



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dip. di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse Naturali e Ambiente

Dip. di Territorio e Sistemi Agro-Forestali

**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE E TECNOLOGIE
AGRARIE**

L'agrivoltaico e la transizione energetica: uno studio delle opinioni dei cittadini e delle loro preferenze per la costruzione di nuovi impianti in Veneto

Relatore

Prof. Daniel Vecchiato

Laureanda

Giorgia Grotto

Matricola n. 2028741

ANNO ACCADEMICO 2022-2023

Abstract

In the coming years, the energy sector will face a radical change aimed at reducing the impact of CO² emissions and climate-altering gases. After an analysis of the main fossil fuels currently in use in Italy, the possible renewable energy sources that can be used in our country were evaluated, with a view to increasing energy independence while safeguarding the environment.

The research then focused on a new concept of photovoltaic system capable of contributing in a synergistic way to the production of energy and to the maintenance of agricultural productivity for food purposes. These plants take the name of agrivoltaic systems and present an innovation in the agricultural sector allowing to stimulate energy production but also to favor technological development in agriculture aiming to increase environmental sustainability. In particular, an analysis of the main characteristics of agrivoltaic systems was carried out, evaluating their design characteristics, positive and negative aspects, as well as a brief regulatory framework.

Subsequently, the preferences of citizens regarding the characteristics of the construction of new agrivoltaic plants in the Veneto region were evaluated. This analysis was carried out with a questionnaire through the administration of some questions aimed at evaluating their opinions on the topic of agrivoltaics and a choice experiment.

Riassunto

Il settore energetico nei prossimi anni si vedrà di fronte a un radicale cambiamento finalizzato alla riduzione degli impatti delle emissioni di CO₂ e di gas climalteranti prodotti da fonti energetiche fossili. Dopo un'analisi delle principali fonti fossili attualmente in utilizzo in Italia si sono valutate le possibili fonti energetiche rinnovabili utilizzabili nel nostro paese, nell'ottica di incrementare l'indipendenza energetica salvaguardando l'ambiente.

La ricerca si è poi focalizzata su una nuova concezione di impianto fotovoltaico a terra in grado di contribuire in modo sinergico alla produzione di energia e al mantenimento della produttività agricola a scopi alimentari. Tali impianti prendono il nome di sistemi agrivoltaici e presentano un'innovazione nel settore agricolo permettendo di incentivare la produzione energetica, ma anche di favorire lo sviluppo tecnologico in agricoltura mirando a incrementare la sostenibilità ambientale. In particolare, si è provveduto ad un'analisi delle principali caratteristiche degli impianti agrivoltaici valutandone le caratteristiche progettuali, gli aspetti positivi e negativi, oltre che ad un breve inquadramento normativo.

In seguito, si sono valutate le preferenze dei cittadini in merito alle caratteristiche della costruzione di nuovi impianti agrivoltaici nella regione Veneto. Questa analisi è stata svolta con un questionario tramite la somministrazione di alcuni quesiti finalizzati a valutare le opinioni sul tema dell'agrivoltaico e di un esperimento di scelta.

Indice

ABSTRACT	3
RIASSUNTO	4
INDICE	5
1 INTRODUZIONE	13
2 LA PRODUZIONE DI ENERGIA IN ITALIA	15
2.1 LE FONTI FOSSILI	16
2.2 LE FONTI RINNOVABILI	18
2.2.1 ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI PRODOTTA NEL SETTORE AGRICOLO	23
2.2.1.1 IMPIANTI A BIOGAS	24
2.2.1.2 BIOMASSE	26
2.2.1.3 FOTOVOLTAICO	27
3 L'AGRIVOLTAICO	29
3.1 COS'È UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO	29
3.2 TIPOLOGIA DI IMPIANTI, POSSIBILI AMBITI APPLICATIVI E PROSPETTIVE FUTURE	35
3.3 COSTI DI COSTRUZIONE E RESA	45
3.3.1 ESEMPIO DEI COSTI DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON COLTURE CERTIFICATE	46
3.3.2 ESEMPIO DI COSTI PROGETTUALI PER UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO	51
3.4 ASPETTI POSITIVI	54
3.5 CRITICITÀ E LIMITI	58
3.6 ESEMPI DI IMPIANTI IN ITALIA	62
3.7 ASPETTI NORMATIVI	65
3.7.1 ACCESSO AI CONTRIBUTI PUBBLICI	67
3.7.2 NORME IN MERITO A CRITERI COSTITUTIVI	68
3.7.3 NORMATIVA DELLA REGIONE VENETO	69
4 METODOLOGIA D'INDAGINE	75
4.1 OBIETTIVI DELLA RICERCA SPERIMENTALE	75
4.2 GLI ESPERIMENTI DI SCELTA	75
4.3 IL QUESTIONARIO	77
4.4 RACCOLTA DATI	82

5	<u>RISULTATI</u>	<u>85</u>
5.1	CARATTERISTICHE DEL CAMPIONE	85
5.2	CONOSCENZA ED OPINIONI IN MERITO ALLE DIVERSE FONTI ENERGETICHE	90
5.3	CONOSCENZA ED OPINIONI IN MERITO ALL'AGRIVOLTAICO	94
5.4	PREFERENZE IN MERITO ALLA COSTRUZIONE DI NUOVI IMPIANTI AGRIVOLTAICI: L'ESPERIMENTO DI SCELTA	104
6	<u>CONCLUSIONI</u>	<u>109</u>
7	<u>BIBLIOGRAFIA</u>	<u>111</u>
8	<u>SITOGRAFIA</u>	<u>117</u>

Indice delle figure

Figura 1- Distribuzione regionale della produzione elettrica degli impianti alimentati da biogas nel 2020 (Alessio Agrillo et al, 2022).....	25
Figura 2- Immagine di un impianto agrivoltaico su vite (Kenergia, 2022).....	30
Figura 3- A sinistra impianto presente in unica tessera, a destra impianto ad un insieme di tessere	36
Figura 4- Impianto agrivoltaico in cui la continuità agricola si svolge sia lungo le file dei moduli fotovoltaici che nell'area sottostante ai moduli (Scognamiglio Alessandra, ENEA).	39
Figura 5- Impianto agrivoltaico in cui la coltivazione agricola si svolge unicamente lungo le file dei moduli fotovoltaici, lasciando incolta l'area sottostante ai moduli (Scognamiglio Alessandra, ENEA).	39
Figura 6- Impianto agrivoltaico in cui i moduli sono posti verticalmente e viene consentita un'attività agricola sinergica delle produzioni consentendo la coltivazione e il pascolamento su tutta la superficie dell'impianto (Scognamiglio Alessandra, ENEA).	40
Figura 7- Schema riassuntivo delle possibili conformazioni di un impianto fotovoltaico in merito alla tipologia e altezza dei moduli (fonte NREL)	40
Figura 8- Esempi di impianto agrivoltaico rispettivamente con colture estensive (www.epf.it) e con pascolo (Meloni Emanuele, 2021).....	43
Figura 9- Sistema agrivoltaico T2.1 con moduli bifocali ad inseguimento solare(www.remtec.energy).....	44
Figura 10- Progetto del sistema agrivoltaico in studio (Ravi S. et al, 2014).....	48
Figura 11- Sistema fotovoltaico con grondaie esterne per riciclo dell'acqua piovana e attuabile anche nei sistemi agrivoltaici (Rain water recovery).....	56
Figura 12- Sinergia tra sistema agrivoltaico con pascolo di ovini (Enel Green Power)	57
Figura 13- Sistema agrivoltaico rispettivamente su vigneto (Agrofilieri.it) e su piccoli frutti (Riccio Gianluca, 2020).....	58
Figura 14- Inter per la messa in funzione di impianti da fonti energetiche rinnovabili (Legambiente).....	60
Figura 15- Impianto agrivoltaico REM Tec di Montecelli D'Ongina (REM Tec Energy)	63
Figura 16- Impianto agrivoltaico di Castelvetro (Rem Tec Energy).....	63

Figura 17- Impianto agrivoltaico Borgo Virgilio (Rem Tec Energy)	64
Figura 18- Foto satellitare di Tenuta Bagnoli su scala 1:6000 estratta tramite QGIS....	65
Figura 19- Scenario di scelta numero 1	80
Figura 20- Scenario di scelta numero 2	80
Figura 21- Scenario di scelta numero 3	80
Figura 22- Scenario di scelta numero 4	81
Figura 23- Scenario di scelta numero 5	81
Figura 24- Scenario di scelta numero 6	81

Indice dei grafici

Grafico 1- Dimensioni degli impianti installati in Italia di energie rinnovabili differenziate per fonte di approvvigionamento (Politecnico Milano, 2021)	19
Grafico 2- Comparazione dei costi operativi dei due sistemi: agrivoltaico (APV) e fotovoltaico a terra (PV-GM) (Schindele Stephan et al, 2020)	49
Grafico 3- Analisi costi di un sistema agrivoltaico da 1 MW confrontato con un sistema fotovoltaico a terra (costi espressi €/kW) (MITE c, 2022).....	61
Grafico 4- Genere del campione rispondente (N=450)	85
Grafico 5- Titolo di studio del campione (N=450).....	87
Grafico 6- Settore occupazionale degli intervistati (N=450)	87
Grafico 7- Standard di vita del campione (N=450)	88
Grafico 8- Percentuale di iscrizione alle principali associazioni ambientaliste (N=450)	89
Grafico 9- importanza del paesaggio nella scelta dei luoghi da visitare (N=450)	89
Grafico 10- Valutazione della situazione climatica considerando l'innalzamento della temperatura di 1,5 °C.....	91
Grafico 11- Disponibilità a pagare annua per la fornitura del 100% dell'energia da fonti rinnovabili (N=416, campione composto da soli maggiorenni)	94
Grafico 12- Conoscenza del campione dell'agrivoltaico (N=450)	94
Grafico 13- Percentuale di campione che ha visto un impianto agrivoltaico (N=450) ..	95
Grafico 14- Reazione del campione alla possibile installazione di impianti agrivoltaici a 2 Km dalle loro abitazioni (N=450)	97
Grafico 15- Reazione del campione alla possibile installazione di impianti agrivoltaici a meno di 2 Km da una zona di frequentazione abituale per attività ricreative (N=450)	97
Grafico 16- Reazione del campione alla possibile visione di impianti agrivoltaici dalla finestra della propria abitazione (N=450).....	98
Grafico 17- Come viene ritenuto l'utilizzo del 10% della SAU del Veneto per l'installazione di impianti agrivoltaici (N=450)	98
Grafico 18- Quanto il campione ritiene apprezzabile l'idea dell'agrivoltaico (N=450) ..	99
Grafico 19- Secondo quali condizioni il consumatore approverebbe un impianto agrivoltaico (N=450)	99

Grafico 20- Possessori di un'azienda agricola (N=450).....	100
Grafico 21- Condizioni al quale un intervistato che possiede un'azienda agricola installerebbe l'agrivoltaico nella propria azienda (N=199)	100
Grafico 22- Importanza relativa degli attributi considerati	106

Indice delle tabelle

Tabella 1- Produzione elettrica lorda per fonte di energia in Italia espressa in GWh (ARERA, 2021).....	15
Tabella 2- Rendimento per ettaro delle colture in studio nelle due tipologie di impianto prese in esame (Schindele Stephan et al, 2020).....	50
Tabella 3- Analisi economica esplicativa di tutti i costi di realizzazione degli impianti (Agostini et al, 2021).....	52
Tabella 4- Distinzione dei livelli per ogni attributo	77
Tabella 5- Classi di età del campione.....	86
Tabella 6- Province di residenza del campione (N=450)	86
Tabella 7- Occupazione degli intervistati.....	88
Tabella 8- Quanto si ritiene importante la salvaguardia del clima e delle generazioni future (N=450).....	90
Tabella 9- Gravità dell'attuale condizione climatica (N=450)	90
Tabella 10- Statistiche relative alle fonti energetiche maggiormente incidenti nel cambiamento climatico (1=per niente; 5=molto)	92
Tabella 11- Statistiche relative alle fonti energetiche sulle quali bisognerebbe investire di più per preservare l'ambiente (1=per niente; 5=molto).....	93
Tabella 12- Con quali aggettivi il campione sceglie di descrivere l'agrivoltaico (N=450)	96
Tabella 13- Aspetti negativi che un impianto agrivoltaico può comportare secondo il campione (N=450).....	96
Tabella 14- Analisi crosstabulations sulle condizioni di approvazione di impianti agrivoltaici in funzione del possesso di un'azienda agricola	101
Tabella 15- Analisi crosstabulations del livello di gradimento della tecnologia dell'agrivoltaico in funzione di chi possiede o no un'azienda agricola	102
Tabella 16- Analisi crosstabulations del livello di gradimento della tecnologia dell'agrivoltaico e l'importanza che ogni rispondente dà al paesaggio nella scelta di un luogo da visitare	103
Tabella 17- Risultati dell'esperimento di scelta, modello logit multinomiale	105
Tabella 18- Disponibilità a pagare (DAP) dei rispondenti in base ai risultati del modello MNL 2	106

1 Introduzione

Il cambiamento climatico, sempre più evidente in questi ultimi anni, ci pone ulteriori sfide in merito all'utilizzo e all'incentivo delle fonti rinnovabili per la produzione energetica, volte a minimizzare le emissioni di CO₂ in atmosfera. Queste nuove energie mirano a limitare l'impatto della produzione energetica sul clima e l'ambiente, riducendo in primis l'innalzamento della temperatura atmosferica e fermando l'innunerevole concatenarsi di eventi disastrosi che questo comporta.

L'Italia presenta attualmente una produzione di energia elettrica proveniente da fonti rinnovabili pari a 36% rispetto all'energia totale prodotta (Terna spa, 2022), ma tale risultato non è ancora sufficiente a scongiurare gli effetti del riscaldamento climatico. Pertanto, sarà necessario potenziare ulteriormente l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili. Tra le varie fonti energetiche rinnovabili, in questa tesi si è voluto approfondire la tecnologia dell'energia fotovoltaica, ed in particolare dell'agrivoltaico, una delle energie rinnovabili maggiormente incentivate dal PNRR (Piano Nazionale Ripresa e Resilienza). Per quanto concerne l'energia fotovoltaica, infatti, ad oggi vi è un importante problema di trade off tra produzione a scopo alimentare e produzione di energia qualora si andassero a sfruttare ulteriori terreni agricoli per la produzione energetica, come già avvenuto in passato. Al fine di superare questa problematica è stata sviluppata una nuova tecnologia definita agrivoltaico.

Il concetto di agrivoltaico nasce dall'idea di usufruire delle risorse rinnovabili, e nello specifico dell'energia solare, per la creazione di energia elettrica installando i moduli fotovoltaici su terreni agricoli in modo che questi non costituiscano un limite per la coltivazione degli stessi.

L'obiettivo di questa tesi sta nell'approfondire la tecnologia dell'agrivoltaico ed in particolare nello studiarne:

- 1) aspetti positivi e le criticità che può comportare la creazione di un impianto agrivoltaico; analizzando le realtà che utilizzano tale tecnologia presenti sul territorio;
- 2) come tale tecnologia è inquadrata da un punto di vista normativo;
- 3) quali sono le preferenze dei cittadini in merito alla creazione di nuovi impianti agrivoltaici sul territorio veneto.

Per adempiere a tali obiettivi, oltre a una prima ricerca bibliografica sviluppatasi nei primi capitoli al fine di affrontare i primi 2 obiettivi della ricerca, è stato sviluppato un questionario in cui si è incluso un esperimento di scelta per rispondere al terzo obiettivo. Il questionario è stato poi somministrato ai cittadini, normali fruitori dei paesaggi del nostro territorio. Tali dati poi sono stati raccolti ed analizzati per identificare la reale percezione del cittadino a questa nuova tecnologia e quanto questa possa incidere sull'aspetto paesaggistico non ancora definito dai precedenti studi con al centro il tema dell'agrivoltaico.

2 La produzione di energia in Italia

In Italia attualmente le fonti da cui si ricava energia sono eterogenee, in quanto come fonti ritroviamo per la produzione di energia elettrica fonti solide, gas naturali, prodotti petroliferi e altre fonti dove si intende principalmente l'utilizzo di gas derivati, recuperi di calore ed espansione del gas compresso. Queste fonti sono per una parte fossili e per una parte rinnovabili. Nella Tabella 1 è possibile identificare anche le fonti che ricavano energia unicamente da impianti che utilizzano energia rinnovabile, come impianti idroelettrici, idroelettrici da pompaggio, impianti di eolico, fotovoltaico, geotermico e centrali di estrazione di energia da biomassa e rifiuti.

PRODUZIONE LORDA DI ENERGIA ELETTRICA

Fonti energetiche in esame	2016	2017	2018	2019	2020	2021*
Solidi	35.608	32.627	28.470	18.839	13.380	14.595
Gas naturale	126.148	140.349	128.538	141.687	133.683	142.062
Prodotti petroliferi	4.127	4.083	3.289	3.453	3.175	4.092
Altri	14.039	13.047	13.281	12.192	11.436	9.328
Totale termoelettrico (A)	179.921	190.106	173.578	176.171	161.673	170.077
Idroelettrico da pompaggi (B)	1.825	1.826	1.716	1.835	1.944	2.091
Idroelettrico (da apporti naturali)	42.432	36.199	48.786	46.319	47.552	44.740
Eolico	17.689	17.742	17.716	20.202	18.762	20.789
Fotovoltaico	22.104	24.378	22.654	23.689	24.942	25.039
Geotermico	6.289	6.201	6.105	6.075	6.026	5.897
Biomassa e rifiuti	19.509	19.378	19.153	19.563	19.634	18.272
Totale rinnovabili (C)	108.022	103.898	114.414	115.848	116.915	114.737
Totale (A+B+C)	289.768	295.830	289.708	293.854	280.532	286.905

Tabella 1- Produzione elettrica lorda per fonte di energia in Italia espressa in GWh (ARERA, 2021)

Come è evidente la produzione energetica è attualmente sospinta dalle energie non rinnovabili anche se si può evincere una tendenza in calo dal 2018 al 2020 nell'utilizzo di queste energie. I dati presenti nel 2021 sono dati provvisori e non appuratamene definiti. Nei prossimi paragrafi, andrò ad effettuare un'analisi più dettagliata delle due fonti energetiche.

2.1 Le fonti fossili

Le fonti energetiche fossili si identificano in tutti quei prodotti di origine petrolifera, tra questi ritroviamo in particolare olio combustibile, orimulsion (combustibile fossile a base di bitume), distillati leggeri, gasolio, coke di petrolio e altri residui della lavorazione del petrolio. Queste fonti come ormai noto sono non rinnovabili e con il tempo sono destinate ad esaurirsi; non solo, queste causano importanti effetti sull'ambiente con l'incremento delle emissioni di CO₂ dovute al loro impiego e utilizzo. Il principale danno è causato infatti dalla generazione di gas serra, che vengono prodotti per l'appunto dall'utilizzo di fonti fossili, incentivando un incremento della riflessione solare all'interno dell'atmosfera e di conseguenza provocando un innalzamento della temperatura nel nostro pianeta. Tale innalzamento termico sta causando lo scioglimento dei ghiacciai ai poli e di conseguenza l'estinzione di molte specie animali non in grado di adattarsi a tali cambiamenti climatici in tutto il mondo (Ranjit Barua et al, 2022).

Secondo una stima si presume che con i livelli di consumo energetico attuale nel mondo, le riserve di petrolio si esauriranno entro il 2052, le riserve di gas nel 2060, mentre le riserve di carbone termineranno nel 2088 (Kalair Anam et al, 2020). Questi dati sono da trattare con le dovute cautele in quanto il progresso tecnologico potrebbe portare alla scoperta di nuove tecnologie di estrazione, ma è comunque fondamentale avere la consapevolezza di ciò che potrebbe accadere nel prossimo futuro.

L'Italia è uno dei paesi con maggior utilizzo di energia da fonti fossili proveniente dall'estero. Solo nel 2021 il fabbisogno energetico è stato colmato per il 77% da energia proveniente dalle importazioni di combustibili fossili mentre il restante 23% è prodotto all'interno del paese e non solo da fonti fossili (Italy for climate, 2022). Andando ad analizzare caso per caso il comparto delle energie fossili possiamo notare secondo l'elaborazione di dati del MITE che il nostro paese è autosufficiente solo per un 5% dell'energia fossile che consuma. Il restante fabbisogno viene soddisfatto con approvvigionamenti dalla Russia che ne apporta il 25% e da altri paesi come Algeria 15%, Azerbaijan 13%, Libia 9%, Iraq 6%, Qatar e Arabia Saudita 4% rispettivamente e infine si ottengono rifornimenti da USA 3% e Nigeria 2%.

A fronte di tali percentuali che analizzano la totalità dell'energia fossile bisogna distinguere le fonti; infatti, la Russia fornisce quasi la totalità di carbone e gas ed è il terzo fornitore di petrolio per l'Italia. Altri paesi come Algeria invece forniscono principalmente gas mentre Azerbaijan e Libia forniscono principalmente petrolio. Valutando ogni singola fonte si può evincere che l'Italia ha basse produzioni di queste energie, infatti se si parla di gas, la sua produzione si attesta intorno al 4%, contro il 96% del fabbisogno che viene importato, dati simili si riscontrano poi per il petrolio dove la produzione nazionale si attesta al 7% con il 93% importato, mentre per il carbone si ha la totalità di materia prima proveniente dall'estero.

È emerso che se da domani non percepissimo più queste fonti dall'estero, l'Italia con l'utilizzo delle fonti fossili autoprodotte avrebbe un'indipendenza energetica molto ridotta. La stima più preoccupante riguarda il gas: senza approvvigionamenti esterni avremmo un'autonomia di soli 7 mesi, con possibili riserve non certe si potrebbe arrivare ad un'autonomia di 11 mesi. Per quanto concerne le riserve accertate di petrolio greggio si stima un'autosufficienza pari a 16 mesi estesi a 30 se si considerano anche le possibili riserve non certe, ma ipotizzabili secondo schemi previsionali (Italy for climate, 2022).

I target Europei definiti dal pacchetto di proposte del 18 dicembre 2020 riportano 17 obiettivi prefissati dall'Agenda 2030 che spaziano su differenti tematiche come clima, ambiente, uso del suolo, trasporti e fiscalità. In tale ambito ci si pone l'obiettivo di "ridurre le emissioni nette di gas a effetto serra di almeno il 55 % entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990" come afferma il comunicato stampa del 14 luglio 2021 della Commissione Europea emanato da Bruxelles (Commissione Europea, 2021). Questo è un tassello fondamentale per il futuro del cambiamento climatico, dato che tale scelta predispone a dei cambiamenti sostanziali nell'utilizzo delle fonti fossili e spingerà i membri dell'Unione Europea a puntare su altre fonti di approvvigionamento energetico sempre più orientati in favore delle energie rinnovabili.

Complici di questo cambiamento nell'ultimo anno, sono anche le tensioni geopolitiche causate dalla guerra tra Russia e Ucraina scoppiata nel febbraio 2022. L'Europa e con essa anche l'Italia, reduce da due anni di pandemia con le conseguenti ripercussioni economiche, ora si trova nuovamente a far fronte a problemi economici, ma in questo

caso legati ai costi energetici (Domenico De Vincenzo, 2022). Nei giorni successivi al conflitto l'Europa si è adoperata per l'istituzione di una procedura per l'approvazione di REPower EU. Questo presenta un piano di emergenza in cui l'Unione Europea si impegna a diventare indipendente dagli approvvigionamenti di gas russo entro il 2030. Questo prevede una serie di adempimenti volti alla riduzione dei combustibili fossili e all'impiego di nuove energie rinnovabili in sostituzione ad esse (Commissione europea, 2022). L'Italia come altri paesi aveva puntato molto sugli approvvigionamenti russi per il processo di decarbonizzazione, previsto dall'Agenda 2030, attualmente si sta avendo una riduzione importante dei rifornimenti e questo potrebbe continuare per un periodo di tempo imprecisato.

Si può inoltre azzardare l'ipotesi che questa drastica riduzione delle forniture possa essere un incentivo per il raggiungimento degli obiettivi prefissati dall'Unione Europea, ma questo lo si potrà definire solo nel tempo.

Da questo breve excursus appaiono ben chiare le motivazioni per il quale queste fonti dovranno essere abbandonate e sostituite da fonti energetiche più sostenibili.

2.2 Le fonti rinnovabili

Come affermato in precedenza le fonti rinnovabili sono fortemente incentivate in questi ultimi anni, complici le politiche ambientaliste perseguite dal Parlamento europeo e le situazioni geopolitiche vistesì creare nell'ultimo periodo.

Con il termine energia rinnovabile si identifica una produzione di energia ottenuta partendo da fonti inesauribili, un esempio lampante di tali fonti sono la radiazione solare, il vento, l'acqua, l'energia geotermica e l'energia proveniente da biomassa. Da sempre presenti nell'ambiente terrestre, ma mai pienamente utilizzate, utilizzo delle energie rinnovabili va incontro a una maggior sostenibilità anche abbattendo gli sprechi e incrementando il riutilizzo e la generazione di nuova forma alla materia, come nel caso delle biomasse, incentivando anche un'ottica di economia circolare (Amirante Paolo, 2021).

Analizzando le fonti rinnovabili ci si trova di fronte ad un'ampia eterogeneità: attualmente per l'Italia la produzione energetica apportata da tali fonti è differente come è possibile notare dall'istogramma riportato nel Grafico 1.

POTENZA COMPLESSIVA INSTALLATA DA FONTI RINNOVABILI

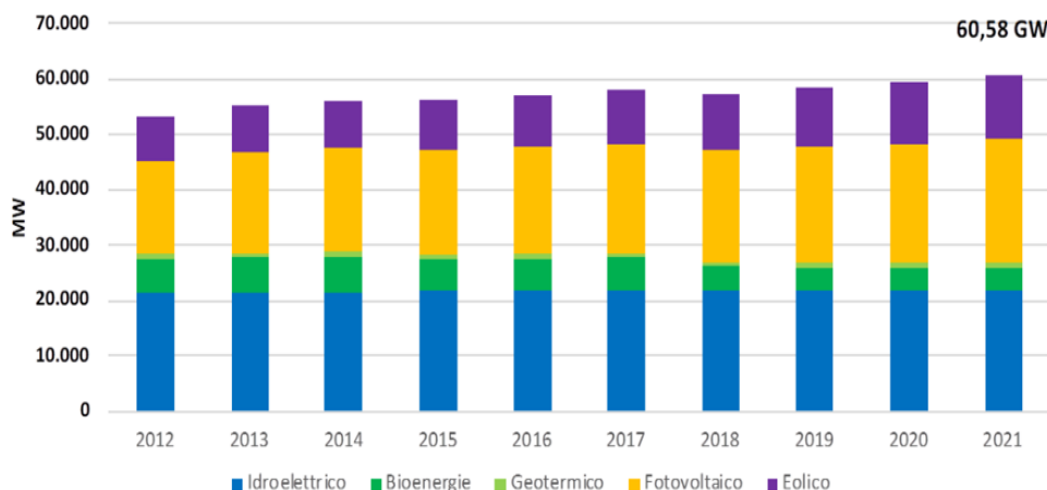


Grafico 1- Dimensioni degli impianti installati in Italia di energie rinnovabili differenziate per fonte di approvvigionamento (Politecnico Milano, 2021)

L'utilizzo delle fonti rinnovabili richiede diversi studi in quanto queste fonti sono soggette ad un processo di sviluppo continuo per incrementare le prestazioni energetiche ottenibili.

Attualmente in Italia si stanno seguendo vari filoni di ricerca per le energie rinnovabili ed uno particolarmente importante è l'utilizzo di gas, tra cui l'idrogeno, per la sostituzione delle fonti fossili. Questa potrebbe essere una chiave di svolta per tutte le imprese del settore manifatturiero che utilizzano altiforni industriali e in tal modo potrebbero essere sostituiti da forni alimentati ad idrogeno (Olmi Fabio, 2020).

Analizzando poi i dati relativi alle biomasse riciclate, si è osservata una capacità di riciclaggio in Italia pari al 79% molto maggiore rispetto alle medie europee. Valutando il comparto del riciclo, ed in particolare la frazione organica, si può evincere un notevole incremento del suo riciclo aumentato in una decina di anni di 4 milioni di tonnellate (Olmi Fabio, 2021). In questo modo viene data nuova vita alla frazione organica che in seguito

a processi di degradazione svolti da batteri in ambiente con umidità, temperatura e ossigenazione controllati, portano alla produzione di compost, fertilizzante organico, e alla produzione di gas metano, il tutto partendo da una frazione di rifiuti solidi urbani altrimenti inutilizzata. Questo permette di ridurre gli impatti ambientali e incentivare una corretta raccolta differenziata a scopo di incrementare anche la produzione di energia rinnovabile.

Per quanto concerne il settore dell'idroelettrico prima dell'avvento del fotovoltaico era ed è ancora la principale fonte rinnovabile in Italia ed in Europa. Essa sfrutta l'energia potenziale dell'acqua all'interno di fiumi, laghi o bacini idrici, e rappresenta una delle fonti rinnovabili più antiche nella storia umana. Nel nostro paese nel 2018 erano presenti 308 impianti di grandi dimensioni secondo i dati GSE (Gestore dei Sistemi Elettrici) a cui è attribuibile il 15% dell'energia nazionale prodotta grazie alle oltre 4000 centrali dislocate nel territorio nazionale (Rapporto GSE, 2018). L'idroelettrico, secondo le stime, non si appresta a raddoppiare durante la transizione ecologica, ma rimarrà una delle energie rinnovabili portanti del nostro sistema elettrico nazionale.

La seconda energia rinnovabile per sfruttamento a livello nazionale è il fotovoltaico, il cui primo impianto risale alla fine degli anni 70'. Per la sua diffusione si è poi atteso fino al 1990, e da lì in poi si sono susseguite una serie di incentivazioni statali atte a favorire la diffusione dell'installazione dei pannelli fotovoltaici per la produzione di energia elettrica. Prima è stata data priorità agli impianti sui tetti delle abitazioni civili e in seguito si è passati all'installazione di pannelli fotovoltaici a terra, con un notevole impatto sui terreni ad indirizzo agricolo. Molte aziende vedendo l'evidente incremento delle entrate derivanti da questo tipo di diversificazione del terreno agricolo hanno aumentato le superfici a disposizione di tali impianti a discapito della produzione agricola a fini alimentari. Questo abbandono dell'utilizzo del suolo sottostante ai pannelli ha causato in molte aree l'impoverimento dei terreni e la riduzione della fertilità degli stessi. L'Italia attualmente pone dei vincoli per l'installazione di impianti fotovoltaici a terra regolati dall'articolo 65 del D.L. 1/2012 il quale prevede nel comma 1 un generalizzato divieto di accesso agli incentivi per gli impianti solari fotovoltaici con moduli collocati a terra in aree agricole. Attualmente questo decreto-legge è stato abolito dal D.L. 17/2022 il quale dà la possibilità di effettuare un impianto fotovoltaico a terra, ma solo su una superficie

aziendale non superiore al 10% della stessa (Legislazione tecnica). Dal 2009 al 2018 il numero degli impianti è circa di doppio con una capacità installata al 2018 pari a 20,12 GW (Regalgrid, 2020). Questi numeri sono destinati a crescere incentivati dall'impiego di nuove forme e tipologie di impianti che vedono al centro l'utilizzo di pannelli fotovoltaici.

