

DISTRETTO TECNOLOGICO ENERGIA ED ECONOMIA VERDE



Il Settore Energetico e l'Economia Verde

Le nuove roadmap tecnologiche per la RIS3 2021-2027 Toscana proposte dal Distretto Tecnologico Energia ed Economia Verde (DTE²V)

Report di Aggiornamento RIS3

Luglio 2021



Co.Svi.G. Scrl

Consorzio per lo Sviluppo delle Aree Geotermiche

Soggetto gestore DTE²V

www.dte-toscana.it

segreteria@dte-toscana.it

Sommario

Sommario

Quadro Conoscitivo	3
Posizionamento internazionale.....	13
Contestualizzazione del comparto di riferimento nel panorama competitivo a livello internazionale, comunitario e nazionale.....	13
Il Contesto Regionale in Toscana.....	27
SWOT Analysis di comparto.....	30
Elenco roadmap.....	31
SWOT Analysis delle Roadmap.....	32
Descrizione di sintesi di ciascuna roadmap.....	42
<i>Roadmap N 1 - Efficiamento energetico dei processi e dei sistemi</i>	42
<i>Roadmap N 2 - Processi di valorizzazione della Geotermia e delle altre fonti energetiche rinnovabili</i>	47
TOPIC GEOTERMIA.....	47
TOPIC BIOENERGIE.....	55
TOPIC SOLARE (Termico e Fotovoltaico).....	64
<i>Roadmap N 3 - Decarbonizzazione: sistemi innovativi e nuove opportunità di riduzione della CO₂ diretta</i>	72
<i>Roadmap 4 – Potenzialità e prospettive di sviluppo future delle filiere del Bio-GNL in Toscana</i>	77
<i>Roadmap N 5 – Potenzialità e prospettive di sviluppo della filiera dell'idrogeno in Toscana</i>	82
<i>Roadmap N 6 – Tecnologie per il recupero e la valorizzazione di energia e materiali di scarto</i>	90
Bibliografia.....	98

Quadro Conoscitivo

La pandemia scatenata dal nuovo coronavirus Sars-CoV si è diffusa in tutto il mondo causando un'ingente tragedia in termini di vite umane e una drastica battuta d'arresto dell'economia. Nell'industria, la pandemia ha portato a un notevole rallentamento della produzione in tutto il mondo, che nel 2020 ha fatto registrare un calo della produzione globale del 5,4% rispetto al primo trimestre del 2019, con un picco di oltre il 9% nel manifatturiero.

Secondo quanto riportato nell'ultima *Analisi Trimestrale del Sistema Energetico Italiano* condotta da ENEA, nel primo trimestre 2021 la ripresa dell'economia globale (+6% la più recente previsione del FMI per l'intero anno), favorita dall'accelerazione delle vaccinazioni Covid-19 e da stimoli fiscali di dimensioni senza precedenti, ha indotto un rimbalzo della domanda globale di energia, che nel 2021 è prevista in aumento del 4,6% (fonte IEA), più che compensando la contrazione del 4% nel 2020. In particolare, i consumi petroliferi dovrebbero a fine anno riavvicinarsi ai 100 Mb/g, anche se in media d'anno il recupero sarebbe pari a poco più di 5 Mb/g (rispetto ai quasi 9 Mb/g persi nel 2020). Questo dato, soprattutto perché combinato con il rimbalzo particolarmente forte atteso per i consumi di carbone, dovrebbe comportare una forte ripresa delle emissioni globali di CO₂, compensando buona parte del calo registrato nel 2020.

Secondo le stime di ENEA, in Italia i **consumi di energia primaria** segnano una ripresa tendenziale (+1,5%) profilando per l'anno in corso un recupero di almeno 1/3 dei consumi persi nel 2020. Nel I trimestre 2021 i consumi di energia primaria sono stati pari a circa 43 Mtep, in aumento dell'1,5% rispetto allo stesso periodo dello scorso anno. In termini di fonti, a fronte del calo della domanda di petrolio (-9% tendenziale, -1,2 Mtep) sono in aumento tutte le altre fonti: gas naturale (+1 Mtep, +5%), fonti rinnovabili (+0,4 Mtep, +5%), importazioni nette di elettricità (+0,15 Mtep, +6%). Tornano a risalire anche i consumi di carbone (+17% secondo dati parziali), che restano comunque ben al di sotto del I trimestre 2019. La variazione dei consumi dei settori di uso finale è in linea con quella dei consumi di energia primaria (+1,4% rispetto al I trimestre 2020, ma con differenze molto rilevanti tra i settori. La minore domanda di energia nei trasporti (-0,7 Mtep tendenziale), dove la mobilità resta su valori molto inferiori a quelli pre-covid, è stata più che compensata dai maggiori consumi dell'industria e del civile (complessivamente +1 Mtep), oltre che degli usi non energetici.

