezione sociale	Olanda	Studio comparativo	Wadenoijen e Culemborg (Olanda)
5	Buckley Biggs et Al., 2022	Articolo	Environmental Research Communications	Accettazione e percezione sociale	Belgio e USA	Interviste	San Francisco Bay Area e San Joaquin Valley (California, USA)
6	Campos et Al., 2022	Articolo	Journal of Cleaner Production	Partecipazione e coinvolgimento	Estonia	Interviste	Portogallo
7	Carrausse et Al., 2023	Articolo	Energy, Sustainability and Society	Accettazione e percezione sociale	Francia	Revisione della letteratura	
8	Choi et Al., 2020	Articolo	Environmental Science, Land Use Dynamics	Effetti ambientali e impatti sul suolo	USA	Applicazione caso studio	Colorado, USA
9	Farja et Al., 2022	Articolo	Energies	Effetti ambientali e impatti sul suolo + Valutazione economica	Egitto	Applicazione caso studio	Terreni agricoli marginali in Israele
10	Gallo et Al., 2023	Conference peper	Computational Science and Its Applications – ICCSA 2023 Workshops	Benefici e potenzialità	Italia	Applicazione caso studio	Puglia, Italia
11	Gerhards et Al., 2022	Conference peper	AGRIVOLTAICS 2021 CONFERENCE	Benefici e potenzialità + Accettazione e percezione sociale	Germania	Teorico	-
12	Gómez-Catasús et Al., 2024	Review	Conservation Letters	Effetti ambientali e impatti sul suolo	Spagna	Revisione della letteratura	-
13	Handler et Al., 2022	Articolo	Cleaner Energy Systems	Benefici e potenzialità + Effetti ambientali e impatti sul suolo	Canada	Studio comparativo	Syracuse, New York (NY), Lubbock, Texas (TX) e Cheyenne, Wyoming (WY)

14	Hernández at Al., 2022	Conference peper	Acta Hortic	Benefici e potenzialità + Effetti ambientali e impatti sul suolo	Italia	Studio comparativo	Totana, Region of Murcia, Spagna
15	Hilker at Al., 2024	Articolo	Energy, Sustainability and Society	Accettazione e percezione sociale	Germania	Interviste	Raccolta dati a livello nazionale e per la Regione di Brandeburgo (Germania)
16	Kadenic at Al., 2024	Review	Energy Research & Social Science	Accettazione e percezione sociale + Partecipazione e coinvolgimento	Danimarca	Revisione della letteratura	-
17	Ketzer at Al., 2020	Articolo	Journal of Environmental Management	Accettazione e percezione sociale + Partecipazione e coinvolgimento	Germania	Teorico	-
18	Kim at Al., 2021	Articolo	Sustainability	Accettazione e percezione sociale	Sud Corea	Interviste	Corea
19	Krexner at Al., 2024	Articolo	Renewable and Sustainable Energy Reviews	Effetti ambientali e impatti sul suolo	Austria	Studio comparativo	Austria
20	Kumpanalaisatit at Al., 2022	Short Survey	Sustainable Production and Consumption	Benefici e potenzialità + Effetti ambientali e impatti sul suolo	Thailandia	Teorico con raccomandazioni	-
21	Li at Al., 2024	Conference peper	E3S Web of Conferences	Benefici e potenzialità + Effetti ambientali e impatti sul suolo	Spagna	Teorico	-
22	Lytle at Al., 2021	Articolo	Journal of Cleaner Production	Benefici e potenzialità + Valutazione economica	Finlandia, USA	Teorico con raccomandazioni	-
23	Maity at Al., 2023	Articolo	Energies	Benefici e potenzialità + Effetti ambientali e impatti sul suolo	India, Malesia, Romania	Teorico con raccomandazioni	-
24	Mehta at Al., 2024	Articolo	Energies	Benefici e potenzialità + Effetti ambientali e impatti sul suolo	Germania	Applicazione caso studio	Uzbekistan
25	Moore at Al., 2022	Articolo	Energy Research & Social Science	Partecipazione e coinvolgimento	USA	interviste	Michigan, USA
26	Nakatani at Al., 2024	Articolo	Discover Sustainability	Effetti ambientali e impatti sul suolo	Giappone	Applicazione caso studio	Tokyo e prefetture circostanti
27	Pascaris at Al., 2021	Articolo	Energy Research & Social Science	Accettazione e percezione sociale + Partecipazione e coinvolgimento	Finlandia, USA	Revisione della letteratura	-
28	Pascaris at Al., 2021	Articolo	Cleaner and Responsible Consumption	Effetti ambientali e impatti sul suolo	Canada	Studio comparativo	Texas, USA
29	Scarano at Al., 2024	Articolo	Applied Sciences	Effetti ambientali e impatti sul suolo	Italia	Studio comparativo	Lecce, Italia

30	Schneider at Al., 2023	Articolo	Journal of Environmental Management	Partecipazione e coinvolgimento	Germania	Sondaggio	Bassa Sassonia, Germania
31	Schweiger at Al., 2023	Articolo	Plants People Planet	Effetti ambientali e impatti sul suolo	Germania	Teorico	-
32	Sirnik at Al., 2023	Review	Renewable and Sustainable Energy Reviews	Accettazione e percezione sociale	Olanda	Studio comparativo	Haren, Stradskanaal, Lochem, Badderich, Wadenonjen, Etten-Leur, Sint-Oedenrode, Boekel, Someren, Broekhuizen (Olanda)
33	Tajima at Al., 2022	Conference peper	AIP Conference Proceedings	Analisi quadro giuridico	Giappone	Studio comparativo	Giappone, Corea del Sud, Taiwan, Germania e Massachusetts negli Stati Uniti
34	Time at Al., 2024	Articolo	Plants People Planet	Benefici e potenzialità	USA	Teorico	-
35	Toledo at Al., 2021	Review	Sustainability	Benefici e potenzialità	Italia	Revisione della letteratura	-
36	Toledo et Al., 2024	Articolo	Applied Energy	Effetti ambientali e impatti sul suolo	Spagna	Studio comparativo	Mar Menor, Spagna
37	Torma at Al., 2023	Articolo	Journal of Rural Studies	Accettazione e percezione sociale + Partecipazione e coinvolgimento	Danimarca	Interviste	Germania, Belgio e Danimarca
38	Torma at Al., 2024	Articolo	Energy Research & Social Science	Partecipazione e coinvolgimento	Danimarca	Interviste	3 paesi europei (non specificati)
39	Uchanski at Al., 2023	Articolo	Energies	Effetti ambientali e impatti sul suolo	USA	Studio comparativo	Colorado, USA
40	Wagner at Al., 2023	Articolo	Agronomy	Effetti ambientali e impatti sul suolo	Germania	Studio comparativo	Germania
41	Walston at Al., 2021	Articolo	Ecosystem Services	Effetti ambientali e impatti sul suolo	USA	Studio comparativo	Midwest, USA
42	Yavari at Al., 2022	Review	Environmental Research: Infrastructure and Sustainability	Effetti ambientali e impatti sul suolo	USA	Revisione della letteratura	-

Tabella 6 - Sintesi dei principali risultati della revisione della letteratura (fonte: elaborazione propria)