Nel quadro delle fonti rinnovabili ritroviamo anche l'energia eolica con impianti situati in aree strategiche soggette a grandi spostamenti d'aria, tali ubicazioni devono essere studiate attentamente in quanto non vi devono essere barriere al passaggio del vento. In Italia si produce circa il 6 % di energia con tale fonte e si presuppone che con la transizione il numero di impianti possa raddoppiare, attualmente l'eolico rappresenta in termini di potenza energetica il 90,5% nelle regioni di Campania, Puglia, Basilicata, Calabria, Sicilia e Sardegna (QualEnergia 1).

Anche l'energia geotermica è presente principalmente in determinate regioni ed in particolare in Toscana dove sono collocate le principali centrali geotermiche del nostro paese e rappresenta una delle energie rinnovabili maggiormente utilizzate. Questa sfrutta l'energia termica derivante dalle reazioni presenti nel terreno, infatti il suolo incrementa la sua temperatura di tre gradi ogni cento metri, l'acqua passando in profondità tra le rocce si scalda diventando vapore e questo è usato come fonte per creare energia grazie a delle turbine, tale energia poi è destinata al riscaldamento delle abitazioni. Si possono distinguere diverse tipologie di centrali geotermiche in base all'intensità di entropia che è presente nella zona dell'impianto. Infatti, si distinguono in centrali di alta, media e bassa entropia, le prime maggiormente presenti in zone vulcaniche o con la creazione di geyser con temperature attorno ai 150 °C, le seconde con temperature che si attestano sui 90 e i 150 °C, mentre le terze presentano una temperatura che oscilla tra i 30 e i 90 °C (Iren luce e gas). Le fonti geotermiche influiscono meno rispetto alle altre energie rinnovabili, ma anch'esse partecipano alla creazione di un sistema energetico più green.

L'Italia, infatti, per promuovere la sostenibilità in ambito energetico si sta avvalendo di alcuni piani. In particolare, si fa riferimento al PNIEC (Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima) il quale si occupa della programmazione energetica nazionale e prevede investimenti sia pubblici che privati, atti all'incentivazione della transizione ecologica. Questo pone principalmente l'obiettivo di incentivare l'utilizzo delle risorse

rinnovabili per la movimentazione dei trasporti, in tale caso l'unione europea propone una soglia per tutti i paesi dell'UE pari al 14%, l'Italia invece pone il suo obiettivo al 22% entro il 2030. Altre sfide sono state poste da tale piano come l'utilizzo di energie rinnovabili, utilizzate per il riscaldamento o la refrigerazione con un incremento pari al +1,3% annuo e la riduzione dei consumi energetici finali pari al 0,8% con politiche mirate all'utilizzo di trasporti pubblici o utilizzo di mezzi che abbiano un basso impatto ambientale. Vi è inoltre il PNRR già citato in precedenza anch'esso con il medesimo obiettivo, ed infine troviamo la Long Term Strategy identificata come la strategia italiana a lungo termine sulla riduzione delle emissioni di gas climalteranti entro il 2050 (GSE, Benedetti et al, 2021).

A promuovere e incentivare la transizione energetica vi sono anche le CER (Comunità Energetiche Rinnovabili) fondamentale per la velocizzazione della transizione. Le CER svolgono un ruolo importante di gestione dei progetti energetici e valutano i benefici che apportano al territorio in cui vengono poi realizzati tali impianti. Il termine transizione in questo periodo è una delle parole chiave nel settore energetico in quanto attualmente si ha la necessità di riconvertire le tecnologie ormai obsolete con quelle recentemente scoperte. Questo porta a un passaggio dalle grandi centrali energetiche presenti in aree specifiche del territorio, a una produzione di energia basata su piccole unità produttive, ma dislocate in tutto il paese. Negli ultimi anni queste realtà si stanno diffondendo e sono nate a opera di cooperative o gruppi di acquisto, i quali, hanno visto il potenziale delle energie rinnovabili. Tali iniziative prevedono anche il coinvolgimento dei cittadini locali per l'installazione e la scelta dell'approvvigionamento energetico derivante da fonti rinnovabili. Nel 2018 infatti l'Unione Europea si era espressa in merito rilasciando due direttive la (UE) 2001/2018 mirata all'incentivo di utilizzo delle fonti rinnovabili definita (RED II) e la Direttiva (UE) 944/2019 per quanto concerne le norme comuni per il mercato dell'energia elettrica (IEM), definite nel quadro del Clean Energy Package (Sciullo Alessandro, 2022). La RED II riconosce diverse metodologie di partecipazione della comunità per l'incentivazione all'utilizzo e alla produzione delle risorse rinnovabili, prima tra tutte è il cosiddetto individuo che autoproduce energia rinnovabile e di conseguenza la utilizza e parte dell'energia inutilizzata può essere o immagazzinata o venduta. Si possono avere modelli definiti di autoconsumo collettivo nel caso in cui all'interno dello stesso stabile vi siano almeno due auto consumatori di energia

rinnovabile, mentre si parla di comunità energetica rinnovabile quando si ha la partecipazione di un soggetto giuridico che produce energia autonomamente: questo è supervisionato da azionisti. L'obiettivo principale di queste CER è preservare l'ambiente valutando anche gli aspetti di carattere economico e sociale. Tali direttive sono poi state recepite in due fasi dall'Italia, in particolare si ricorda il D. lgs. 199/2012 con il quale si ha avuto il recepimento finale delle direttive citate precedentemente. Questo ha inserito due vincoli tecnici cautelativi in merito ai termini di sostenibilità ambientale e sociale, riguardanti la potenza degli impianti che non possono superare i 200 Kw, e la cabina di trasformazione di Media Tensione/Bassa Tensione deve rientrare nell'ambito territoriale della comunità. Attualmente con il nuovo decreto 199/2021 si valuta una potenza massima di 1 MW. Attualmente in Italia sono presenti 26 comunità energetiche rinnovabili e si presume che possano aumentare ulteriormente nei prossimi anni.

2.2.1 Energia da fonti rinnovabili prodotta nel settore agricolo

L'agricoltura non si tira indietro a fronte della transizione ecologica, anzi rappresenta una chiave di svolta per la riduzione delle emissioni che da sempre è accusata di produrre in modo eccessivo. Complice il cambiamento dei tempi anche il mondo agricolo, coinvolto in prima linea dal progresso tecnologico che si sta diffondendo in questo settore con l'utilizzo di macchinari, attrezzi, droni, che tramite l'ausilio di foto satellitari e mappature del terreno rendono attuabile un'agricoltura di precisione riuscendo a localizzare i trattamenti solo dove necessario.

Al momento grazie al Green Deal, o come definito in Italia "programma verde" sono stati stabiliti gli obiettivi europei per raggiungere la neutralità climatica entro il 2050, promuovendo leggi sull'economia circolare, sulla tutela della biodiversità e sull'agricoltura oltre che sull'innovazione (Commissione Europea, 2019).

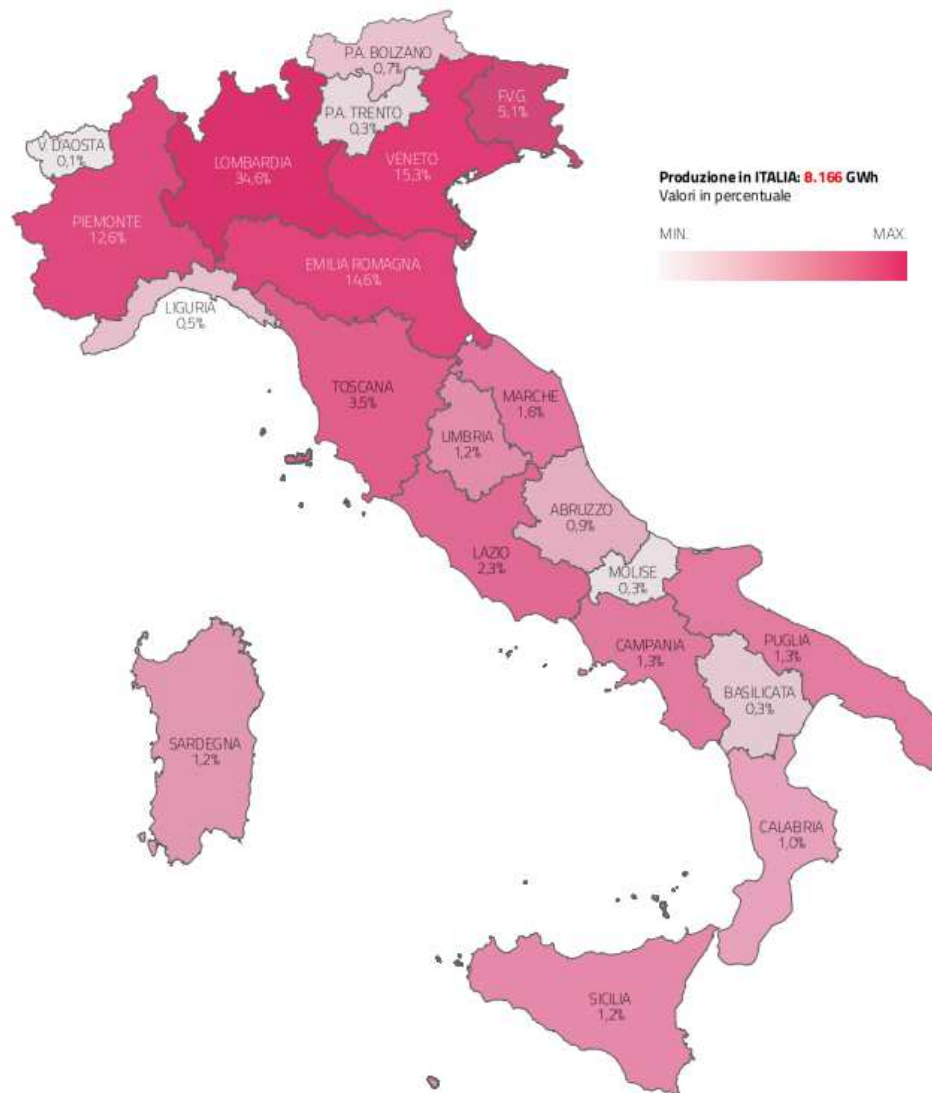
Attualmente l'agricoltura si impegna ad incentivare la sostenibilità non solo ambientale, come con l'adozione di politiche di riduzione dei prodotti fitosanitari e degli antibiotici, oltre all'integrazione di energie rinnovabili secondo gli obiettivi di Agenda 2030 per soddisfare i fabbisogni energetici aziendali e della collettività.

2.2.1.1 Impianti a biogas

In particolare, ricordiamo l'utilizzo di digestori e impianti a biogas, che utilizzano materiali di scarto degli allevamenti di bestiame, in particolare letame e liquame che verrà in seguito addizionato a colture energetiche, oppure in altri casi si ha l'impiego di scarti organici. Tali materiali creano la "dieta" del digestore: questi prodotti al suo interno seguono una serie di trasformazioni ad opera di batteri, che degradano la sostanza organica in composti come idrogeno, acido acetico e anidride carbonica. In seguito a tale processo subentrano i batteri metanogeni che determinano la degradazione finale dei prodotti e portano alla produzione di metano definito anche comunemente biogas (Veneto agricoltura). Vi possono essere due tipologie di digestori a seconda del contenuto di sostanza secca dei materiali introdotti. Il digestore umido, che ha una dieta con una percentuale di sostanza secca inferiore al 10, mentre il digestore secco ha una percentuale di sostanza secca superiore al 20%. Solitamente la maggioranza dei digestori utilizza la prima in quanto si presta maggiormente all'utilizzo di scarti zootecnici come liquami (Nextville).

Il biogas si rivela un combustibile rinnovabile avente un potere calorifico ottimale e può essere utilizzato per la creazione di calore e di elettricità tal quale grazie all'impiego di motori cogenerativi. Per essere utilizzato nei trasporti e inviato alle cabine di rifornimento o immesso nelle reti di distribuzione, deve subire un trattamento di purificazione per incrementare ulteriormente il suo potere calorifico ottenendo così il biometano. Ultimamente grazie allo studio e alla determinazione di alcune ditte produttrici sono state create macchine agricole alimentate a biometano: questo rende la filiera agricola circolare, riuscendo a produrre dagli scarti agricoli una materia ideale all'alimentazione delle macchine necessarie ai lavori da adempiere in azienda ed avere un impatto ambientale quasi nullo in quanto a produzione di CO₂. Attualmente in Italia sono presenti più di 1500 impianti di biogas, ma si presume che possano continuare a crescere nei prossimi anni (Non solo ambiente).

La distribuzione degli impianti si evidenzia in Figura 1, questa varia da regione a regione, con una maggior intensificazione nel nord Italia in concomitanza alla maggiore presenza di allevamenti.



Fonte: elaborazioni GSE su dati Terna

Figura 1- Distribuzione regionale della produzione elettrica degli impianti alimentati da biogas nel 2020 (Alessio Agrillo et al, 2022)

Questa energia green, infatti, potrebbe diventare la terza fonte energetica rinnovabile maggiormente utilizzata congiuntamente all'energia fotovoltaica ed eolica.

2.2.1.2 Biomasse

Nel 2017 le biomasse solide rappresentavano la principale fonte rinnovabile italiana secondo l'associazione Italiana energie agroforestali. Per tali scopi si utilizza principalmente legna da ardere cippato e pellet, che oltre ad alimentare stufe a pellet e caminetti per riscaldare le abitazioni, possono alimentare anche caldaie ad uso domestico, ma non solo, possono alimentare anche delle vere e proprie centrali con biomassa legnosa proveniente da residui di legname trinciato.

La produzione di energia elettrica deriva da un processo termico iniziale di combustione, nel quale l'efficienza è maggiore in base al rapporto C/N presente nella materia destinata alla combustione, che deve essere superiore al 30% ed avere un contenuto di umidità percentuale inferiore a 30%. Con il processo di combustione si ha la produzione di calore indispensabile per trasformare l'acqua presente nei circuiti termodinamici in vapore. Il vapore generato poi aziona una turbina, la quale produce corrente elettrica alternata e prima della sua immissione in rete deve essere inviata ad un trasformatore in grado di elevare la sua tensione. Il vapore utilizzato in tale processo poi viene condensato in acqua che viene depositata nel serbatoio di stoccaggio (Vivi energia, 2020). Questa tipologia di energia è rinnovabile e la CO₂ immessa nell'ambiente è pari a quella sequestrata dalla pianta durante la durata del suo ciclo vitale, ma da alcuni potrebbe non sembrare puramente sostenibile in quanto per la creazione di legna da ardere i tempi di turnover degli impianti sono elevati. Tale produzione energetica non risulterebbe più del tutto sostenibile se per l'alimentazione di tali impianti bisognasse sfruttare fonti di approvvigionamento estere con ulteriori immissioni di gas serra causati dall'importazione ed in particolare il trasporto. In alternativa si possono utilizzare determinate essenze con un indice di accrescimento più elevato rispetto a quelle impiegate attualmente.

2.2.1.3 Fotovoltaico

Attualmente l'Italia si sta spostando verso l'utilizzo di altre fonti rinnovabili meno legate alla conformazione geologica del territorio, ma bensì a fonti comuni e presenti a livello nazionale.

Infatti, grazie PNRR, - piano sottoscritto dal governo italiano per definire gli investimenti che verranno effettuati in seguito alla recezione dei fondi europei che arriveranno nel programma Next generation EU - l'Italia sta attuando diverse politiche per l'approvvigionamento energetico da fonti rinnovabili, tra le quali incentivi a fondo perduto per la creazione di impianti fotovoltaici su edifici agricoli già esistenti pari a 1,5 miliardi di euro (Open police). Tali impianti fotovoltaici sono definiti con il termine "Parco Agrisolare" come definito dal decreto 25 marzo 2022 numero 140119 (Gazzetta ufficiale, n°149, 2022). Circa il 40 % di questi fondi sarà destinato alle regioni del centro-sud Italia come Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Molise, Puglia, Sardegna e Sicilia, in quanto presentano un clima che si presta ad usufruire maggiormente della radiazione solare durante l'intero anno.

Le imprese agricole che possono beneficiare di tali incentivi devono essere gestite da imprenditori agricoli individuali o società, imprese agroindustriali o cooperative agricole, operanti nel settore primario, gli impianti devono essere ubicati in edifici produttivi nel settore agricolo, zootecnico e agroindustriale. Tale bando inoltre incentiva maggiormente i giovani insediati in agricoltura, giovani fino ai quarant'anni che hanno effettuato il primo insediamento in azienda da non più di cinque anni.

Ogni azienda che rispecchi determinati prerequisiti riportati nel decreto precedentemente citato può effettuare domanda entro il 27 ottobre 2022. Questa può essere un'ulteriore opportunità per le aziende in quanto il voltaggio dell'impianto viene commisurato in base alle reali esigenze dell'azienda. A tale riguardo sono stati posti dei vincoli tra cui la costruzione ex novo dell'impianto il quale deve presentare una potenza di picco minima pari a 6 kWp e non superiore a 500 kWp. Tali potenze sono calcolate sulla base delle potenze nominali di ogni modulo che andrà a comporre il generatore fotovoltaico misurate in STC (Standard Test Condition).

Il Parco Agrisolare rappresenta un'ottima opportunità per sfruttare le superfici esistenti e inutilizzate dei tetti di stalle, serre o altri edifici rurali senza ricorrere alla creazione di nuovi impianti con l'unico scopo di produrre energia. In questo caso si è in grado di convogliare due importanti aspetti legati in primis all'efficientamento energetico, in quanto, le imprese agricole possono avere un auto-provvigionamento energetico direttamente in azienda avendo al contempo una Carbon footprint minore, non solo, gli edifici sul quale sono situati tali impianti vedono il loro reddito immobiliare aumentare. Inoltre, considerando che per la costruzione di un Parco Agrisolare sono richiesti investimenti di capitali considerevoli per un'impresa, nonostante i fondi perduti messi a disposizione, è importante considerare che tali impianti sono in grado di ammortizzarsi nell'arco di pochi anni.

Come si può vedere considerando le possibilità qui elencate, esistono alternative ecosostenibili nel mondo agricolo per la produzione di energia elettrica, e sta solo allo Stato e alle imprese agricole mettersi all'avanguardia con i tempi scegliendo la tipologia di impianto più adatta all'areale di produzione aziendale e alle materie reperibili in aree limitrofe alle aziende in questione nel caso di biogas e in base all'esposizione nel caso di Parco Agrisolare. Un'alternativa innovativa che sfrutta anch'essa la radiazione solare è l'agrivoltaico il quale verrà ampiamente discusso nei capitoli a seguire.

3 L'agrivoltaico

La maggioranza delle persone ha visto o è a conoscenza di come è costituito un impianto fotovoltaico a terra o su edifici. Attualmente si stanno diffondendo dei nuovi sistemi di impiego della radiazione solare come il Parco Agrisolare (descritto in precedenza) e l'agrivoltaico.

L'agrivoltaico, infatti, è diverso dal fotovoltaico a terra in quanto, quest'ultimo, è orientato ad un principio che privilegia la produzione di energia al più basso costo possibile. In un impianto fotovoltaico classico i moduli sono molto vicini tra loro ottenendo così una superficie di ombreggiamento minima e massimizzando l'uso del suolo. Per tali motivi questi impianti non si prestano ad una seconda attività del terreno sottostante all'impianto, come avviene invece nell'agrivoltaico (Guastella Salvatore et al, 2022).

3.1 Cos'è un impianto agrivoltaico

L'agrivoltaico è una nuova forma di utilizzo dell'energia fotovoltaica che, a differenza dei comuni impianti fotovoltaici a terra, mira ad integrare la produzione agricola con la produzione energetica. Tale sistema è stato definito come “un impianto fotovoltaico che adotta soluzioni volte a preservare la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale sul sito di interesse” come riportato nelle linee guida in materia di impianti agrivoltaici (Scognamiglio, 2022).

In altri termini l'agrivoltaico si basa sul connubio tra due realtà: quella energetica e quella agricola. Tale risultato viene raggiunto con l'ubicazione di un impianto fotovoltaico a terra su terreni agricoli, i quali vengono contemporaneamente impiegati per la coltivazione o per il pascolo, garantendo una continuità della produzione agricola (vedasi Figura 2). Questo è un aspetto del tutto innovativo in quanto gli impianti fotovoltaici convenzionali installati su terreni agricoli ne impedivano la coltivazione (Caprotti, 2021).



Figura 2- Immagine di un impianto agrivoltaico su vite (Kenergia, 2022)

L'utilizzo dell'agrivoltaico permette l'approvvigionamento di energia rinnovabile da parte dell'azienda che la produce e consente quindi una diversificazione delle fonti di reddito nel comparto agricolo, aspetto non trascurabile se si considerano le problematiche attuali legate alle produzioni sempre più incerte a causa dei cambiamenti climatici.

La definizione di agrivoltaico viene inoltre ampliata quando si parla di un impianto agrivoltaico avanzato, che introduce soluzioni per salvaguardare l'attività agricola. Tra queste abbiamo l'installazione di moduli a una data altezza da terra per facilitare il transito delle attrezzature agricole o del bestiame oppure prevedere la possibile rotazione dei moduli a inseguimento. Tali tecnologie fotovoltaiche si prestano anche al possibile impiego nell'agricoltura di precisione "*precision farming*" (Meloni Emanuele, 2021). I sistemi agrivoltaici inoltre prevedono la presenza di sistemi di monitoraggio che sono importanti nella definizione del risparmio idrico, nel verificare i possibili effetti collaterali sulle colture, nonché verificare le rese produttive per coltura e l'effettivo proseguimento delle attività aziendali agricole su tali impianti. Questi monitoraggi hanno lo scopo anche di valutare il possibile incremento di fertilità del suolo in terreni in cui vi era un impianto fotovoltaico tradizionale. Il monitoraggio dà la possibilità di valutare anche il microclima che si può generare tra il suolo e i moduli fotovoltaici, nonché stimare

il possibile effetto sulla coltivazione preservandola o mitigando gli eventuali effetti causati dai cambiamenti climatici sempre più presenti in questi anni.

I sistemi agrivoltaici avanzati presentano un adeguato equilibrio tra la produzione energetica e la produzione agricola, questo grazie all'impiego di soluzioni tecnologiche studiate per garantire un'equa produzione incentivando entrambi i sistemi produttivi.

Prima di definire com'è propriamente costituito un impianto agrivoltaico è necessario stabilire gli spazi che saranno predisposti alla coltivazione e le aree occupate dalle infrastrutture per il supporto dei moduli fotovoltaici. In particolare, si fa riferimento a quattro misurazioni per la progettazione di un impianto agrivoltaico:

- *Volume agrivoltaico*: definito anche da alcuni ricercatori “spazio poro”, è riferito all'area in cui si svolge l'attività agricola, viene calcolato definendo il volume in riferimento alla superficie di investimento del sistema agrivoltaico e l'altezza minima tra i moduli e il terreno;
- *Superficie totale di ingombro dell'impianto*: è identificata come la somma delle superfici comprendenti la maggiore superficie di intralcio di tutti i singoli moduli fotovoltaici che formano l'impianto, tale misurazione è indicata dalla sigla S_{pv} ;
- *Superficie di un sistema agrivoltaico*: rappresenta la totalità della superficie in cui è presente l'impianto compresa sia l'area coltivata che l'area adibita all'impianto, espressa con la sigla S_{tot} ;
- *Altezza minima dei moduli fotovoltaici rispetto al suolo*: è la lunghezza che intercorre tra il terreno e il bordo inferiore dei moduli fotovoltaici. Nel caso siano collocati pannelli a inseguimento continuo si valuta l'altezza del bordo alla massima inclinazione possibile, mentre se vi è la presenza di moduli con altezza regolabile si prende in considerazione la media delle altezze utilizzate in tale impianto.

Queste definizioni sono rese disponibili nelle linee guida in materia di impianti agrivoltaici 2022, p.4-5 (MITE a, 2022).

Un impianto agrivoltaico per essere definito come tale deve rispettare determinati obbiettivi in parte citati precedentemente, tra questi ritroviamo la necessità di:

- Incrementare la diversificazione del reddito dando rinforzo al reddito generato dalle attività agricole attuate dalle aziende;
- Incentivare una coltivazione efficiente, preservando la produttività delle colture e riducendo le problematiche legate ad avversità climatiche ed evidenziando gli aspetti positivi legati all'evaporazione ed alla riduzione di luminosità nell'area sottostante i moduli;
- Incrementare la fornitura energetica derivante da fotovoltaico sull'intero territorio nazionale;
- Diminuire le spese relative alla conduzione di tali sistemi in quanto praticati da personale aziendale (Guastella Salvatore, 2022).

Gli impianti agrivoltaici inoltre devono seguire le linee guida definite dal MITE le quali prevedono il rispetto di alcuni requisiti che definiscono le finalità di tale realizzazione.

Tali requisiti sono cinque (indicati con le prime lettere dell'alfabeto):

- Requisito A: prevede che la progettazione dell'impianto avvenga considerando la predisposizione spaziale dell'impianto stesso e le più adeguate tecniche per favorire un'adatta coesione tra produzione agricola ed energetica;
- Requisito B: tali sistemi durante il loro ciclo di vita devono garantire una simultanea produzione di energia elettrica e allo stesso tempo una adeguata produzione agricola, senza pregiudicare il mantenimento delle attività agricole e pastorali;
- Requisito C: tali impianti devono predisporre misure all'avanguardia tramite l'introduzione di moduli con una determinata altezza che consenta la

movimentazione di attrezzature agricole e che riesca ad incrementare l'efficienza dell'intero sistema incentivando anche la produzione energetica;

- Requisito D: il sistema agrivoltaico deve predisporre di una rete di monitoraggio al fine di valutare i suoi effetti sulle colture, valutare l'efficientamento idrico, le rese agronomiche delle colture e il mantenimento delle attività collegate all'azienda agricola;
- Requisito E: oltre a rispettare quanto indicato nel requisito D, deve essere predisposto il monitoraggio del ripristino della fertilità del terreno, la valutazione microclimatica e la resistenza della coltura ai cambiamenti climatici.

Il rispetto di due o più requisiti precedentemente citati determina l'affiliazione della definizione di: “agrivoltaico” se rispettati i requisiti A, B e D, di “impianto agrivoltaico avanzato” se rispettati i requisiti A, B, C, D come riportato nel decreto-legge 24 gennaio 2012, nell'articolo 65, comma 1- quarter e 1- quinquies. Tale prerogativa definisce l'accesso agli incentivi forniti dallo Stato. Infine, se tutti i requisiti sono rispettati si ottiene il prerequisito di accesso ai possibili fondi stanziati dal piano nazionale ripresa e resilienza definito nel decreto legislativo numero 199 del 2021 Parte I, linee guida in materia di impianti agrivoltaici 2022 p.19-20 (MITE a, 2022).

Tali requisiti verranno poi ripresi in seguito quando si analizzeranno gli aspetti impiantistici di tali sistemi.

L'agrivoltaico rappresenta un modo innovativo per coniugare produzione energetica e agraria permettendo l'utilizzazione di nuove tecnologie legate all'agricoltura di precisione grazie all'ausilio di sensori e macchinari automatizzati. Tali innovazioni permettono anche la riduzione dell'impatto ambientale, in quanto un sistema agrivoltaico potrebbe definirsi anche “agrivoltaico agroecologico” dal momento in cui tali sistemi oltre che a fungere da investimenti economici possono essere considerati come elementi importanti per la gestione del territorio. Questi impianti possono influire positivamente sui servizi ecosistemici creando energia sostenibile e avvantaggiando le produzioni aziendali mirando ad incrementare anche la qualità delle produzioni sfruttando i possibili benefici che un impianto agrivoltaico può dare alle colture sottostanti i pannelli.

L'agrivoltaico risulta essere un importante alleato nel settore agricolo sia nell'aspetto ecologico, permettendo la riduzione e il controllo delle infestanti, sia nella tutela degli insetti pronubi, ma non solo, apporta anche un incremento di reddito all'azienda e può permettere l'attuazione delle programmazioni PAC (Di Simine Damiano et al, 2020).

Tali sistemi risultano flessibili e adattabili ai diversi areali di coltivazione nel nostro paese ed alle differenti tipologie di aziende nonché alle loro attività produttive, il ruolo fondamentale è svolto dall'equilibrio che si deve creare tra produzione agricola ed energetica.

In Italia oltre a piccoli scenari produttivi sono presenti grandi aziende intensive situate maggiormente nel nord del paese producendo foraggi per l'industria mangimistica e aziende estensive poste principalmente nel centro sud del paese e caratterizzate da grandi aree destinate al pascolo del bestiame. Entrambe queste situazioni possono essere integrate in sistemi agrivoltaici, tale alternativa potrebbe essere una soluzione per la riduzione delle importazioni nel settore mangimistico garantendo l'utilizzo di materie prime locali e favorendo un adeguata gestione dei nitrati in tali aree potendo usufruire di una maggiore estensione per lo spandimento (Di Simine Damiano et al, 2020) La produzione foraggera, come altre produzioni, deve garantire un proficuo utilizzo delle risorse stanziare dalla nuova PAC, portando a stabilizzare i fondi in modo sostenibile per garantire l'adesione della condizionalità rafforzata e degli ecoschemi. In un settore delicato come quello del comparto zootecnico tale visione e adozione sostenibile risulta quanto più necessaria, l'impiego dell'agrivoltaico può portare nell'intero comparto - che nel 2020 produceva 80% delle emissioni di gas serra in agricoltura - una mitigazione dell'inquinamento atmosferico e un'innovazione legata all'utilizzo della agricoltura di precisione, che prevede l'utilizzo di strutture e mezzi tecnologicamente avanzati, favorendo delle produzioni con standard di qualità superiori a quelli presenti (Di Simine Damiano et al, 2020, p.8). Mentre, nelle regioni in cui le attività legate alla pastorizia prevaricano sugli allevamenti, l'agrivoltaico può essere un importante fonte per l'approvvigionamento di foraggio controllando la sua crescita vegetativa importante per l'alimentazione del pascolo e favorendo al contempo la produzione energetica. Tali situazioni si sono viste esplicate al massimo con pascoli di ovini e caprini. Questi sono solo alcuni esempi che possono far capire i diversi ambiti di applicazioni di questi impianti.

