

Piano Energetico Regionale

ALLEGATI alla Parte II

Direzione Regionale Infrastrutture e Mobilità

Dicembre 2021

Indice

ALLEGATO 2.1 Assunzioni metodologiche Eurostat e Burden sharing (Fonte ENEA)	4
ALLEGATO 2.2 Scenario Obiettivo - dettaglio per FER della produzione nel Lazio	7
Solare fotovoltaico	8
IMPIANTI FOTOVOLTAICI SU EDIFICI O ALTRI MANUFATTI EDILIZI	9
IMPIANTI FOTOVOLTAICI A TERRA.....	15
Eolico.....	26
Idroelettrico: mini e micro idraulica	28
Bioenergie.....	29
Geotermia media entalpia	32
Moto ondoso.....	33
Solare termico	34
Bioenergie.....	35
Geotermico a bassa entalpia	35
Pompe di calore elettriche.....	36

Indice tabelle

Tabella 2.1– Consistenza del parco impiantistico fotovoltaico regionale per numero impianti e potenza installata.....	9
Tabella 2.2– Consistenza della disponibilità di superficie in copertura.....	9
Tabella 2.3- Scenario Obiettivo - FER-E Fotovoltaico: Proiezione dell’evoluzione della produzione fotovoltaica in copertura nei periodi di piano.....	13
Tabella 2.4 - Scenario Obiettivo - FER-E Fotovoltaico: evoluzione del parco impiantistico FV aggiuntionale su edifici nei periodi di piano (numero impianti).....	13
Tabella 2.5 - Scenario Obiettivo - FER-E Fotovoltaico: evoluzione del parco impiantistico aggiuntionale in copertura nei periodi di piano: potenza installata per classi di potenza (MW)	14
Tabella 2.6 - Scenario Obiettivo - FER-E Fotovoltaico: installazione impianti su edifici	14
Tabella 2.7– Consistenza territoriale delle aree industriali, marginali ed inutilizzate.....	15
Tabella 2.8 - Scenario Obiettivo - FER-E Fotovoltaico: installazione impianti nuovi a terra in aree industriali, marginali ed inutilizzate.....	16
Tabella 2.9 - Terreni del progetto Banca delle terre agricole ISMEA presenti nel Lazio, per provincia	18
Tabella 2.10- Scenario Obiettivo - FER-E Fotovoltaico: installazione impianti agrivoltaici su suoli agricoli pubblici.....	20
Tabella 2.11– Superficie Agricola Utilizzata (SAU) per colture protette a serra nel Lazio, per provincia (2019)	21

Tabella 2.12- Scenario Obiettivo - FER-E Fotovoltaico: installazione impianti agrivoltaici su superfici serricole	24
Tabella 2.13- Scenario Obiettivo - FER-E Fotovoltaico: quadro di sintesi installazione impianti diversi dalle coperture	24
Tabella 2.14- Scenario Obiettivo - FER-E Fotovoltaico: Ricadute sul contesto regionale installazione impianti a terra	25
Tabella 2.15- Scenario Obiettivo - FER-E Fotovoltaico contributo complessivo	25
Tabella 2.16- Scenario Obiettivo - FER-E Eolico: Proiezione dell'evoluzione della produzione eolica (baseline 2014 produzione eolica normalizzata)	27
Tabella 2.17 - Scenario Obiettivo - FER-E Mini e microidraulica: Proiezione dell'evoluzione della produzione (baseline 2014 produzione idroelettrica normalizzata)	28
Tabella 2.18- Scenario Obiettivo - FER-E Bioenergie: Proiezione dell'evoluzione della produzione.....	31
Tabella 2.19 - Scenario Obiettivo - FER-E Geotermia media entalpia: Proiezione dell'evoluzione della produzione.....	32
Tabella 2.20 - Scenario Obiettivo - FER-E Moto ondoso - Barriere foranee: Proiezione dell'evoluzione della produzione.....	33
Tabella 2.21 - Scenario Obiettivo - FER-C Solare termico: Proiezione dell'evoluzione della produzione.....	34
Tabella 2.22 - Scenario Obiettivo - FER-C Bioenergie per usi termici: Proiezione dell'evoluzione della produzione.....	35
Tabella 2.23 - Scenario Obiettivo - FER-C Geotermia quota parte: Proiezione dell'evoluzione della produzione	36
Tabella 2.24- Scenario Obiettivo - FER-C Pompe di calore elettriche aria-aria quota parte: Proiezione dell'evoluzione della produzione	37

ALLEGATO 2.1

ASSUNZIONI METODOLOGICHE EUROSTAT E BURDEN SHARING (FONTE ENEA)

Assunzioni metodologiche Eurostat e Burden sharing (Fonte ENEA)

Il Bilancio Energetico Regionale e il burden sharing rispondono ad esigenze conoscitive/concetti diversi e sono elaborati con una metodologia diversa.

Il BER risponde all'esigenza di conoscere in modo approfondito il sistema energetico del territorio per poter programmare le azioni da intraprendere al fine di indirizzare il territorio sul percorso scelto (obiettivi di efficienza energetica, sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili, etc.): sono descritti i flussi di formazione delle risorse energetiche (produzione, import/export e variazione delle scorte) e il loro utilizzo nella trasformazione delle fonti energetiche e nei consumi finali.

Il monitoraggio del burden sharing per il raggiungimento degli obiettivi regionali di consumo di energia da fonti rinnovabili è realizzato attraverso l'elaborazione di un indicatore sintetico che misura la quota di consumi finali lordi di energia coperta da fonti rinnovabili.

I dati energetici per il calcolo dell'indicatore sono in unità fisiche successivamente rielaborati nel rispetto della metodologia EUROSTAT richiesta per il burden sharing.

In particolare, la quota di consumo finale lordo di energia coperta da fonti rinnovabili è data dal rapporto tra due aggregati: consumi di energia rinnovabile e consumo finale lordo di energia.

I consumi di energia rinnovabile sono dati dalla somma di:

- consumi finali di energia da fonti rinnovabili;
- calore derivato prodotto da fonti rinnovabili;
- energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili.

Il consumo finale lordo di energia è dato dalla somma di:

- consumi finali di energia da fonti rinnovabili;
- consumi finali lordi di calore derivato;
- consumi finali lordi di energia elettrica;
- consumi finali dei rifiuti non biodegradabili;
- consumi finali delle fonti energetiche fossili (petrolio, carbone e gas).

ENEA contribuisce al monitoraggio degli obiettivi del burden sharing per la parte relativa alle fonti energetiche fossili: i dati energetici, elaborati in unità fisiche per il BER, sono forniti al GSE.

I dati energetici di fonte rinnovabile sono elaborati dal GSE applicando la metodologia approvata per il burden sharing e riportata nei DM 14 gennaio 2012 (monitoraggio obiettivi nazionali) e DM 11 maggio 2015 (monitoraggio obiettivi regionali) del Ministero dello Sviluppo Economico.

Relativamente alle fonti fossili è utile evidenziare alcune differenze tra i dati presenti nel BER e quelli per il monitoraggio del burden sharing per sottolineare che i dati non sono fra loro confrontabili.

Prodotti petroliferi, per l'elaborazione dell'indicatore di monitoraggio del burden sharing:

- i consumi energetici per l'aviazione internazionale sono inclusi nei consumi di petrolio che definiscono il denominatore, nel BER i consumi energetici per l'aviazione internazionale contribuiscono a definire il consumo interno di energia (total energy supply) e non sono inclusi nei consumi finali dei prodotti petroliferi;
- i consumi finali di biogasolio e biobenzina sono inclusi, rispettivamente, nei consumi di gasolio e benzina, nel BER i consumi finali di biogasolio e biobenzina sono inclusi nei consumi delle fonti rinnovabili;
- i consumi finali di gasolio e benzina (comprensivi dei consumi di biocarburanti) sono valutati con un potere calorifico di 43 TJ/ktonn, nel BER i consumi finali di gasolio sono valutati con un potere calorifico di 43 TJ/ktonn, i consumi finali di benzina sono valutati a 44,3 TJ/ktonn, i consumi finali di biocarburanti (biogasolio e biobenzina) sono valutati a 27 TJ/ktonn.

Combustibili solidi, nell'elaborazione dell'indicatore di monitoraggio del burden sharing sono inclusi i consumi energetici degli altiforni, nel BER i consumi degli alti forni sono un consumo energetico in trasformazione e quindi non inclusi nei consumi finali.

ALLEGATO 2.2

SCENARIO OBIETTIVO: DETTAGLIO PER FER DELLA PRODUZIONE NEL LAZIO

FER-Elettrico

Solare fotovoltaico

Per quanto riguarda la quota di energia elettrica da produrre con tecnologia fotovoltaica, nell'elaborazione dello Scenario Obiettivo, il PER ha previsto:

- attuazione di misure specifiche di policy come dettagliate nel successivo § 3.1.1.1 e relative schede di intervento nel comparto edilizio delle ristrutturazioni¹ (*quindi a parco immobiliare invariato*) miranti a:
 - rimuovere ostacoli di natura vincolistica, attuativa e burocratica con una più efficace governance delle specifiche competenze degli attori istituzionali coinvolti nel processo;
 - normare in modo più stringente il sistema del rilascio dei vari titoli edilizi subordinandolo all'attuazione di interventi di autoproduzione elettrica con sistemi FV;
 - sostenere indirettamente gli utenti finali privati mediante interventi di defiscalizzazione a valere su imposte locali, miglioramento dell'accesso al credito a tassi agevolati, etc.
- La più ampia utilizzazione fattibile dal punto di vista tecnico-economico compatibilmente:
 - per le installazioni su edifici, con i regimi vincolistici cogenti del patrimonio edilizio;
 - per le installazioni a terra i doverosi criteri di tutela delle specificità paesaggistiche, di destinazione d'uso e conservazione dei suoli.

Sono state considerate in termini di proiezioni le due principali collocazioni degli impianti fotovoltaici: su edifici ed a terra.

Per queste due collocazioni, il GSE a fine 2019, aveva rilevato la seguente ripartizione percentuale della potenza installata nel Lazio pari nel complesso a 1.385MW (Fig. 2.1):

Figura 2.1 – Distribuzione % della potenza FV installata per collocazione anno 2019 – Fonte GSE



Nella tabella seguente si riporta il dettaglio per provincia di tutto il parco impiantistico (*numero di impianti e relativa potenza installata*) rilevato dal GSE a fine 2019².

¹ Si è preso in considerazione, a beneficio di cautela, solo il patrimonio immobiliare esistente, in quanto le attuali disposizioni normative per le nuove costruzioni prevedono già il ricorso alla copertura di quota parte del fabbisogno elettrico mediante autoproduzione. Rif. DD.MM. 26/06/2015

² GSE – “Il Solare Fotovoltaico in Italia Stato di sviluppo e trend del settore – Rapporto statistico 2019” – Giugno 2020

Tabella 2.1– Consistenza del parco impiantistico fotovoltaico regionale per numero impianti e potenza installata

	2018		2019		Variazione % 2018/2019	
	n. impianti	Potenza installata MW	n. impianti	Potenza installata MW		
Frosinone	5.527	170,9	5.887	176,8	6,5%	3,5%
Latina	7.689	252,0	8.373	257,8	8,9%	2,3%
Rieti	2.733	26,2	2.943	27,1	7,7%	3,4%
Roma	31.985	448,3	34.856	465,4	9,0%	3,8%
Viterbo	6.362	455,2	6.716	458,2	5,6%	0,7%
Totale Lazio	54.296	1.352,6	58.775	1.385,3	8,2%	2,4%

IMPIANTI FOTOVOLTAICI SU EDIFICI O ALTRI MANUFATTI EDILIZI

Rientrano in questa categoria di collocazione gli impianti ubicati:

- sulle coperture degli edifici, compatibilmente con i regimi vincolistici cogenti. A beneficio di comprensione delle stime di proiezione effettuate si riporta nella tabella 2.6 la sintesi della disponibilità potenziale di edifici e di superfici di copertura come puntualmente caratterizzate nei precedenti §1.5.2 e §1.6.1.3;
- su altri manufatti edilizi quali pergole, serre, barriere acustiche, tettoie, pensiline e tutte le strutture temporanee anche se posizionate sui tetti o sulle pareti verticali degli edifici.