Si riporta di seguito il dato inerente la serie storica della domanda di energia primaria in Italia dal 1990 al 2018 anno in cui si registra un consumo interno lordo pari a 157 Mtep. L'evoluzione storica è stata caratterizzata da una forte differenziazione del mix. Le fonti fossili rimangono preponderanti con una quota pari al 78,2% del consumo totale. Tale porzione era tuttavia prossima al 94% nel 1990. La tendenza decrescente del peso complessivo delle fonti fossili si è accompagnata anche ad aumento dell'apporto di gas naturale a discapito del petrolio. Anche il peso delle energie alternative è in costante crescita ed evoluzione (+5,5% medio annuo tra il 1990 e il 2018).

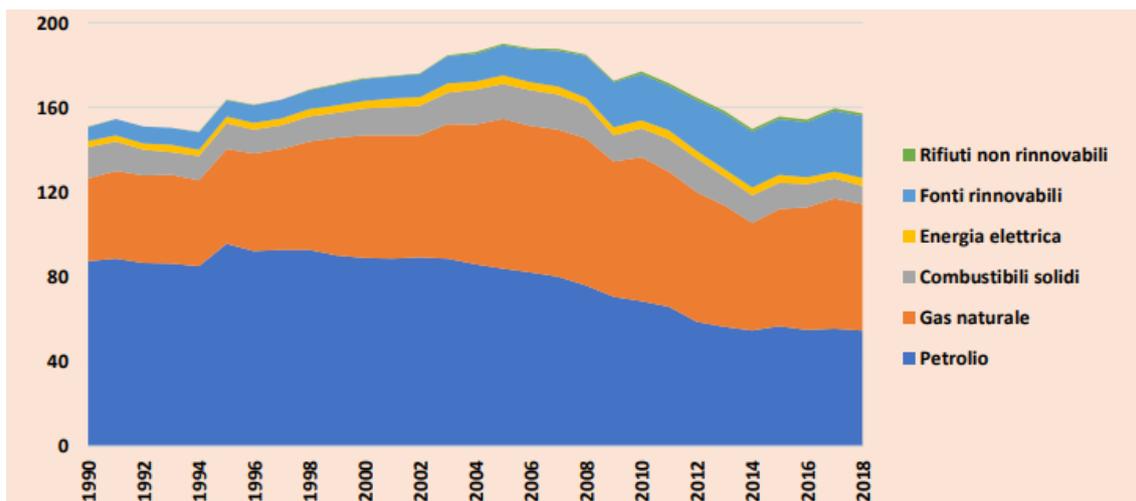


Figura 1 - Domanda di energia primaria in Italia. Dettaglio per fonte, anni 1990 – 2018 (Mtep) (Fonte Dati: ENEA)

La domanda di energia primaria per abitante in Italia si colloca al di sotto della media dei 28 Paesi dell'Unione Europea (EU28), dei 19 Paesi dell'Area Euro e tra le ultime posizioni tra le maggiori economie dell'Unione. Nel confronto con il resto dei partner europei, solo sei paesi hanno totalizzato un livello di consumo inferiore; nell'ordine Romania, Malta, Croazia, Grecia, Portogallo e Lettonia. I paesi della regione Scandinava occupano le prime posizioni, con un livello di consumo pro-capite pari a 5 tep/abitante in Svezia, 5,5 tep/abitante in Finlandia e 6,3 tep/abitante in Norvegia. Il Lussemburgo presenta il valore massimo, pari a 7,5 tep/abitante.

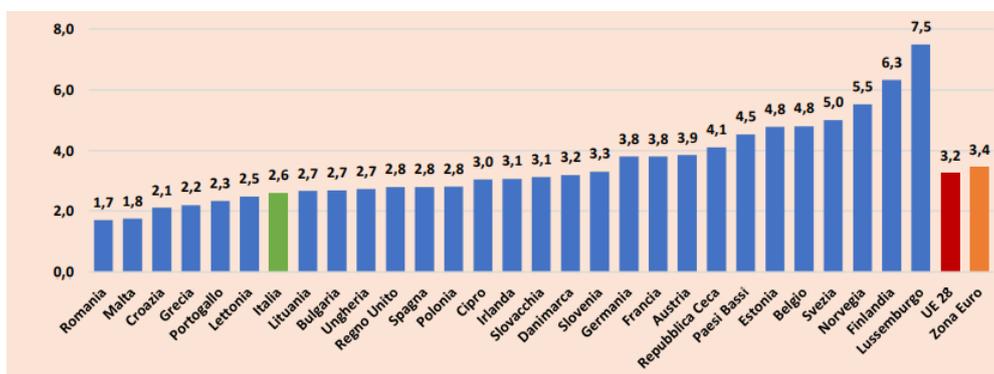


Figura 2- Domanda di energia primaria per abitante nei paesi UE28*. Anno 2018 (tep/abitante) (Fonte Dati: Eurostat)

A livello regionale si riporta di seguito una sintesi dei più recenti dati inerenti alla domanda e ai consumi energetici diffusi da TERNA. Dal 2000 al 2019 si registra un progressivo calo della **domanda di energia** a livello regionale che passa da 23,207 TWh a 20,79 TWh.