3.2 Tipologia di impianti, possibili ambiti applicativi e prospettive future

Innanzitutto è fondamentale far chiarezza sull'articolazione di un impianto fotovoltaico. Come affermato in precedenza in questa tipologia di impianti si ha la componente legata all'impianto fotovoltaico e la componente legata alla superficie coltivata che a loro volta si scompongono in diverse voci che sono indispensabili per la creazione di un impianto agrivoltaico e per comprendere le possibili alternative che maggiormente si prestano al singolo caso e alle esigenze di chi crea tale impianto in azienda.

Analizzando in particolare la parte di sistema relativo all'impianto fotovoltaico si denota la componente relativa alla costituzione dell'impianto creato da una asse portante definito fondazione, la quale si presta a sostenere il peso relativo ai moduli fotovoltaici. A fungere da collegamento tra le fondazioni e i moduli è presente una struttura di supporto che può essere fissa nel caso in cui i moduli siano fissi in una data posizione e inclinazione, oppure possono essere predisposti sistemi ad inseguimento, i quali si differenziano in sistemi ad asse singolo o a doppio asse. Nei sistemi ad asse singolo si ha un'inclinazione fissa, ciò che cambia è solo l'esposizione alla radiazione solare, mentre nei sistemi a doppio asse viene variata sia l'inclinazione che l'esposizione del modulo rendendo possibile il massimo irraggiamento solare del pannello durante tutto l'arco della presenza della radiazione solare (Scognamiglio A., 2016). All'estremità superiore delle strutture di supporto sono collocati i moduli fotovoltaici che svolgono il ruolo indispensabile per la captazione dell'energia solare, ogni modulo è formato da diverse celle fotovoltaiche. I moduli possono essere monocristallini costituiti principalmente da silicio e orientati nella stessa direzione aumentando la captazione della radiazione solare nelle ore di maggior esposizione, intercettandola perpendicolarmente, mentre i moduli policristallini presentano i cristalli predisposti in modo indefinito e si caratterizzano per il mantenimento delle loro prestazioni durante l'intera esposizione alla radiazione solare. Questi ultimi presentano inoltre un costo inferiore rispetto ai precedenti (Green Energy Service, 2020). I moduli utilizzati nei sistemi agrivoltaici inoltre sono stati progettati in modo da limitare ulteriormente l'ombreggiamento a terra, il quale potrebbe causare una riduzione della produttività delle colture sottostanti all'impianto. In particolare, si predilige per tali impianti l'utilizzo di pannelli opachi o pannelli semitrasparenti.

L'esposizione dell'impianto inoltre deve essere adeguatamente studiata in quanto per ottenere la massima esposizione all'irraggiamento solare l'impianto deve essere esposto verso sud per incrementare la radiazione diretta (Mamun et al, 2022). L'entrata della radiazione solare come affermato in precedenza presenta effetti anche sulla cultura, infatti, andando ad analizzare lo spazio poro si deve tener presente la componente del suolo valutando la sua granulometria e la sua composizione per definirne le colture più idonee alla coltivazione in quell'areale. Valutando il volume agrivoltaico inoltre è importante considerare le colture o la tipologia di attività che si andranno a svolgere nei periodi successivi all'impianto agrivoltaico. Conoscere fin da subito le colture garantisce la scelta della conformazione dell'impianto che si presta all'attività agraria che verrà effettuata.

Questo è fondamentale per la definizione dello schema della pianta dei moduli e per la definizione delle altezze che dovranno avere i supporti dei moduli per favorire il passaggio delle macchine operatrici e lo svolgimento della coltivazione.

Solitamente come supportato in letteratura la progettazione di un impianto avviene con la disposizione delle strutture di supporto seguenti l'orientamento est-ovest nel quale si imposta l'azimut pari a zero, mentre i moduli saranno sempre predisposti in direzione sud con un angolo che viene determinato considerando la latitudine del luogo in cui si costruirà l'impianto a cui verranno sottratti dieci gradi (Scognamiglio A, 2016). I moduli inoltre devono essere attentamente predisposti per evitare eccessivo ombreggiamento del terreno o che un modulo ostacoli l'irraggiamento di un altro modulo vicino.

Un impianto agrivoltaico può avere diverse conformazioni per riuscire ad adattarsi al meglio alla coltura, ma anche alla conformazione del territorio; infatti, può esserci un impianto formato da un'unica tessera di moduli fotovoltaici o da un insieme di più tessere come si vede in Figura 3.



Figura 3- A sinistra impianto presente in unica tessera, a destra impianto ad un insieme di tessere

La diversa conformazione dell'impianto poi varia a seconda della pianificazione colturale progettata dall'azienda.

L'introduzione di tali sistemi infatti porta ad una modificazione dell'irraggiamento diretto al suolo e di conseguenza la disponibilità di radiazione disponibile alla coltura. Queste variazioni nella normale esposizione solare del suolo si riscontrano poi nelle diversità delle rese nelle colture. Per mantenere dei buoni livelli di resa è importante considerare diversi aspetti della coltura in particolare i suoi fabbisogni di luce, la tolleranza all'ombreggiamento, l'altezza delle colture, la loro distribuzione fogliare e soprattutto il fotoperiodo necessario per l'attività fotosintetica della coltura (Colantoni Andrea et al, 2021). Alcuni studi hanno evidenziato pertanto che vi sono delle colture più predisposte alla coltivazione in ambiente ombreggiato, è stata infatti stilata una lista delle culture distinguendole a seconda del grado di adattabilità. In particolare, si evidenziano colture come segale, orzo, avena, cavolo verde, colza, piselli, asparago, carota, ravanello, porro, sedano, finocchio e tabacco le quali produzioni non sono influenzate da una bassa ombreggiatura e sono definite "colture adatte". A tale proposito si è riscontrato che le colture che si adattano particolarmente a questi impianti sono colture nelle quali una modesta ombreggiatura durante il loro ciclo produttivo può comportare un incremento delle rese, come si è verificato con luppolo, spinaci, patata, insalata e fave. Inoltre, sono state effettuate diverse sperimentazioni anche in Italia su diverse colture come pomodoro, piante aromatiche e su essenze da erbaio (Colantoni Andrea, 2022).

Per definire le caratteristiche di progettazione di un impianto agrivoltaico bisogna far riferimento ai requisiti per la definizione di tale sistema, in quanto ogni requisito viene scisso a sua volta in alcuni punti applicativi da rispettare. In particolare, il requisito A nel quale si identifica la definizione di agrivoltaico prevede il rispetto del parametro A.1 il quale definisce la superficie minima coltivata, secondo cui l'attività agricola deve essere mantenuta per l'intera durata dell'impianto come affermato dal decreto 77/2021. Tale superficie deve essere garantita per tutta la durata del sistema agrivoltaico e deve rappresentare almeno il 70% della superficie totale del terreno agricolo rispettando le Buone Pratiche Agricole. Mentre il rispetto del parametro A.2 prevede la definizione della percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli definita anche LAOR (Land Area Occupation Ratio) ottenuta valutando la densità dell'impianto rispetto alla superficie di suolo totale espressa in MW/ha o in percentuale. Nei primi impianti tale densità si

attestava intorno agli 8 m²/kW con moduli di 210 W, attualmente i moduli possono produrre 350-380 W occupando il 50% della superficie e come i primi possono ottenere una densità di potenza pari a 1 MW/ha. Attualmente come riportato dalle linee guida si pone un LAOR massimo del 40% determinato per includere anche l'utilizzo di tecnologie all'avanguardia.

Per quanto concerne il requisito B volto a garantire l'adeguato connubio tra energia elettrica e produzione agricola, si deve verificare il rispetto del parametro B.1 che identifica il proseguimento negli appezzamenti su cui sorge l'impianto delle attività agricole e pastorali. Tale parametro è valutato in base alle rese colturali ottenute dagli appezzamenti su cui sono installati gli impianti negli anni successivi all'installazione dell'agrivoltaico, andandoli poi a paragonare con le rese medie dell'appezzamento negli anni precedenti all'impianto. Se per tale appezzamento su cui è ubicato l'impianto non fossero presenti le rese produttive, verranno utilizzate quelle esistenti nella area geografica in cui è situato il sistema agrivoltaico. Tale principio può venir meno nel caso in cui si abbia un declassamento produttivo e l'eliminazione dei marchi come DOP o DOCG. Considerando invece il parametro B.2 si valuta la producibilità elettrica minima definita come la produzione energetica di un impianto agrivoltaico che paragonata alla produzione energetica di un impianto fotovoltaico standard non deve essere inferiore al 60% di quest'ultima. Tale parametro è espresso in GWh/ha/anno.

Il requisito C definisce le soluzioni più idonee per la progettazione di un impianto agrivoltaico, in base all'accrescimento della coltura si definisce l'altezza minima da terra dell'impianto e il grado di ombreggiatura dei moduli dovrà essere idoneo alle esigenze fotosintetiche della coltura. Per quanto concerne invece l'utilizzo di tali impianti nel settore zootecnico-pastorale l'altezza minima coincide con l'altezza necessaria al transito degli animali Parte II, linee guida in materia di impianti agrivoltaici (MITE b, 2022).

Analizzando queste necessità agronomiche ed energetiche si sono potuti sviluppare tre tipologie di impianto. Il primo tipo di impianto è un sistema che prevede la coltivazione su tutto il suolo sia sottostante ai moduli fotovoltaici, sia nello spazio poro come possibile notare in Figura 4. Tale organizzazione premette il duplice utilizzo del suolo ottenendo un'integrazione ottimale di entrambe le produzioni, in tal caso si considera un eguale superficie delle due componenti (volume agrivoltaico e superficie totale di ingombro).

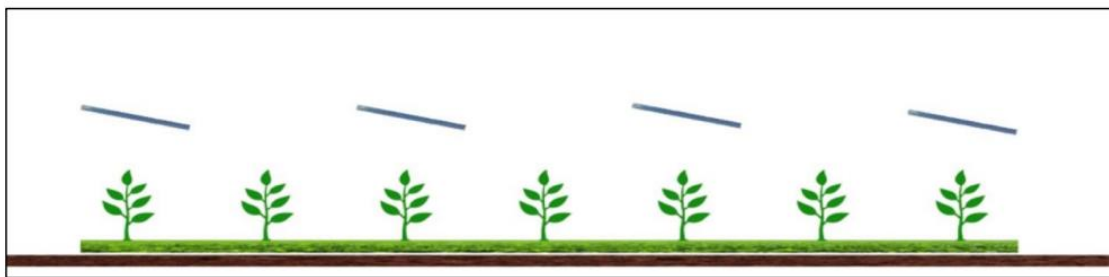


Figura 4- Impianto agrivoltaico in cui la continuità agricola si svolge sia lungo le file dei moduli fotovoltaici che nell'area sottostante ai moduli (Scognamiglio Alessandra, ENEA).

Un'altra tipologia di sistema agrivoltaico prevede che i moduli siano posizionati ad un'altezza inferiore rispetto alla coltura, tale impianto permette quindi la coltivazione solamente lungo le file dei moduli lasciando incolto lo spazio sottostante agli stessi come possibile vedere in Figura 5. In tali impianti si prevede la combinazione delle due produzioni nella stessa area mantenendo spazi distinti per entrambe e senza comportare l'integrazione delle due attività.

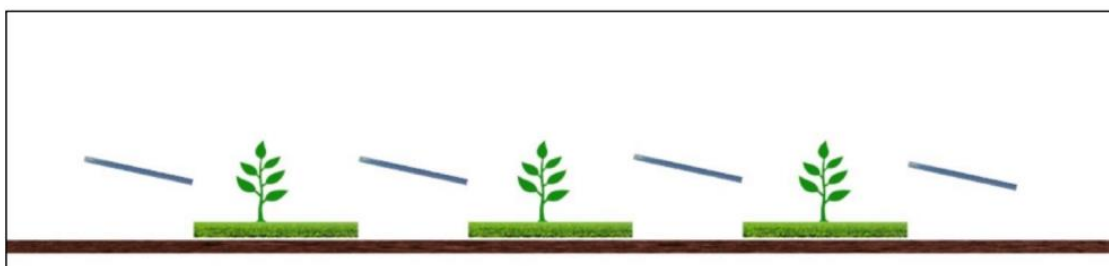


Figura 5- Impianto agrivoltaico in cui la coltivazione agricola si svolge unicamente lungo le file dei moduli fotovoltaici, lasciando incolta l'area sottostante ai moduli (Scognamiglio Alessandra, ENEA).

Un'ulteriore possibilità è la predisposizione di moduli fotovoltaici posti verticalmente come possibile vedere in Figura 6. Tale conformazione dell'impianto non pregiudica l'attività agricola, e qualora interagisca, lo fa solo per alcune ore di ombreggiamento. Questo impianto potrebbe essere utilizzato per la produzione di colture che necessitano di una bassa luminosità oppure può prestarsi all'utilizzo in terreni predisposti al pascolo di animali considerando un'altezza da terra dei moduli idonea al loro transito.

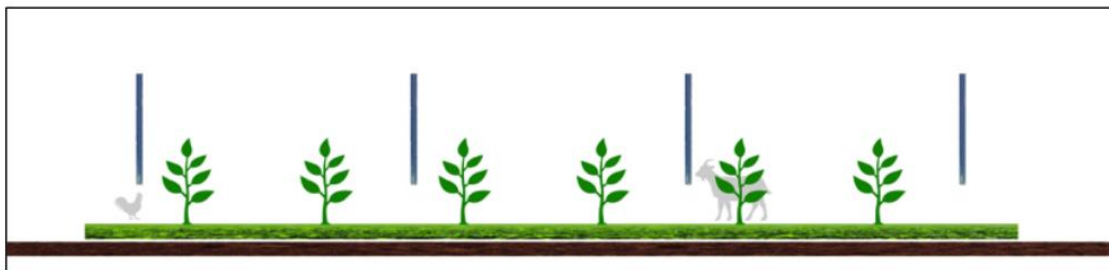


Figura 6- Impianto agrivoltaico in cui i moduli sono posti verticalmente e viene consentita un'attività agricola sinergica delle produzioni consentendo la coltivazione e il pascolo su tutta la superficie dell'impianto (Scognamiglio Alessandra, ENEA).

Tali esempi di sistemi in realtà non sono tutti rientranti nella definizione di sistema agrivoltaico avanzato, ma rispecchiano il requisito C solo gli impianti in Figura 4 e 6 in quanto garantiscono un'adeguata integrazione delle due produzioni.

Alla luce di tali conformazioni bisogna effettuare un'ulteriore distinzione in merito all'altezza del posizionamento dei moduli fotovoltaici, come si può notare in Figura 7.

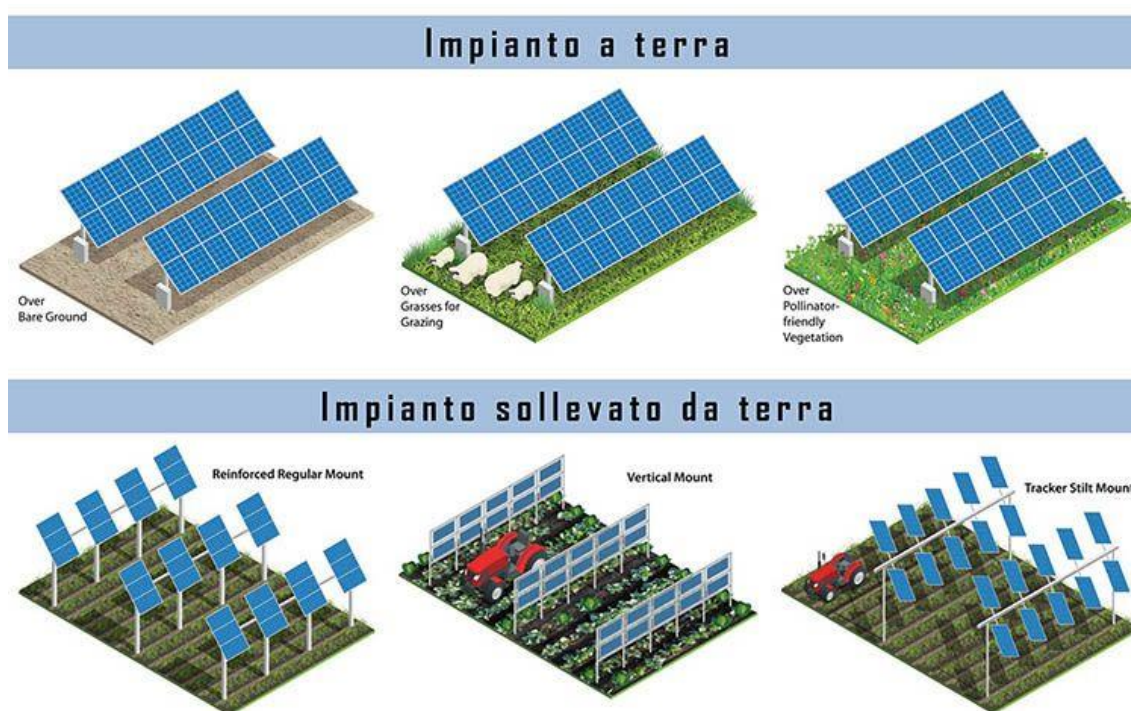


Figura 7- Schema riassuntivo delle possibili conformazioni di un impianto fotovoltaico in merito alla tipologia e altezza dei moduli (fonte NREL)

Attualmente si considera un'altezza minima di impianto pari 2,1 m nel caso di produzione agricola legata alla coltivazione del suolo, tali impianti si definiscono "sollevati da terra" (come possibile negli ultimi tre impianti di Figura 7), mentre se si considera l'utilizzo

integrato di tale area con le produzioni zootecniche si valuta un'altezza minima di 1,3 m garantendo lo spostamento del bestiame sotto i moduli, tali impianti sono definiti "a terra" (come si nota nella seconda e terza conformazione presente in alto in Figura 7).

Per quanto riguarda il requisito D valuta invece l'aspetto relativo ai monitoraggi da svolgersi in seguito all'avvio dell'impianto al fine di garantire la continuità delle attività agricole in modo sostenibile. I monitoraggi vengono svolti valutando il parametro D.1 relativo al risparmio idrico e il parametro D.2 relativo al mantenimento dell'attività agricola ed il possibile impatto sulle colture. Nel parametro D.1 si valutano i metodi più idonei al risparmio idrico. I sistemi agrivoltaici offrono un vantaggio relativo allo sfruttamento della risorsa idrica, tali impianti avendo un maggior effetto ombreggiante del suolo permettono una riduzione dell'evaporazione dell'acqua oltre che al possibile recupero dell'acqua piovana tramite la creazione di sistemi di raccolta posti in prossimità dei moduli e convogliando l'acqua in opportuni impianti di accumulo. Per ottenere i dati necessari al monitoraggio è necessario distinguere come avviene il rifornimento idrico aziendale. Questo avviene a seconda delle diverse casistiche in auto-approvvisionamento calcolando i volumi d'acqua estratti tramite pompe o misuratori posti su pozzi aziendali o canali essendo al corrente dei litri al secondo rilevati. Nel caso di rifornimento idrico tramite servizio di irrigazione la portata è misurata con appositi contatori presenti in azienda o su apposite reti collegate all'impianto agrivoltaico, in alternativa potrebbe esserci un impianto di irrigazione di tipo misto che prevede l'utilizzo di entrambi i sistemi. Nel caso in cui vi siano produzioni non irrigue o nell'appezzamento non vi fosse la presenza di un impianto di irrigazione si valuta esclusivamente l'utilizzo ottimale dell'acqua derivante dalle precipitazioni meteorologiche. Tali consumi registrati poi vanno valutati in base alle produzioni agrarie attuate dall'azienda, agli apporti idrici meteorologici e alle tecniche colturali utilizzate tenendo in considerazione che molte variabili sono imprevedibili, Parte II, linee guida in materia di impianti agrivoltaici 2022, p 26 (MITE b, 2022).

Per il rispetto del parametro D.2 basta sia verificata la presenza della continuità agricola con l'attestazione della presenza della coltura e la relativa resa prodotta nonché la permanenza dell'indirizzo produttivo aziendale.

Un ulteriore requisito da rispettare per ottenere la denominazione di impianto agrivoltaico avanzato è il requisito E, distinto anch'esso in tre parametri di monitoraggio da valutare.

Il parametro E.1 riguarda la valutazione del recupero di fertilità del suolo in particolare in aree in cui il disuso del suolo permane da un tempo non superiore a 5 anni, ma che con l'agrivoltaico potrebbero aumentare la loro produttività. Le indagini di monitoraggio sono svolte tramite la Rete di Informazione Contabile Agricola (RICA) questa indagine è svolta da ogni stato europeo. In Italia tali indagini di monitoraggio sono svolte dal Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia in agraria (CREA) il quale raccoglie i dati e li rielabora (rica.crea.gov.it, 2022).

Segue poi il monitoraggio del parametro E.2 il quale valuta la creazione del microclima nell'area sottostante ai pannelli solari, questo può variare a seconda della coltivazione in atto, dagli eventi meteorologici e in base alla circolazione dell'aria sottostante ai moduli. Per definire il microclima si valuta l'umidità relativa esterna e sottostante ai moduli, la temperatura sia esternamente ai moduli sia sotto di essi tramite rilevamento di sensori PT100, un ulteriore aspetto fondamentale da valutare per il ricircolo dell'aria è la sua velocità anch'essa misurata sia esternamente che sotto ai moduli tramite anemometri. Tutte queste misurazioni una volta rilevate sono raccolte in un documento a fine triennio. Il parametro E.3 invece valuta la resilienza ai cambiamenti climatici, in particolare tutti gli aspetti che un impianto agrivoltaico potrebbe compromettere, per adempiere a tale obiettivo viene prevista una serie di analisi sui rischi ambientali. Le prime vengono svolte nella fase di progettazione in cui deve essere effettuata una valutazione dei rischi ambientali e climatici valutando l'area di pertinenza del sistema agrivoltaico e prendendo in considerazione possibili elementi di mitigazione per ridurre al minimo tali effetti se presenti. In seguito, si svolge una valutazione durante la fase di monitoraggio nella quale si verificano le eventuali mitigazioni utilizzate tramite la redazione di un documento che ne riporti relative prove grafiche dalle prime fasi della messa in opera fino alla completa realizzazione di tali mitigazioni.

L'agrivoltaico può essere integrato in molte aziende come detto in precedenza a seconda delle attività agricole svolte dalle stesse e si possono integrare soluzioni di impianti fissi su colture estensive o su aree destinate al pascolo, garantendo una preservazione delle coltivazioni sottostanti, l'ombreggiamento e riparo da agenti atmosferici anche nel caso di animali al pascolo come possibile notare in Figura 8.



Figura 8- Esempi di impianto agrivoltaico rispettivamente con colture estensive (www.epf.it) e con pascolo (Meloni Emanuele, 2021)

Vi sono anche altre tipologie di impianto che possono essere utilizzate in compresenza a colture orticole oppure può essere prevista l'utilizzazione di impianti mobili che garantiscono una maggiore agevolazione delle operazioni agricole e rendono sempre possibile la recezione della radiazione da parte dei moduli. Tali impianti riescono a ridurre l'evapotraspirazione e limitare i possibili stress termici causati dall'eccessiva insolazione delle colture. In particolare, se l'ubicazione di sistemi agrivoltaici risulta essere in ambienti collinari può essere impiegato l'utilizzo di moduli bifocali verticali con una disposizione verso est ovest. I moduli bifocali sono brevettati dalla REM Tec Energy (Asola MN) la quale dispone di dieci brevetti marchiati agrivoltaico, l'ultimo tra questi un impianto con moduli bifocali predisposti all'inseguimento solare, tali moduli possono variare la loro inclinazione e variare la loro posizione attorno all'asse centrale come possibile capire in Figura 9. Tali impianti risultano avere altezza da terra al bordo inferiore del modulo di circa 4,5 m, maggiore rispetto a quanto accennato nelle linee guida precedentemente presentate. Tale sistema predispone uno distanziamento dei moduli variabile tra 12 e 18 metri nonché permette la variazione dell'ombreggiamento in funzione delle necessità delle colture (QualEnergia 2).

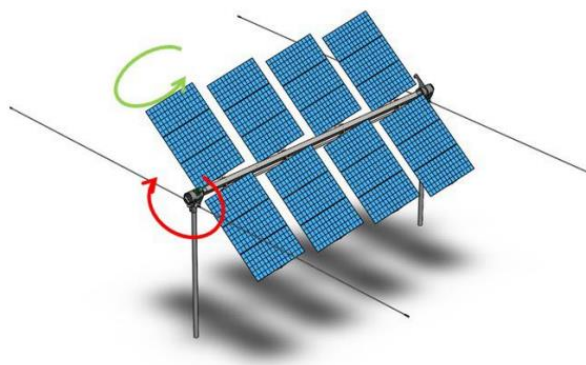


Figura 9- Sistema agrivoltaico T2.1 con moduli bifocali ad inseguimento solare(www.remtec.energy)

Attualmente l'agrivoltaico può essere identificato come una nuova risorsa nello sviluppo sostenibile, in quanto rende possibile l'efficientamento delle risorse presenti creando importanti benefici alle aziende e favorendo le attività locali. Tali impianti non vanno considerati come eccessiva occupazione del suolo, in quanto, come definito più volte, una delle prerogative di tali impianti è che deve sussistere una sinergia tra produzione agraria e produzione energetica per definire un impianto come agrivoltaico. Inoltre va considerato che la superficie destinata ad agrivoltaico non può superare il 10% della superficie agricola aziendale. I sistemi agrivoltaici come sono stati concepiti risultano essere una fonte di energia sostenibile, ma allo stesso tempo una fonte produttiva agricola (Rinnovabili). Non tutti la vedono in questo modo, dietro il settore dell'agrivoltaico molti vedono unicamente il deturpamento del paesaggio e gli aspetti negativi di infertilità del suolo che gli impianti fotovoltaici a terra hanno causato, senza prendere in considerazione quanto affermato fino ad ora sull'agrivoltaico (Turco Andrea, 2022).

Nel prossimo futuro sarà opportuno effettuare ulteriori ricerche per scoprire le tecniche di coltivazione, le varietà produttive che maggiormente si prestano a tali sistemi e riuscire a far percepire alle persone l'importanza che tali impianti possono avere per l'ambiente riducendo i gas climalteranti e fornendo una maggior protezione alle colture.

3.3 Costi di costruzione e resa

La progettazione di un impianto agrivoltaico è la fase più importante dalla quale è possibile definire il costo dell'impianto. Per avviare la progettazione di un sistema agrivoltaico è necessario capire la sua ubicazione e le esigenze tecniche ed energetiche per il quale si vuole costituire tale impianto.

Innanzitutto, bisogna capire l'ambiente l'ideale per la creazione di un sistema agrovoltaico, in letteratura sono indicati i parametri essenziali necessari per definire se tale area può trarre vantaggio dalla presenza di un impianto agrivoltaico. In particolare, i luoghi di interesse sono aree in cui si è in presenza di radiazione per la maggior parte delle ore diurne e dove vi è la possibilità di accesso alla rete elettrica, per la possibile immissione in rete dell'energia prodotta, inoltre va considerata una produzione energetica per tali impianti non superiore a 1 MW. In tal senso viene valutato il potenziale di utenza e stipulato un rapporto tecnico economico valutando il rapporto tra prezzo totale dell'impianto e i guadagni possibili dalle sue prestazioni. Inoltre, va ricordato che il reddito derivante dalla produzione energetica non deve superare il reddito derivante dalle produzioni agricole (Bellini Pier Francesco, 2022). Una volta definite le regole per la creazione dell'impianto ci si addentra nella parte puramente progettuale dell'opera. I primi studi di carattere economico si basano sul rapporto qualità prezzo come indicatore per esprimere la qualità tecnico-economica di tali impianti agrivoltaici. Bisogna considerare che per valutare se un impianto è vantaggioso o meno si deve avere un incremento del benessere del singolo o di una collettività, ottenendo un beneficio superiore al prezzo pagato per usufruire di tale bene. Nel caso dei sistemi agrivoltaici si valuta anche la possibile riduzione degli aumenti del costo energetico per le aziende, minori costi legati all'approvvigionamento energetico dall'estero, creazione di nuove figure professionali e riduzione delle problematiche recate ai servizi ecosistemici. Fornendo tali esternalità questi sistemi potranno essere agevolati da incentivi Statali. In seguito sono stati valutati due tipologie di impianti agrivoltaici il primo avente colture sotto impianto agrivoltaico certificate, il secondo avente colture sotto impianto coltivate in modo convenzionale.

3.3.1 Esempio dei costi di un impianto agrivoltaico con colture certificate

Secondo degli studi svolti in Germania per valutare il costo di mantenimento di un impianto agrivoltaico è fondamentale partire dal costo annuo di un sistema fotovoltaico a terra a cui dovranno essere sommati i costi annui legati al mantenimento delle attività agrarie e dall'adeguamento delle strutture necessarie alla definizione del sistema agrivoltaico. Per definire il prezzo di implementazione che differenzia il sistema agrivoltaico da un fotovoltaico a terra è indispensabile definire alcune sigle come LCOE (costo livellato dell'elettricità), tale costo si suddivide in CAPEX (costi aggiuntivi in spese in conto capitale), e OPEX (spese operative) (Schindele Stephan et al, 2020). Alla luce di tali dati è possibile determinare il prezzo di implementazione del sistema agrivoltaico con l'utilizzo della seguente formula:

$$p = LCOE_{APV} * M_{APV} - LCOE_{PVGM} * M_{PVGM}$$

dove troviamo

p	= prezzo	€/ha/anno
$LCOE_{APV}$	= costo livellato dell'energia elettrica per l'agrofotovoltaico	€/kWh
M_{APV}	= resa elettrica annuale per ettaro APV	kWh/ha/anno
$LCOE_{PVGM}$	= costo livellato dell'elettricità per il fotovoltaico montato a terra	€/kWh
M_{PVGM}	= rendimento elettrico annuo per ettaro FV-GM	kWh/ha/anno

Utilizzando tale formula si è potuto constatare che il prezzo variava in funzione delle attività agricole svolte dall'azienda e dal costo livellato dell'energia dei sistemi agrivoltaici attualmente ipotizzabile a 85 €/kWh e ridotto del 2% negli anni a seguire (Demofonti Michela, 2022). A questo si sommano i ricavi della produzione venduta ottenuta dalla vendita dei prodotti dell'attività agricola. Tale reddito varia a seconda dell'indirizzo produttivo dell'azienda agricola e dalla tipologia di sistema agrivoltaico utilizzato. La ricerca è stata svolta su tre impianti, due coltivati rispettivamente a patata, a frumento invernale entrambi biologici e uno con suolo nudo con solo impianto fotovoltaico a terra. Questa analisi di rapporto qualità prezzo impiega dati

microeconomici ottenuti dal rapporto tra prezzo e vantaggi in termini di prestazioni che l'impianto può garantire all'agricoltore, questo rapporto deve essere inferiore a 1 per garantire le migliori performance tecnico-economiche ed ecologiche. Si effettua inoltre un'analisi costi benefici per attribuire un valore ai diversi sistemi in studio e valutando in tal modo il possibile costo totale di ciascun sistema. Dagli studi è emerso che seguendo la teoria economica i risultati di un'analisi costi benefici ottimale si ottiene solo con l'attuazione di sistemi agrivoltaici con un rapporto dato da prezzo e prestazioni eguale o minore a 1, oppure nel caso in cui il reddito ottenuto dall'attività agraria sia maggiore rispetto al prezzo di implementazione dell'agrivoltaico. Tale ricerca ha constatato una bassa resa degli appezzamenti coltivati con frumento in quanto il sistema agrivoltaico risultava recare alla coltura un eccessivo ombreggiamento, inoltre si sono avute difficoltà nelle fasi di mietitura. In tali appezzamenti il prezzo del mantenimento del terreno aumenta non essendo pienamente coperto dal reddito ottenuto dalla vendita della produzione, cosa che invece avviene se si impiegano colture che necessitano di un fotoperiodo breve o restano inalterate alla maggior ombreggiatura recata dai moduli.