Per le proiezioni di scenario è stata presa in considerazione solo la sub-categoria impianti su edifici per la sua maggiore consistenza e di più attendibile stima in funzione della disponibilità di superficie in copertura.

A beneficio di comprensione delle stime di proiezione effettuate si riporta nella seguente tabella la sintesi della disponibilità potenziale di edifici e di superfici di copertura come puntualmente caratterizzate nei precedenti §1.5.2 e §1.6.1.3;

Tabella 2.2– Consistenza della disponibilità di superficie in copertura

	Destinazioni d'uso	Numero edifici o complessi di edifici	Superficie potenziale disponibile
EDIFICI RESIDENZIALI (1)	<= 2 piani	518.930	49.298.350
	>2 piani	282.280	96.539.760
	Totale	801.210	145.838.110
EDIFICI AD USO NON RESIDENZIALE (2)	<i>direzionale/terziario</i>	4.653	2.791.800
	<i>servizi</i>	13.320	7.992.000
	<i>turistico ricettivo</i>	3.400	2.040.000
	<i>scolastico</i>	4.587	1.333.441
	<i>commerciale</i>	19.356	7.155.946
	<i>Commerciale grande distribuzione</i>	173	2.839.060

Destinazioni d'uso	Numero edifici o complessi di edifici	Superficie potenziale disponibile
<i>produttivo</i>	15.108	9.064.800
<i>altre tipologie</i>	54.420	32.652.000
Totale	115.017	65.869.047
Totale complessivo	916.227	211.707.157
<i>(1) Rif. §1.5.2</i>		
<i>(2) Rif. §1.6.1.3</i>		
<i>(3) Sono state escluse dal calcolo a beneficio di cautela gli edifici e le superfici attualmente non utilizzate</i>		

Per la determinazione del potenziale tecnico-economico dello Scenario Obiettivo le stime sono state riparametrate, con riferimento all'evoluzione della tecnologia fotovoltaica nell'ultimo quinquennio, sulle base delle seguenti assunzioni:

- utilizzo nel breve termine di tecnologie fotovoltaiche dal know-how consolidato e commercialmente sostenibili, in particolare il silicio monocristallino, destinato, secondo le previsioni dei maggiori market players di settore, ad assumere quote di mercato intorno all'80% in sostituzione del policristallino all'orizzonte del 2030. Si vuole tuttavia precisare che non viene esclusa a priori dal PER la possibilità di ricorrere (*soprattutto considerando che l'orizzonte temporale assunto non esclude evoluzioni significative del miglioramento dell'efficienza della tecnologia*) a tecnologie ad oggi in fase di avanzata sperimentazione, anche per la vivacità dell'industria fotovoltaica e le nuove tecnologie produttive.
- disponibilità di superficie utile in copertura calcolata prioritariamente con riferimento ad edifici pubblici istituzionali (sedi di amministrazioni pubbliche locali e centrali), edifici del terziario commerciale (grandi centri commerciali) e produttivi, edifici per uso residenziale pubblico e privato, edifici ad uso turistico ricettivo con particolare attenzione al settore alberghiero. Rimandando per i dettagli al calcolo del potenziale come esposto nel § 1.5.2, a fronte di una superficie di copertura totale disponibile pari a circa 214 milioni di m², la superficie massima tecnicamente disponibile pari a circa 74,5 Mio m² è stata calcolata con i seguenti assunti:
 - superficie media delle coperture utilizzabili per edifici residenziali fino a 2 piani fuori terra per ciascun edificio pari a 95,0 m² (rif. § 1.5.2)
 - superficie media delle coperture utilizzabili per edifici residenziali con numero piani fuori terra maggiore di 2 per ciascun edificio pari a 350,0 m² (superficie pari a n° 3 unità immobiliari per piano, ciascuna di superficie 95m², maggiorata di circa il 20% per spazi comuni: vani scala ed ascensore, pianerottoli etc.)
 - superficie media delle coperture utilizzabili per edifici non residenziali (uso direzionale, commerciale e produttivo) pari a 600,0 m²;
 - nel fattore di utilizzazione degli edifici non sono state computate anche le superfici verticali dell'involucro edilizio che, tuttavia, possono essere utilmente utilizzate per l'installazione dei moduli fotovoltaici soprattutto in concomitanza con interventi di riqualificazione energetica dell'involucro stesso in particolare in aree non soggette a particolari prescrizioni di natura visiva (*specialmente con riferimento ai vari complessi della grande distribuzione organizzata ed ai centri commerciali ubicati nella maggior parte dei casi in aree esterne al perimetro urbanizzato*). Si pensa in particolare alla possibilità di far funzionare le pareti verticali idoneamente orientate come facciate ventilate per sfruttare nel periodo invernale lo spazio d'aria verticale dei retromoduli a griglie di ventilazione chiuse come sistema per diminuire il gradiente termico tra interno ed esterno e nel

periodo estivo, a griglie di ventilazione aperte, per massimizzare l'effetto camino dello spazio d'aria verticale. Tenendo conto di tali superfici l'involucro equivalente totale disponibile potrebbe ammontare a circa 240,2 Mio m² e la superficie massima tecnicamente disponibile a circa 122,9 Mio m² con un incremento stimato rispetto a quella della sola copertura pari al 37%

- sono stati applicati i seguenti fattori di utilizzazione:
 - per calcolare gli edifici utilizzabili, alla consistenza del patrimonio edilizio sono stati applicati i fattori di cui alla seguente tabella per tenere conto delle probabili indisponibilità per motivi legati alla presenza di vincoli di natura urbanistica, ambientale ed architettonica (*edifici direzionali e residenziali multipiano*) o per indisponibilità della proprietà in assenza di un sistema incentivante (*edifici monofamiliari o bifamiliari fino a 2 livelli fuori terra*). i fattori di utilizzazione considerati sono riportati nella tabella seguente;

	Edifici residenziali 1-2piani	Edifici residenziali >2piani	Altri edifici non residenziali(1)
Fattore di utilizzazione degli edifici	50%	60%	70%

(1) sotto tale definizione ISTAT ricomprende edifici direzionali, commerciali e produttivi pertanto il fattore di utilizzazione più elevato è dovuto alla preponderanza superficiale degli edifici della grande distribuzione organizzata, centri commerciali ed edifici produttivi ubicati in aree prevalentemente non soggette a vincolo

- 50% medio alle superfici appartenenti a tutte le destinazioni d'uso del patrimonio immobiliare per fattori tecnici legati sia alla presenza di emergenze tecnologiche (*torrini, lavatoi, UTA, etc.*) in copertura generanti ombreggiamenti sia a condizioni di orientamento non idoneo soprattutto per le coperture a falda;

	Edifici residenziali 1-2piani	Edifici residenziali >2piani	Altri edifici non residenziali (2)
Fattore di utilizzazione delle coperture e dell'involucro edilizio	50%	55%	65%

(2) il fattore di utilizzazione più elevato è dovuto alla preponderanza superficiale delle coperture del terziario non direzionale e produttivo caratterizzate da tetti piani o modestamente inclinati con incidenza percentuale minore delle superfici impegnate da emergenze tecnologiche e le caratteristiche di contesto urbano di ubicazione per il possibile utilizzo delle superfici verticali (si pensi ai fabbricati per uso industriale o della grande distribuzione organizzata e centri commerciali posti prevalentemente in area specificamente ad essi dedicata)

- per quanto riguarda le specificità tecnologiche della generazione fotovoltaica sono stati considerati i seguenti assunti:
 - stato dell'arte attuale dei componenti e degli impianti fotovoltaici, da cui è stato ricavato un valore pari a 4,9 m²/kWp di superficie attiva installabile con efficienza dei moduli pari a quanto riportato nella tabella seguente (cfr. § 1.5.2);
 - graduale incremento dell'efficienza di conversione delle celle fotovoltaiche (19,7% baseline 2019, 25% nel 2030, al 30% nel 2040 e al 32% nel 2050) grazie alle continue innovazioni di processo sviluppate dalle aziende produttrici di celle³. L'ipotesi è cautelativa in quanto outlook di settore prospettano, a lungo termine, un miglioramento dell'efficienza, per la sola tecnologia cristallina, intorno al 37%. È necessario precisare le elaborazioni effettuate hanno fatto riferimento a tale assunto per moduli fotovoltaici in silicio monocristallino ad alta potenza (400Wp periodo 2020-2030, 500 Wp periodo 2030-2040, 600Wp periodo 2040-2050) tenendo specificamente conto

³ NREL (National Renewable Energy Laboratory USA) - Champion Photovoltaic Module Efficiency Chart – 10/05/2021 - <https://www.nrel.gov/pv/module-efficiency.html> e Champion Photovoltaic Cell Efficiency Chart – 01/04/2021 - <https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency.html>.

delle assunzioni sull'evoluzione della tecnologia riportate nella seguente tabella

	baseline 2019	2020-2030	2030 -2040	2040-2050
Classe di potenza moduli FV considerati	325	400	500	600
Efficienza dei moduli FV considerati	19,4%	25,0%	30,0%	32,0%
Modulo fotovoltaico - dimensioni [mq] ⁴	1,68	1,60	1,67	1,88

- rendimento del BOS (*Balance of System - insieme delle apparecchiature elettriche a supporto del sistema di generazione: inverter, quadri di campo, dispositivi di connessione alla rete, sistemi di sicurezza, cablaggi etc.*). Allo stato dell'arte le perdite del BOS ammontano a circa il 14% nel bilancio energetico di un impianto FV. A queste perdite devono essere sommate le perdite di efficienza derivanti dalle condizioni operative dei moduli a causa di eventuali fenomeni di ombreggiamento parziale degli stessi e dalle sovratemperature in esercizio⁵, perdite attualmente pari a circa l'8%. Complessivamente le perdite del sistema stimate nel calcolo, all'attuale stato dell'arte, ammontano a circa 22 - 28%. Per tenere conto dei miglioramenti derivanti dall'evoluzione tecnologica dei principali componenti del sistema FV ed al miglioramento delle performance dei moduli soprattutto nei confronti di fenomeni di ombreggiamento parziale è stato definito un Performance Rate⁶ modulato nei periodi di piano a partire dal valore del 78% (valor medio ricavato dal GSE per parco FV nel Lazio nell'anno 2019) fino al previsto valore del 90% al 2050 in funzione delle previsioni di evoluzione della tecnologia FV nel medio-lungo periodo. La tabella seguente riporta il valore stimato del *performance rate* nei periodi di piano;

	baseline 2019	2020-2030	2030 -2040	2040-2050
Performance rate	78%	85%	88%	90%

- fabbisogno tecnico di spazio lordo di circa 8–10 m² per moduli in silicio cristallino complanari alle coperture degli edifici e di circa 16-18 m² per moduli disposti in più file su superfici piane per ridurre gli effetti degli ombreggiamenti. Il calcolo è stato effettuato utilizzando un valore medio pesato sulle superficie degli edifici residenziali (*fino a 2 livelli fuori terra e > 2 livelli fuori terra*), terziari e produttivi da 13,5 a 12,5 m²/kWp installato;
- valore medio dell'irraggiamento solare annuo nel Lazio, con inclinazione e orientamento ottimizzato dei moduli da cui si ricava, nei periodi temporali di riferimento del Piano, una stima del numero di ore medie equivalenti di produzione annuale pari a circa 1.386 kWh/kWp (cfr. § 1.5.2 – Tab. 1.22);
- nello scenario di Piano, l'evoluzione della potenza installata tiene conto degli **indispensabili interventi di revamping degli impianti** al fine di garantire al sistema un funzionamento ottimale. Con il termine revamping si fa riferimento a tutte le procedure volte a modernizzare,