Per avere un quadro generale di come si ottengono i prezzi energetici bisogna far riferimento al costo livellato dell'energia elettrica definibile dal rapporto tra la somma degli investimenti rappresentati dai costi aggiuntivi in conto capitale e i costi operativi a cui deve essere sottratto il valore residuo dell'impianto a fine vita utile ed il costo della produzione energetica media annua ottenuta da tale sistema, il tutto è riportato all'attualità con riferimento al tasso di interesse composto. Mentre per conteggiare la produzione di energia in un anno si effettua la "somma dell'irraggiamento solare annuo S moltiplicato per l'efficienza dell'impianto η e le perdite di efficienza annue d " come affermato nell'articolo *Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications* (Schindele Stephan et al, 2020). Tali formulazioni inoltre presuppongono che il valore di un sistema agrivoltaico a fine vita corrisponda ai costi necessari per il suo corretto smantellamento e ritiro da parte di apposite ditte di smaltimento in grado di effettuare un adeguato riciclo delle sue componenti (Costantino P., 2013). I dati per la definizione del LOEL sono stati definiti utilizzando i costi di impianto dati dalla ditta costruttrice la quale ha inserito anche i costi di allacciamento alla rete elettrica. In tale impianto coprente una superficie di 2 ha su cui è stato disposto un sistema agrivoltaico che genera 1,04MW/h annualmente, tale impianto

presenta un'altezza di 5 m da terra al bordo inferiore del modulo per arrivare a un'altezza totale di 7,8 m se si considera l'intera altezza dei moduli, la larghezza si attesta attorno ai 19 m tra una fila e l'altra di pannelli per garantire il passaggio agevole delle mietitrebbie. Tale impianto presenta in definitiva una superficie di pannelli fotovoltaici di 133 m in larghezza, e si considera una lunghezza dei moduli pari a 13 m. Alla luce di quanto è stato definito è stato costruito l'impianto schematizzato in Figura 10.

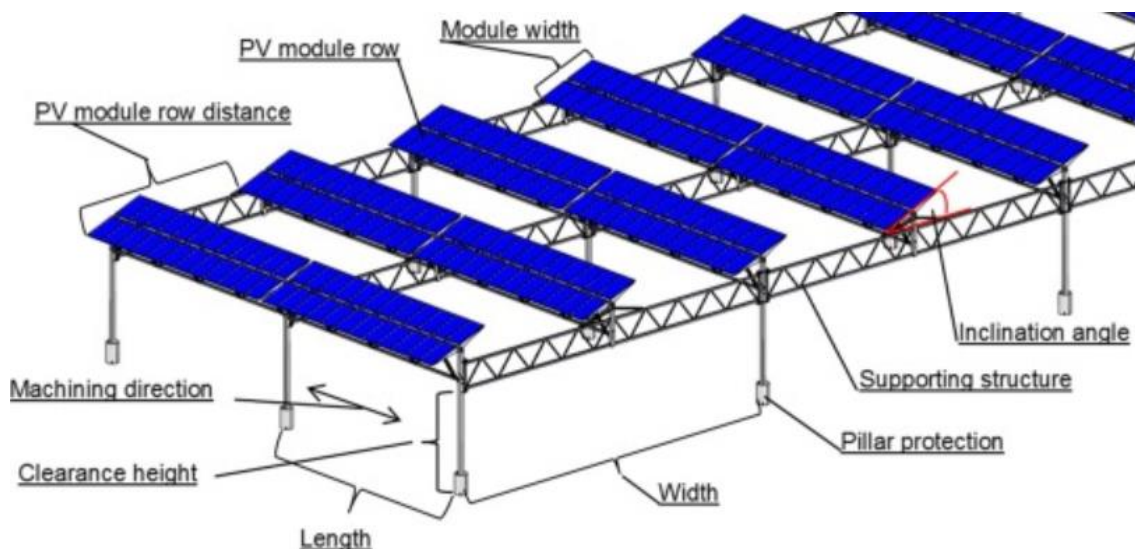


Figura 10- Progetto del sistema agrivoltaico in studio (Ravi S. et al, 2014)

Le analisi di costo sono state riportate paragonando la potenza espressa in kWp (che sta per kilowatt di picco) dell'impianto agrivoltaico presentato in precedenza avente 1038,36 kWp ad un impianto fotovoltaico a terra situato anch'esso in 2 ha di superficie e avente una potenza di 1379,32 kWp. Rispettivamente è stata calcolata una spesa in conto capitale per la costruzione del sistema agrivoltaico pari a 1294,20 €/kWp mentre nel caso di un impianto fotovoltaico a terra tale cifra risulta essere di 747,50 €/kWp. Nel caso considerato si può affermare quindi che a parità di energia prodotta l'impianto agrivoltaico costa il 73 % in più rispetto a un fotovoltaico a terra. In definitiva si è ottenuto un totale di 1.343.845,51 € per la costruzione dell'impianto agrivoltaico contro i 1.031.042 € per la costruzione di un impianto fotovoltaico a terra. In tale studio è stata riportata una tabella esplicativa la quale analizza accuratamente le differenze di costo presenti nelle due tipologie di impianto, e dal quale si è potuto evincere che i maggiori costi di impianto nel caso di sistemi agrivoltaici sono legati al maggior costo dei moduli impiegati, al maggior costo delle strutture di montaggio legate ai maggiori costi dei materiali in quanto si è

difronte a impianti con altezze superiori, maggiori costi legati alla preparazione del terreno ad accogliere l'impianto e se pur con minore rilevanza economica si ha un maggior costo anche legato alla protezione e preservazione del suolo. I costi del capitale per l'installazione, infatti, negli impianti agrivoltaici possono arrivare fino al 30% in più rispetto agli impianti fotovoltaici a terra (Rainer et al, 2020). In seguito i ricercatori hanno valutato i costi operativi durante la vita dell'impianto e si sono potute appurare delle differenze tra i due sistemi. In questo caso il sistema agrivoltaico prevede la spesa di 16.873 € annui, riportando un minor dispendio monetario rispetto al fotovoltaico a terra, questo è legato alla coltivazione del terreno sottostante ai pannelli - che invece di creare unicamente una spesa come nel caso del fotovoltaico a terra in cui si deve adempiere alla cura e allo sfalcio dell'inerbimento sottostante - nell'agrivoltaico questo dispendio si tramuta in un'entrata economica grazie alla produzione agricola. Questo comporta una differenza in termini monetari di 8.851 € arrecati all'impianto fotovoltaico a terra il quale prevede una spesa complessiva di 25.724 € riguardante i costi operativi. Un altro fattore che incrementa tali differenze di costo è la manutenzione seguita dalla sorveglianza di tali impianti la quale risulta essere maggiore per il fotovoltaico a terra. L'unico fattore in cui si può notare un maggior costo nel sistema agrivoltaico è il costo di riparazione, che risulta invece più economico nel fotovoltaico a terra come visibile in Grafico 2.

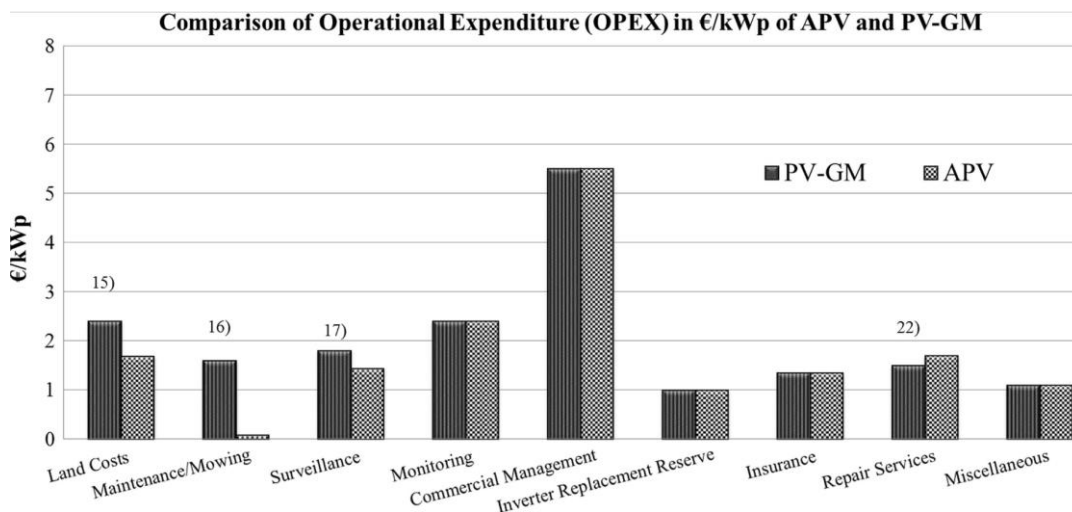


Grafico 2- Comparazione dei costi operativi dei due sistemi: agrivoltaico (APV) e fotovoltaico a terra (PV-GM) (Schindele Stephan et al, 2020)

Analizzando la produzione agricola di frumento e patate nei sistemi agrivoltaici si è constatata una resa inferiore legata principalmente al minor irraggiamento delle colture come possibile notare in Tabella 2.

Tipo di coltura	Prezzo alla produzione in €dt ⁻¹	Rendimento in dt ha ⁻¹	Rendimento totale annuo dell'uso del suolo in € ha ⁻¹ a ⁻¹
Patata biologica <i>senza</i> APV	45.02	233.70	10521.17
Grano invernale biologico <i>senza</i> APV incl. 150 € ha ⁻¹ a ⁻¹ di paglia	45.96	39.70	1974.61
Patata biologica certificata Demeter <i>con</i> APV	51.77	206.82	10707.07
Grano invernale biologico certificato Demeter <i>con</i> APV incl. 200 € ha ⁻¹ a ⁻¹ di paglia	52.85	33.29	1959.38

Tabella 2- Rendimento per ettaro delle colture in studio nelle due tipologie di impianto prese in esame (Schindele Stephan et al, 2020)

Nonostante ciò, essendo colture certificate Demeter (nello specifico colture prodotte secondo i metodi biologici e biodinamici) la riduzione delle rese non ha inciso significativamente sul costo finale, in quanto tale certificazione comporta un aumento di prezzo alla vendita di circa il 15 %. In particolare, si è ottenuta una prestazione/beneficio realizzato che ammonta a 10.707,07 €/ha per le patate biologiche e di 1.959,38 €/ha per il frumento. In tale studio non sono stati considerati possibili aiuti o incentivi statali, tantomeno la possibile fruizione di contributi PAC nell'impianto fotovoltaico a terra mentre si è presupposta la ricezione dei contributi per le colture in agrivoltaico. In conclusione, è stato possibile notare che l'agrivoltaico presenta alcune spese maggiorate rispetto a un fotovoltaico a terra ma questo può essere superato se si considerano i benefici generati dalla copresenza dell'impianto fotovoltaico con la coltivazione del terreno sottostante, portando una diminuzione dei costi operativi. Bisognerà cercare però di aumentare il rapporto qualità prezzo di tali impianti che è incentivato dalla coesistenza di diverse strategie agronomiche, un esempio possibile è nel caso in cui l'agrivoltaico può sostituire una copertura ombreggiante o antigrandine, generando in tal modo un aumento

delle sinergie tecnico-ecologiche e in grado di ridurre allo stesso tempo i costi complessivi dell'impianto garantendo sempre la salvaguardia della coltura in atto.

Si prevede inoltre che il costo dell'impianto resti invariato o perlomeno stabile per l'arco della sua vita tecnica considerata all'incirca di 25 anni, e si presume che gli impianti generati oggi possano avere un aumento del valore del beneficio di prestazione e risultare vantaggiosi in termini economici in futuro (Agostini A. et al, 2021).

In definitiva per rendere un impianto agrivoltaico vantaggioso si potrebbero prediligere maggiormente sistemi in cui si vede una sinergia tra impianto fotovoltaico e colture pluriennali o permanenti, come nel caso di frutteti e vigneti. Queste colture prevedono costi iniziali di messa a dimora relativamente alti, ma in seguito anche il costo del prodotto finale risulta essere più elevato rispetto ad altre coltivazioni e permette di ottenere un rapporto prezzo prestazioni maggiore. Sistemi di rotazione che prevedono colture miste tra seminative e orticole, come valutato nel caso studio precedente, può comportare un dispendio economico maggiore.

3.3.2 Esempio di costi progettuali per un impianto agrivoltaico

Un ulteriore studio economico è stato svolto in Italia confrontando in questo caso due differenti sistemi di impianto agrivoltaico, di cui uno munito di moduli con inseguitori basali ad alta densità (2A - HD) e l'altro eguale con bassa densità (2A - LD), ed impianti fotovoltaici sui tetti che rientrano nella dicitura di parco agrisolare (RM) e impianti fotovoltaici a terra (GM). Tale studio è stato effettuato calcolando LCOE secondo il metodo IRENA proposta dall'agenzia internazionale delle energie rinnovabili, nel quale non vengono considerate le spese di smaltimento dei pannelli a fine della durata economica dell'impianto. Per ogni sistema si è calcolato il valore attuale netto con il rispettivo tasso di rendimento valutando se i profitti del sistema agrivoltaico e degli altri impianti riescano a coprire le spese sostenute per la loro creazione. Un'opera prima di essere attuata necessita di una verifica sulla sua fattibilità economica, per fare questo viene stimato il valore attuale netto determinato dai flussi di cassa ricevuti annualmente per tale attività o miglioramento che il nuovo progetto comporta. La fattibilità progettuale risulta economicamente favorevole quando il VAN (Valore Attuale Netto) assume un

valore positivo, maggiore è tale valore più l'opera risulta essere conveniente. Questo è calcolato tramite una formula finanziaria che prevede la somma di tutte le entrate annue meno i costi relativi agli interventi di manutenzione e operativi annui in rapporto al tasso di capitalizzazione, dal quale si sottraggono i costi dell'investimento nell'anno t . Per il calcolo sia del VAN che del LCOE si è utilizzato un tasso di sconto del 5%. In seguito è stato valutato anche il periodo di ammortamento di tali impianti che corrisponde all'ottenimento del VAN pari a zero.

In seguito tale studio ha valutato come è possibile notare in Tabella 3 i costi delle voci necessarie per la realizzazione dei diversi impianti. In particolare da tali dati si possono comprendere le voci che variano maggiormente i costi di impianto, come già riscontrato in altri studi infatti la maggiore variabilità si ha nei costi di conto capitale in particolare nella voce riguardante i sistemi di supporto, diritti di superficie e installazione.

Analisi economica (per MW di capacità installata)					
Occupazione dell'area (kW hm ⁻²)		500	200	500	1000
		2A-HD	2A-LD	GM	RM
Costi in conto capitale (€)	Pannelli fotovoltaici	310.000	310.000	310.000	310.000
	Infrastrutture di supporto	500.000	540.000	260.000	90.000
	Diritti di superficie (25 anni)	5000	12.500	30.000	7500
	Installazione e BoP	520.000	520.000	260.000	260.000
	Inverter ($y = 0$ e $y = 12$)	80.000	80.000	80.000	80.000
	Pianificazione e amministrazione.	40.000	40.000	40.000	40.000
	Totale	1.455.000	1.502.500	980.000	787.500
Costi operativi (€)	Manutenzione e personale	10.000	10.000	9000	9000
	Amministrazione	2000	2000	2000	2000
	Assicurazione	5000	5000	5000	5000
	Totale	17.000	17.000	16.000	16.000
Produzione elettrica lorda (kWh ($y = 1$))		1.500.000	1.550.000	1.150.000	1.100.000
LCOE (€ MWh ⁻¹)		89,5	88,9	84,7	75,4
Tasso di ritorno interno		12,7%	12,8%	14,4%	17,4%
Valore Attuale Netto (€)		1.250.740	1.302.902	1.042.194	1.135.031

Tabella 3- Analisi economica esplicitiva di tutti i costi di realizzazione degli impianti (Agostini et al, 2021)

Il maggior costo dei sistemi di supporto è caratterizzato principalmente dalle maggiori altezze degli impianti agrivoltaici necessari al transito ed alla movimentazione di macchinari agricoli, questo implica maggior dispendio di materiali come ferro, alluminio e altre leghe metalliche che innalzano il costo di progettazione, che influiscono in parte anche sui costi di installazione.

Per quanto riguarda la diversità dei costi legati ai diritti di superficie gli impianti a bassa densità risultano essere più costosi rispetto ad impianti ad alta densità a causa dell'incremento delle spese legate alle strutture di sostegno e alle spese di occupazione del terreno agricolo.

È stato anche valutato che l'inserimento di un impianto agrivoltaico non pregiudica il valore del terreno in quanto al termine della vita dell'impianto questo potrebbe essere smantellato e il terreno tornare alla condizione antecedente all'impianto senza alcuna ripercussione in termini di produttività futura. Valutando inoltre il tempo di ritorno dell'investimento risulta un anno più lungo per l'agrivoltaico rispetto al fotovoltaico a terra, ma il primo garantirà profitti più elevati a fine vita dell'impianto.

Per quanto riguarda i costi legati alla produzione energetica in tali impianti si incentiva il così detto scambio sul posto. Questo comporta minori dispendi se si presuppone un utilizzo immediato dell'energia prodotta in quanto i ricavi eguagliano i costi. Solitamente colui che produce energia paga la fornitura al gestore energetico, mentre il GSE accredita l'energia immessa. In questa analisi vengono presupposti dei costi energetici pari a 0,07 e 0,17 €/kWh rispettivamente se l'energia è scambiata con approccio *net metering* (meccanismo introdotto per chi produce energia, ma non la utilizza nell'istante della sua generazione e per questo è ceduta alla rete elettrica) e nel caso di autoproduzione con consumo istantaneo, le produzioni si attestano rispettivamente al 20% nel primo caso e all'80% nel secondo caso (Agostini et al, 2021).

Attualmente in termini economici l'agrivoltaico risulta avere prestazioni equiparabili a un impianto fotovoltaico a terra, ma a differenza di quest'ultimo non comporta un'ulteriore riduzione di terreni coltivabili, anzi, è in grado di regolarizzare le rese di alcune delle colture che meglio si prestano sotto gli impianti riducendo il loro fabbisogno irriguo e mantenendo una temperatura del terreno costante riducendo gli sbalzi termici.

Questa risulta essere una risposta fattibile economicamente anche se i costi di tali impianti risultano essere più elevati rispetto a un normale impianto fotovoltaico a terra. In questo

caso studio non è stata valutata la componente economica apportata dalle produzioni agrarie, ma si è limitati a valutare unicamente le spese generate dalla costruzione dell'impianto.

Una possibile alternativa per incrementare la redditività di tali impianti è puntare a coltivazioni di maggiore qualità aderendo a adeguati disciplinari di certificazione di qualità del prodotto garantendo l'ottenimento di un prodotto certificato il quale incrementi la competitività aziendale sul mercato. Se gli impianti agrivoltaici seguono corrette strategie di integrazione della duplice attività energetica-agricola e se con il tempo subentrano incentivi da parte dell'Unione Europea o statali tali opportunità potranno essere sfruttate al meglio riuscendo a rispondere agli obiettivi imposti in Agenda 2030.

3.4 Aspetti positivi

Il fotovoltaico in generale risulta essere insieme all'eolico l'energia rinnovabile che maggiormente si presta alla creazione di energia rinnovabile attuabile economicamente e necessaria per rispettare gli obiettivi prefissati per il 2030 (Rivista energia).

L'agrivoltaico attualmente risulta essere un sistema all'avanguardia in grado sia di abbattere la produzione di gas climalteranti che di incentivare l'utilizzo di energia rinnovabile a discapito delle energie non rinnovabili, maggiormente impattanti dal punto di vista ambientale (Othman et al., 2018).

I principali aspetti positivi posso essere facilmente suddivisi e riassunti per categorie, le quali saranno analizzate in seguito:

1. Creazione di energia rinnovabile
2. Incremento della digitalizzazione in agricoltura
3. Risparmio idrico
4. Protezione delle colture e del pascolo
5. Possibilità di creare nuove figure professionali

Gli impianti agrivoltaici sono stati ideati per creare nuove opportunità per il mondo agricolo, prima fra tutte è la possibilità di autoproduzione energetica fondamentale nel

momento storico in cui l'Unione europea e l'Italia si vedono ad affrontare. Basti pensare che con tali sistemi la produttività sullo stesso terreno può incrementare fino al 160% considerando una resa di entrambe le produzioni (energetica e agricola) dell'80% (Meloni Emanuele, 2021). Attualmente si presuppone che investendo circa 0,32% della superficie coltivabile italiana si raggiungerebbe l'obiettivo del PNIEC del 50% della produzione energetica nazionale proveniente da fonti rinnovabili (Balocchi Andrea, 2022). Per giungere a tali obiettivi si potrebbe considerare l'agrivoltaico come una risorsa vantaggiosa sia all'ambiente che all'approvvigionamento energetico. L'utilizzo di sistemi agrivoltaici permette infatti di sfruttare la duplice attitudine del suolo, sia a scopo energetico che a scopo alimentare senza precludere la produttività agricola, ma addirittura incrementandola, raggiungendo maggiori rese con l'utilizzo di pratiche agronomiche all'avanguardia e che sfruttano le nuove tecnologie 4.0.

Gli agricoltori che decidono di investire su tali sistemi ottengono diversi effetti positivi, tra le quali l'autoproduzione energetica e riduzione dei costi legati a quest'ultima, senza contare la possibile diversificazione di reddito ottenuta dall'eccesso di energia prodotta e non utilizzata.

Altri aspetti positivi riguardano principalmente le coltivazioni sotto sistema agrivoltaico. Le colture presenti ricavano utilità dall'impianto in quanto vengono protette da eventi atmosferici come vento, pioggia, e grandine, ma anche dall'eccessiva radiazione solare che negli anni più siccitosi e caldi può comportare drastiche perdite di resa nelle colture. Secondo alcuni studi la temperatura del terreno sotto i pannelli solari risulta inferiore rispetto alle temperature registrate in pieno campo. Esperimenti condotti su mais da biogas presentano un quadro interessante dal punto di vista agronomico in quanto il suolo presenta una riduzione di temperatura dovuta all'ombreggiamento creato dai pannelli solari in grado di ridurre l'evapotraspirazione e aumentare l'umidità del suolo. Questo mira a contribuire al mantenimento del bilancio idrico ottimale del suolo, fornendo un incremento di produttività alle colture sotto sistema agrivoltaico rispetto a colture sottoposte a radiazione solare continua. I principali divari di produttività tra colture in piena luce e colture coltivate sotto impianto fotovoltaico si registrano soprattutto in seguito ad eventi di siccità estrema nel quale le seconde risultano più avvantaggiate anche in prospettiva del cambiamento climatico già in atto (Amaducci et al., 2018). Tali impianti se accuratamente progettati possono inoltre portare a una riduzione del dispendio idrico

legato non solo alla minor evapotraspirazione delle colture, ma anche al possibile inserimento negli impianti di sistemi di raccolta dell'acqua piovana per sopperire alla scarsità d'acqua e creando sistemi di accumulo usati per scopi irrigui necessari alla riduzione degli sprechi garantendo l'efficientamento idrico (Santra et al., 2020). Tale problematica potrebbe essere ridotta se si considera l'inserimento nell'impianto di grondaie indipendenti (non fissate sui pannelli) per il riciclo dell'acqua piovana e dell'acqua di lavaggio dei pannelli come in Figura 11.



Figura 11- Sistema fotovoltaico con grondaie esterne per riciclo dell'acqua piovana e attuabile anche nei sistemi agrivoltaici (Rain water recovery)

L'acqua poi può essere convogliata tramite apposite tubature a dei bacini di raccolta e utilizzata all'occorrenza per l'irrigazione o a sua volta essere riutilizzata per il lavaggio dei pannelli. Questo sistema è stato brevettato ed è di proprietà di Kenergia S.R.L (Rain water recovery).

Tali sistemi di recupero dell'acqua sono importanti anche nel contesto di riduzione del dissesto idrogeologico causato dall'erosione in quanto i pannelli solari svolgono una funzione protettiva del suolo sottostante riducendo anche questa problematica (Meloni Emanuele, 2021).

Se si considera poi l'ambito zootecnico, tali sistemi permettono inoltre la protezione degli animali al pascolo da diversi agenti atmosferici e dalle intemperie, creando uno scudo e

garantendo loro riparo anche in condizioni di eccesso termico nelle aree sottostanti ai pannelli le quali risultano ombreggiate come visibile in Figura 12 e di conseguenza presentano temperature inferiori (Guerin, 2019).



Figura 12- Sinergia tra sistema agrivoltaico con pascolo di ovini (Enel Green Power)

Anche gli insetti impollinatori beneficiano di tali impianti come nel caso di vigneti o frutteti in quanto traggono vantaggio dalle semine di miscele di essenze nell'interfila garantendo il ripristino dell'attività impollinante e limitando l'utilizzo di prodotti fitosanitari (Moore-O'Leary et al., 2017). La costituzione di un habitat favorevole implica una maggior biodiversità all'interno dei terreni coltivati garantendo la possibile presenza di insetti utili ed ampliando i benefici ecosistemici generati dalla loro presenza (Walston et al., 2018). I sistemi agrivoltaici inoltre forniscono nuovi ambiti lavorativi sia ai tecnici del settore agrario sia ad ingegneri necessari per la calibrazione e l'idonea progettazione di tali impianti facendo in modo che si prestino all'ambiente in cui verranno allocati (Mamun et al., 2022).

In certi ambiti il sistema fotovoltaico può essere utilizzato come struttura di sostegno o come punto di appoggio per l'inserimento di rinforzi necessari per la coltivazione della coltura come si può notare in Figura 13.



Figura 13- Sistema agrivoltaico rispettivamente su vigneto (Agrofiliera.it) e su piccoli frutti (Riccio Gianluca, 2020)

3.5 Criticità e limiti

L'agrivoltaico a fronte degli aspetti positivi precedentemente citati presenta anche degli aspetti negativi che possono pregiudicare la sua espansione sul territorio nazionale.

In tal senso è possibile accorpare le criticità ed i limiti di tale tecnologia nelle seguenti categorie:

1. criticità inerenti agli impatti
2. maggiori costi di costruzione
3. limiti di carattere normativo

4. limiti di applicazione

5. limiti tecnico-colturali

Come vedremo alcune problematiche sono in parte risolvibili con l'impiego di nuove tecnologie all'avanguardia, altre sono causate dalla disinformazione che si ha sul tema agrivoltaico.

La prima fra tutte le problematiche riguarda l'aspetto paesaggistico, tale tecnologia impiantistica infatti a molti può sembrare impattante in quanto altera il normale paesaggio a cui i cittadini sono abituati. Bisogna considerare che tale problema potrebbe essere ridotto con eventuali opere di mitigazione e in ogni caso secondo il Decreto legge 199/2021, del Decreto aiuti, si è stabilita l'individuazione di aree idonee in particolare gli articoli 20 e 22 che affronteremo nei successivi capitoli. Per ora si può accennare che gli impianti agrivoltaici potranno sorgere su qualsiasi area ad eccezione delle zone tutelate da vincoli paesaggistici e culturali e ad una distanza di un chilometro dal perimetro di tali aree (Gpblex). Nonostante i vincoli imposti per la tutela del paesaggio, l'agrivoltaico non è comunque visto positivamente in quanto rappresenta un elemento di deturpazione del paesaggio per molti.

Un ulteriore aspetto negativo è dato agli ingenti costi di realizzazione dell'impianto, che come visto nei paragrafi precedenti, è superiore a un impianto fotovoltaico convenzionale. Ciò costituisce un grande freno per l'agricoltore che si trova a dover sostenere queste ingenti spese. Attualmente lo Stato sta attuando delle politiche atte ad arginare tale problematica.

Anche la burocrazia per la costruzione di questi impianti costituisce un limite alla loro realizzazione. Tra le pratiche più onerose in termini di tempo si trovano la valutazione di impatto ambientale e le procedure amministrative. Molte imprese infatti decidono di abbandonare la strada intrapresa a causa dell'iter burocratico lungo come esemplifica Figura 14 proposta da Legambiente.



Figura 14- Inter per la messa in funzione di impianti da fonti energetiche rinnovabili (Legambiente).

In Italia manca un quadro normativo esemplificativo per i progetti legati alla transizione ecologica e alle risorse rinnovabili. Attualmente si fa riferimento al Decreto Interministeriale del 10 settembre 2010 che non risulta essere aggiornato riguardo le nuove tecnologie in campo energetico e, non avendo una normativa attuale, gli organi statali tal volta presentano soluzioni contrastanti. In generale però ci si affida a tre processi autorizzativi per le energie provenienti da fonti rinnovabili, tra cui troviamo:

- l'autorizzazione unica (per impianti che superano le potenze prefissate, rilasciata al termine della conferenza dei servizi),
- la procedura abilitativa semplificata (per impianti con potenza minore di quella degli impianti per cui è prevista l'autorizzazione precedentemente citata, per la produzione di calore o raffreddamento),
- la comunicazione al Comune (procedimento semplificativo indicato per piccoli impianti elettrici).

Le competenze poi di tali autorizzazioni sono gestite in modo diverso dalle singole regioni: alcune demandano queste alle province altre sia a province che regioni e altre ancora come il Veneto le demanda alla regione (Legambiente).

Un'altra limitazione dell'agrivoltaico riguarda l'adattabilità delle colture sotto impianto. Più volte si è accennato all'effetto ombreggiante recato dai pannelli solari alle produzioni. Non tutte le colture si prestano a una bassa radiazione luminosa o limitata in solo determinate ore della giornata. A tale proposito molti studi sono stati avviati per comprendere le colture che maggiormente si prestano a tali impianti o se vi sono determinati ibridi in grado di rispondere al meglio alla limitazione luminosa recata dai moduli fotovoltaici, come ne sono un esempio gli ortaggi da foglia e foraggiere (Hassanpour Adeg et al., 2018). A questo si può aggiungere un ulteriore effetto negativo

legato alla distribuzione dell'acqua piovana che può non essere distribuita omogeneamente e creare un eccesso idrico in prossimità dell'area sottostante al bordo inferiore dei moduli, se non si considera l'inserimento di grondaie nell'impianto.

Per quanto riguarda invece l'utilizzo di impianti agrivoltaici con l'integrazione del pascolo vi può essere la possibilità che il bestiame si ferisca o che possa danneggiare i moduli fotovoltaici o le strutture di supporto di queste (Guerin, 2019).

Inoltre bisogna valutare attentamente in quanto consiste la potenziale diminuzione di resa delle colture prodotte sotto l'impianto e la resa energetica generata dallo stesso, valutando le perdite produttive, i maggiori costi sostenuti dall'impianto, la sua vita utile e in quanto tempo verrà ammortizzato, considerando i minori costi dell'energia che verrà autoprodotta e i ricavi generati dalla coltivazione del suolo sotto impianto.

Accenni di queste elaborazioni vengono forniti dal GSE nelle linee guida in materia di impianti agrivoltaici 2022 come è possibile vedere dal Grafico 3 in cui si denota una un calo del 13% dei costi nell'impianto agrivoltaico rispetto ad un impianto fotovoltaico a terra (MITE c, 2022).

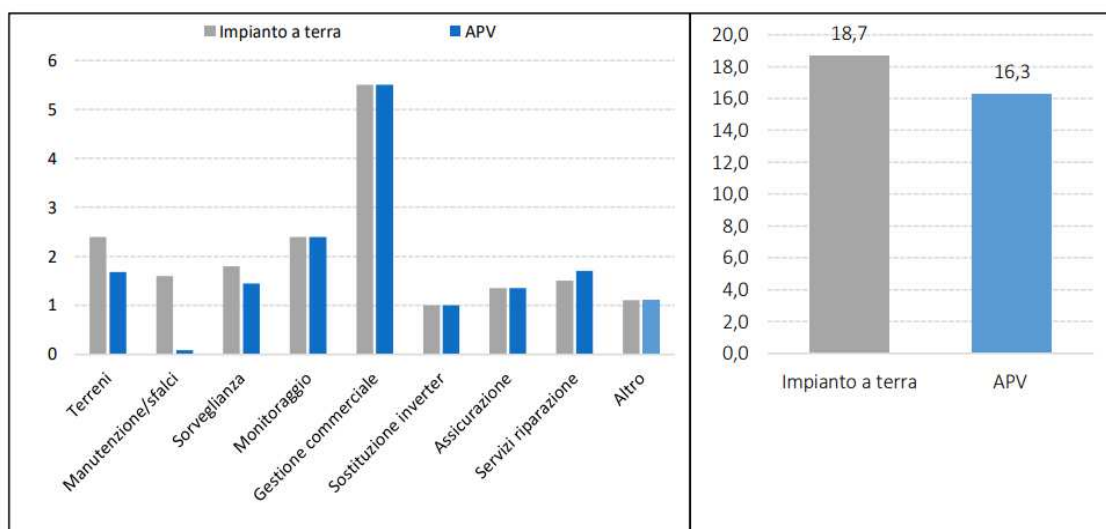


Grafico 3- Analisi costi di un sistema agrivoltaico da 1 MW confrontato con un sistema fotovoltaico a terra (costi espressi €/kW) (MITE c, 2022).

In tale analisi si considera una vita utile pari a 20 anni dell'impianto fotovoltaico e perdite tecnologiche di circa un 13% con 0,25% di decadimento di produzione elettrica annua. Inoltre, si è constatata una variazione nei costi di investimento che ammonta a quasi 73-93 €/MWh a cui si aggiungono 25 €/MWh di possibili costi variabili se si impiegano

colture a seminativo, mentre se si valuta la tipologia di impianto per coltivazioni pluriennali si hanno dei costi di investimento pari a 60-76 €/MWh e 15 €/MWh di costi aggiuntivi variabili. In seguito a tali costi verranno poi inserite le spese legate all'adempimento del Requisito E relativo ai monitoraggi delle colture e del suolo effettuati con apposite strumentazioni e con la supervisione di un agronomo, presumibilmente pari a 20.000 €/anno come cifra massima (MITE c, 2022).

A questi aspetti si aggiungono i diversi approcci delle diverse associazioni di categoria e delle grandi associazioni ambientaliste. A sfavore dell'agrivoltaico si trova infatti Coldiretti la quale appoggia il progetto di legge numero 41 atto a porre delle limitazioni sull'inserimento dell'agrivoltaico nei terreni agricoli. Di parere diametralmente opposto e quindi a favore dell'inserimento dell'agrivoltaico nel territorio Veneto troviamo invece associazioni come Legambiente Veneto, Confagricoltura giovani, ma anche associazioni come l'Ordine degli Ingegneri di Verona e Italia Solare, le quali richiedono modifiche sostanziali del progetto di legge citato in precedenza (Toffalini Claudio, 2021). Allo stato attuale la giunta regionale è arrivata ad un accordo - durante la 65° seduta pubblica del Consiglio della regione Veneto - nel quale si è cercato di prendere in considerazione le varie opinioni degli stakeholder in materia agrivoltaico (GSE Veneto).

3.6 Esempi di impianti in Italia

In Italia attualmente sono presenti alcuni impianti agrovoltaici. In particolare uno in Lazio a Montalto di Castro specializzato nella coltivazione di orticole come asparago, legumi e zafferano ed avente una potenza di 48,5 MWp (ANSA). Un altro impianto è situato in Umbria a Bastardo e questo è specializzato per la coltivazione di specie foraggere, cucurbitacee ed essenze mellifere atte ad attrarre insetti pronubi, tale impianto presenta un'altezza dei moduli di 2 m da terra (Bartolini Roberto, 2022). Queste due aziende sono dei casi studio gestiti da Enel Green Power in ex impianti termoelettrici in smantellamento (Agrifiliere).

Mentre vi sono altri impianti a cura di REM Tec Energy (ditta che ha brevettato il termine Agrivoltaico®) in particolare i due impianti agrivoltaici presenti a Piacenza: uno nel

comune di Montecelli D'Ongina, con un'estensione di 17 ettari con moduli posti ad un'altezza di 4,5 m in cui vengono prodotti seminativi come visibile in Figura 15.

Mentre l'altro è situato nel comune di Castelvetro di 6,83 ettari con un'altezza da terra di 4,5 m, visibile in Figura 16.



Figura 15- Impianto agrivoltaico REM Tec di Montecelli D'Ongina (REM Tec Energy)



Figura 16- Impianto agrivoltaico di Castelvetro (Rem Tec Energy)

La stessa ditta ha introdotto un altro impianto agrivoltaico a Mantova a Borgo Virgilio con un'estensione di 11,42 ettari, anch'esso con altezza dei moduli da terra di 4,5 m, visibile in Figura 17. In questi impianti non sono specificate le colture prodotte, ma dalle immagini è possibile notare principalmente la presenza di seminativi.



Figura 17- Impianto agrivoltaico Borgo Virgilio (Rem Tec Energy)

Un altro esempio si trova a Ferrara - più precisamente a Sant'Alberto - dove vi è un'azienda agricola-zootecnica, la quale possiede un impianto di circa 70 ettari dislocati dove attualmente pascolano circa 600 pecore (Cinquemani Tommaso, 2022). Tale impianto presenta una potenza istallata di 36 MW ed è stato installato già nel 2010 (Ravenna today). I terreni sottostanti ai pannelli sono coltivati a prato-pascolo con essenze permanenti per circa quattro anni, dopo di che si procede con una nuova semina. L'azienda inoltre ha riscontrato un incremento delle proprietà organolettiche del latte e un incremento del benessere dei capi al pascolo grazie alla funzione ombreggiante fornita dai pannelli ed alla possibilità di avere un alimento sempre fresco (Caseificio buon pastore).

Considerando poi la regione Veneto, si ha un esempio di agrivoltaico in provincia di Padova nell'azienda Tenuta Bagnoli. Quest'ultima ha pensato di unire la produzione energetica alla possibilità di utilizzare tali spazi per il pascolo degli animali in transumanza ed in seguito per la produzione di seminativi. Questa azienda oltre all'impianto agrivoltaico si è munita anche di un impianto di biogas in un'ottica di riduzione delle emissioni e degli sprechi (Balocchi Andrea, 2022).

La conformazione aziendale è visibile nella Figura 18 la quale rappresenta una foto aerea satellitare nella quale sono chiaramente visibili sia gli impianti di biogas sia gli appezzamenti nel quale gli impianti di pannelli fotovoltaici sono posti.



Figura 18- Foto satellitare di Tenuta Bagnoli su scala 1:6000 estratta tramite QGIS

Tutte le aziende o i promotori di tali impianti ne sottolineano gli aspetti positivi e la necessità di mantenere l'attenzione su questi sistemi al fine di garantire una riduzione delle emissioni e un'adeguata integrazione con le varie colture.

3.7 Aspetti normativi

Il tema agrivoltaico è estremamente innovativo basti pensare che fino a poco tempo fa non vi era neanche una vera e propria definizione per questa tecnologia, per tale ragione anche le normative che lo regolamentano sono molto recenti.

Analizzando il quadro normativo si può far riferimento a tre principali norme che definiscono gli impianti agrivoltaici:

- Decreto-legge del 31 maggio 77/2021
 - Convertito successivamente con Legge 30 luglio 2021 n. 108
- Decreto legislativo del 8 novembre 2021 n.199

Andando con ordine a livello nazionale inizialmente vi era il Decreto-legge del 31 maggio 2021 n.77 attualmente convertito con la legge 30 luglio 2021 n.108, la quale pone le basi normative per quanto concerne il raggiungimento degli obiettivi espressi nel PNRR (Piano Nazionale Ripresa e Resilienza), oltre al Piano nazionale degli investimenti complementari ed al PNIEC (Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima 2030).

Nell'articolo 18 del DL 77/2021 si definiscono le tipologie di progetti che sono state introdotte con il PNRR e il PNIEC, ed è proprio in quest'ultimo che si tratta il tema delle energie rinnovabili. In seguito nell'articolo 22 del DL 77/2021 viene definito il PUA (Provvedimento Unico Ambientale) atto alla semplificazione di tali progetti, definendo che le autorizzazioni necessarie sono solo quelle presenti in tale Decreto-legge nel comma 2 nel quale si definisce "E' facoltà del proponente richiedere l'esclusione dal presente procedimento dell'acquisizione di autorizzazioni, intese, concessioni, licenze, pareri, concerti, nulla osta e assensi" (Gazzetta Ufficiale 2021). Negli articoli 23 e 24 del DL 77/2021 sono specificate ulteriori semplificazioni al fine di accelerare i procedimenti amministrativi riguardanti tali progetti. Questo decreto ha favorito un ampliamento delle procedure di VIA (Valutazione Impatto Ambientale) ai progetti rientranti nel PNIEC, per tale ragione anche l'assoggettabilità a VIA dovrà essere svolta in tempi ridotti. In questa verifica attualmente rientrano anche impianti fotovoltaici con potenza superiore a 10 MW oltre che impianti eolici con potenza superiore ai 30 MW (Cadeddu Simone, 2021).

Attualmente nella legge 30 luglio 2021 n.108, ed in particolare nel Capo V, sono definite le disposizioni in materia paesaggistica. Nell'articolo 29 viene invece enunciata nel punto uno la necessità di sottoporre i progetti alla Sovrintendenza specificatamente istituita per il PNRR attiva fino alla fine 2026 e questa ha il compito di tutelare i beni culturali e paesaggistici. Mentre nel punto due viene specificata l'importanza di sottoporre i progetti del PNRR a VIA. Di seguito si esprime nel capo VI articolo 31 "Semplificazione per gli impianti di accumulo e fotovoltaici e individuazione delle infrastrutture per il trasporto del GNL in Sardegna" il quale introduce modificazioni come la procedura abilitativa semplificata comunale il quale secondo l'articolo 6 del decreto legislativo 3 marzo 2011 definisce "se l'impianto di produzione di energia elettrica alimentato da fonti rinnovabili è già esistente o autorizzato, anche se non ancora in esercizio, e se l'impianto di accumulo elettrochimico non comporta occupazione di nuove aree" (Gazzetta Ufficiale n. 181 del 30 luglio 2021, p 25).

3.7.1 Accesso ai contributi pubblici

Analizzando poi gli i possibili aiuti per la creazione di impianti agrivoltaici si fa riferimento sempre alla legge del 30 luglio 2021 n. 108 nello specifico nel punto 5 sempre dell'articolo 31, troviamo citato l'articolo 65 del decreto legge 24 gennaio 2012, numero 1, che riguardava gli impianti fotovoltaici in ambito agrario, il quale affermava che “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” mentre il punto due definisce l'inapplicabilità del comma 1 nel caso di moduli solari fotovoltaici a terra provvisti del titolo abilitativo entro la data di entrata in vigore di tale decreto o che ne abbiano fatto richiesta precedentemente (Gazzetta Ufficiale 2012).

Tale decreto in seguito è stato convertito con delle variazioni dalla legge 24 marzo 2012 numero 27 nel quale è stato inserito l'1-quarter il quale definisce che “Il comma 1 non si applica agli impianti agrivoltaici che adottino soluzioni integrative innovative con montaggio dei moduli elevati da terra, anche mediante 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” (Gazzetta Ufficiale,, n. 181 del 30 luglio 2021, p 26), a questo segue l'1-quinquies il quale riconosce l'accesso agli incentivi agli impianti rientranti nella definizione del comma citato precedentemente e nei quali vi sia l'attuazione di un sistema di monitoraggio al fine di valutare l'effetto sulle produzioni colturali, il risparmio idrico, le rese produttive specifiche per ogni coltura e il mantenimento delle attività agricole specifiche dell'azienda in oggetto. Mentre nell'1-sexies si definisce l'interruzione dei benefici nel caso si verifichi un'inadempienza delle condizioni presenti nel primo comma 1-quarter (Gazzetta Ufficiale, n. 181 del 30 luglio 2021, p 26).

Entrando più nel dettaglio dell'agrivoltaico vi è il decreto legislativo dell'8 novembre 2021, numero 199 il quale definisce l'attuazione della direttiva UE 2018/2001 del Parlamento europeo del Consiglio. Con tale decreto - in particolare nell'articolo 14 - si sono definiti i criteri di coordinamento tra le misure istituite dal PNRR e gli strumenti di incentivo destinati ai diversi settori. Nel punto C ritroviamo la dicitura “sviluppo del sistema agrivoltaico”, qui vengono definiti i termini per accedere ai contributi a fondo perduto e si fa riferimento ai requisiti citati precedentemente nel decreto-legge 24 marzo

2012 numero 27 che definisce la possibilità di accesso a tali fondi solo a coloro che introducono sistemi che prevedano il contemporaneo utilizzo agricolo ed energetico del suolo, senza pregiudicare la continuità delle attività agricole. Nel Capo II di questo decreto-legge vengono enunciati i metodi di retribuzione dei nuovi impianti che utilizzano energia rinnovabile. I pagamenti saranno effettuati dal GSE per l'energia prodotta o auto consumata dall'entrata in esercizio dell'impianto per l'intera durata della sua vita utile definita per tale tipologia di impianto. Tali incentivi inoltre sono rilasciati in funzione del dimensionamento dell'impianto e della sua potenza. In particolare nel comma 2 si distinguono grandi impianti di 1 MW o con potenza superiore in cui gli incentivi vengono stabiliti mediante sistemi di aste al ribasso riferite a contingenti di potenza come definito nella Gazzetta Ufficiale. Mentre si possono definire impianti di piccola taglia tutti gli impianti che presentano una potenza inferiore di 1 MW, per questi gli incentivi saranno dispensati tramite bandi in cui verranno posti dei prerequisiti di accesso legati principalmente all'efficientamento dei costi ed al mantenimento della tutela ambientale e territoriale (Normattiva).

3.7.2 Norme in merito a criteri costitutivi

Analizzando invece le possibilità di impiego di questi impianti a livello nazionale si fa riferimento sempre al decreto legislativo dell'8 novembre 2021, numero 199 in particolare all'articolo 20 il quale definisce l'individuazione di superfici e aree idonee per l'inserimento di nuovi impianti di energia rinnovabile. In questo vengono definite le aree idonee secondo gli obiettivi di potenza energetica inserita nel PNIEC e vengono previsti gli accorgimenti e le opere volte a minimizzare i possibili effetti di impatto ambientale definendo le modalità di individuazione di tali aree idonee. Nel comma 4 viene esplicitamente demandata alle Regioni ed alle Province autonome l'individuazione di tali aree idonee, mentre nel comma 5 si ribadisce la necessità di ridurre al minimo i possibili impatti ambientali sul territorio tutelando i beni paesaggistici e culturali, ma focalizzando anche gli obiettivi previsti entro il 2030. Nel comma 7 invece si definiscono le aree non idonee in quanto non rientranti nella categoria idonee e per tale motivo non possono

essere predisposti impianti in esse. Infine nel comma 8 sono riportate le aree che possono essere considerate idonee:

- aree dove era già presente alla data di uscita del decreto un impianto della stessa fonte energetica rinnovabile
- nel caso siano eseguiti interventi di modifica e ricostruzione dell'impianto
- aree oggetto di bonifica individuate dal decreto legislativo 152 del 2006
- le cave e miniere in disuso o abbandonate e non sfruttabili in altri contesti
- siti dismessi di società ferroviarie, autostradali ed aeroportuali.

Oltre alle aree precedentemente citate vengono considerate idonee anche le aree agricole poste a una distanza di 500 metri da zone industriali e commerciali nonché aree di interesse nazionale, tra cui cave e miniere e poste a 500 metri anche da stabilimenti industriali anche in area agricola. Inoltre si considerano idonee aree limitrofe a 300 m dalle autostrade, a meno che non vi siano presenti beni di tutela nelle vicinanze per il quale la distanza sarebbe maggiore e come definito nel comma 8 c-quarter si stabilisce “una distanza dal perimetro di beni sottoposti a tutela di sette chilometri per gli impianti eolici e di un chilometro per gli impianti fotovoltaici” (Normattiva). Mentre nell'articolo 22 si definiscono le procedure per vagliare l'idoneità di un'area alla creazione di questi impianti, effettuando una valutazione da parte delle autorità competenti al fine di valutarne l'impatto ambientale che queste opere possono avere sul paesaggio.

Nell'ambito invece dei requisiti che un impianto agrivoltaico deve avere li ritroviamo inseriti nelle “linee guida degli impianti agrivoltaici” presentata a giugno 2022 e già approfondite e descritte nel paragrafo 3.2.

3.7.3 Normativa della regione Veneto

Attualmente la regione Veneto ha emanato una Legge Regionale 19 luglio 2022 numero 17 presentata sul bollettino ufficiale regionale numero 86 del 22 luglio 2022 nel quale viene riportata la normativa vigente per la realizzazione di impianti fotovoltaici con moduli a terra. Questa delinea nell'articolo 1 le leggi a cui fa riferimento in particolare il

decreto legislativo 2021 numero 199 dell'8 novembre, alle linee generali del PNIEC e alla normativa pianificatoria dell'Unione Europea che definisce gli obiettivi in materia energetica evidenziando gli aspetti “di tutela dell'ambiente, del paesaggio, del patrimonio storico-artistico, delle tradizioni agroalimentari locali e della biodiversità, e in coerenza con l'obiettivo del consumo di suolo zero entro il 2050” come definito nell'articolo 1 comma 2 del BUR 86 della regione Veneto (Bollettino Ufficiale Regionale n. 86, 22 luglio 2022). In seguito vengono date le definizioni nell'articolo 2 comma 1 di cosa si intende per impianto fotovoltaico e le varie conformazioni che tali impianti possono assumere, in particolare si distinguono:

- impianto con moduli posizionati a terra in cui “la superficie assorbente e/o vetrata coperta dell'insieme dei moduli fotovoltaici risulta posata o infissa attraverso supporti sul terreno”;
- impianto agrivoltaico che presenta “moduli elevati da terra su terreni mantenuti in coltivazione, qualificati come Superficie Agricola Utilizzata [...] in modo da non compromettere la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale; l'attività agricola deve essere oggetto di un piano culturale formalizzato, nel rispetto di quanto previsto dalla relazione agronomica approvata nell'ambito del rilascio della autorizzazione”;
- impianto fotovoltaico flottante “a moduli fotovoltaici che utilizzano specifiche tecnologie per il galleggiamento sull'acqua”.

Tali definizioni sono presenti nella legge regionale 19 luglio 2022 numero 17 (Bollettino Ufficiale Regionale n. 86, 22 luglio 2022).

Nell'articolo 3 sono riportati gli indicatori di possibile non idoneità delle aree utili ai fini di installazione di impianti fotovoltaici in particolare:

- Aree rientranti nel patrimonio storico, architettonico e paesaggistico: in cui rientrano core zone, buffer rientranti nelle liste di beni tutelati dall'UNESCO sia a livello mondiale che da programmi come “man and the Biosphere” (MaB), aree di tutela paesaggistica disciplinate dalla legge regionale 23 aprile 2004 numero 11 la quale definisce le norme in materia paesaggistica e territoriale, aree caratterizzate da terrazzamenti e paesaggi agrari storici rientranti nel PTRC (Piano Territoriale Regionale di Coordinamento) il quale fa riferimento anch'esso alla legge regionale del 2004 numero 11. Vi sono anche aree di interesse culturale,

aree e beni tutelati indirettamente, aree presenti nel piano paesaggistico regionale, aree o beni di evidente interesse pubblico che fanno riferimento al decreto legislativo 22 gennaio del 2004 numero 42, nel quale all'articolo 142 si ritrovano le aree tutelate per legge.

- Aree di interesse ambientale: in cui rientrano aree umide presenti nella Convenzione Ramsar, aree rientranti nella Rete Natura 2000 secondo le direttive che identificano rispettivamente Siti di Importanza Comunitaria (SIC) direttiva 92/43/CEE, aree di conservazione degli habitat naturali e seminaturali nonché della flora e fauna selvatiche come affermato dalla precedente direttiva, Zone di Protezione Speciale (ZPS) direttiva 79/409/CEE. Oltre a questi vi sono le aree rientranti nella legge quadro sulle aree protette in particolare le riserve naturali e le aree naturali protette su cui rientrano e vengono istituiti parchi e riserve naturali regionali. Inoltre rientrano aree dove sono istituite oasi e aree utili per il ripopolamento presenti nel piano faunistico venatorio della regione, le aree atte al mantenimento e preservazione della biodiversità, aree di rischio o di potenziale rischio di dissesto idrogeologico e geositi.
- Aree inerenti all'agricoltura: rientrano aree soggette a certificazioni di qualità tra cui biologico, DOP, IGP, STG, DOC, DOCG, DE.CO., produzioni tradizionali (tale non idoneità viene mantenuta per 5 anni consecutivi dalla variazione del fascicolo aziendale), i paesaggi inseriti nel Registro nazionale dei paesaggi rurali aventi interesse storico e che mantengono pratiche agricole tradizionali. Inoltre anche le aree che prevedono l'impiego di sistemi agricoli tradizionali iscritti alla lista del patrimonio dell'umanità dell'agricoltura e aree agricole considerate di pregio individuate dal PTRC e dalla valutazione della capacità d'uso dei suoli regionali (Bollettino Ufficiale Regionale n. 86, 22 luglio 2022).

Mentre l'articolo 4 identifica la possibilità di creare nuovi impianti e questi vengono distinti in funzione alle loro dimensioni. Se si considerano impianti aventi potenza pari o superiore a 1 MW è consentita la loro costruzione solo nel caso in cui si effettui un impianto agrivoltaico, a questo si ha la possibilità di deroga solo nel caso in cui l'impianto fotovoltaico a terra si estenda per una superficie 15 volte inferiore rispetto all'area classificata come agricola dal piano regolatore, entrambi ricadenti nello stesso comune e provincia. Invece per impianti aventi potenza inferiore a 1 MW il punto b definisce la

possibilità di costruzione sia di impianti con moduli a terra che impianti agrivoltaici e in tal caso non viene attuato l'asseveramento ("il vincolo pertinenziale, in regime di esclusività, fra zone classificate agricole dagli strumenti urbanistici comunali e l'area su cui insiste l'impianto fotovoltaico" come definito nell'articolo 2 punto d di tale legge). Nel comma 3 si indica la possibilità di costruzione di fotovoltaico a terra o agrivoltaico in aree agricole solo a coloro che posseggano titolo di Imprenditore Agricolo Professionale (IAP) o coltivatore diretto e alle amministrazioni pubbliche. Per tali figure inoltre viene individuata una scrematura delle aree definite di "presunta non idoneità" per l'ubicazione dell'agrivoltaico, in particolare non si applica su:

- Aree in cui si svolgono produzioni con certificazione biologica o di qualità come DOP, IGP, STG, DOC, DOCG, DE.CO., produzioni tradizionali;
- Aree agricole considerate di pregio individuate dal PTRC e dalla valutazione della capacità d'uso dei suoli;

Per tali progetti sarà necessaria una relazione agronomica svolta da una figura tecnica abilitata che preveda relative opere di monitoraggio per verificare il mantenimento dello stesso indirizzo produttivo agricolo dell'area. Nell'articolo 6 comma 2 si definiscono le competenze della Giunta regionale e le distanze che tali impianti devono avere dal perimetro delle aree non idonee considerando come distanza massima possibile i 1000 metri. Nel comma 3 si definisce la procedura di determinazione della VIA come definito dal decreto legislativo 152 del 2006 norme in materia ambientale. In tale analisi si deve tener conto non solo dell'impatto ambientale, ma anche della sostenibilità economica e sociale del progetto oltre alla distanza da possibili aree non idonee e alla potenza dell'impianto stesso.

Nell'articolo 7 sono definite le aree di idoneità per gli impianti fotovoltaici in cui rientrano aree industriali dismesse, cave e miniere dismesse e inutilizzabili per altri scopi, terreni agricoli abbandonati per più di 5 anni o in stato di degrado, parcheggi ed edifici, aree che prevedono la costruzione di nuove opere pubbliche e aree in cui sussistono già tali infrastrutture. Nell'articolo 9 viene spiegata la procedura per verificare l'assoggettabilità a VIA e la sua realizzazione tramite il relativo PUAR (Piano Autorizzatorio Unico Regionale) per semplificare tale procedura. Nell'articolo 10 sono definite le leggi transitorie in cui si prevede che i procedimenti autorizzativi svoltisi prima dell'entrata in vigore di questa legge e nel quale si sia presentata istanza e sia trascorso il

termine di silenzio assenso non si devono applicare le procedure viste in precedenza con l'attuazione della legge regionale numero 17 del 2022. Mentre nell'articolo 11 sono definite le clausole valutative dove si descrivono le motivazioni dell'importanza del rispetto del PNIEC per il raggiungimento della decarbonizzazione entro il 2050. In questo si definisce l'importanza del monitoraggio di tali impianti verificando quanti di questi verranno istituiti nel Veneto e le loro conformazioni con le tecnologie adattate. Il tutto, in seguito, viene registrato in relazioni effettuate ogni due anni dalla Commissione competente valutando gli effetti che tali impianti esercitano sul suolo secondo opportuni rilevamenti citati nei capitoli precedenti precisamente nel Requisito E (Bollettino Ufficiale Regionale n. 86, 22 luglio 2022).

4 Metodologia d'indagine

4.1 Obiettivi della ricerca sperimentale

Nella parte sperimentale della tesi ci si è avvalsi di una raccolta dati attraverso un questionario, al fine di comprendere le preferenze dei consumatori in merito alla creazione di nuovi impianti agrivoltaici sul territorio Veneto con l'obbiettivo di:

1. Comprendere la conoscenza dei cittadini sull'agrivoltaico;
2. Comprendere quanto i consumatori siano disposti a pagare per usufruire di energia proveniente da fonti rinnovabili;
3. Comprendere tramite l'esperimento di scelta secondo quali attributi approvverebbero la costruzione di impianti agrivoltaici;
4. Comprendere l'opinione dei consumatori in merito alla possibile realizzazione di tali impianti nel territorio.

Nel questionario è stata utilizzata la metodologia degli esperimenti di scelta (Discrete Choice Experiments), al fine di stimare quanto diverse caratteristiche degli impianti agrivoltaici incidessero, positivamente o negativamente, sulla disponibilità a pagare dei rispondenti. In tal modo è stato dunque possibile fornire una stima economica degli impatti degli impianti agrivoltaici.

4.2 Gli esperimenti di scelta

Lo studio sperimentale a mezzo questionario prevede l'utilizzo di un metodo noto in letteratura come esperimento di scelta. Gli esperimenti di scelta consentono la stima sia dei valori d'uso che dei valori di non uso di una risorsa, ovvero di entrambe le componenti del valore economico totale di una risorsa, definito come "totalità dei beni e dei servizi che un determinato sistema ambientale o una sua componente può produrre a favore dell'uomo" come affermato da (Vecchiato Daniel, 2022) nelle dispense di economia ed estimo ambientale. Le tipologie di stima del valore economico totale si differenziano in due metodi distinti. Uno basato sull'analisi dell'offerta il quale valuta i costi legati a diversi valori di costo e di mercato (valore mercantile, valore di trasformazione, costo di

surrogazione, costo di riproduzione/ripristino, costo opportunità) mentre l'altro metodo si basa sulla domanda del consumatore. I metodi di stima del valore di una risorsa ambientale (incluse le sue esternalità) possono essere raggruppati in due grandi categorie: i metodi basati sulle preferenze rivelate ed i metodi basati sulle preferenze dichiarate, tra cui troviamo i metodi della valutazione contingente e gli esperimenti di scelta (Hensher, 2005).

Gli esperimenti di scelta consentono di stimare il valore di un bene, e dunque i suoi benefici in termini monetari, ex-ante, ovvero prima che il bene o progetto venga realizzato (Hoyos, 2010). Nella metodologia degli esperimenti di scelta, utilizzata nel marketing, nell'economia ambientale e marketing agroalimentare (per citare alcuni ambiti di applicazione), al consumatore viene dapprima presentato un mercato ipotetico. Al consumatore vengono poi presentate dei set di scelta con diverse opzioni, come se si trovasse ad effettuare l'acquisto di un bene, che si può differenziare per alcune sue caratteristiche (ogni opzione di scelta è differenziata per le caratteristiche o attributi del bene). Viene dunque chiesto al consumatore di scegliere tra le opzioni di acquisto che gli vengono presentate, l'opzione da lui preferita come se la dovesse realmente acquistare. Da un punto di vista teorico, l'opzione scelta dal consumatore sarà quella da cui quest'ultimo trae la maggiore utilità, dato il suo prezzo, considerando che il valore del bene è dato dall'insieme delle sue singole caratteristiche. In seguito, dalle singole scelte effettuate dal consumatore sarà possibile determinare l'importanza relativa attribuita dal consumatore alle caratteristiche del bene e il valore attribuito a tali caratteristiche. Dato che è impossibile misurare l'utilità attribuita dal consumatore ad un bene, negli esperimenti di scelta questa sarà dedotta osservando le scelte effettuate, ed assumendo che verrà scelta l'opzione che arreca l'utilità maggiore. Dall'analisi delle probabilità di scelta, viene poi dedotta l'utilità associata dal rispondente alle caratteristiche del bene proposte.