⁴ Si ricorda che la potenza del modulo FV è data dal prodotto della sua superficie attiva per l'efficienza di trasformazione in condizioni IEC secondo la relazione $P_{pk} = A \times \eta_{nom}$

⁵ Il valore di efficienza fornito dai produttori di moduli fotovoltaici è solitamente riferito alle condizioni standard IEC, le quali prevedono temperatura della cella fotovoltaica pari a 25°C, irraggiamento di 1.000 W/m² e velocità del vento di 1 m/s. Le condizioni reali di funzionamento degli impianti fotovoltaici, tuttavia, si discostano spesso molto da questi valori e le prestazioni ne risentono. In particolare, ad un aumento della temperatura delle celle rispetto alle condizioni standard, corrisponde un calo dell'efficienza η di conversione da energia radiativa ad energia elettrica

⁶ Riduzione dell'efficienza del sistema FV rispetto alle condizioni Standard. Fatto pari a 100 il rendimento del sistema in condizioni IEC il performance rate risulta dalla differenza di tale valore e delle perdite del BOS e dei moduli sopra descritte

modificare e migliorare un impianto fotovoltaico di vecchia generazione, quindi, a tutti gli interventi messi in atto per la rigenerazione di alcune componenti o dell'intero impianto. Gli interventi di revamping Fotovoltaico sono disciplinati dal documento GSE D.M. 23/06/2016 il cui obiettivo è quello di stabilire delle linee guida per un corretto processo di ammodernamento ed ottimizzazione dell'impianto fotovoltaico. Pertanto, ai fini di tenere conto nelle proiezioni di scenario, si è ipotizzato il fattore correttivo, variabile nei periodi di piano, riportato nel seguente prospetto.

	baseline 2019	2020-2030	2030 -2040	2040-2050
incremento PR per revamping parco FV installato	0%	9%	4%	2%

L'incidenza massima del revamping (9%) è stata ipotizzata nel periodo iniziale 2020-2030 pari al 9% in quanto tiene conto dell'importante azione di ammodernamento necessaria sul parco impiantistico incentivato a valere sul Conto Energia. Nei successivi periodi di piano si prevede di effettuare interventi di revamping sul parco impiantistico del decennio precedente.

Sulla base degli assunti sopra riportati, lo sviluppo dello Scenario obiettivo per questa FER è riportato nella tabella seguente:

Tabella 2.3- Scenario Obiettivo - FER-E Fotovoltaico: Proiezione dell'evoluzione della produzione fotovoltaica in copertura nei periodi di piano

FER-E Fotovoltaico		baseline 2019	2020-2030	2030-2040	2040-2050
Potenza installata in copertura cumulativo	MW	596	2.248	6.164	9.043
<i>Potenza addizionale in copertura nel periodo</i>	MW	-	1.653	3.916	2.878
Produzione cumulativo	GWh	666	2.993	8.303	12.746
<i>Produzione addizionale nel periodo</i>		-	2.327	5.310	4.443

Tabella 2.4 - Scenario Obiettivo - FER-E Fotovoltaico: evoluzione del parco impiantistico FV addizionale su edifici nei periodi di piano (numero impianti)

FER-E Fotovoltaico - Δ numero impianti nel periodo per classe	baseline 2019 (1)	2020-2030	2030-2040	2040-2050
≤20 kWp	55.720	128.825	305.258	224.338
20÷200 kWp	2.337	5.402	12.801	9.408
200÷1000 kWp	80	671	1.590	1.169
>1,000 kWp	18	28	67	49
INCREMENTO IMPIANTI INSTALLATI NEI PERIODI	58.155	134.926	319.716	234.964

(1) Elaborazioni LI da dati GSE ATLAIMPIANTI – Convenzioni I aggiornamento settembre 2020

Tabella 2.5 - Scenario Obiettivo - FER-E Fotovoltaico: evoluzione del parco impiantistico aggiuntivo in copertura nei periodi di piano: potenza installata per classi di potenza (MW)

FER-E Fotovoltaico - Δ Potenza nel periodo per classe	baseline 2019 (1)	2020-2030	2030-2040	2040-2050
≤ 20 kWp	239	663	1.572	1.155
20÷200 kWp	152	422	1.001	735
200÷1000 kWp	158	438	1.037	762
> 1.000 kWp	47	130	307	226
INCREMENTO POTENZA INSTALLATA NEI PERIODI	596	1.653	3.916	2.878

(1) Elaborazioni LI da dati GSE ATLAIMPANTI – Convenzioni I aggiornamento settembre 2020

Per quanto riguarda le ricadute in ambito regionale degli interventi riportati nelle precedenti tabelle si stima di raggiungere nel complesso i risultati di seguito evidenziati.

Tabella 2.6 - Scenario Obiettivo - FER-E Fotovoltaico: installazione impianti su edifici

RICADUTE SUL SISTEMA REGIONALE					
FER-E Fotovoltaico		Baseline 2019	2020-2030	2030-2040	2040-2050
Numero moduli installati in copertura cumulativo	000 unità	1.832	5.964	13.797	18.594
Δ numero moduli installati nel periodo		-	4.132	7.832	4.797
Superfici attive moduli installate in copertura cumulativo	000 m ²	3.024	9.634	22.689	31.683
Superficie attiva addizionale in copertura nel periodo		-	6.611	13.054	8.994
Superfici lorde copertura impegnate cumulativo	000 m ²	9.042	22.563	49.262	67.657
Superficie coperture solarizzate nel periodo		-	13.521	26.699	18.395
% Edifici solarizzati sul totale parco immobiliare regionale	%	6,2%	15,5%	33,9%	46,5%

IMPIANTI FOTOVOLTAICI A TERRA

Si è deciso di attribuire ai fini del PER a questa categoria di collocazione gli impianti:

- ubicati direttamente a terra su suoli di varia natura e destinazione d'uso (*suoli liberi in aree destinate a uso industriale e marginali, suoli agricoli a vocazione colturale specifica, patrimonio demaniale pubblico ad uso agricolo attualmente non utilizzato o in dismissione, etc.*) come più oltre puntualmente dettagliato;
- installati su manufatti agricoli ad uso strumentale ed in particolare superfici serricole sia fisse che mobili.

Sistemi fotovoltaici a terra su suoli industriali e aree marginali o degradate

Si prevede l'installazione di nuovi impianti a terra specificamente su suoli con uso attuale industriale, marginale e inutilizzata. Per quanto riguarda la consistenza superficiale di tali aree la stessa è stata determinata a partire dagli *shape file* della Carta d'Uso dei Suoli (CU) regionale come aggiornata nel 2016. L'interrogazione degli *shape file* ha fornito i risultati esposti nella seguente tabella:

Tabella 2.7– Consistenza territoriale delle aree industriali, marginali ed inutilizzate

Tipo di destinazione	Caratterizzazione	Superficie complessiva (Ha)
Insedimento industriale o artigianale con spazi annessi	Si tratta di superfici occupate da impianti industriali e produttivi diversi, inclusi gli spazi annessi accessori e le superfici occupate dai binari per il trasporto merci all'interno delle aree industriali. Sono compresi in questa classe gli edifici utilizzati per le attività produttive, come capannoni, rimesse per macchine agricole, fienili, stalle, silos, ecc, unitamente agli spazi accessori.	3.965
Discariche e depositi di cave, miniere, industrie e collettività pubbliche	L'unità comprende tutti i tipi di discarica con una superficie uguale o superiore a 0.5ha. Sono comprese nella classe le discariche di materiali lapidei, di rifiuti solidi urbani, di rottami, quelle relative all'attività mineraria, all'attività industriale ed edilizia e a qualunque attività della collettività pubblica.	251
Suoli rimaneggiati ed artefatti	Sono comprese in questa classe le aree per lo più nude e improduttive di origine antropica, soggette ad attività temporanee o in abbandono, in attesa di destinazione stabile. Per tale attribuzione è necessario che si possano riconoscere le strutture in costruzione.	464
Totale LAZIO		4.680

Fonte: Elaborazione Lazio Innova da Carta d'uso dei Suoli Agg. 2016

La tabella mostra la rilevante consistenza territoriale delle tipologie di suolo industriale, potenzialmente interessate dalla installazione di impianti FV a terra in quanto ubicate in aree non soggette a vincoli o tutele particolari.

Tuttavia, ai fini di una ragionevole valorizzazione dei suoli considerati a fini energetici occorre precisare quanto segue:

- in relazione alle aree sede di insediamento industriale o artigianale con spazi annessi, da un esame campionario dei Piani Regolatori dei Consorzi industriali e dei successivi PUOC, della superficie consortile l'area potenziale da adibirsi a impianti FV a terra è quella definita come *area destinata a zone tecnologiche* la cui consistenza viene dimensionata secondo le esigenze impiantistiche e compatibilmente con le esigenze ambientali. È stata quindi determinata per i Consorzi Industriali esaminati l'incidenza percentuale delle aree destinate a zone tecnologiche come media pesata della superficie delle aree considerate rispetto a quella complessiva consortile. Tale valore è risultato pari a circa il 9% della superficie totale consortile.
- con riferimento alle aree adibite a discariche e depositi la stima è stata effettuata sulla base degli interventi di messa in sicurezza e caratterizzazione di diversi siti di discariche oggetto di bonifica principalmente nei territori di Frosinone e Valle del fiume Sacco da parte di ARPA Lazio. Si precisa che nelle operazioni di caratterizzazione e messa in sicurezza dei siti contaminati ARPA Lazio esegue annualmente una indagine sistematica degli stessi e soggetti a procedimento di bonifica presenti sul territorio del Lazio. L'elenco esaminato tuttavia è per la maggior parte riferito a interventi di piccola entità di interesse marginale ai fini del PER. Gli interventi più sostanziali sono invece ancora in fase di iter procedurale autorizzativo. Pertanto, per la valutazione della superficie potenziale utile ai fini dell'installazione di impianti FV si fa riferimento ai dati delle bonifiche in gran parte concluse relative ai territori di Frosinone e della Valle del Sacco;
- per quanto riguarda i suoli rimaneggiati e gli artefatti trattandosi di aree per lo più nude e improduttive di origine antropica, soggette ad attività temporanee o in abbandono il fattore di utilizzazione delle stesse è stato valutato attribuendo alla superficie disponibile un fattore correttivo pari al 50%.
- il fattore di utilizzazione FV dei suoli è stato assunto pari a 3,33ha/MW;
- Si suppone l'utilizzo di impianti a tracker per una producibilità media annua pari a 2000 kWh/kWp
- tutti gli altri fattori correttivi legati all'efficienza complessiva dei sistemi fotovoltaici sono rimasti invariati rispetto a quanto esposto nel calcolo relativo all'installazione su edifici.