Nell'esperimento di scelta proposto nel questionario è stato dunque definito un mercato ipotetico nel quale - per avere un certo bene o risorsa - i rispondenti devono essere disposti a pagare un determinato prezzo (Vecchiato Daniel, 2014).

Nel definire il design sperimentale dell'esperimento di scelta proposto nel questionario sono stati individuati cinque attributi: la dimensione dell'impianto, la distanza minima dalle aree di pregio paesaggistico, la percentuale di SAU (Superficie Agraria Utilizzata)

disponibile in Veneto destinata al progetto dell'agrivoltaico, la previsione di opere di mitigazione visiva come siepi e filari di alberi e per ultimo l'incremento bolletta energetica espresso in euro al mese per cinque anni per famiglia.

Una volta definiti gli attributi per ognuno di essi si sono stabiliti dei livelli per i quali l'attributo è stato differenziato e che ha permesso la scelta del consumatore tra i vari scenari di scelta proposti. I livelli usati per gli attributi scelti sono sintetizzati in Tabella 4.

Tali attributi e livelli sono stati elaborati con il software Ngene al fine di elaborare il design sperimentale e definire le differenti combinazioni dei vari set di scelta. In questo modo è stato possibile creare 6 set di scelta.

Attributi	Livelli		
	Grande	Medio	Piccolo
Dimensione impianto	Grande	Medio	Piccolo
Distanza minima da aree di pregio storico/paesaggistico/ambientale	2000m	1000m	500m
% di superficie agricola utilizzata (SAU) disponibile in Veneto destinata al progetto	50%	30%	10%
Sono previste opere di mitigazione visiva (siepi/filari di alberi)	sì/no		
Incremento bolletta energia elettrica (€/mese per famiglia per 5 anni)	8 €	4 €	2 €

Tabella 4- Distinzione dei livelli per ogni attributo

Tali attributi saranno descritti e definiti più specificatamente nel paragrafo successivo.

4.3 Il questionario

La raccolta dati è stata effettuata tramite la creazione di un questionario realizzato al fine di comprendere l'opinione dei cittadini sulla possibile realizzazione di impianti agrivoltaici in Veneto.

La prima parte del questionario introduce ai fini della ricerca e comunica ai rispondenti le modalità con cui verrà tutelata la loro privacy, assicurando che i dati rilevati nel questionario saranno trattati in modo aggregato, anonimo e per le sole finalità della ricerca, nel rispetto della normativa prevista dal GDPR-Regolamento (UE) 2016/679.

Il questionario è stato organizzato in diverse sezioni, in cui i quesiti posti sono stati raggruppati per argomenti affini.

La seconda sezione introduce una domanda filtro per identificare se l'intervistato fosse residente nella regione Veneto, dato che il questionario si focalizza sulle preferenze ed opinioni dei residenti in tale regione. In caso di risposta negativa il questionario sarebbe stato ritenuto concluso mentre in caso di risposta affermativa il questionario sarebbe proseguito fino alla fine e ultimato.

Nella terza sezione si è voluta valutare la percezione dell'intervistato sugli effetti del cambiamento climatico per capire le sue conoscenze in merito a tale tematica e alla sua percezione sulla gravità della situazione se non si cercherà di incentivare soluzioni innovative, che mirino ad agevolare la transizione ecologica e la riduzione delle emissioni di gas serra. In tali domande sono state fornite delle informazioni su diversi scenari di intervento, puntualizzando come senza alcuna azione la temperatura nei prossimi vent'anni sarebbe aumentata di 1,5 °C.

Nella sezione quattro del questionario sono state poste alcune domande per comprendere quale fosse la conoscenza delle diverse fonti energetiche attualmente esistenti. All'interno di questa sezione è stato chiesto di identificare in che modo le fonti energetiche proposte (rinnovabili e non) contribuiscano al cambiamento climatico e su quali fonti energetiche - tra quelle citate - sarebbe stato più vantaggioso investire (considerando una scala Likert che va da 1="Per niente" a 5="Molto").

Nella sezione cinque si è voluta valutare la disponibilità dell'intervistato a pagare una somma di denaro maggiorata in bolletta (su base annua e per famiglia) pur di ottenere un'energia proveniente interamente da fonti rinnovabili, mentre nella sezione sei sono state valutate le conoscenze dell'intervistato in merito agli impianti agrivoltaici, per comprendere se sapesse cosa sono e se ne avesse mai visto uno. In seguito nella sezione sette è stato definito cosa si intende per impianto agrivoltaico fornendo al rispondente le seguenti informazioni:

“Un impianto Agrivoltaico mira a garantire la coesistenza tra la produzione di energia solare e le pratiche agricole. In questi impianti, i pannelli fotovoltaici vengono installati direttamente sui campi coltivati, consentendo la coltivazione al di sotto dei pannelli stessi. L'agrivoltaico può rappresentare una soluzione per la generazione di energia rinnovabile risolvendo il problema dell'utilizzo di terreno coltivabile ai soli scopi energetici come fatto fino al 2012 in Italia. Attualmente l'agrivoltaico ha lo scopo di produrre energia pulita, senza al contempo sottrarre terreno alla produzione alimentare.”

Tale descrizione è stata completata presentando delle immagini di impianti agrivoltaici, per dare ai rispondenti un'idea del risultato della loro costruzione.

Le due sezioni successive sono state dedicate all'esperimento di scelta. Nella prima si è fornito al rispondente un'introduzione all'esperimento stesso in cui veniva delineato il mercato ipotetico. Il preambolo fornito è il seguente:

“Al fine di conseguire una maggior indipendenza energetica e di accelerare la transizione verso fonti energetiche rinnovabili, si sta considerando la costruzione di nuovi impianti agrivoltaici in Veneto.

Tale obiettivo sarà perseguito da una compagnia energetica privata, che offrirà poi ai cittadini residenti in Veneto dei contratti di energia elettrica “sostenibile” proveniente dagli impianti agrivoltaici realizzati.

A tal fine, prima di intraprendere questa iniziativa imprenditoriale, la compagnia energetica in oggetto, intende comprendere l'opinione dei cittadini in merito alla costruzione di questi nuovi impianti.

Sinteticamente, i nuovi impianti agrivoltaici possono apportare i seguenti **vantaggi**:

- produzione di energia da fonti rinnovabili
- riduzione delle emissioni di CO2 create da altre fonti energetiche
- produzione di energia, senza al contempo sottrarre terreno alla produzione alimentare
- maggiore protezione delle colture dalle variazioni climatiche.

Tra i possibili **impatti negativi** si possono menzionare:

- l'impatto paesaggistico
- costi di manutenzione e smaltimento
- potenziale riduzione della fertilità del suolo su cui vengono installati (non è stato scientificamente provato)

Alla luce di quanto descritto sopra, si stanno considerando 5 possibili caratteristiche dei nuovi impianti:

- **Dimensione impianto:** sono previsti diversi possibili dimensionamenti dell'impianto, considerando che 1 ettaro = 10.000 m² si sono individuate tre possibili dimensioni. Sono stati definiti impianti:

- grandi quelli con una superficie superiore a 3,5 ettari (>1 MW)
- medi quelli con superficie uguale a 3,5 ettari (1 MW)
- piccoli aventi una superficie inferiore a 3,5 ettari (<1 MW);

- **Distanza minima dalle aree di pregio storico, paesaggistico e culturale;**

- **Percentuale di superficie agricola utilizzata (SAU) disponibile in Veneto destinata al progetto**, quindi alla costruzione di tutti gli impianti agrivoltaici;
- **Presenza o assenza di opere di mitigazione**, ovvero tutte quelle installazioni come siepi o filari di alberi che vadano a limitare l'impatto visivo dell'impianto sul paesaggio circostante;
- **Incremento bolletta energia elettrica**: dati i costi di realizzazione del progetto, la compagnia elettrica, di cui sarà possibile sottoscrivere i contratti nel mercato libero dell'energia, applicherà un piccolo sovrapprezzo in bolletta che potrà andare da 2€ a 8€ al mese. A fronte di tale sovrapprezzo, coloro che sottoscriveranno i contratti contribuiranno con la loro scelta a ridurre la dipendenza energetica del nostro paese e a ridurre il riscaldamento globale.”

Al termine di tale preambolo sono stati proposti sei possibili scenari in merito alle caratteristiche che gli impianti potrebbero avere. In ogni scenario saranno presentate 2 possibili opzioni di impianti e 1 opzione di non scelta, tra cui l'intervistato dovrà scegliere riportati in Figura 19 fino a Figura 24.

	Opzione A	Opzione B	Nessuna
Dimensione impianto	Grande	Medio	-
Distanza minima da aree di pregio storico/paesaggistico/ambientale	1000 m	1000 m	0 m
% di superficie agricola utilizzata (SAU) disponibile in Veneto destinata al progetto	10%	30%	0%
Sono previste opere di mitigazione visiva (siepi/filari di alberi)	sì	sì	no
Incremento bolletta energia elettrica (€/mese per famiglia per 5 anni)	8 €	8 €	0 €

Figura 19- Scenario di scelta numero 1

	Opzione A	Opzione B	Nessuna
Dimensione impianto	Medio	Piccolo	-
Distanza minima da aree di pregio storico/paesaggistico/ambientale	2000 m	2000 m	0 m
% di superficie agricola utilizzata (SAU) disponibile in Veneto destinata al progetto	50%	50%	0%
Sono previste opere di mitigazione visiva (siepi/filari di alberi)	no	sì	no
Incremento bolletta energia elettrica (€/mese per famiglia per 5 anni)	4 €	4 €	0 €

Figura 20- Scenario di scelta numero 2

	Opzione A	Opzione B	Nessuna
Dimensione impianto	Medio	Grande	-
Distanza minima da aree di pregio storico/paesaggistico/ambientale	500 m	500 m	0 m
% di superficie agricola utilizzata (SAU) disponibile in Veneto destinata al progetto	50%	50%	0%
Sono previste opere di mitigazione visiva (siepi/filari di alberi)	sì	no	no
Incremento bolletta energia elettrica (€/mese per famiglia per 5 anni)	2 €	4 €	0 €

Figura 21- Scenario di scelta numero 3

	Opzione A	Opzione B	Nessuna
Dimensione impianto	Piccolo	Piccolo	-
Distanza minima da aree di pregio storico/paesaggistico/ambientale	2000 m	2000 m	0 m
% di superficie agricola utilizzata (SAU) disponibile in Veneto destinata al progetto	30%	10%	0%
Sono previste opere di mitigazione visiva (siepi/filari di alberi)	sì	no	no
Incremento bolletta energia elettrica (€/mese per famiglia per 5 anni)	4 €	2 €	0 €

Figura 22- Scenario di scelta numero 4

	Opzione A	Opzione B	Nessuna
Dimensione impianto	Piccolo	Grande	-
Distanza minima da aree di pregio storico/paesaggistico/ambientale	1000 m	1000 m	0 m
% di superficie agricola utilizzata (SAU) disponibile in Veneto destinata al progetto	30%	30%	0%
Sono previste opere di mitigazione visiva (siepi/filari di alberi)	no	no	no
Incremento bolletta energia elettrica (€/mese per famiglia per 5 anni)	8 €	8 €	0 €

Figura 23- Scenario di scelta numero 5

	Opzione A	Opzione B	Nessuna
Dimensione impianto	Grande	Medio	-
Distanza minima da aree di pregio storico/paesaggistico/ambientale	500 m	500 m	0 m
% di superficie agricola utilizzata (SAU) disponibile in Veneto destinata al progetto	10%	10%	0%
Sono previste opere di mitigazione visiva (siepi/filari di alberi)	no	sì	no
Incremento bolletta energia elettrica (€/mese per famiglia per 5 anni)	2 €	2 €	0 €

Figura 24- Scenario di scelta numero 6

Al termine di questa serie di scelte sono state eseguite delle domande in merito agli aggettivi che verrebbero utilizzati per descrivere un impianto agrivoltaico e quali potrebbero essere gli aspetti negativi di tale tecnologia.

In seguito nella sezione sedici è stata fornita la seguente definizione di impatto paesaggistico:

“Con impatto paesaggistico si intende l'insieme degli effetti che un progetto od opera potrebbero avere sull'ambiente da un punto di vista morfologico, visivo, simbolico. In particolare faremo riferimento a quanto la presenza dei pannelli fotovoltaici alteri l'immagine naturale del paesaggio.”

In seguito a tale definizione è stato chiesto come l'intervistato avrebbe reagito se un sistema agrivoltaico fosse stato posto vicino alla sua abitazione, visibile dalla propria finestra e in un posto che frequenta abitualmente per svolgere le sue attività ricreative. Dopo è stato chiesto se l'intervistato ritenesse che il 10% della superficie agricola del Veneto sia destinabile alla costruzione di tali impianti agrivoltaici ed infine quale fosse

la sua opinione in merito all'agrivoltaico in seguito alle informazioni fornite durante lo svolgimento del questionario e a quali condizioni sarebbe disposto ad approvarli.

Nella sezione diciassette si è voluto comprendere se il campione intervistato possedesse o meno un'azienda agricola. In caso di risposta affermativa all'intervistato sarebbe stata posta un'ulteriore domanda nella sezione diciotto nel quale doveva rispondere se effettivamente sarebbe stato interessato ad installare un sistema agrivoltaico nella propria azienda definendo inoltre il suo punto di vista in merito secondo le risposte proposte.

Se gli intervistati avessero risposto negativamente alla sezione diciassette sarebbero stati indirizzati direttamente alla sezione diciannove nel quale sono state chieste le caratteristiche sociodemografiche del rispondente, chiedendo genere dell'intervistato, fascia di età, titolo di studio, professione, settore occupazionale, standard di vita del suo nucleo familiare e provincia di residenza.

Al termine del questionario è stato poi chiesto quanto effettivamente influisse il paesaggio nella scelta dei luoghi da visitare e se l'intervistato fosse iscritto ad associazioni ambientaliste per avere un'immagine più dettagliata anche della percezione dell'ambiente che l'individuo possiede.

Prima di essere diffuso, il questionario è stato testato, facendolo compilare da alcuni soggetti per avere un riscontro sulla lunghezza del questionario e sull'effettiva comprensione delle domande poste considerando comunque il grado di specificità dell'argomento e la complessità di alcuni termini.

4.4 Raccolta dati

Il questionario è stato creato tramite software Google Moduli ed è stato inoltrato via web. Per tale ricerca è stato scelto un sistema di accesso al questionario aperto il quale non richiedesse credenziali di accesso. È stato pertanto possibile compilare il questionario da tutti coloro in possesso del link di riferimento.

Il questionario era rivolto ai residenti nella regione Veneto, e si è optato per un campionamento a "palla di neve" (snowball sampling). A tal proposito il questionario è stato condiviso tramite i principali social network come WhatsApp, Facebook e Instagram ed è stato condiviso su alcune pagine web del settore, in particolare nella

Newsletter di Confagricoltura Venezia tramite un articolo dedicato intitolato “Agrivoltaico in Veneto, indagine sulle preferenze dei cittadini: dare la vostra opinione è possibile” uscito nel numero 50 e 51 del mese di dicembre. Inoltre il questionario è stato presentato e diffuso nella pagina di New agriculture di Facebook e sul profilo Instagram di Gomiero farm (azienda padovana diventata celebre dal programma tv su DMAX). Il questionario è stato condiviso e reso disponibile agli intervistati per un periodo di 26 giorni tra dicembre 2022 e gennaio 2023.

5 Risultati

5.1 Caratteristiche del campione

Nel periodo della raccolta dati sono stati raccolti 572 questionari, di questi solo 450 sono stati utilizzati nell'analisi dati in quanto l'indagine era rivolta ai residenti in Veneto, e pertanto sono stati scartati 122 rispondenti che hanno dichiarato di non risiedere in Veneto. Tale campione è stato utilizzato per l'analisi delle opinioni sulla possibile installazione di impianti agrivoltaici e dell'opinione del campione in merito a tale tecnologia.

Analizzando infatti le caratteristiche socio-demografiche del campione si è potuto notare come più di tre quarti del campione rispondente (80,4%) appartenesse al genere maschile come visibile nel Grafico 4.

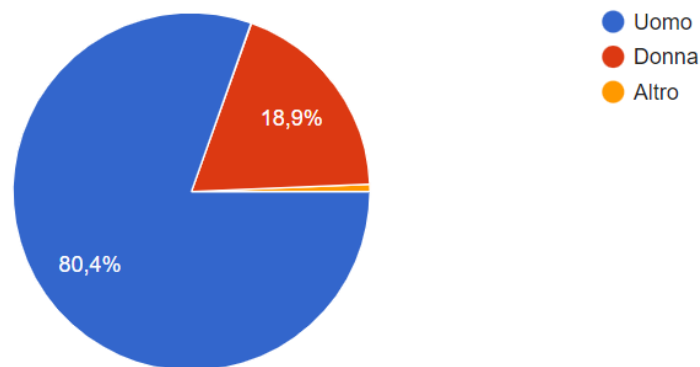


Grafico 4- Genere del campione rispondente (N=450)

Mentre esaminando l'età del campione è possibile notare, come riportato in Tabella 5, che la maggioranza dei rispondenti al questionario risulta avere un'età compresa tra i 18 e i 35 anni, questi infatti rappresentano il 65,3% del campione. Si è inoltre riscontrata la presenza nel campione di un 7,56% di individui con età inferiore ai 18 anni, per tale ragione non sembra consono l'inutilizzo delle loro risposte nelle domande di carattere monetario in quanto si considerano non ancora economicamente indipendenti e quindi non in grado di effettuare determinate scelte. Per tale motivo nell'analisi delle risposte

che considerano una scelta economica i dati saranno riferiti ad un campione di 416 individui e non di 450.

Età campione	n° individui	Percentuale
<i><18 anni</i>	34	7,56%
<i>18-25 anni</i>	155	34,44%
<i>26-35 anni</i>	139	30,89%
<i>36-45 anni</i>	51	11,33%
<i>46-55 anni</i>	27	6,00%
<i>56-65 anni</i>	29	6,44%
<i>>65 anni</i>	15	3,33%
Totale	450	100%

Tabella 5- Classi di età del campione

Esaminando la provincia di residenza del campione rispondente si è potuto notare per coloro che hanno risposto senza astenersi a tale domanda che la maggioranza del campione il 33,85% è residente nella provincia di Padova, a seguire troviamo le provincie di Venezia e di Treviso come visibile in Tabella 6.

Provincia	n° individui	Percentuale sul totale	Percentuale risposte
<i>PADOVA</i>	87	19,33%	33,85%
<i>VENEZIA</i>	65	14,44%	25,29%
<i>TREVISO</i>	35	7,78%	13,62%
<i>VICENZA</i>	29	6,44%	11,28%
<i>VERONA</i>	22	4,89%	8,56%
<i>ROVIGO</i>	10	2,22%	3,89%
<i>BELLUNO</i>	9	2,00%	3,50%
Astenuti	193	42,89%	
Totale complessivo	450	100%	100%
Totale province	257		

Tabella 6- Province di residenza del campione (N=450)

In seguito, analizzando il titolo di studio dei rispondenti nel Grafico 5 si può evincere che più della metà del campione risulta possedere almeno un diploma di scuola superiore (250 intervistati, 55,6%), mentre il 28,7% risulta possedere una laurea (129 intervistati), solo una minoranza possiede invece titoli di studio inferiori.

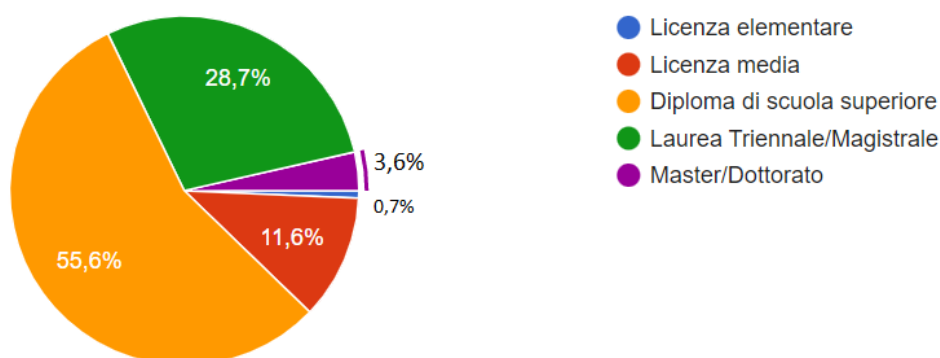


Grafico 5- Titolo di studio del campione (N=450)

Analizzando poi i settori occupazionali, il 50,4% del campione risulta essere impiegato nel settore agricolo, mentre la restante parte del campione si suddivide quasi equamente tra il settore industria/artigianato e servizi con una maggior propensione per questi ultimi i quali vedono impiegati ben 87 intervistati pari al 19,3% del campione come visibile nel Grafico 6.

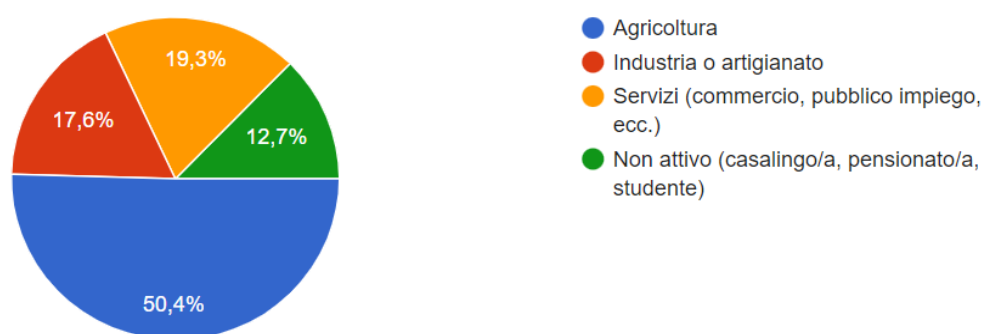


Grafico 6- Settore occupazionale degli intervistati (N=450)

Le occupazioni che vengono svolte dalla maggioranza del campione come visibile in Tabella 7 risultano essere in particolare operaio/a, impiegato/a, libero/a professionista e studente/ssa (questi ultimi appartenenti alla categoria non attivi ed evidenziati in rosa) seguiti poi dagli operanti nel settore agricolo (evidenziati in verde).

Occupazioni	n° intervistati
<i>Operaio/a</i>	96
<i>Impiegato/a</i>	87
<i>Libero/a professionista</i>	85
<i>Studente</i>	76
<i>Dirigente</i>	27
<i>Pensionato/a</i>	20
<i>Agricoltore/Agricoltrice</i>	10
<i>Imprenditore agricolo professionale</i>	9
<i>Docente</i>	5
<i>Disoccupato/a</i>	5
<i>Casalingo/a</i>	4
<i>Allevatore</i>	4
<i>Viticoltore</i>	3
<i>Infermiere/a</i>	3
<i>Coltivatore diretto</i>	3
<i>Tecnico</i>	2
<i>Operatore socio sanitario</i>	2
<i>Coadiuvante familiare</i>	2
<i>Agronomo</i>	2
<i>Vivaista</i>	1
<i>Ingegnere</i>	1
<i>Barista</i>	1
<i>Autotrasportatore</i>	1
<i>Addetto ai servizi fiduciari</i>	1
Totale	450

Tabella 7- Occupazione degli intervistati

Inoltre si è evinto che l'88,7% degli intervistati ritiene di avere uno standard di vita del suo nucleo familiare nella media mentre un 7,1% ritiene avere standard di vita sopra la media e solo una minoranza del 4,2 % afferma di essere sotto la media come visibile nel Grafico 7. Questo dato risulta importante per comprendere anche le scelte economiche effettuate dal campione in seguito.

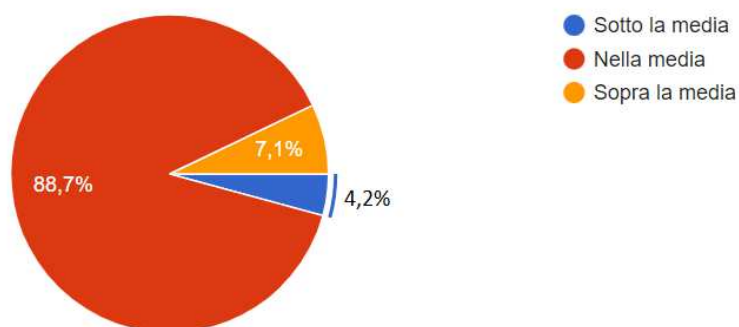


Grafico 7- Standard di vita del campione (N=450)

Dai dati rilevati emerge come solo una parte minoritaria del campione aderisca ad associazioni ambientaliste come Legambiente, Greenpeace, FAI e CAI (solo 42 intervistati, Grafico 8). Questo è stato interessante per capire quanti intervistati potessero avere il senso di appartenenza per un'associazione che persegue delle campagne e delle iniziative a sostegno del clima e dell'ambiente. In tal senso si poteva presupporre che gli aderenti a queste organizzazioni fossero più propensi all'accettazione di nuove tecnologie volte alla salvaguardia del clima.

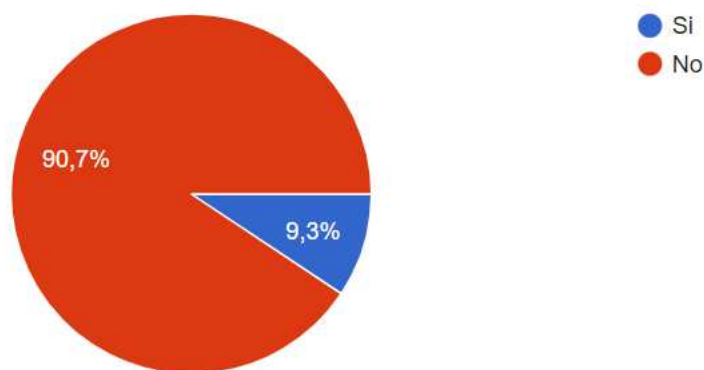


Grafico 8- Percentuale di iscrizione alle principali associazioni ambientaliste (N=450)

Infine si è potuto riscontrare dal Grafico 9 come gli intervistati attribuiscono un'elevata importanza al paesaggio nella scelta di un luogo da visitare: infatti il 96,4% del campione lo ritiene un elemento importante nella scelta della meta da visitare.

Tale dato può dare un'idea delle possibili risposte future in merito all'impatto ambientale che i sistemi agrivoltaici possono causare.

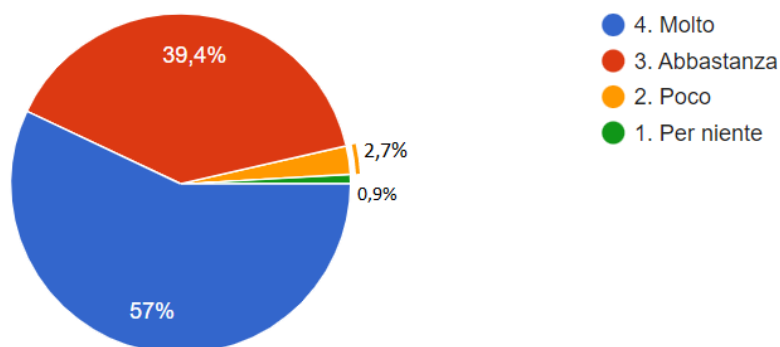


Grafico 9- importanza del paesaggio nella scelta dei luoghi da visitare (N=450)

5.2 Conoscenza ed opinioni in merito alle diverse fonti energetiche

Andando ad analizzare la parte di questionario relativa ai nostri obiettivi di ricerca, si è voluto inizialmente comprendere le reali conoscenze dell'intervistato in merito al riscaldamento climatico e alle fonti energetiche.

Tra le prime domande è stato chiesto “Quanto ritiene importante la salvaguardia del Pianeta e delle generazioni future?”. Il 77,6% del campione ritiene che la salvaguardia del pianeta e delle generazioni future siano “moltissimo” importanti, mentre il restante campione li ritiene comunque “molto” o “abbastanza” importanti. Solo una minoranza del campione li ritiene non importanti come è possibile vedere dai dati riportati in Tabella 8.

Scala di Likert	Media	n° individui	Percentuale
1. Per niente		2	0,44%
2. Poco		1	0,22%
3. Abbastanza		22	4,89%
4. Molto		76	16,89%
5. Moltissimo		349	77,56%
Totale	4,71	450	100%

Tabella 8- Quanto si ritiene importante la salvaguardia del clima e delle generazioni future (N=450)

In seguito si è chiesto un parere sulla situazione climatica al giorno d'oggi: “Quanto grave definirebbe l'attuale situazione climatica globale da 1 a 5?”. Come si può notare dalla Tabella 9 il 44% dei consumatori ritiene “molto” grave la situazione climatica attuale mentre il 30 % la ritiene “moltissimo” grave, contro invece un 5% di individui per il quale la situazione risulta “poco” o “per niente grave”.

Scala di Likert	Media	n° individui	Percentuale
1. Per niente		6	1,33%
2. Poco		16	3,56%
3. Abbastanza		92	20,44%
4. Molto		199	44,22%
5. Moltissimo		137	30,44%
Totale	3,99	450	100%

Tabella 9- Gravità dell'attuale condizione climatica (N=450)

Successivamente sono state date delle informazioni al campione relative agli effetti del cambiamento climatico, “Sapendo che, senza un intervento di riduzione delle emissioni di gas serra, la temperatura aumenterà di 1,5°C tra il 2030 e il 2050 come valuta la situazione climatica attuale?”. Come si nota nel Grafico 10 il 79% del campione ritiene che la situazione climatica sia a rischio, il 10% “non recuperabile” neanche con l’attuazione di nuove politiche ecologiste, mentre il 12% del campione risulta più ottimista e presuppone l’ipotesi di un miglioramento.

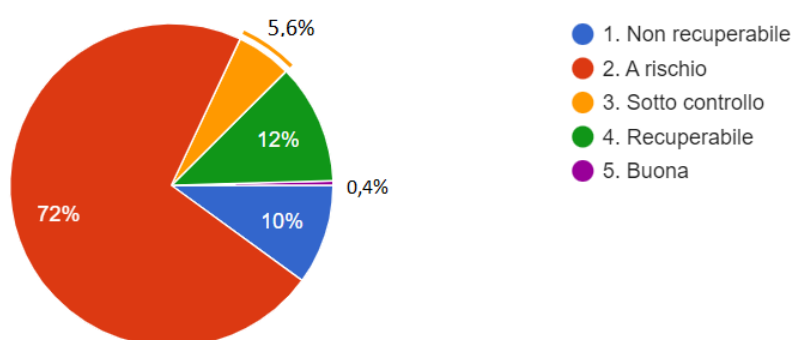


Grafico 10- Valutazione della situazione climatica considerando l'innalzamento della temperatura di 1,5 °C

Nella Tabella 10 si sono analizzate le risposte del campione relative alla domanda “Quanto ritiene che le seguenti fonti energetiche contribuiscano al cambiamento climatico e quindi all'innalzamento della temperatura atmosferica media?”. In questo caso l’intervistato doveva rispondere secondo la scala di Likert corrispondente agli estremi 1=per niente e 5=molto. Nella tabella si può notare come per la maggioranza degli intervistati le fonti fossili risultino essere il principale problema dell’impatto ambientale causato dalle fonti energetiche. Il carbone risulta essere per gli intervistati tra le fonti fossili che contribuiscano “molto” al cambiamento climatico seguito dal petrolio. Possiamo notare invece come anche il gas naturale rientrando anch’esso nella categoria delle fonti fossili, risulti essere equamente distribuito tra il “poco”, “mediamente” e “abbastanza” impattante per l’ambiente.