Alla luce di quanto esposto nella tabella seguente sono riportati i risultati delle elaborazioni:

Tabella 2.8 - Scenario Obiettivo - FER-E Fotovoltaico: installazione impianti nuovi a terra in aree industriali, marginali ed inutilizzate

FER-E Fotovoltaico IMPIANTI A TERRA NUOVI		baseline 2019	2020-2030	2030-2040	2040-2050
Potenza installata a terra cumulativo	MW	-	195	234	280
<i>Potenza installata a terra nel periodo</i>	MW	-	195	39	47
Energia producibile da impianti a terra cumulativo	GWh	-	389	467	607
<i>Energia addizionale nel periodo</i>	GW h	-	259	52	99

Sistemi fotovoltaici e agrivoltaici (Agri-PV) a terra

In termini di ricognizione dello stato di avanzamento dei soli procedimenti autorizzativi unici regionali (PAUR), si evidenzia che a fine agosto 2021 la **Regione** aveva in via di conclusione autorizzativa richieste per la costruzione ed esercizio di impianti a terra per una potenza addizionale complessivamente pari ad oltre **2,5 GWp** (per una superficie occupata da impianti, stimata in prima approssimazione pari a 2.600 ettari)⁷; ulteriori domande autorizzative, oggetto di PAUR, sono state ricevute nel secondo semestre 2021 e altre saranno in via di ricevimento ed istruite nei prossimi mesi dalla Regione.

In aggiunta a questi impianti e viste le difficoltà legate al cambiamento di uso del suolo e alla trasformazione del paesaggio che bloccano le autorizzazioni per questa tipologia di impianti, l'agri-voltaico (Agri-PV) potrebbe contribuire a superare alcune delle criticità che oggi ostacolano la crescita del fotovoltaico.

I sistemi Agri-PV sono tecnologie fotovoltaiche in cui i pannelli sono montati ad un'altezza da terra sufficiente per consentire pratiche di coltivazione convenzionali sottostanti. I sistemi agrivoltaici non solo preservano i terreni agricoli, ma avvantaggiano anche la produzione agricola migliorando l'efficienza nell'uso dell'acqua e riducendo lo stress idrico.

Per garantire un funzionamento efficace sia come infrastruttura agricola che come impianto di generazione fotovoltaica e massimizzare le sinergie agro-ecologiche è necessario definire un *Codice di agricoltura sostenibile (SAC Sustainability Agricultural Code)* che dovrebbe accompagnare in sede attuativa ciascun intervento agrivoltaico.

Per la definizione dell'attività agricola che si adatta ad un tipo specifico di sistema Agri-PV, il SAC deve includere le informazioni generali dell'attività agricola e del sistema FV associato, una valutazione delle esigenze degli attori agricoli coinvolti, informazioni sul terreno di progetto e un progetto tecnico dell'impianto. Il SAC deve inoltre valutare le attrezzature e i macchinari utilizzati per lo svolgimento dell'attività agricola. La validità del SAC dovrebbe essere confermata da un ente terzo indipendente, per garantire la compatibilità dell'attività agricola e di un impianto solare fotovoltaico.

Nel complesso, il SAC dovrebbe garantire che il progetto non sia in conflitto con l'uso del suolo agricolo e la redditività (e in alcuni casi, la continuità) dell'attività agricola. Dovrebbe essere sviluppato nelle fasi iniziali della fase di pianificazione del progetto e includere una valutazione degli impatti agronomici, ambientali e socioeconomici del progetto. Il SAC sarà utilizzato per pianificare l'attività agricola, garantire che il sistema Agri-PV sia completamente adattato all'attività agricola e che sia predisposto un adeguato monitoraggio durante il ciclo di vita del sistema delle prestazioni dello stesso. In particolare, per i sistemi Agri-PV combinati con la coltivazione delle colture, il SAC dovrebbe includere una valutazione della distribuzione della luce e delle condizioni microclimatiche necessarie per la crescita delle colture (come temperature, umidità e vento). Il SAC dovrebbe anche cercare di ridurre al minimo gli impatti ambientali negativi e massimizzare le potenziali sinergie ambientali. Garantirà inoltre che il progetto sia economicamente sostenibile per tutte le parti, sia dell'attività agricola che della generazione di elettricità. Il SAC implica un "approccio su misura" a ciascun progetto, adattando gli impianti Agri-PV alle dimensioni dell'azienda agricola, alla posizione, alla topografia del suolo, alle condizioni climatiche locali, agli impatti sulla biodiversità e alla gestione dell'acqua, oltre alla considerazione delle necessità delle comunità rurali locali.

⁷ Fonte: Direzione Regionale Infrastrutture e Mobilità; ipotizzato un 1,05 Ha/MWp

I suoli pubblici non utilizzati

Negli ultimi anni, in risposta alla crescente domanda di terre e alle richieste di accesso al settore agricolo, in particolare da parte di giovani agricoltori, si è assistito al proliferare di numerose iniziative, nazionali e locali, miranti non solo al recupero delle aree abbandonate e non utilizzate in un’ottica di contenimento del degrado ambientale, ma anche a promuovere in maniera più incisiva la tutela degli interessi sociali, economici e ambientali delle comunità rurali.

Il tema della terra trova riscontro, sia in modo indiretto, attraverso politiche nazionali che considerano la gestione delle terre pubbliche come parte di un’azione di più ampio raggio, sia in modo diretto attraverso programmi specificatamente dedicati: alla prima fattispecie appartiene la Strategia Nazionale Aree Interne che, programmata a livello nazionale e applicata a livello locale, promuove strumenti quale la Banca delle terre ISMEA nell’ambito di un vasto programma di promozione del ricambio generazionale, valorizzazione del patrimonio fondiario e recupero delle aree incolte; tra le politiche nazionali dirette il decreto “*Terrevive*” si poneva l’obiettivo di dare nuova vita ai terreni a vocazione agricola distribuiti su tutto il territorio nazionale e trasformarli in un’occasione di lavoro soprattutto per le nuove generazioni.

A partire dal 2016, l’iniziativa *Terrevive* è entrata a far parte di un progetto nazionale più ampio grazie alla Legge 154/2016, art. 16, che ha istituito la “*Banca delle terre agricole*”, con l’obiettivo di valorizzare il patrimonio fondiario pubblico e riportare all’agricoltura anche le aree incolte, incentivando soprattutto il ricambio generazionale nel settore.

La Banca, gestita dall’ISMEA⁸, è alimentata sia con i terreni derivanti dalle attività fondiarie gestite dall’ISMEA, sia da quelli appartenenti a Regioni e Province Autonome o altri soggetti pubblici interessati a dismettere i propri terreni, e fornisce le informazioni necessarie sulle caratteristiche naturali, strutturali e infrastrutturali dei terreni definendone modalità e condizioni di cessione e di acquisto.

Lo strumento, presentato nel marzo 2017, al momento mette a disposizione degli interessati, a livello nazionale, circa 8.000 ettari, che includono i terreni non ancora dismessi del decreto *Terrevive* e i terreni resi disponibili dall’ISMEA, a seguito di operazioni di credito agevolato per l’acquisto di terreni non andate a buon fine. La Regione Lazio è presente nel database ISMEA con un totale di 492,6 ettari, di seguito specificati per provincia.

Tabella 2.9 - Terreni del progetto Banca delle terre agricole ISMEA presenti nel Lazio, per provincia

	Ha	N. Particelle	Dim. Media (ha)
Roma	22,6	1	22,6
Latina	69,2	4	17,3
Rieti	114,6	2	57,3
Viterbo	286,2	5	57,2
LAZIO TOTALE	492,6	12	41,0

Fonte: Banca delle Terre Agricole ISMEA

Come si può notare, sebbene la consistenza superficiale complessiva risulti di entità contenuta, tuttavia la dimensione media delle particelle appare tale da rendere interessante un uso di questi suoli che, pur non snaturando la vocazione agricola degli stessi e la loro utilizzazione per potenziare il ricambio generazionale in agricoltura, sia in ambito PER l’opportunità per intraprendere una serie di azioni pilota di interventi agrivoltaici che garantiscano:

- l’esito finale dell’operazione attraverso una accurata fase di pianificazione del progetto che dovrà

⁸ BTA – Banca nazionale delle Terre Agricole - <https://www.ismea.it/flex/FixedPages/Common/Bta-Login.php/L/IT/rl-/pl-/page/Bta-Vendita.php/dimensione/-/altitudine/-/coltura/-/prezzo/-/unesco/-/posizione/-/vicino/-/distanza/>

includere una valutazione degli impatti agronomici, ambientali e socioeconomici del progetto;

- la generazione di un extra-reddito che avvantaggia direttamente le comunità rurali e migliora le infrastrutture rurali, le catene del valore e la fornitura di elettricità distribuita, che a loro volta possono promuovere l'agricoltura locale;
- la valorizzazione del patrimonio fondiario non utilizzato ed il recupero all'attività produttiva delle aree incolte.

A tale scopo si è ritenuto opportuno valorizzare questa tipologia di suoli nella definizione del potenziale energetico a fronte delle seguenti assunzioni:

- la superficie fondiaria totale disponibile è stata decurtata del 10% per tenere conto della necessità di infrastrutturazione interna di ciascuna particella che renda possibile la realizzazione di piccoli fabbricati di supporto, l'accesso di macchine di servizio e la meccanizzazione delle colture;
- sulla superficie effettivamente disponibile all'uso agrivoltaico sono stati definiti, analogamente a quanto fatto per la determinazione del potenziale tecnico max. del FV su edifici:
 - un fattore di utilizzazione dei suoli, che benché marginali possono essere, tuttavia, non disponibili a causa delle proprie specificità di giacitura/vocazione pedologica/altra motivazione all'uso Agri-PV. Tale fattore di utilizzazione è stato considerato pari al 90%
 - un fattore di utilizzazione FV della superficie agraria che rappresenta la riduzione dello spazio tecnico per l'installazione dei sistemi di generazione derivante dalla necessità di evitare ombreggiamenti reciproci tra le file di moduli ovvero della riduzione della superficie attiva captante qualora per esigenze di ombreggiamento controllato delle colture sia necessario ricorrere a sistemi vetro/celle/vetro per garantire il necessario livello di illuminazione alle colture. Di tale fattore si è tenuto conto incrementando la superficie specifica di installazione per MW, che nel fotovoltaico convenzionale a terra⁹ di potenza superiore a 1 MW risulta mediamente pari a 2,9 ha/MW di un fattore correttivo pari al 15%. Tale correzione si rende necessaria in sede di stima per tenere conto che installazioni Agri-PV del tipo non a tendone (*tipiche per la protezione da sovra-irraggiamento di certi tipi di colture sulla scorta dei teli ombreggianti in agricoltura*) debbano essere poste ad una altezza dal suolo ben maggiore dei convenzionali impianti a terra. In tal modo, si è definito il fattore di utilizzazione del FV al suolo pari a circa 3 ha/MWp installato per impianti Agri-PV.

Gli assunti di calcolo sono esposti nel seguente prospetto:

FER - IMPIANTI AGRIVOLTAICI PILOTA Suoli pubblici in dismissione		Assunti di calcolo
Disponibilità di suolo	ha	492,6
Superficie fondiaria totale disponibile	ha	443,3
Fattore di utilizzazione dei suoli	%	90%
Superficie fondiaria totale disponibile ridotta per dotazioni infrastrutturali	ha	399,0
Fattore di utilizzazione FV della superficie agraria	ha/MWp	3

⁹ Il NREL (USA National Renewable Energy Laboratory) - Land-Use Requirements for Solar Power Plants in the United States - June 2013. In questa ricerca, sono stati presi in considerazione i dati provenienti da 166 progetti a terra all'epoca già completati o in costruzione, e altri 51 in progetto, distribuiti fra il confine con il Canada e quello con il Messico, di cui 25 di solare termodinamico, 66 di fotovoltaico sopra i 20 MW e 126 impianti FV sotto quella soglia. I risultati mostrano che il terreno totale necessario per avere la potenza di un MW varia fra 1,2 e 6,8 ettari per il fotovoltaico in impianti sotto al MW (in media 3,3 ha/MW), fra 1 e 4,8 ettari per il grande FV (media 2,9 ha/MW).

Sulla base di quanto sopra, il potenziale tecnico stimato risulta esposto nella seguente tabella in cui le assunzioni di calcolo relative alla potenza addizionale installabile sono sostanzialmente identiche a quelle relative al potenziale installabile su edifici. Si precisa che non sono state effettuate stime previsionali per i periodi di piano successivi al decennio 2020-2030 a scopo cautelativo non essendo nota ad oggi la consistenza del patrimonio pubblico di terreni agricoli oltre quelli desunti dal Progetto *Banca delle terre agricole* ISMEA.

Tabella 2.10- Scenario Obiettivo - FER-E Fotovoltaico: installazione impianti agrivoltaici su suoli agricoli pubblici

FER - IMPIANTI AGRIVOLTAICI PILOTA Suoli pubblici in dismissione		baseline 2019	2020-2030	2030-2040	2040-2050
Potenza installata a terra cumulativo	MW	-	120	120	120
<i>Δ Potenza FV installata nel periodo</i>	MW	-	120	-	-
Energia autoprodotta da impianti FV a terra cumulativo	GWh	-	160	160	160
<i>Energia addizionale nel periodo</i>	GWh	-	160	-	-

Sistemi fotovoltaici in agricoltura su colture a serra (anno 2019)

L'agricoltura ad ambiente controllato ("CEA") è un approccio alla produzione alimentare che mira a massimizzare la produzione agricola attraverso l'ottimizzazione delle risorse naturali come acqua, energia, terra, spazio e luce. Il CEA fornisce anche la protezione necessaria per le pratiche agricole. Gli eventi meteorologici gravi ed estremi che stanno diventando sempre più comuni hanno un forte impatto negativo sulle attività agricole analogamente a temperature e livelli di irraggiamento più elevati che determinano ricadute sulla crescita e sulla qualità delle piante.

Il PER, pertanto, intravede nell'applicazione del Fotovoltaico in questo contesto la possibilità di coniugare pratiche agricole più sostenibili, l'auspicata transizione verso un uso prevalente della fonte elettrica da rinnovabili scongiurando la sostituzione di colture con impianti, ma integrandoli e rendendoli un fattore di supporto al reddito agricolo che deve rimanere prevalente.

La produzione orticola nel Lazio rappresenta un comparto rilevante, rappresentando circa il 18% della superficie orticola nazionale a colture protette, terza dopo la Sicilia e la Campania. L'eccellenza regionale si evidenzia soprattutto in termini di valore aggiunto del settore mercati all'ingrosso presenti, due dei quali a rilevanza nazionale (il CAR di Roma e il MOF di Fondi).

Un altro punto di forza del sistema orticolo laziale è dato dalla elevata propensione alla esportazione delle produzioni realizzate, in particolare verso i mercati dell'Europa centrale e settentrionale.

Le aziende orticole si concentrano prevalentemente nelle province costiere e, in particolare, in quelle di Viterbo e Latina.

Nella tabella seguente si evidenziano i dati del censimento del 2010 confrontati con i dati più recenti baseline 2019, sempre di fonte ISTAT¹⁰:

¹⁰ ISTAT - *Stima delle superfici e produzioni delle coltivazioni agrarie, floricole e delle piante intere da vaso* – 2020. I dati sono rilevati seguendo una metodologia di tipo estimativo. Le stime vengono effettuate in base a valutazioni da parte di esperti locali del settore che sono dislocati sul territorio. Le stime degli esperti possono includere i risultati di verifiche dirette sul territorio, nonché le

Tabella 2.11 – Superficie Agricola Utilizzata (SAU) per colture protette a serra nel Lazio, per provincia (2019)

Provincie	SAU colture protette				
	Censimento agricoltura 2010		Rilevazione ISTAT 2019		Variazione % 2010/2019
	(Ha)	% sul totale regionale	(Ha)	% sul totale regionale	
Frosinone	25,3	0,8%	61,0	0,7%	141%
Latina	2.810,2	83,3%	7.958,5	90,7%	183%
Rieti	2,7	0,1%	-	0,0%	---
Roma	377,3	11,2%	732,3	8,3%	94%
Viterbo	158,0	4,7%	18,1	0,2%	-89%
LAZIO TOTALE	3.373,5		8.769,9		160%

Come evidenziato, l'orticoltura protetta nel Lazio ha una rilevanza nazionale, infatti in termini di superficie investita, la regione si colloca al secondo posto dopo la Sicilia. Come evidenziato nella tabella precedente, confermata dalle rilevazioni statistiche ISTAT su base estimativa mensile, le superfici sono più che raddoppiate rispetto al censimento del 2010, raggiungendo più di 8.000 ettari coperti tra serre e tunnel, ancorché con significative differenze strutturali tra le varie provincie. Si osserva una specializzazione produttiva territoriale del settore, infatti, oltre l'80% delle aziende si localizzano nella provincia di Latina, che conta, ad oggi, quasi 8.000 ettari di superficie in orticoltura protetta, concentrata nei comuni intorno al Parco del Circeo, quali Terracina, San Felice Circeo e Sabaudia.

Le realtà produttive orticole regionali non sono omogenee in termini di performance raggiunte, sia in termini di comparto produttivo, che di area geografica. La rappresentazione della situazione del settore non è statica nel tempo. La variabilità climatica e legata ai cicli biologici delle colture realizzate, determina una estrema variabilità nelle quantità offerte, che per i beni alimentari, notoriamente a domanda rigida, determinano una estrema variabilità nei prezzi, quindi nei redditi dei produttori orticoli.

In considerazione di ciò, si può ipotizzare a livello regionale una sorta di dualismo produttivo:

- le aree a nord di Roma, caratterizzate da una forte prevalenza delle colture in piena aria,
- quelle a Sud della Capitale, nelle quali vi è una massiccia presenza di orticole in ambiente protetto.

In queste due realtà produttive, anche la destinazione finale delle produzioni cambia:

- in provincia di Viterbo è preponderante la presenza di produzioni destinate alla trasformazione industriale, la cui coltivazione è completamente meccanizzata, quali, ad esempio, i pomodori da industria, o le carote grezze. In questo areale sono poche le aziende che effettuano la lavorazione ed il confezionamento degli ortofrutticoli, che in prevalenza sono destinati al mercato interno;
- in provincia di Latina si realizzano soprattutto produzioni destinate al mercato del fresco e/o della trasformazione in ortaggi di IV gamma¹¹. I mercati di sbocco sono in prevalenza esteri e rivolti

indicazioni provenienti da fonti esterne (ad esempio organismi professionali ed associazioni di produttori, fonti amministrative, fonti di dati ausiliari correlate con la coltivazione oggetto di stima). Le coltivazioni oggetto di indagine sono diverse per ogni mese e tengono conto dello stadio fenologico della coltivazione. Per questo motivo più di una stima può essere determinata per ciascuna coltivazione durante l'annata agraria. Il calendario di rilevazione è stabilito all'interno del Protocollo di intesa ISTAT-MIPAAF-Regioni.

¹¹ Sono prodotti di IV gamma quelle verdure e ortofrutticoli freschi che, dopo la raccolta, sono sottoposti a processi tecnologici di minima entità finalizzati a garantirne la sicurezza igienica e la valorizzazione, seguendo le buone pratiche di lavorazione

soprattutto verso la GDO, pertanto, sono presenti numerose strutture di lavorazione, confezionamento e commercializzazione delle produzioni;

- le aree interne della regione si caratterizzano per la presenza di limitate realtà produttive orticole, che si indirizzano soprattutto verso produzioni di nicchia, spesso, specialità tradizionali e tipiche della regione o produzioni a marchio, che sono commercializzati attraverso filiere corte sui mercati locali.

Alla luce di quanto sopra appare interessante rilevare che la concentrazione territoriale della superficie serricola nella provincia Pontina e di Roma rappresenta un valore aggiunto in termini di azioni di incentivazione delle sinergie tra produzione agricola e impianti FV soprattutto in considerazione del fatto che la SAU media si aggira rispettivamente intorno a 1,6Ha e 1,7Ha per azienda con una garanzia dall'eccessivo frazionamento degli interventi.

Ai fini della valutazione delle potenzialità tecniche dell'applicazione del fotovoltaico al sistema delle colture protette non si può tralasciare di fare riferimento alla L.R. n. 34 del 12/08/1996¹² e smi, la quale detta norme per la costruzione di serre che comportano trasformazione urbanistica ed edilizia del territorio comunale, in particolare per quanto riguarda:

- la disciplina della costruzione delle serre nel rispetto degli strumenti urbanistici comunali (art. 3);
- le disposizioni tecniche da rispettare per la costruzione delle serre (art. 4);
- il regime concessorio per la costruzione di serre individuato come di competenza dell'Amministrazione comunale (art. 5).

Il corpo normativo citato fa quindi, ragionevolmente, prospettare che quanto attualmente presente sul territorio sia urbanisticamente conforme e quindi fruibile per azioni di integrazione agrivoltaica nelle strutture esistenti.

Alla luce di quanto sopra e sulla scorta delle indicazioni tecniche esposte nella citata L.R. 34/1996, le assunzioni di calcolo per la valutazione del potenziale tecnico delle applicazioni agrivoltaiche al comparto serricolo sono di seguito riportate:

- sono stati assunti quali ambiti territoriali di specifico interesse ai fini del PER quelli della provincia di Latina e Roma oltre che per la consistenza delle SAU investite anche per la classe media di SAU per azienda. Tali ambiti configurano una SAU lorda di intervento pari a circa **8.690Ha**;
- in merito alle stime di evoluzione di tale valore nei periodi di piano, pur prendendo atto che nel periodo 2010-2019 la crescita delle superfici adibite a colture protette nel Lazio sia più che raddoppiata, a scopo cautelativo si è ipotizzata una crescita media di SAU a serre nei vari decenni di piano del 10%, anche in considerazione di eventuali limitazioni legate al consumo di suolo.
- l'Art. 4 della L.R. 34/1996 e smi prevede che *“la superficie coperta a serre non possa superare il 70% per cento dell'area disponibile, ove questa sia inferiore a 30.000 metri quadri (0,3Ha) ed il 50% per cento dell'area disponibile per le superfici eccedenti i 30.000 metri quadri”*. Pertanto, ai fini della superficie disponibile, essendo il valore specifico della SAU per azienda superiore a 0,3Ha è stato assunto come valore correttivo per la superficie agraria utile ai fini dell'installazione del FV il 50% della SAU complessivamente adibita a serra. Questo fattore correttivo porta la SAU lorda utilizzabile a **4.350Ha**;
- per quanto riguarda gli aspetti specificamente tecnici relativi all'installazione dei sistemi FV si deve rilevare che, sotto il profilo costruttivo, le serre sono essenzialmente riconducibili a due tipologie:

¹² L.R. n. 34 del 12/08/1996 *Disciplina urbanistica per la costruzione delle serre*

- a doppia falda con falde simmetriche o asimmetriche la cui destinazione d'uso è la produzione di ortaggi, fiori, piante grasse, funghi e qualsiasi altro tipo di colture. Questo tipo di struttura è idonea al montaggio sul tetto di moduli fotovoltaici grazie all'adeguata inclinazione delle falde che permette la giusta incidenza dei raggi solari sui pannelli fotovoltaici;
- a tunnel con volta semicircolare od ellittica la cui destinazione d'uso è la produzione di ortaggi, fiori, funghi, colture arboree ed uve protette. La copertura e il rivestimento perimetrale sono in film di polietilene, altri tipi di materiali plastici esistenti in commercio. In tal caso per l'installazione dei moduli FV potrebbe essere conveniente adottare delle soluzioni che prevedano l'utilizzo di moduli bifacciali con sistemi di inseguimento con installazione su semplici sistemi a montanti metallici verticali e correnti orizzontali da inserire tra le volte dei tunnel;

In entrambe i casi (*pur con le necessarie differenziazioni di installazione dei moduli FV a seconda del tipo di struttura protetta*), in via di prima approssimazione, si deve rilevare che la superficie utile netta disponibile per l'installazione dei moduli si ridurrebbe di circa il 50% in pianta per tenere conto sia dell'utilizzo delle falde con il miglior orientamento che della necessità di non ridurre eccessivamente il livello minimo di illuminamento interno utile ai fini vegetativi. La superficie utile netta disponibile risulterebbe quindi pari a 2.175Ha. A tale superficie, riferita alla proiezione al suolo delle falde deve essere applicato un fattore correttivo che tiene conto dell'angolo di tilt delle falde stesse. Per la sua determinazione si è fatto riferimento¹³ ad una altezza media al colmo di circa 5,0m, pareti verticali di circa 3,0mt, di una larghezza media di 9,20m compreso il corridoio centrale e che si ritengono utili al transito delle macchine operatrici necessarie ai fini colturali. Con tale geometria l'angolo di tilt risulterebbe pari a circa 25°. Il fattore correttivo della superficie in pianta risulterebbe quindi pari a 1,11 che porterebbe la superficie utile netta disponibile a circa **2.393Ha** valore assunto come riferimento di calcolo.