Successivamente per i consumatori si trovano per livello di impatto ambientale le biomasse con il 31% e il 34% rispettivamente “mediamente” e “poco” impattante. A seguire vi è il nucleare, il quale secondo il 37% degli intervistati risulta essere “poco” impattante per l’ambiente, mentre è curioso notare come la percentuale di scelta sia più

equamente distribuita nella scala delle risposte rispetto alle altre fonti energetiche in esame (questo potrebbe essere dovuto alla minor conoscenza dei consumatori sul nucleare).

Per quanto concerne invece le fonti rinnovabili si può affermare che l'idrogeno risulta essere secondo la media delle risposte pari a 2,03 equivalente alla dicitura “poco” impattante, mentre a seguire si trova il fotovoltaico con il 45,8% del campione che li definisce “per niente” impattanti ed un 34% che li considera comunque “poco” impattanti. Analizzando i dati relativi alla media delle risposte il geotermico invece risulta avere 1,81 di media e ritenuto rispettivamente “per niente” impattante, infine seguono idroelettrico ed eolico le quali risultano “per niente” impattanti secondo gli intervistati in misura del 56% e 58% rispettivamente.

Scala Likert	Carbone		Gas naturale		Petrolio		Nucleare		Solare/Fotovoltaico		Idroelettrico		Eolico		Biomasse (Legno, Pellet)		Idrogeno		Geotermico	
	n° risp	%	n° risp	%	n° risp	%	n° risp	%	n° risp	%	n° risp	%	n° risp	%	n° risp	%	n° risp	%	n° risp	%
Per niente	19	4,2%	25	5,6%	16	3,6%	84	18,7%	206	45,8%	250	55,6%	259	57,6%	54	12,0%	166	36,9%	199	44,2%
Poco	31	6,9%	116	25,8%	27	6,0%	166	36,9%	155	34,4%	144	32,0%	137	30,4%	151	33,6%	164	36,4%	173	38,4%
Mediamente	53	11,8%	126	28,0%	61	13,6%	87	19,3%	56	12,4%	31	6,9%	28	6,2%	141	31,3%	80	17,8%	54	12,0%
Abbastanza	106	23,6%	124	27,6%	131	29,1%	61	13,6%	13	2,9%	7	1,6%	9	2,0%	73	16,2%	19	4,2%	13	2,9%
Molto	241	53,6%	59	13,1%	215	47,8%	52	11,6%	20	4,4%	18	4,0%	17	3,8%	31	6,9%	21	4,7%	11	2,4%
Media	4,15		3,17		4,12		2,62		1,86		1,66		1,64		2,72		2,03		1,81	

Fonte energetica	n° individui	Media	Min	Max
Carbone	450	4,15	1	5
Petrolio	450	4,12	1	5
Gas naturale	450	3,17	1	5
Biomasse (Legno, Pellet)	450	2,72	1	5
Nucleare	450	2,62	1	5
Idrogeno	450	2,03	1	5
Solare/Fotovoltaico	450	1,86	1	5
Geotermico	450	1,81	1	5
Idroelettrico	450	1,66	1	5
Eolico	450	1,64	1	5

Tabella 10- Statistiche relative alle fonti energetiche maggiormente incidenti nel cambiamento climatico (1=per niente; 5=molto)

Nella Tabella 11 si è valutata l'analisi delle risposte alla domanda: “A suo parere, su quali tra le seguenti fonti energetiche bisognerebbe investire di più in futuro per preservare l'ambiente?”. Appare chiaro che il campione sia conscio dell'importanza di investire in fonti energetiche rinnovabili; infatti, il 62% degli intervistati risulta favorevole all'investimento in fonti energetiche come eolico e fotovoltaico aventi entrambe una media nelle risposte pari a 4,36. A seguire vi è l'idroelettrico secondo cui è “molto” importante investire per il 60,2% del campione, mentre per il 46,9% degli intervistati è

“molto” importante investire sull’idrogeno. Valutando poi l’utilizzo delle biomasse si può notare che gli intervistati sono “mediamente” favorevoli all’incentivazione dell’utilizzo di tale fonte energetica. Va inoltre considerato che le biomasse spesso destano timori in merito alle emissioni degli impianti di produzione di energia, nonostante gli impianti moderni siano dotati di filtri per minimizzare le emissioni in atmosfera.

Per quanto concerne la possibilità in futuro di investire sul nucleare, si può notare come non vi sia una drastica presa di posizione del campione, ma come la scelta si distribuisca quasi equamente all’interno della scala Likert proposta. Questo, come affermato precedentemente potrebbe essere dovuto alla non conoscenza sul tema o alle opinioni contrastanti acquisite dai rispondenti. A seguire troviamo le fonti fossili, secondo la media delle risposte del campione pari a 2,42 equivalente alla dicitura “poco” secondo il quale bisognerebbe appunto investire meno nel gas naturale, anche qui i dati in parte come nel caso del nucleare sono suddivisi equamente lungo la scala da noi fornita, mentre come si nota per petrolio e carbone rispettivamente il 56% e 73% del campione non investirebbe “per niente” in tali fonti energetiche.

Scala Likert	Carbone		Gas naturale		Petrolio		Nucleare		Solare/Fotovoltaico		Idroelettrico		Eolico		Biomasse (Legno, Pellet)		Idrogeno	
	n° risp	%	n° risp	%	n° risp	%	n° risp	%	n° risp	%	n° risp	%	n° risp	%	n° risp	%	n° risp	%
Per niente	330	73,3%	108	24,0%	252	56,0%	100	22,2%	8	1,8%	11	2,4%	9	2,0%	32	7,1%	15	3,3%
Poco	102	22,7%	154	34,2%	145	32,2%	61	13,6%	25	5,6%	24	5,3%	25	5,6%	103	22,9%	43	9,6%
Mediamente	15	3,3%	109	24,2%	38	8,4%	97	21,6%	46	10,2%	46	10,2%	42	9,3%	129	28,7%	87	19,3%
Abbastanza	3	0,7%	50	11,1%	9	2,0%	84	18,7%	91	20,2%	98	21,8%	93	20,7%	86	19,1%	94	20,9%
Molto	0	0,0%	29	6,4%	6	1,3%	108	24,0%	280	62,2%	271	60,2%	281	62,4%	100	22,2%	211	46,9%
Media	1,31		2,42		1,60		3,09		4,36		4,32		4,36		3,26		3,98	

Fonte energetica	n° individui	Media	Min	Max
Eolico	450	4,36	1	5
Solare/Fotovoltaico	450	4,36	1	5
Idroelettrico	450	4,32	1	5
Idrogeno	450	3,98	1	5
Biomasse (Legno, Pellet)	450	3,26	1	5
Nucleare	450	3,09	1	5
Gas naturale	450	2,42	1	5
Petrolio	450	1,60	1	5
Carbone	450	1,31	1	5

Tabella 11- Statistiche relative alle fonti energetiche sulle quali bisognerebbe investire di più per preservare l’ambiente (1=per niente; 5=molto)

In seguito nel questionario si è chiesto al campione “Quale sovrapprezzo MASSIMO sarebbe disposto a pagare in più in bolletta elettrica per far sì che il 100% dell’energia elettrica da lei consumata sia prodotta da fonti rinnovabili?”. Dal Grafico 11 si è notato

che 24,4% delle persone sarebbero disposte a pagare fino a 50 euro/anno in più in bolletta e sorprendentemente il 24% pagherebbe fino a 100 euro/anno, il 20% invece non sarebbe disposto a pagare per la fornitura di energia rinnovabile. Analizzando la media dei risultati ottenuti si può valutare il costo medio che il campione di intervistati sarebbe disposto a pagare all'anno il quale risulta pari a 50,78€.

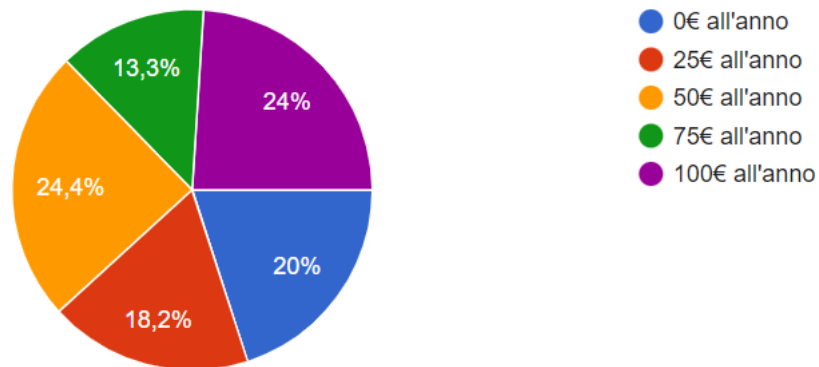


Grafico 11- Dispongibilità a pagare annua per la fornitura del 100% dell'energia da fonti rinnovabili (N=416, campione composto da soli maggiorenni)

5.3 Conoscenza ed opinioni in merito all'agrivoltaico

In seguito sono state poste delle domande inerenti alla conoscenza sul tema agrivoltaico. Alla domanda “Sa cos'è un impianto agrivoltaico?” 311 intervistati hanno risposto positivamente dichiarando di sapere di cosa si tratti, mentre i restanti 139 hanno affermato di non sapere cosa fosse come visibile nel Grafico 12.

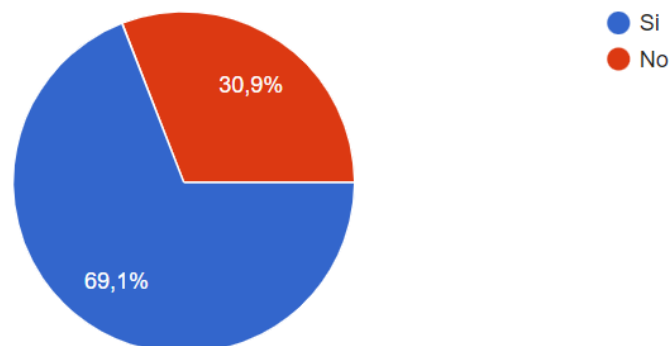


Grafico 12- Conoscenza del campione dell'agrivoltaico (N=450)

Mentre alla domanda “Ha mai visto un impianto agrivoltaico?” come possibile evincere dal Grafico 13, 249 individui hanno affermato di non avere mai visti mentre gli altri 201 hanno dichiarato di averne visto almeno uno.

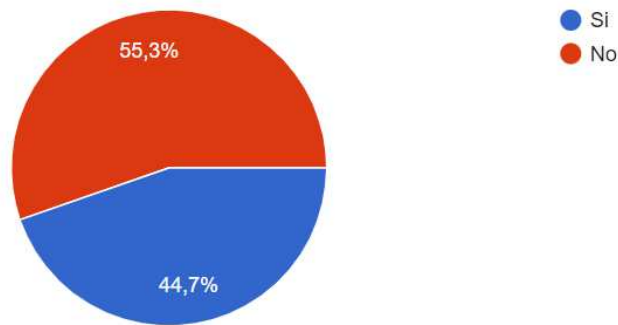


Grafico 13- Percentuale di campione che ha visto un impianto agrivoltaico (N=450)

E' stato poi chiesto al campione “Con quali aggettivi descriverebbe l'agrivoltaico?”. Sono state fornite 7 risposte riportate in Tabella 12, alle quali l'intervistato poteva rispondere scegliendo più di una risposta. Come si può notare gli aggettivi utilizzati principalmente dal campione sono stati “realizzabile” e “sostenibile”, interessante notare come invece le percentuali di “non sostenibile” e “necessario” siano entrambe pari al 6,58% del totale delle risposte date. Mentre le prime due risposte danno un'idea di accettazione di questa tecnologia, le seconde risultano essere lievemente in contrapposizione tra loro facendo comprendere come il campione ritenga fondamentale l'impiego di tali sistemi, ma al contempo non li ritenga sostenibili.

Risposta	n° risposte	Percentuale
<i>Realizzabile</i>	259	33,42%
<i>Sostenibile</i>	234	30,19%
<i>Non necessario</i>	118	15,23%
<i>Non sostenibile</i>	51	6,58%
<i>Necessario</i>	51	6,58%
<i>Irrealizzabile</i>	31	4,00%
<i>Altro</i>	31	4,00%
Totale	775	100%

Tabella 12- Con quali aggettivi il campione sceglie di descrivere l'agrivoltaico (N=450)

In seguito, è stato chiesto al campione “Quali sono, a suo parere, gli aspetti negativi della realizzazione di un impianto agrivoltaico?” anche in questo caso vi era la possibilità di scegliere più di una risposta. Dalla Tabella 13 si può evidenziare come il principale aspetto negativo dell'agrivoltaico sia legato alle voci di costo relative alla realizzazione degli impianti, seguito dall'impatto paesaggistico che questi comportano e dalla riduzione di fertilità del suolo legata alla presenza dei pannelli (in realtà non provato scientificamente). Interessante notare invece come parte degli intervistati ritenga che vi possa essere una minor qualità del prodotto ottenuto dalle colture sotto impianto.

Risposta	n° risposte	Percentuale
<i>Elevati costi di realizzazione</i>	251	28,39%
<i>Impatto paesaggistico, con riduzione della qualità del paesaggio</i>	230	26,02%
<i>Riduzione della fertilità del suolo legata alla presenza dei pannelli fotovoltaici</i>	155	17,53%
<i>Minore qualità del prodotto coltivato</i>	148	16,74%
<i>Altro</i>	51	5,77%
<i>Rischio di inquinamento del prodotto coltivato</i>	47	5,32%
<i>Riduzione superficie coltivabile</i>	2	0,23%
Totale	884	100%

Tabella 13- Aspetti negativi che un impianto agrivoltaico può comportare secondo il campione (N=450)

Nel Grafico 14 si può notare la reazione del campione alla domanda “Come reagirebbe se venisse installato un impianto agrivoltaico a una distanza inferiore a 2 Km dalla sua abitazione?”. Come si nota il 53,8% (242 individui) ritiene che l'installazione di questi

impianti a una distanza minore di 2 km dalla propria residenza gli risulterebbe indifferente, mentre il 28,2% reagirebbe positivamente all'installazione tali impianti vicino alle proprie abitazioni.

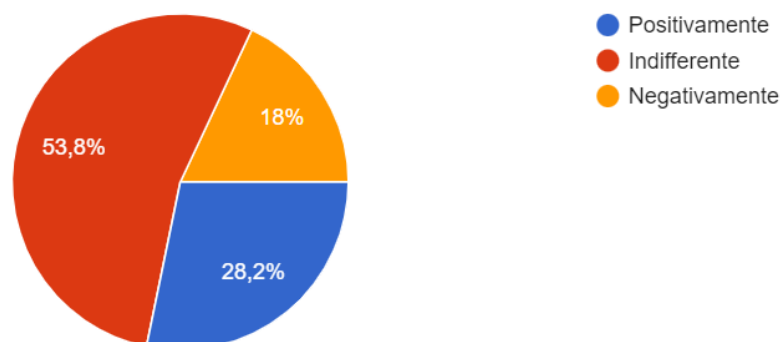


Grafico 14- Reazione del campione alla possibile installazione di impianti agrivoltaici a 2 Km dalle loro abitazioni (N=450)

Un'altra domanda del genere è stata posta su “Come reagirebbe se venisse installato un impianto agrivoltaico a una distanza inferiore a 2 Km da una zona che frequenta abitualmente per svolgere attività ricreative?”. In questo caso come nel precedente il 52% del campione (235 individui) ha affermato di essere indifferente alla presenza di tali impianti, mentre il 22,2% (100 individui) ha dichiarato che reagirebbe negativamente all'installazione di tali impianti in una area che frequenta abitualmente per svolgere attività ricreative. Risulta interessante notare che il 6,7% del campione (30 individui) non frequenta aree ricreative con la presenza di campi coltivati adiacenti come visibile nel Grafico 15.

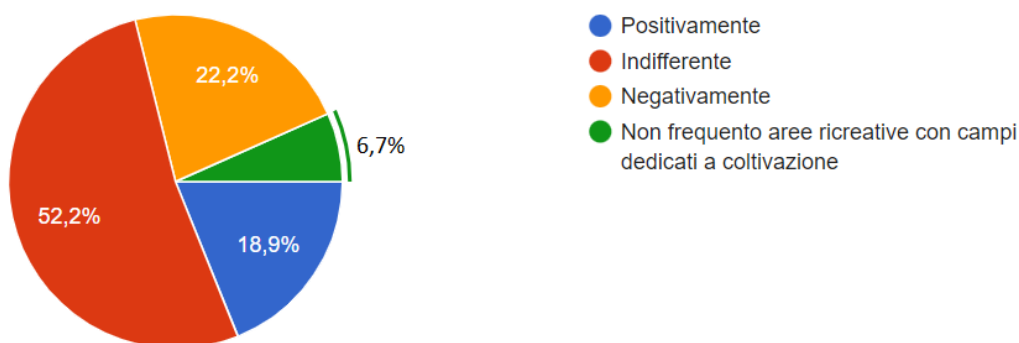


Grafico 15- Reazione del campione alla possibile installazione di impianti agrivoltaici a meno di 2 Km da una zona di frequentazione abituale per attività ricreative (N=450)

Nel Grafico 16 si è valuta la risposta a “Come reagirebbe se venisse installato un impianto agrivoltaico visibile da una finestra dalla sua abitazione?”. In questo caso il 48,7% degli

intervistati (219 individui) si sono espressi come indifferenti nel vedere tali impianti dalla finestra di casa, mentre il 27,6% degli intervistati lo ritiene un fattore negativo. Interessante inoltre constatare che per 8,9% degli intervistati (40 individui) la visione di impianti agrivoltaici dalla finestra della propria abitazione non sarebbe possibile in quanto residenti in centro città.

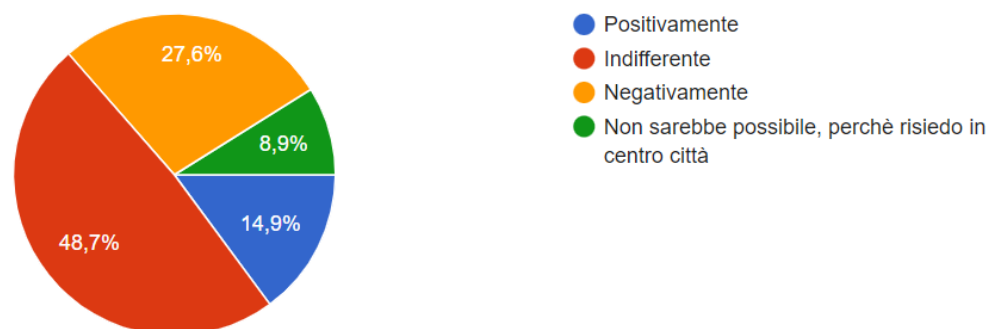


Grafico 16- Reazione del campione alla possibile visione di impianti agrivoltaici dalla finestra della propria abitazione (N=450)

Successivamente è stato chiesto agli intervistati: “Ritiene che il 10% della superficie agricola utilizzata (SAU) in Veneto sia dedicabile all'installazione di impianti agrivoltaici?”. Nel Grafico 17 si denota come il campione si sia espresso per un 48,9% (220 individui) positivamente affermando che un 10 % della superficie agricola veneta potrebbe essere destinata all'installazione dell'agrivoltaico, mentre il restante degli intervistati si è suddiviso quasi equamente tra il “no” e il “non saprei”. Questo dovuto alla mancata informazione o non conoscenza dell'attuale superfice agricola presente in Veneto.

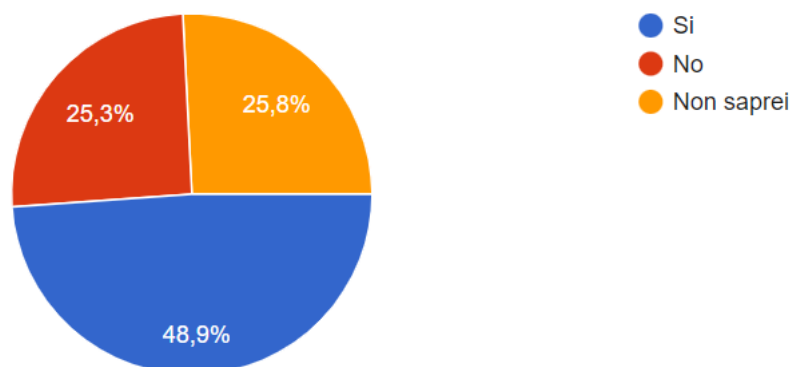


Grafico 17- Come viene ritenuto l'utilizzo del 10% della SAU del Veneto per l'installazione di impianti agrivoltaici (N=450)

Dopodiché è stato chiesto “Al netto delle informazioni fornite finora, la soluzione dell'agrivoltaico le piace?”. Dal Grafico 18 si può valutare che per 191 intervistati la soluzione dell'agrivoltaico piace “abbastanza”, per 76 persone piace “molto” e per 71 piace “poco”. Inoltre risulta interessante notare come a 48 persone non piaccia la soluzione agrivoltaico, ma lo ritenga comunque un compromesso da accettare.

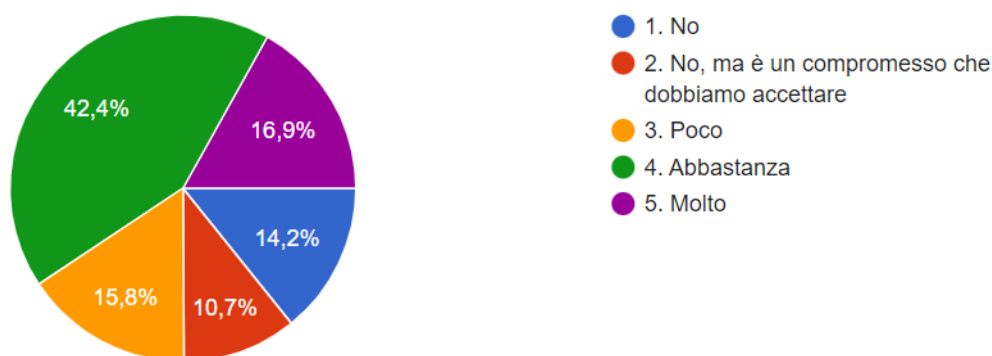


Grafico 18- Quanto il campione ritiene apprezzabile l'idea dell'agrivoltaico (N=450)

Dopo tali risposte si è voluto comprendere quali fossero le ragioni per cui l'agrivoltaico potesse non essere una risposta alle esigenze energetiche e agli effetti del cambiamento climatico, a tale scopo è stato chiesto al campione “A quali condizioni approverebbe l'installazione di impianti agrivoltaici?”. Nel Grafico 19 si denota come il 43,8 % (197 intervistati) abbia risposto “li approverei, ma non sulla totalità della superficie agricola”, mentre il 31,3% (141 intervistati) li approverebbe, ma con la presenza di elementi di mitigazione del paesaggio. Solo una minoranza di 46 persone li approverebbe in ogni caso, mentre 66 persone non li approverebbero comunque.

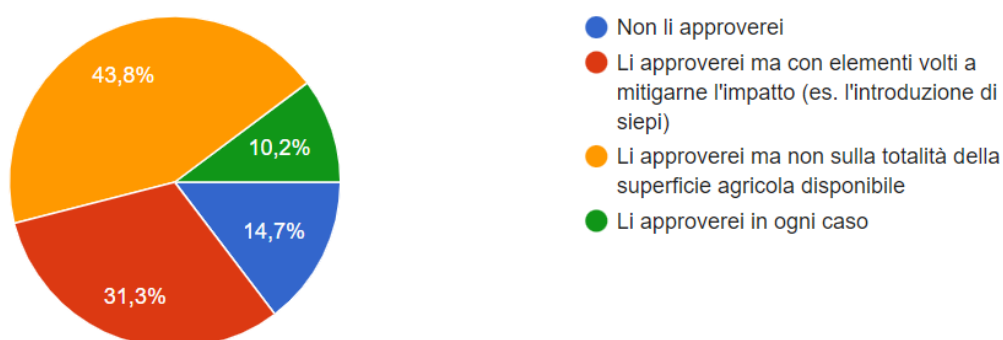


Grafico 19- Secondo quali condizioni il consumatore approverebbe un impianto agrivoltaico (N=450)

Al fine di comprendere se l'indagine comprendesse anche una quota di intervistati i quali potrebbero installare tali impianti perché possessori di terreni agricoli, è stato chiesto

all'intervistato: "Possiede un'azienda agricola?". A tale domanda come visibile dal Grafico 20 su 450 consumatori il 44,2% del campione, corrispondente a 199 intervistati ha risposto "sì".

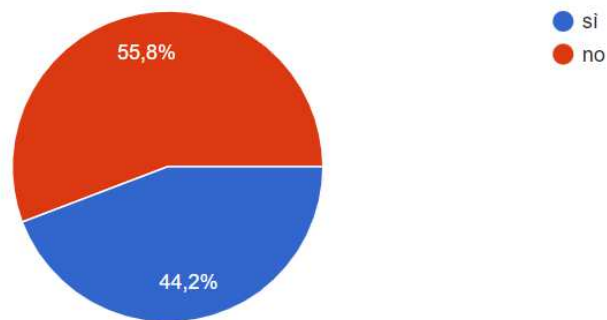


Grafico 20- Possessori di un'azienda agricola (N=450)

In seguito ai 199 intervistati è stata posta un ulteriore quesito: "Farebbe installare un impianto agrivoltaico nella sua azienda?". Come si può notare dal Grafico 21 il 44,9% degli intervistati installerebbe un impianto agrivoltaico in azienda se ci fossero maggiori incentivi economici, il 25,8% del campione ritiene che l'agrivoltaico non sia la soluzione, mentre il 20,2% ritiene che il proprio indirizzo colturale non si adatti all'agrivoltaico. Solo una minoranza non installerebbe questi sistemi nella propria azienda perché lo considera troppo dispendioso economicamente.

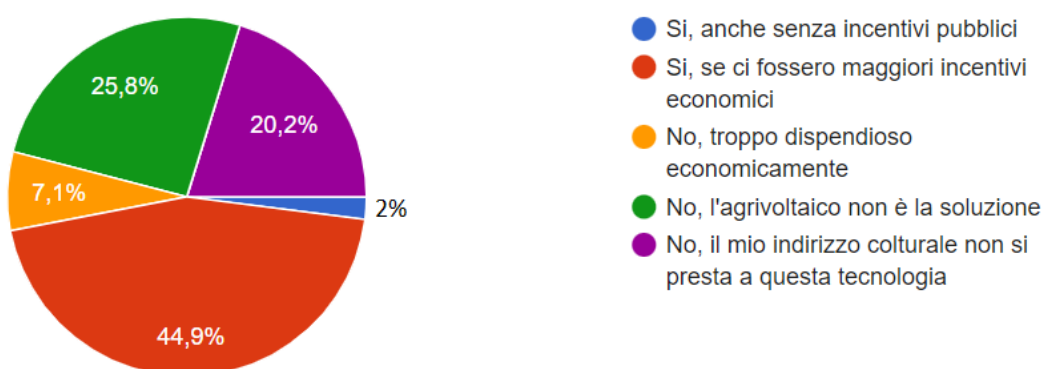


Grafico 21- Condizioni al quale un intervistato che possiede un'azienda agricola installerebbe l'agrivoltaico nella propria azienda (N=199)

Andando ad effettuare un'analisi più approfondita si è voluto investigare su quale fosse la diversità di opinioni tra agricoltori e non agricoltori e più precisamente tra chi possiede o meno un'azienda agricola.

Per fare questo si è utilizzata un'analisi avvalendosi di crosstabulations in cui si sono messi a confronto diversi fattori visti singolarmente in precedenza.

Nel primo caso si è voluto analizzare l'opinione dei cittadini aventi un'azienda agricola con le condizioni per il quale approverebbero l'installazione di un impianto agrivoltaico. In questo caso si può notare in Tabella 14 come la risposta "non li approverei" è stata data dal 27 % di tutti gli agricoltori (terza riga) contro il 4.8% dei non possessori di azienda agricola, il 42% "li approverebbero ma non sulla totalità della superficie agricola disponibile", mentre li approverebbero ma con elementi mitiganti un 23%, solo un 6% di questa categoria li approverebbe in ogni caso contro il 13% dei non possessori di un'azienda agricola. La maggioranza dei non possessori di un'azienda agricola (44%) li approverebbe ma non sulla totalità della superficie agricola.

Condizioni per l'approvazione dell'agrivoltaico		Possiede un'azienda agricola		Row Total
		No	Si	
Li approverei in ogni caso	N	33	13	46
	N/Row Total	0.717	0.283	0.102
	N/Col Total	0.131	0.065	
	N/Table Tot	0.073	0.029	
Li approverei ma con elementi volti a mitigarne l'impatto (es. l'introduzione di siepi	N	94	47	141
	N/Row Total	0.667	0.333	0.313
	N/Col Total	0.375	0.236	
	N/Table Tot	0.209	0.104	
Li approverei ma non sulla totalità della superficie agricola disponibile	N	112	85	197
	N/Row Total	0.569	0.431	0.438
	N/Col Total	0.446	0.427	
	N/Table Tot	0.249	0.189	
Non li approverei	N	12	54	66
	N/Row Total	0.182	0.818	0.147
	N/Col Total	0.048	0.271	
	N/Table Tot	0.027	0.120	
Column Total		251	199	450
		0.558	0.442	

Tabella 14- Analisi crosstabulations sulle condizioni di approvazione di impianti agrivoltaici in funzione del possesso di un'azienda agricola

Una seconda analisi di crosstabulations è stata svolta valutando il grado di apprezzabilità o meno dell'agrivoltaico secondo i corrispondenti possessori o no di un'azienda agricola. In tale caso, come osservabile in Tabella 15, chi ha dato come risposta "molto" si può notare che circa il 70% non sono possessori di un'azienda agricola mentre il restante 31% la possiede (seconda riga), tale descrizione vale anche per la risposta "abbastanza" inoltre valutando la percentuale dei rispondenti aventi un'azienda agricola si può affermare che al 40 % di questi la soluzione agrivoltaico non piace (terza riga, risposta no e no, ma è un compromesso che dobbiamo accettare). Chi ha risposto "no" a tale domanda infatti risultano per l'82% possessori di un'azienda agricola e solo il 17% non lo sono. Da questa analisi emerge infatti che i più entusiasti di questa nuova tecnologia risultano essere non agricoltori.