A seguito di tutti i fattori correttivi applicati si è determinato un Fattore di utilizzazione FV delle SAU a serra pari a **6,1Ha/MWp**;

Tutti gli altri fattori correttivi legati all'efficienza complessiva dei sistemi fotovoltaici sono rimasti invariati rispetto a quanto esposto nel calcolo relativo all'installazione su edifici.

¹³ Dati desunti dalle indicazioni della norma UNI EN 13031-1:2020 *Serre - progettazione e costruzione - Parte 1: Serre per produzione commerciale*

Tabella 2.12- Scenario Obiettivo - FER-E Fotovoltaico: installazione impianti agrivoltaici su superfici serricole

FER - IMPIANTI Fotovoltaici Installazione su impianti serricoli		baseline 2019	2020-2030	2030-2040	2040-2050
Disponibilità di SAU a coltura protetta (1)	ha	8.690	8.691	9.560	10.490
Fattore correttivo superficie disponibile per art. 3 L.R. 341996 e smi	%	0,5	0,5	0,5	0,5
Disponibilità di SAU a coltura protetta lorda	ha	4.345,0	4.345,4	4.779,9	5.245,0
Disponibilità di SAU a coltura protetta netta corretta con uso di una sola falda e con angolo di tilt di 25°	ha	2.389,8	2.390,0	2.629,0	2.884,8
Potenza installata su superfici a serra cumulativo	MW	18	50	431	473
<i>Δ Potenza FV installata nel periodo</i>	MW	-	32	381	42
Energia autoprodotta da impianti FV su superfici a serra cumulativo	GWh	19	69	597	655
<i>Energia addizionale nel periodo</i>	GWh	-	50	528	58

(1) Si è fatto riferimento alla sola SAU delle Province di Roma e di Latina

Il quadro di sintesi complessivo dell'installazione di impianti FV a terra e delle ricadute sul sistema regionale sono riportati nelle tabelle seguenti:

Tabella 2.13- Scenario Obiettivo - FER-E Fotovoltaico: quadro di sintesi installazione impianti diversi dalle coperture

FER-E Fotovoltaico		2019	2030	2040	2050
INSTALLAZIONI A TERRA					
Potenza installata a terra cumulativo	MW	789	3.128	4.314	5.829
Δ Potenza FV installata nel periodo		-	2.339	1.186	1.515
<i>da impianti su suoli industriali e marginali</i>		-	195	39	70
<i>da installazione su suoli pubblici</i>		-	120	-	-
<i>da installazione agrivoltaica e fotovoltaica a terra (PAUR)</i>			1.993	766	1.403
<i>da installazione su impianti serricoli</i>		18	32	381	42
Energia autoprodotta da impianti FV a terra cumulativo	GWh	1.044	6.146	8.284	11.288
<i>Energia addizionale nel periodo</i>		-	5.101	2.138	3.004
Energia primaria da impianti FV a terra nel periodo	kTep	90	528	712	971

Tabella 2.14- Scenario Obiettivo - FER-E Fotovoltaico: Ricadute sul contesto regionale installazione impianti a terra

RICADUTE SUL CONTESTO REGIONALE					
FER-E Impianti fotovoltaici e Agri-PV		2019	2030	2040	2050
Numero moduli installati a terra cumulativo	000 unità	2.428	8.276	10.648	13.173
<i>numero addizionale moduli installati nel periodo</i>			5.847	2.372	2.525
Superfici attiva equivalente moduli installati a terra cumulativo	000 m ²	4.069	13.425	17.378	22.112
<i>Superficie attiva addizionale impianti installati a terra nel periodo</i>		ha	-	9.356	3.953
Superfici lorde impegnate impianti a terra cumulativo	ha	1.358	4.275	5.497	6.766
<i>Superficie addizionale a terra nel periodo</i>		ha	-	2.917	1.222

Il contributo complessivo del fotovoltaico stimato nelle previsioni di piano è riportato nella seguente tabella:

Tabella 2.15- Scenario Obiettivo - FER-E Fotovoltaico contributo complessivo

FER-E Fotovoltaico		baseline 2019	2030	2040	2050
TOTALE IMPIANTI					
Potenza FV installata cumulata	MW	1.385	5.377	10.479	14.872
<i>Δ Potenza FV installata nel periodo</i>	MW		3.992	5.102	4.393
<i>Produzione addizionale nel periodo</i>	GWh		7.428	7.448	7.447
Produzione cumulata	GWh	1.771	9.139	16.587	24.034
Energia primaria da impianti FV	kTep	152	786	1.426	2.067

Eolico

Con riferimento alla produzione di energia da fonte eolica, come rilevato nel precedente § 1.5.4, il territorio *onshore* del Lazio non si caratterizza per un elevato potenziale disponibile. Esso è ancora circoscritto, soprattutto a causa di problematiche connesse all’impatto visivo di parchi di taglia medio grande.

Per quanto sopra, lo sviluppo della produzione elettrica da fonte eolica a livello regionale è alquanto contenuto nel breve periodo con l’installazione di aerogeneratori di piccola e media taglia in aree (idonee) vocate e libere da vincoli, mentre “a cavallo del 2030” è considerato l’avvio nella messa in esercizio di parchi eolici *offshore* galleggianti, a significativa distanza dalla costa e di dimensioni *utility scale*; al concretizzarsi delle condizioni al contorno, è stata prevista una significativa crescita di questa tipologia di installazioni fino ad una potenza installata di 1 GW.

Per quanto riguarda quindi la FER eolica, il PER intende valorizzarla come evidenziato dai grafici che seguono limitatamente ai sistemi di piccola taglia, grazie ai numerosi lati positivi che questi presentano.

Innanzitutto, la grande disponibilità di siti utilizzabili, poiché occupano uno spazio ristretto e non necessitano di apposite infrastrutture per la loro installazione. L’impatto sul territorio di questa tipologia di impianti è, inoltre, molto contenuto, date le limitate dimensioni delle macchine (rotori con diametri da 3 a 9 m, montati su torri di 10-20 m);

- per utenze di tipo produttivo in aree non gravate da vincoli di natura paesaggistica e quindi prioritariamente in aree industriali a servizio di singole utenze o comunità energetiche o gruppi di autoconsumo collettivo;
- soluzioni di micro-eolico (< 50 kW), soprattutto nelle applicazioni residenziali ed agricole (anche in sinergia con il meccanismo delle comunità energetiche), prioritariamente per utenze ubicate fuori dai centri urbani;
- a cavallo del 2030, è considerato l’avvio nella messa in esercizio di parchi eolici *offshore* galleggianti, a significativa distanza dalla costa e di dimensioni *utility scale*; al concretizzarsi delle condizioni al contorno, è stata prevista una significativa crescita di questa tipologia di installazioni per una potenza installata di circa 1 GW.

Con i presupposti sopra citati la stima della producibilità elettrica ipotizzata nel PER nello Scenario Obiettivo si basa sui seguenti assunti:

- potenziale tecnico-economico installabile nel Lazio 1,2 GW come da stime dettagliate nel § 1.5.4 per il quale è stato considerato un fattore correttivo pari al 52% per tenere conto della indisponibilità delle aree eolicamente vocate per problematiche connesse agli impatti visivi (*rif. art. 49 salvaguardia delle visuali PTPR – Norme*);
- producibilità media impianti calcolata con riferimento ad una operatività annua rispettivamente pari a 1.700 heq/anno per impianti *onshore* e a 3500 heq/anno per impianti *offshore*;
- Taglia media degli aerogeneratori:
 - on shore 250 kW;
 - off shore 12 - 13 MW

Sulla base degli assunti sopra riportati, lo sviluppo dello Scenario obiettivo per questa fonte è riportato nella tabella seguente:

Tabella 2.16- Scenario Obiettivo - FER-E Eolico: Proiezione dell'evoluzione della produzione eolica (baseline 2014 produzione eolica normalizzata¹⁴)

FER-E Eolico		2019	2030	2040	2050
Potenza installata cumulativo	MW	71	250	682	1.116
<i>Potenza installata nel periodo</i>		-	179	433	118
Energia producibile cumulativo	GWh	147	740	2.236	3.735
	kTep	13	64	192	321
<i>Energia producibile nel periodo</i>		-	593	1.496	1.499
Numero di impianti installati cumulativo	no.	32	135	220	311
<i>Impianti aggiuntivi nel periodo</i>					
<i>Aerogeneratori da 250 kW</i>		8	90	50	56
<i>Aerogeneratori da 12 MW installazioni off shore</i>		-	13	35	35

¹⁴ La Direttiva Europea 2009/28/CE prevede che per il calcolo della quota di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo, il contributo dell'energia prodotta da fonte eolica debba essere considerato applicando una formula di normalizzazione per attenuare gli effetti delle variazioni climatiche. La produzione normalizzata è funzione della produzione osservata e della potenza installata negli ultimi 5 anni.

Idroelettrico: mini e micro idraulica

Come documentato nel § 1.5.5, anche il potenziale idroelettrico regionale, risulta piuttosto limitato ed in buona parte già sfruttato e pertanto il PER, nel rispetto delle indicazioni di *policy* presenti al successivo § 3.1, non ritiene particolarmente rilevante in proiezione la quota di energia producibile da questa fonte.

Nella seguente tabella, 2.28, sono riportati i valori di potenza e producibilità da FER mini e micro idroelettrica nello Scenario Obiettivo.

Tabella 2.17 - Scenario Obiettivo - FER-E Mini e microidraulica: Proiezione dell'evoluzione della produzione (baseline 2014 produzione idroelettrica normalizzata¹⁵)

FER-E		2019	2030	2040	2050
Idroelettrico					
Potenza installata	MW	411	412	418	421
Potenza addizionali nel periodo		-	1	6	3
Funzionamento h/anno	heq	2.550	2.721	2.785	2.879
Producibilità da fonte idroelettrica cumulativo	GWh	1.048	1.121	1.164	1.212
	kTep	90	96	100	104
Producibilità nel periodo		-	6	4	4
Nr. impianti installati cumulativo taglia media impianti 0,5 MW	unità	78	80	92	98
Numero impianti addizionali nel periodo		-	2	12	6

¹⁵ Anche per la fonte idroelettrica la Direttiva Europea 2009/28/CE prevede che per il calcolo della quota di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo, il contributo dell'energia prodotta da tale fonte debba essere considerato applicando una formula di normalizzazione al fine di attenuare gli effetti delle variazioni climatiche. La produzione normalizzata è funzione della produzione osservata e della potenza installata negli ultimi 15 anni, distinguendo tra impianti da apporti naturali e impianti di pompaggio misto.

Bioenergie

L'utilizzo delle bioenergie per la produzione di energia elettrica e termica e della loro evoluzione nello Scenario Obiettivo ha comportato una serie di approfondimenti specifici legati a considerazioni generali di contesto non trascurabili ai fini di una corretta valutazione dell'utilizzazione degli apporti derivanti da tali fonti soprattutto in considerazione del loro potenziale emissivo (CO₂, ossidi e particolati).

Infatti, in conformità alle *policy* successivamente esposte nella Parte III (cfr. § 3.1) e nel rispetto del Piano regionale per il risanamento della qualità dell'aria e del “*Riesame della zonizzazione del territorio regionale*”¹⁶, coesistono nel settore pro e contro in termini di benefici derivanti da un ampio utilizzo delle bioenergie la cui disponibilità è stata ampiamente sviscerata in termini di potenziale nel precedente § 1.5.6. Limitatamente alla produzione di energia elettrica ed ai fini della costruzione dello Scenario Obiettivo nel quadro di contesto sono emerse le seguenti principali osservazioni:

- **disomogeneità della fonte primaria.** Sotto la definizione di bioenergie vengono ricomprese infatti molteplici risorse principalmente derivanti da scarti o sottoprodotti derivati da prima trasformazione di scarti e residui (*principalmente biomasse solide, bioliquidi e biogas*) che comportano a loro volta l'impiego di tecnologie di trasformazione in energia elettrica diversificate ma sostanzialmente basate sulla combustione del residuo tal quale, gassificazione o come biometano da utilizzare in reti esistenti. Come ampiamente analizzato in termini di potenziale tecnico economico (cfr. § 1.5.6), il settore delle bioenergie comprende un insieme di tecnologie, fonti e usi finali eterogenei¹⁷. D'altro canto, si evidenzia che il *Piano regionale per il risanamento della qualità dell'aria* e il “*Riesame della zonizzazione del territorio regionale*”¹⁸ impongono regimi più restrittivi all'installazione di nuovi impianti di combustione diretta ed indiretta in coerenza agli indirizzi nazionali in materia di valorizzazione energetica delle biomasse esposti nel PNIEC e nel PTE (cfr. Parte 3 - Tab. 3.1) e nel PNRR.
- **costi della materia prima in genere abbastanza rilevanti** a causa dell'incidenza della raccolta e del trasporto “a bocca” di impianto nel caso di forniture non locali della materia prima (costi di logistica che farebbero propendere verso piccole taglie dimensionali diffuse rispetto a grandi impianti centralizzati);
- quadro impiantistico attuale caratterizzato da una **elevata numerosità di installazioni di piccola taglia a fronte delle quali l'incidenza della producibilità finale nell'ambito delle FER risulta piuttosto modesta.** Tra il 2001 e il 2014, infatti, la potenza installata è aumentata *anche se la tendenza dal 2014 in poi è stata negativa e la potenza installata è andata riducendosi* (cfr. § 1.3.4 – Tabella 1.3) *dal 2014 (203 MW) al 2019 (173 MW)*; la taglia media degli impianti è progressivamente diminuita, principalmente a causa dell'entrata in esercizio di impianti alimentati a biogas di piccole dimensioni (potenza installata inferiore a 1 MW), in genere realizzati per beneficiare del sistema incentivante delle tariffe onnicomprensive definite dal Decreto ministeriale 18/12/2008 (*Conto Energia*).

¹⁶ DGR 28 maggio 2021, n. 305

¹⁷ Nell'Allegato X alla Parte Quinta del Testo Unico Ambiente D. Lgs. 152/2006 le biomasse con utilizzazione prevalente per produzione di energia termica vengono definite come: “[cit....]

a) materiale vegetale prodotto da coltivazioni dedicate;

b) materiale vegetale prodotto da trattamento esclusivamente meccanico di coltivazioni agricole non dedicate;

c) materiale vegetale prodotto da interventi selvicolturali, da manutenzione forestale e da potatura;

d) materiale vegetale prodotto dalla lavorazione esclusivamente meccanica di legno vergine e costituito da cortecce, segatura, trucioli, chips, refili e tondelli di legno vergine, granulati e cascami di sughero vergine, tondelli, non contaminati da inquinanti;

e) materiale vegetale prodotto dalla lavorazione esclusivamente meccanica di prodotti agricoli;

f) sansa di oliva disoleata avente le caratteristiche riportate nella tabella seguente, ottenuta dal trattamento delle sansi vergini con n-esano per l'estrazione dell'olio di sansa destinato all'alimentazione umana, e da successivo trattamento termico, purché i predetti trattamenti siano effettuati all'interno del medesimo impianto.”

¹⁸ DGR 28 maggio 2021, n. 305

- **benefici derivanti dalla trasformazione energetica di prodotti e sottoprodotti di scarto e/o rifiuti** che non possono essere indirizzati al riuso (in ottica di economia circolare) e che comunque necessitano di trattamenti per il loro smaltimento finale e rappresentano una criticità ambientale;

Alla luce di quanto sopra e sulla base delle valutazioni del potenziale delle filiere della biomassa legnosa e fermentescibile e del biogas sia da scarti agricoli che da FORSU, potenziale analiticamente valutato nel § 1.5.6, la stima dell'energia elettrica producibile calcolata sul solo apporto derivante dalla biomassa solida è stata, nei periodi di piano, elaborata sotto i seguenti assunti:

- produzione di energia elettrica distribuita di piccola scala in impianti di piccola taglia fino a 1 MW_e secondo la soluzione tecnologica elaborata e denominata da ENEA "C15" (cfr. Allegato 1.9 alla Parte I) combustione e ciclo ORC, (CO+ORC)¹⁹ in assetto cogenerativo e trigenerativo. Per la trigenerazione si prevede l'impiego di macchine frigorifere ad assorbimento. L'impiego di tale soluzione, basata sulla generazione elettrica distribuita, è coerente:
 - al carattere distribuito delle biomasse con soddisfacimento del fabbisogno di materiale con scarti provenienti dal territorio stesso con conseguente riduzione di tutte le fasi relative al trasporto e lo stoccaggio;
 - all'auspicata possibilità di divenire la fonte sostitutiva di soddisfacimento dei consumi termici per nuclei di piccola dimensione, urbani e rurali, in sostituzione della combustione diretta in apparecchi e sistemi domestici;
 - alla massima penetrazione dei sistemi grazie a quanto precedentemente esposto in merito all'assenza di specifiche procedure autorizzative di cui al citato Regolamento regionale sui criteri per la sostenibilità territoriale degli impianti per la produzione di energia elettrica da combustione, diretta ed indiretta, di biomasse.

Con gli assunti sopra esposti **le previsioni di producibilità nei vari periodi di Scenario sono al ribasso** nel presente aggiornamento di Piano (**rispetto a quelle negli scenari del PER adottato con DGR n. 98 del 10 marzo 2020**) e sono riportate nella seguente tabella.

¹⁹ Il Ciclo Rankine Organico si basa su un turbogeneratore che lavora come una normale turbina a vapore per trasformare energia termica in energia meccanica e infine in energia elettrica attraverso un generatore elettrico. Invece del vapore acqueo il sistema ORC vaporizza un fluido organico, caratterizzato da un peso molecolare superiore a quello dell'acqua. Con l'ORC si ha un'elevata efficienza energetica complessiva: il 98% dell'iniziale potenza termica dell'olio diatermico si trasforma per il 20% in energia elettrica e per il 78% in calore, con perdite termiche estremamente limitate, solo il 2%, a causa di isolamento termico, radianza e perdite del generatore.

Tabella 2.18- Scenario Obiettivo - FER-E Bioenergie: Proiezione dell'evoluzione della produzione

FER-E		2014	2019	2030	2040	2050
Biomassa solida						
Potenza installata	MW	203	173	260	342	347
Potenza <i>addizionale nel periodo</i>		-	-	88	82	5
Funzionamento h/anno	heq	3.232				
Producibilità energia elettrica da usi cogenerativi (Sol C15+DI) ²⁰ cumulativo	GWh	704	723	842	1.106	1.122
	kTep	61	62	72	95	96
Producibilità <i>incrementale nel periodo</i>		-	0	10	23	1
Nr. Impianti "Sol. C15" (cfr. § 1.5.6.7) installati cumulativamente (taglia impianti 1 MW)	unità	78	78	88	111	112
<i>Numero impianti "Sol. C15" addizionali nel periodo</i>		-	-	88	82	5

²⁰ cfr. Parte I - § 1.5.6.7

Geotermia media entalpia

Nel rispetto del quadro regolamentatorio nazionale e regionale sintetizzato nella successiva Parte V del presente Piano (cfr. § 5.1), si riportano nella tabella seguente le proiezioni di lungo e lunghissimo termine per tale FER nello Scenario Obiettivo:

Tabella 2.19 - Scenario Obiettivo - FER-E Geotermia media entalpia: Proiezione dell'evoluzione della produzione

FER-E		2014	2020	2030	2040	2050
Geotermia media/alta entalpia						
Potenza installata	MW	-	-	-	146	154
Potenza <i>addizionale nel periodo</i>			-	-	146	8
Funzionamento h/anno		7.210				
Producibilità cumulata	GWh	-	-	-	1.054	1.108
	kTep				91	95
<i>Producibilità addizionale nel periodo</i>	GWh	-	-	-	1.054	55
Nr. impianti installati cumulativo	unità	-	-	-	29	31
taglia impianti 5 Mwe/20MWth						
No. campi geotermici attivati in concessione (1)	unità		-	-	10	10

(1) stima effettuata con riferimento alle disposizioni di cui all'art. 1 c. 4 del D.Lgs no. 22 del 11/2/2010 e s.m.i.

Moto ondoso

Il piano “Blue Economy” varato da Bruxelles mette, infatti, tra le priorità proprio lo sfruttamento dell’energia marina; energia che a livello comunitario potrebbe fornire una potenza installata di circa 3,6 GW entro il 2020 e 188 GW entro il 2050. Attualmente, in Italia lo sfruttamento energetico di onde, correnti e maree è ancora in fase sperimentale, con impianti e dispositivi progettati affinché siano in grado di ricavare il massimo del potenziale energetico dal Mediterraneo che, a causa della sua specificità di mare chiuso, richiede tecnologie diverse rispetto a quelle più mature utilizzate nel Nord Europa.

Si tratta, quindi, di una fonte di energia considerata allo stato attuale e nelle previsioni di sviluppo come residuale²¹. Tuttavia alla luce del vasto arco temporale di piano e delle sperimentazioni attualmente in corso del REWEC3/3 presso il porto di Civitavecchia, nel PER si è ritenuto opportuno prevedere un seppur minimo contributo alla produzione di energia elettrica da parte di questa fonte.

I primi outlook della sperimentazione forniscono i seguenti dati preliminari assunti alla base della stima di producibilità nello scenario obiettivo:

- cassoni REWEC3/3 con turbina Wells self-rectifying potenza indicativa 20kW/modulo
- Energia elettrica producibile da 1 km di diga costituito da impianto REWEC3/3 a celle indipendenti tra 4.000-6.000 MWh/km con turbina Wells. Assunto a base del calcolo 5.700MWh/km come da risultati sperimentazione;

Sulla base dei risultati della sperimentazione in corso²² sarà sviluppata una specifica misura volta ad individuare le localizzazioni ottimali di questa tecnologia nella Regione Lazio per procedere poi all’installazione di una serie di impianti pilota nei periodi di piano indicati nella seguente tabella.