Le piace la soluzione dell'agrivoltaico		Possiede un'azienda agricola		Row Total
		No	Si	
No	N	11	53	64
	N/Row Total	0.172	0.828	0.142
	N/Col Total	0.044	0.266	
	N/Table Tot	0.024	0.118	
No, ma è un compromesso che dobbiamo accettare	N	20	28	48
	N/Row Total	0.417	0.583	0.107
	N/Col Total	0.080	0.141	
	N/Table Tot	0.044	0.062	
Poco	N	37	34	71
	N/Row Total	0.521	0.479	0.158
	N/Col Total	0.147	0.171	
	N/Table Tot	0.082	0.076	
Abbastanza	N	131	60	191
	N/Row Total	0.686	0.314	0.424
	N/Col Total	0.522	0.302	
	N/Table Tot	0.291	0.133	
Molto	N	52	24	76
	N/Row Total	0.684	0.316	0.169
	N/Col Total	0.207	0.121	
	N/Table Tot	0.116	0.053	
Column Total		251	199	450
		0.558	0.442	

Tabella 15- Analisi crosstabulations del livello di gradimento della tecnologia dell'agrivoltaico in funzione di chi possiede o no un'azienda agricola

Infine, si è voluto valutare se vi fosse una correlazione tra coloro che scelgono i posti da visitare in funzione alla bellezza del paesaggio e coloro che hanno dato preferenze negative sul tema agrivoltaico.

Le piace la soluzione dell'agrivoltaico		Conta molto il paesaggio nella scelta di un luogo da visitare		Row Total
		No	Si	
No	N	15	49	64
	N/Row Total	0.234	0.766	0.143
	N/Col Total	0.078	0.191	
	N/Table Tot	0.033	0.109	
No, ma è un compromesso che dobbiamo accettare	N	18	30	48
	N/Row Total	0.375	0.625	0.107
	N/Col Total	0.093	0.117	
	N/Table Tot	0.040	0.067	
Poco	N	32	39	71
	N/Row Total	0.451	0.549	0.158
	N/Col Total	0.166	0.152	
	N/Table Tot	0.071	0.087	
Abbastanza	N	81	109	190
	N/Row Total	0.426	0.574	0.423
	N/Col Total	0.420	0.426	
	N/Table Tot	0.180	0.243	
Molto	N	47	29	76
	N/Row Total	0.618	0.382	0.169
	N/Col Total	0.244	0.113	
	N/Table Tot	0.105	0.065	
Column Total		193	256	449
		0.430	0.570	

Tabella 16- Analisi crosstabulations del livello di gradimento della tecnologia dell'agrivoltaico e l'importanza che ogni rispondente dà al paesaggio nella scelta di un luogo da visitare

Come si può evincere da Tabella 16 per i rispondenti per il quale è “Vero” che il paesaggio incide molto nella scelta del luogo da visitare si nota come questi siano tra quelli a cui la soluzione agrivoltaico non piace, pari al 76% del campione e mentre al 62% non piace tale tecnologia ma la reputa un compromesso che dobbiamo accettare. Di seguito troviamo il 57% del campione per cui la scelta del paesaggio risulta importante e ritiene che tale tecnologia lo aggradi “abbastanza”. Andando a valutare invece le risposte dei rispondenti per il quale nella scelta del luogo da visitare non incide il paesaggio indicati nella colonna denominata “Falso”, si può notare come le percentuali delle risposte siano

più equamente distribuite tra le risposte di apprezzamento dell'agrivoltaico “poco” e “abbastanza” rispettivamente al 45% e 43%. Invece si può notare come la maggioranza di questo gruppo di rispondenti è più propensa all'accettazione di questa nuova tecnologia, infatti il 62% ha affermato che la soluzione agrivoltaico le piace “molto”.

5.4 Preferenze in merito alla costruzione di nuovi impianti agrivoltaici: l'esperimento di scelta

Nell'esperimento di scelta si sono volute analizzare le preferenze dei rispondenti in merito alla costruzione di nuovi impianti agrivoltaici con riferimento alle seguenti caratteristiche:

1. Dimensione dell'impianto
2. Distanza minima da aree di pregio storico/paesaggistico/ambientale
3. Percentuale di SAU della regione Veneto occupata
4. Presenza di eventuali opere di mitigazione dell'impatto paesaggistico.

Attraverso l'analisi dei dati raccolti è stato dunque possibile elaborare informazioni in merito a:

1. Quali delle caratteristiche proposte sono considerate rilevanti dai rispondenti
2. Quale è l'importanza relativa delle caratteristiche sopra citate per i rispondenti
3. Quale è la loro disponibilità a pagare (DAP) in merito alle caratteristiche stesse e dunque quale è in termini economici l'impatto di un impianto agrivoltaico anche considerando le sue esternalità negative.

Come detto in precedenza il campione considerato per l'analisi dei dati relativi all'esperimento di scelta non ha considerato i rispondenti minorenni (34 soggetti) e i rispondenti (18 soggetti) che hanno sempre fornito la stessa risposta in ogni set di scelta (a parte l'opzione C, che identificava lo status quo). Questi ultimi sono stati esclusi con l'assunzione che abbiano risposto senza una reale comprensione di ciò che gli era stato chiesto. Il campione si è dunque ridotto da 450 soggetti a 396.

I dati sono stati analizzati utilizzando due modelli logit multinomiali, di cui si riportano i risultati in Tabella 17.

Nei due modelli la funzione di utilità è stata considerata lineare ed additiva. I due modelli differiscono solo per come è stata trattata la variabile “distanza”: nel primo modello (MNL 1) è stata considerata continua, mentre nel secondo (MNL 2) discreta per meglio analizzare le preferenze marginali dei rispondenti.

Commenterò i dati del modello 2 (MNL 2) in quanto in base allo pseudo- R^2 hanno una migliore capacità esplicativa.

	MNL 1		MNL 2	
	β	95% CI	β	95% CI
ASC	-0.38*	[-0.76,-0.01]	-0.02	[-0.37,0.32]
Dimensione 1MW	0.35***	[0.17,0.53]	0.33***	[0.14,0.51]
Dimensione > 1MW	0.28*	[0.06,0.50]	0.39**	[0.16,0.63]
Distanza (m)	0.00037***	[0.00018,0.00055]		
Distanza 1000m			1.15**	[0.39,1.90]
Distanza 2000m			0.77***	[0.45,1.10]
SAU 30%	-0.01	[-0.21,0.18]	0.14	[-0.08,0.37]
SAU 50%	-0.23*	[-0.46,-0.01]	-0.03	[-0.31,0.24]
Opere Mitigazione: presenti	0.92***	[0.79,1.04]	0.97***	[0.83,1.10]
Costo (€/mese per famiglia)	-0.08**	[-0.13,-0.03]	-0.24***	[-0.38,-0.11]
<i>N</i>	396		396	
<i>Osservazioni</i>	7128		7128	
adj. R^2	0.065		0.066	
<i>AIC</i>	4897.97		4893.52	
<i>BIC</i>	4952.95		4955.37	

95% confidence intervals in brackets

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Tabella 17- Risultati dell'esperimento di scelta, modello logit multinomiale

Dai risultati ottenuti, si può evincere che vi è una preferenza per impianti grandi (> 1 MW) rispetto ad impianti piccoli (< 1MW). Una distanza di 1 Km da aree di pregio storico/paesaggistico/ambientale è preferita ad una distanza di 500m ed anche ad una distanza di 2000m. Si può dunque dedurre che per i rispondenti la distanza di 1Km sia considerata sufficiente a mitigare l'impatto visivo di tali opere. Non risulta invece statisticamente significativa la percentuale di SAU Veneta occupata dagli impianti: ciò significa che per i rispondenti non vi è differenza tra un'occupazione del 10% della SAU o una sua occupazione maggiore. Assume invece particolare rilievo la presenza di opere di mitigazione visiva, quali siepi e filari di alberi. Il coefficiente dell'attributo costo risulta

invece negativo come ci si poteva attendere, e c'è sta a significare che all'aumentare del costo in bolletta decresce l'utilità dei rispondenti.

Per quanto concerne l'importanza relativa degli attributi considerati (Grafico 22), l'incremento mensile in bolletta è stato l'attributo considerato più importante, seguito dalla distanza minima da aree di pregio, dalla presenza di opere di mitigazione dell'impatto visivo, e da ultimo la dimensione dell'impianto. Come detto in precedenza, la percentuale di SAU non è qui stata considerata poiché non statisticamente significativa.

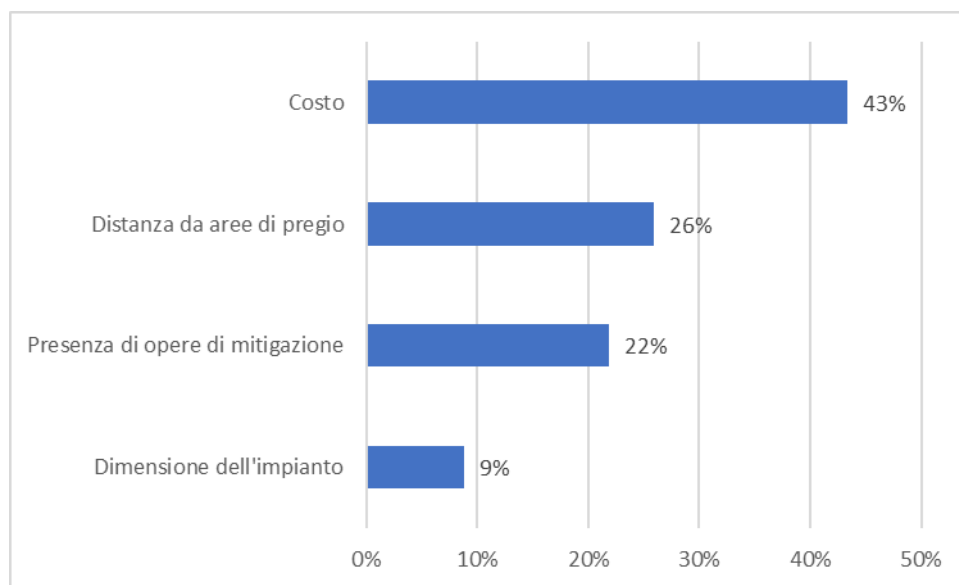


Grafico 22- Importanza relativa degli attributi considerati

	DAP (€/mese per famiglia)		
	media	95% CI	
		ll	ul
Dimensione 1KW	1.36	0.23	2.49
Dimensione > 1KW	1.63	0.64	2.63
Distanza 1000m	4.76	3.55	5.98
Distanza 2000m	3.21	1.61	4.82
SAU 30%	-	-	-
SAU 50%	-	-	-
Opere Mitigazione presenti	4.02	1.85	6.18

Tabella 18- Disponibilità a pagare (DAP) dei rispondenti in base ai risultati del modello MNL 2

Per quanto concerne invece la disponibilità a pagare dei rispondenti (DAP), la maggior disponibilità si ha per la distanza minima di 1Km da aree di pregio, pari a 4,76 €/mese per famiglia, seguita da una DAP di 4 €/mese per famiglia per le opere di mitigazione e da una DAP di 1,63 €/mese per famiglia per avere impianti di grandi dimensioni. Va sottolineato che le DAP espressa in merito alla distanza da aree di pregio e per la presenza di opere di mitigazione potrebbero anche essere usate per quantificare l'impatto paesaggistico degli impianti agrivoltaici in termini monetari.

6 Conclusioni

L'agrivoltaico risulta una tecnologia all'avanguardia in grado di combinare la produzione energetica con la produzione agricola. Tale tecnologia se diffusa potrà facilitare il raggiungimento degli obiettivi previsti dalla transizione ecologica, garantendo un incremento della produttività nel comparto agricolo dovuta sia alle maggiori rese delle colture, sia al risparmio energetico derivante dall'utilizzo di energia solare.

Dal punto di vista normativo l'attuale legge della Regione Veneto risulta essere chiara. Nella costruzione di impianti sopra 1 MW di potenza risulta obbligatorio l'impiego dell'agrivoltaico, mentre per impianti di potenza inferiore a 1 MW attualmente non vi è l'obbligo dell'utilizzo dell'agrivoltaico, ma è a discrezione di coloro che finanziano tale opera di optare per l'installazione del fotovoltaico a terra, oppure per l'impiego di strutture in grado di convogliare produzione agricola ed energetica sulla stessa superficie. Non si preclude l'idea che prossimamente possa esserci una nuova espressione da parte della regione in merito. Più chiari risultano invece i requisiti in merito alle aree ritenute idonee e le distanze da mantenere dalle aree non idonee per la costruzione di tali impianti. Valutando i risultati del questionario si può affermare che la maggioranza del campione ha compreso le problematiche energetiche legate al riscaldamento climatico ed è stato in grado di capire la necessità di cambiare rotta in merito alle fonti di approvvigionamento energetico, optando verso risorse rinnovabili. Per tale ragione i consumatori sarebbero disposti a vedersi aumentate le bollette energetiche, di una somma irrisoria annua, pur di avere la certezza che l'energia consumata provenga da fonti rinnovabili.

Dall'indagine è comunque emerso come l'agrivoltaico sia abbastanza conosciuto, ma allo stesso tempo vi sia una certa diffidenza nell'accettarlo in quanto permane l'idea che possa nuocere alla qualità delle produzioni. Allo stato attuale gran parte dei consumatori approverebbero l'installazione di tali impianti nel caso vengano attuate adeguate misure di mitigazione dell'impatto paesaggistico, mentre per quanto riguarda il mondo agricolo permangono ancora delle perplessità sull'attuazione di tali impianti e la reale produttività delle colture sotto di essi.

Analizzando i risultati dell'esperimento di scelta si può notare una conferma di quanto accennato in precedenza infatti, il principale attributo che ha determinato la scelta dei cittadini è stata la voce di costo, seguita dalla distanza che tali impianti devono avere per

definire il loro impatto paesaggistico mitigato e la quale deve essere di 1 Km dalle abitazioni o da aree frequentate abitualmente. Inoltre è emersa la preferenza del consumatore verso impianti di maggiori dimensioni rispetto all'insediamento di impianti più piccoli. Al contempo si è potuta valutare la DAP (disponibilità a pagare) mensile per l'ottenimento di energia prodotta da tali impianti e dove il maggior costo risulta attribuito alla costruzione di impianti oltre 1 km da centri abitati e di pregio, seguito dalla necessità di inserimento di elementi di mitigazione, e in minor misura per la costruzione di impianti di grandi dimensioni.

In definitiva è possibile affermare che l'agrivoltaico può essere una possibile chiave di svolta per il settore energetico italiano e per l'intera filiera agroalimentare se integrato adeguatamente da incentivi nazionali e regionali nell'ottica di perseguire gli obiettivi di decarbonizzazione e i punti definiti dell'agenda 2030.

La strada della ricerca risulta ancora aperta in questo settore ed in salita, solo con il tempo e la ricerca si riusciranno a comprendere al meglio tutte le possibili opportunità che tale tecnologia può fornire e riuscendo a risolvere alcuni punti critici attualmente presenti.

7 Bibliografia

- Agostini A, Colauzzi M, Amaducci S. Innovative agrivoltaic systems to produce sustainable energy: an economic and environmental assessment. *Applied Energy* (2021). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261920315245>
- Amaducci, S., Yin, X., & Colauzzi, M. Agrivoltaic systems to optimise land use for electric energy production. *Applied Energy*, 220, 545–561(2018). <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.03.081>
- Amirante Paolo. *Macchine ed impianti per la produzione delle energie rinnovabili obiettivo indispensabile per il corretto uso del territorio nel rispetto dell'ambiente*. (2021).
- Bartolini Roberto. Finalità dell'agro-fotovoltaico e alcuni esempi di impianti. *Il Nuovo Agricoltore*. (2022).
- Bellini Pier Francesco. “Fotovoltaico, Legge Regionale Entro maggio, In Veneto Limitazioni Ma Non Divieto Assoluto Per i Terreni Agricoli, a Patto Che Sia Agrovoltivo.” *La Voce Di Rovigo*, (2022).
- Bollettino Ufficiale Regionale n. 86, 22 luglio 2022, LEGGE REGIONALE 19 luglio 2022, n. 17 Norme per la disciplina per la realizzazione di impianti fotovoltaici con moduli ubicati a terra.
- Cadeddu Simone, M. P. N. J. W. M. *Le novità nel settore energetico introdotte dal Decreto Semplificazioni bis (aggiornato alla legge di conversione)*. (2021).
- Caprotti Giuseppe, Agricoltura in allarme, la corsa al solare minaccia i campi: a rischio di perdere terreni fertili per centrare i target UE (18-02-2021) <https://www.giuseppicaprotti.it/agricoltura-in-allarme-la-corsa-al-solare-minaccia-i-campi-a-rischio-di-perdere-terreni-fertili-per-centrare-i-target-ue/>
- Cinquemani Tommaso. Agrovoltivo vincente? Una questione di sinergia pianta pannello. *AgroNotizie*. (May 17, 2022).
- Colantoni Andrea “Presentazione delle linee guida per l'applicazione dell'agrofotovoltaico in Italia” Fiera Agricola, (2022).

Colantoni Andrea, Cecchini Massimo, Monarca Danilo, Ruggeri Roberto, Rossini Francesco, Bernabucci Umberto, Cortignani Raffaele, Primi Riccardo, Di Stefano Valerio, Bianchini Leonardo, Alemanno Riccardo, Speranza Stefano, Danieli Pier Paolo, Mosconi Enrico M., Parenti Antonio, Guerriero Ettore, Di Stefano Marco Berardo, Papili Roberta. “Linee guida per l’applicazione dell’agrofotovoltaico in Italia”, (novembre 2021).

COMMISSIONE EUROPEA, Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni Empty. *‘Pronti per il 55 %’: realizzare l’obiettivo climatico dell’UE per il 2030 lungo il cammino verso la neutralità climatica*, COM(2021) 550 final, Bruxelles, (14.7.2021).

COMMISSIONE EUROPEA, Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. *Piano REPowerEU*, COM(2022) 230 final, Bruxelles, (18.5.2022).

COMMISSIONE EUROPEA, Comunicazione della commissione. Il Green Deal europeo, COM (2019) 640 final, Bruxelles, (11.12.2019). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?qid=1576150542719&uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN>

Costantino P., Praxisbuch Energiewirtschaft: Energieumwandlung, -transport und -beschaffung, Übertragungsnetzausbau und Kernenergieausstieg, Springer Berlin Heidelberg, Berlino (Heidelberg) (2013). <https://doi.org/10.1007/978-3-642-37265-0>

De Vincenzo, D. Nextgenerationeu tra pandemia, guerra e transizione energetica. *Documenti geografici*, 0(1), 23-36. doi:http://dx.doi.org/10.19246/DOCUGEO2281-7549/202201_03 (2022).

Demofonti Michela, Webinar applicazioni fotovoltaiche per le imprese agricole italiane, Italia solare, Verona Fiera (26 ottobre 2022).

Di Simine Damiano e Zanchini Edoardo, Agrivoltaico: le sfide per un’Italia agricola e solare, Legambiente, p.8 (ottobre 2020).

Gazzetta Ufficiale - Serie Generale n. 149 del 28/06/2022 il Decreto Ministeriale del 25/03/2022 firmato dal Ministro Stefano Patuanelli, che fornisce le direttive necessarie all'avvio della misura "Parco Agrisolare".

Gazzetta Ufficiale- Serie Generale n. 181 del 30 luglio 2021, 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.

GSE, Agrillo Alessio, Dal Verme Martino, Liberatore Paolo, Lipari Duilio, Lucido Gabriele, Maio Vincenzo, Surace Vincenzo - Rapporto statistico FER 2018, pp66 (dicembre 2019).

https://www.gse.it/documenti_site/Documenti%20GSE/Rapporti%20statistici/GSE%20-%20Rapporto%20Statistico%20FER%202018.pdf

GSE, Benedetti L., Pellini A., Il settore energetico, Intervento a "Innovazione e sostenibilità: scenari e anticipazione dei fabbisogni in alcuni settori emergenti", (30 marzo 2021).

https://oa.inapp.org/bitstream/handle/20.500.12916/874/GSE_Benedetti_Pellini_Set_tore_energetico_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Guastella Salvatore, “Gli impianti fotovoltaici in attività agricole: soluzioni impiantistiche e potenzialità energetiche/economiche” RSE, Fiera Agricola, (2022)

Guastella Salvatore, Scogliamiglio Alessandra, Workshop agrivoltaico, Fiera Agricola (2 marzo 2022).

Guerin, T. F. Impacts and opportunities from large-scale solar photovoltaic (PV) electricity generation on agricultural production. *Environmental Quality Management*. (2019). <https://doi.org/10.1002/tqem.21629>

Hassanpour Adeg, E., Selker, J. S., & Higgins, C. W. (2018). Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. *PLOS ONE*, 13(11), e0203256. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203256>

Hensher, D. A. , R. J. M. , G. W. H. Applied choice analysis: a primer. . *Cambridge University Press, Cambridge*. (2005).

- Hoyos. The state of the art of environmental valuation with discrete choice experiments. *Ecological Economics* 69, 1595–1603. *Ecological Economics* 69, 1595–1603. (2010).
- Kalair, A., Abas, N., Saleem, M. S., Kalair, A. R., & Khan, N. Role of energy storage systems in energy transition from fossil fuels to renewables. *Energy Storage*, 3(1). (2020). <https://doi.org/10.1002/est2.135>
- Mamun M. A. al, Dargusch, P., Wadley, D., Zulkarnain, N. A., & Aziz, A. A review of research on agrivoltaic systems. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 161). Elsevier Ltd. (2022). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112351>
- MITE. a. *Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici, Parte I.* (2022).
- MITE. b. *Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici, Parte II.* (2022).
- MITE. c. *Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici, Parte III.* (2022).
- Moore-O’Leary, K. A., Hernandez, R. R., Johnston, D. S., Abella, S. R., Tanner, K. E., Swanson, A. C., Kreidler, J., & Lovich, J. E. Sustainability of utility-scale solar energy – critical ecological concepts. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 15(7), 385–394. (2017). <https://doi.org/10.1002/fee.1517>
- Olmi, Fabio. “A Che Punto è La Transizione ‘verde’ in Italia e La Sostenibilità Del Nostro Sviluppo?” *Chimica nella scuola* 2 (2021). https://www.soc.chim.it/sites/default/files/5710-CnS_2-2021_SN4_46-52.pdf
- Olmi, Fabio., Dal mito dell’idrogeno ad un suo impiego razionale nell’ambito dello sviluppo sostenibile, CnS - La Chimica nella Scuola, 5, 13-19 (2020).
- Othman, N. F., Mat Su, A. S., & Ya’acob, M. E. Promising Potentials of Agrivoltaic Systems for the Development of Malaysia Green Economy. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 146, 012002 (2018). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/146/1/012002>
- Rainer B, Nguyen QK. Dual-use approaches for solar energy and food production; international experience and potentials for vietnam. Hanoi, Vietnam: Green Innovation and Development Centre (GreenID); (2020).

- Ranjit Barua. “Impact of the Polar Ice Caps Melting on Ecosystems and Climates.” *Handbook of Research on Water Sciences and Society*. (2022). <https://www.igi-global.com/chapter/impact-of-the-polar-ice-caps-melting-on-ecosystems-and-climates/299909>
- Ravi S, Lobell DB, CB Field, Compromessi e sinergie tra produzione di biocarburanti e grandi infrastrutture solari nei deserti, *Environ Sci Technol*, pp.3021-3030 (2014).
- Riccio Gianluca. *Agricoltura e fotovoltaico? Agrivoltaico: non sapete cosa vi attende*. (November 22, 2020).
- Santra, P., Singh, R. K., Meena, H. M., Kumawat, R. N., Mishra, D., Machiwal, D., Dayal, D., Jain, D., & Yadav, O. P. *Agri-Voltaic System for Crop Production and Electricity Generation from a Single Land Unit* (pp. 45–56). (2020). https://doi.org/10.1007/978-981-15-2666-4_6
- Schindele Stephan, Trommsdorff Maximilian, Schlaak Albert, Obergfell Tabea, Bopp Georg, Reise Christian, Braun Christian, Weselek Axel, Bauerle Andrea, Högy Petra, Goetzberger Adolf, Weber Eicke, “Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications, *Applied Energy*, Volume 265, (2020). <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114737>.
- Sciullo, Alessandro. “Promuovere la transizione energetica attraverso l’azione collettiva. Le comunità energetiche rinnovabili.” (*IRES Piemonte*) (2022).
- Scognamiglio A. ‘Photovoltaic landscapes’: design and assessment. A critical review for a new transdisciplinary design vision. *Renew Sustain Energy Rev* (2016).
- Toffalini Claudio. Fotovoltaico, in Veneto necessari 5000 ettari, anche agricoli, entro il 2030. *Verona In*. (2021).
- Turco Andrea, “I pannelli fotovoltaici scendono in campo. Tutto quello che bisogna sapere sull’agrivoltaico”, *Economia Circolare*, (15 marzo 2022).
- Vecchiato Daniel. How do you like wind farms? Understanding people’s preferences about new energy landscapes with choice experiments. *Aestimum*, 64 (2014).
- Vecchiato Daniel. La stima monetaria dei beni ambientali: gli esperimenti di scelta. Diapositive utilizzate a lezione (2022).

Walston, L. J., Mishra, S. K., Hartmann, H. M., Hlohowskyj, I., McCall, J., & Macknick, J. Examining the Potential for Agricultural Benefits from Pollinator Habitat at Solar Facilities in the United States. *Environmental Science & Technology*, 52(13), 7566–7576 (2018). <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b00020>

8 Sitografia

Agrofiliere - <https://agrofiliere.it/agrovoltaico-pnrr-rinnovabili/>

ANSA - https://www.ansa.it/canale_ambiente/notizie/focus_energia/2021/12/07/agrovoltaico-via-libera-tar-a-485-mw-a-montalto-di-castro_ece2aded-77ea-49ec-81ef-399308f9fc63.html

Arera, 2021 - <https://www.arera.it/it/dati/eem6.htm>

Caseificio buon pastore - <https://www.caseificiobuonpastore.it/sostenibilita-ambientale/>

CREA - <https://rica.crea.gov.it/#:~:text=Rete%20di%20Informazione%20Contabile%20Agricola&text=La%20RICA%20%C3%A8%20un'indagine,sul%20funzionamento%20delle%20imprese%20agricole.>

Gazzetta ufficiale 2012 - <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2012/01/24/012G0009/sg>

Gazzetta ufficiale 2021 - https://www.gazzettaufficiale.it/atto/serie_generale/caricaDettaglioAtto/originario?atto.dataPubblicazioneGazzetta=2021-07-30&atto.codiceRedazionale=21A04731&elenco30giorni=false

Gpblex - https://www.gpblex.it/wp-content/uploads/2022/09/GPBL_576596_1_EEnergy-News_Aree-idonee-e-Agrovoltaico-Agosto-2022.pdf

Green Energy Service 2020 - <https://www.greenenergyservice.it/2020/09/17/le-componenti-di-un-pannello-fotovoltaico/>

GSE,Veneto - https://www.gse.it/normativa_site/GSE%20Documenti%20normativa/VENETO_DCR_n17_12_07_2022.pdf

Iren luce e gas - <https://www.irenlucegas.it/clienti/approfondimenti/energia-geotermica>

Italy for climate, 2022 - [https://italyforclimate.org/da-dove-vengono-i-combustibili-fossili-consumati-in-italia/#:~:text=L'Italia%20%C3%A8%20fra%20i,soprattutto%20grazie%20alle%20fonti%20rinnovabili\).](https://italyforclimate.org/da-dove-vengono-i-combustibili-fossili-consumati-in-italia/#:~:text=L'Italia%20%C3%A8%20fra%20i,soprattutto%20grazie%20alle%20fonti%20rinnovabili).)

Kenergia - <http://www.kenergia.it/tar-lecce-sentenza-a-favore-dellagrivoltaico-impatto-non-paragonabile-al-fotovoltaico/>

Legambiente - https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/2021/11/Scacco-matto-alle-rinnovabili_report-2022.pdf

Legislazione tecnica - <https://www.legislazionetecnica.it/8561370/news-edilizia-appalti-professioni-tecniche-sicurezza-ambiente/impianti-fotovoltaici-terra-suolo-agricolo-divieto-accesso-agli-incentivi-ed-eccezioni#:~:text=17%2F2022.,a%20terra%20in%20aree%20agricole.>

Meloni Emanuele- Info build energia 1 - <https://www.infobuildenergia.it/approfondimenti/agrivoltaico-agrovoltaico-agricoltura-energia-rinnovabile/>

MITE - https://www.mite.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/PNRR/linee_guida_impianti_agri_voltaici.pdf

Nextville - https://www.nextville.it/Biogas/554/La_digestione_anaerobica

Non solo ambiente - <https://www.nonsoloambiente.it/biogas-energia-italia#:~:text=Stando%20ai%20dati%20forniti%20dal,fabbisogno%20annuo%20di%20gas%20naturale.>

Normattiva - <https://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:stato:decreto.legislativo:2021-11-08;199>

Open police - <https://www.openpolis.it/parole/cose-il-pnrr-piano-nazionale-ripresa-e-resilienza/>

Politecnico Milano, 2021 - <https://www.ecodallecitta.it/rinnovabili-politecnico-di-milano-per-litalia-il-2021-e-stato-un-altro-anno-sprecato/>

QualEnergia 1 - <https://www.qualenergia.it/articoli/quanto-eolico-abbiamo-in-italia-il-90-nelle-sei-regioni-meridionali/#:~:text=L'attuale%20capacit%C3%A0%20eolica%20in,eolico%20sulla%20produzione%20elettrica%20interna>

QualEnergia 2 - <https://www.qualenergia.it/wp-content/uploads/2022/03/RemTec-fieragricola.pdf>

Rain water recovery - <https://www.rainwaterrecovery.it/come-funziona-rain-water-recovery/>

Ravenna today - <https://www.ravennatoday.it/economia/energie-rinnovabili-al-centro-della-24esima-edizione-di-cancelli-aperti.html>

Regalgrid, 2020 - <https://www.regalgrid.com/magazine/diffusione-fotovoltaico-italia/>

Rem Tec Energy - <https://remtec.energy/agrovoltaiico>

Rinnovabili - <https://www.rinnovabili.it/energia/fotovoltaico/agrivoltaico-modello-sviluppo-transizione-energetica/>

Rivista energia - <https://www.rivistaenergia.it/2021/04/variabilita-e-intermittenza-di-eolico-e-fotovoltaico/>

Terna - <https://www.terna.it/it/media/comunicati-stampa/dettaglio/consumi-elettrici-2021>

Veneto agricoltura - https://www.venetoagricoltura.org/wp-content/uploads/2020/10/201111_Veneto-Agricoltura_CRPA_lezione4-_pdf.pdf

Vivi energia - <https://www.vivienergia.it/casa/vivipedia/guida-energia/biomasse-cosa-sono-e-come-funzionano>