Tabella 2.20 - Scenario Obiettivo - FER-E Moto ondoso - Barriere foranee:
Proiezione dell’evoluzione della produzione

FER-E		2014	2020	2030	2040	2050
Turbine moto ondoso						
Potenza installata	MW	-	-	5	19	47
Potenza addizionale nel periodo		-	-	5	14	28
Sviluppo barriere	km	-	-	1	4	10
Producibilità cumulata	GWh	-	-	27	136	339
	kTep	-	-	2	12	29
Producibilità addizionale nel periodo	GWh	-	-	2	9	17
Nr. impianti installati cumulativo		-	-	1	4	9
taglia impianti 4,7MW/km	unità					
Numero impianti addizionali nel periodo		-	-	1	3	6

²¹ Nel bacino del Mar mediterraneo il livello di potenza varia annualmente tra 4 e 11 kW/m, il più alto valore si verifica nell’area sud-ovest del mar Egeo. L’intera potenza disponibile annualmente nelle coste europee nel bacino del Mediterraneo è nell’ordine dei 30 GW, quindi la totale potenza disponibile per l’Europa risulta pari a circa 320 GW

²² Il progetto “REWEC 3” si sta attuando con il brevetto per la produzione di energia dal mare della “Wavenergy.it”, spin-off dell’Università Mediterranea di Reggio Calabria

FER-Termico

Solare termico

Nello Scenario Obiettivo, l'utilizzo di collettori solari per la produzione di energia termica è stato considerato finalizzato alla copertura del fabbisogno di acqua calda ad uso sanitario senza integrazione al riscaldamento per le abitazioni appartenenti al parco edifici residenziale così come caratterizzato nel § 1.6.1.3 ad integrazione degli apporti derivanti da sistemi convenzionali con caldaia a condensazione e con una ipotesi di copertura del fabbisogno pari al 95%.

Si è previsto un ricorso al soddisfacimento del fabbisogno di ACS anche per gli edifici multipiano in quanto nell'ottica di una riqualificazione energetica del patrimonio edilizio i DM 25/06/2015 nel caso di ristrutturazioni importanti di 1° livello legano il conseguimento della classe energetica dell'edificio alla presenza di sistemi di autoproduzione energetica. Pertanto, pur rimanendo in una condizione di stima cautelativa (tendenza di sviluppo crescente con un tasso composto del 2% annuo) è stata considerata l'estensione della solarizzazione agli edifici multipiano.

Tali proiezioni evolutive sottendono le seguenti assunzioni di base:

- Tecnologia impiantistica: collettori a tubi sottovuoto con rendimento di sistema 45% per massimizzare il rendimento di captazione per inclinazioni ed orientamenti non ottimali. Inoltre tale tipologia di collettori è assolutamente modulare ed i sistemi attualmente in commercio consentono di assemblare il generatore con il numero di tubi desiderato;
- Rendimento caratteristico dei collettori netto annuo per m² di superficie utile collettori pari a circa 250-400 kWh/m²anno (cautelativo) con copertura del fabbisogno ACS 95%;
- Superficie di collettori da installare per singola abitazione 4m² con presenza media di 4 occupanti (rif elaborazioni su dati § 1.5.2 – tab. 1.20) per edifici fino a 2 piani e 3 m² con fabbisogno di AC a 50°C per sanitario pari a 200 l/g con volume dell'accumulatore solare 300 l;

La sintesi delle previsioni di piano è riportata nella tabella e nella figura che seguono:

Tabella 2.21 - Scenario Obiettivo - FER-C Solare termico: Proiezione dell'evoluzione della produzione

FER-C		2014	2019	2030	2040	2050
Solare termico	unità					
numero alloggi solarizzati	N°	42.574	42.574	55.346	66.416	79.699
<i>numero alloggi solarizzati addizionali nel periodo</i>	N°		-	12.772	11.069	13.283
Percentuale solarizzazione alloggi sul numero complessivo	%	2,8%	2,8%	3,7%	4,4%	5,3%
Produzione energetica media per alloggio	kWh/anno	2.459	-	-	-	-
Produzione cumulata	ktep	8	9	12	14	17
<i>Produzione addizionale nel periodo</i>		-	1	3	2	3
Superficie captante attiva	m ²	130.375	146.405	190.326	228.391	274.070
Incremento sup captante attiva ²³	m ²		16.030	43.921	38.065	45.678

²³Taglia impianti 3-4 m² collettori sottovuoto per alloggio

Bioenergie

Rimandando al precedente paragrafo per le considerazioni generali assunte alla base dello scenario obiettivo per le bioenergie nel complesso, si deve qui precisare che per quanto attiene il contributo della produzione energetica per usi finali termici, a fronte di un parco impiantistico esistente costituito principalmente da impianti a combustione diretta che, data la loro diffusione a livello territoriale, rendono residuale la biomassa disponibile (rif. *analisi del potenziale* § 1.5.6.4 tab. 1.42), nelle elaborazioni di scenario è stata considerato solo il contributo derivante dalle biomasse fermentescibili e da FORSU/scarti verdi.

In relazione alle biomasse fermentescibili (reflui organici, frazione organica dei rifiuti) le soluzioni ipotizzate di uso riguardano la produzione di biometano nei siti previsti dal PRGRU, atteso il rilevante sfruttamento di biogas già presente nel Lazio. Il biometano è metano avente le stesse caratteristiche del gas naturale ma prodotto dal biogas previo opportuno trattamento di upgrading. In questa ipotesi il biometano può essere previa pressurizzazione immesso nella rete nazionale di distribuzione ovvero per uso trasporti.

Per quanto riguarda le FORSU è importante sottolineare che nell'elaborazione dello Scenario Obiettivo si è previsto il raggiungimento di un obiettivo di raccolta differenziata della frazione organica pari al 75% all'orizzonte finale del 2050.

Con i presupposti di cui sopra, con riferimento all'installazione e al *repowering* degli impianti esistenti con la Soluzione impiantistica DI "produzione di energia da biogas reflui e frazione organica" (cfr. § 1.5.6.6), tenuto in conto del *Piano regionale per il risanamento della qualità dell'aria* e il "*Riesame della zonizzazione del territorio regionale*"²⁴ (che impongono regimi più restrittivi all'installazione di nuovi impianti di combustione diretta ed indiretta) e in coerenza agli indirizzi nazionali in materia di valorizzazione energetica delle biomasse esposti nel PNIEC e nel PTE (cfr. Parte 3 - Tab. 3.1) e nel PNRR, si riporta di seguito l'evoluzione significativamente **decrescente** della proiezione nello Scenario Obiettivo per la tipologia di impianto considerata:

Tabella 2.22 - Scenario Obiettivo - FER-C Bioenergie per usi termici: Proiezione dell'evoluzione della produzione

FER-C Calore da usi cogenerativi + Biogas		2019	2030	2040	2050
Potenza installata	MW	30	21	12	3
<i>Potenza addizionale nel periodo</i>		-	-9	-9	-9
Funzionamento h/anno	heq	5.743			
Producibilità termica da usi cogenerativi (Sol C15+DI) + biogas da FORSU cumulativo	kTep	479	337	187	40
<i>Producibilità incrementale (+) decrementale (-) nel periodo</i>		-	- 142	- 150	- 147
Nr. impianti "DI" installati (repowering) cumulativamente taglia media impianti 1-3 MW (I)	unità	10	11	6	1
<i>Aumento (+) riduzione (-) del Numero impianti "DI" nel periodo</i>		-	1	-5-	-5-

Geotermico a bassa entalpia

Il contributo alla generazione di energia termica da FER nello Scenario Obiettivo derivante dallo sviluppo della geotermia a bassa entalpia è stato stimato con riferimento alla normativa tecnica attualmente cogente,

²⁴ DGR 28 maggio 2021, n. 305

che recepisce la Decisione della Commissione dell'1 marzo 2013 C(2013)1082) e che stabilisce gli orientamenti relativi al calcolo da parte degli Stati membri della quota di energia da fonti rinnovabili prodotta a partire da pompe di calore per le diverse tecnologie a pompa di calore a norma dell'articolo 5 della direttiva 2009/28/CE del Parlamento europeo e del Consiglio. Pertanto, i risultati nel seguito esposti per questa FER devono intendersi come segue:

- i fattori di *default* per stabilire il contributo dell'energia rinnovabile prodotta dalle pompe di calore sono fissati a un livello prudente per limitare il rischio di sovrastimare di detto contributo secondo la tabella 3.6 della succitata Decisione;
- è stato preso a riferimento della stima il consumo energetico stagionale per riscaldamento e produzione di ACS un edificio condominiale di 15 appartamenti con indice di prestazione energetica pari a 2,35kWh/m² anno per riscaldamento come esposto nella Tabella 1.50 del §1.5.7.3 per le classi di edifici 9 e 10 il cui numero, riferito al parco immobiliare regionale, risulta pari a circa 198mila unità di cui è stata, data la complessità attuativa della tecnologia, è stata considerata solo una quota pari al 10%;
- è stato analizzato il consumo energetico medio di una singola unità immobiliare tipo di 95m² facente parte dell'edificio tipo con numero 4 occupanti per il fabbisogno annuale di ACS dotata di caldaia standard rendimento stagionale 90%. Tale consumo è stato successivamente esteso all'intero edificio;
- a fronte di un fabbisogno medio annuo di energia termica per riscaldamento e produzione di ACS di circa 70.000kWh/anno, secondo la metodologia esposta nella succitata Decisione la quota di FER imputabile alla geotermia risulta pari al 31,2% e su questa base sono stati sviluppate le stime di cui alla seguente tabella sia in termini di producibilità che di potenza installata.

Tabella 2.23 - Scenario Obiettivo - FER-C Geotermia quota parte: Proiezione dell'evoluzione della produzione

FER-C Geotermia bassa entalpia con geoscambio		2019	2030	2040	2050
Potenza installata	MW	42	245	448	652
<i>Potenza addizionale nel periodo</i>		-	203	203	203
Ore di funzionamento equivalenti a pieno regime h/anno	H _{HP}	2.070			
Producibilità cumulativo (quota ERES secondo la Decisione della Commissione C(2013)1082)	GWh	87	508	928	1.349
	kTep	7	44	80	116
<i>Producibilità addizionale nel periodo</i>		-	36	36	36
Nr. impianti installati cumulativo (1) taglia media impianti baseline 2014 40 kW - Scenario Obiettivo 90kW	unità	1.743	2.724	4.983	7.241
<i>Numero impianti addizionali nel periodo</i>		-	2.259	2.259	2.259

Pompe di calore elettriche

Il PER vede un significativo incremento del numero di alloggi dotati di sistemi di riscaldamento/raffrescamento con pompe di calore non geotermiche prevalentemente del tipo aria-aria per le quali si prevede al 2050 un numero di installazioni, di potenza mediamente pari a 40kW, di oltre 900.000mila unità.

Tabella 2.24- Scenario Obiettivo - FER-C Pompe di calore elettriche aria-aria quota parte: Proiezione dell'evoluzione della produzione

FER-C Pompe di calore elettriche		2019	2030	2040	2050
Potenza installata/da installarsi	MW	854	1.843	2.246	3.016
<i>Potenza addizionale nel periodo</i>		-	989	404	770
Ore di funzionamento equivalenti a pieno regime h/anno	HHP	1.770			
Producibilità cumulata (quota ERES secondo la Decisione della Commissione C(2013)1082)	GWh	930	2.007	2.447	3.285
	kTep	80	173	210	282
<i>Producibilità addizionale nel periodo</i>	GWh	-	1.077	440	838
Nr. impianti installati cumulativo (1) taglia media impianti baseline 2019 32 kW - Scenario Obiettivo 40 kW	unità	140.598	635.304	794.130	1.058.840
<i>Numero impianti addizionali nel periodo</i>		-	381.182	158.826	264.710