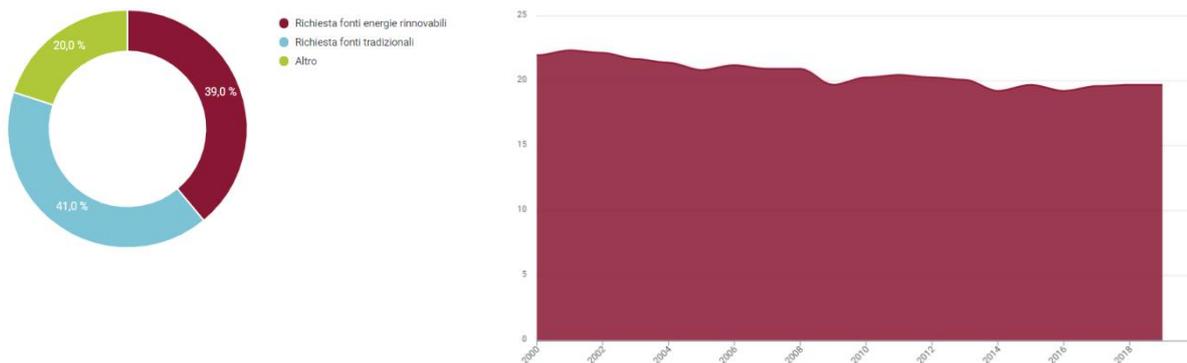


Figura 3 -Domanda di energia elettrica e struttura % della domanda per la Regione Toscana (TWh) (Fonte Dati: TERNA)

La **produzione di energia primaria** nazionale nel 2018 è pari a 37,3 Mtep. L'aumento rispetto all'annualità precedente è da attribuirsi quasi esclusivamente all'incremento dei prodotti petroliferi (+14,2%). Le produzioni primarie di rinnovabili e di gas naturale, seppur presentando variazioni di segno opposto, rimangono sostanzialmente invariate attorno ai 27 e 4,5 Mtep, rispettivamente. Oltre il 70% dell'energia primaria nazionale è prodotta da fonti rinnovabili.

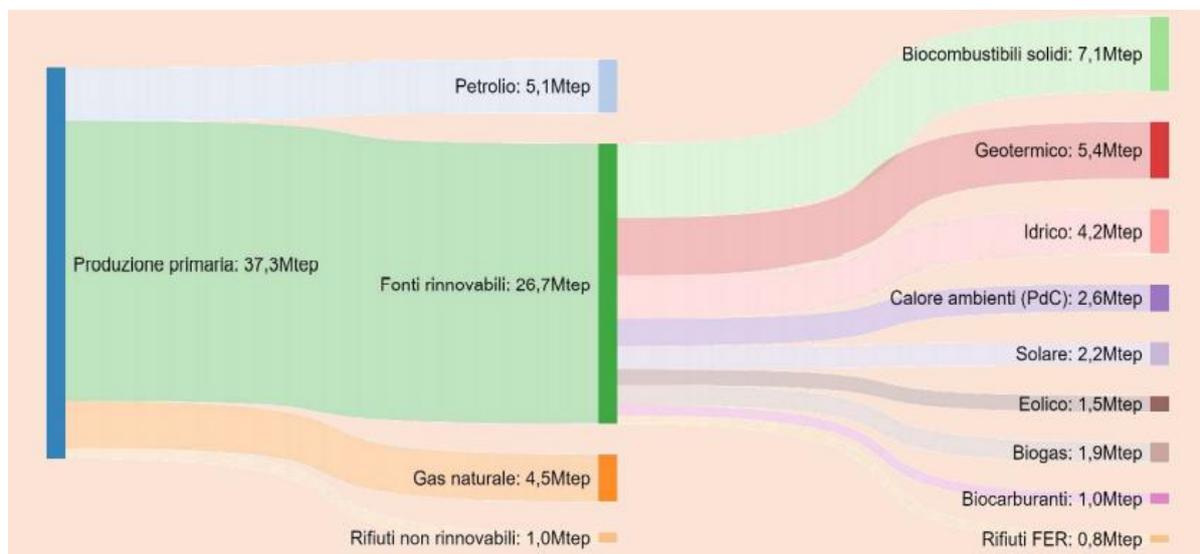


Figura 4- Produzione di energia primaria in Italia. Dettaglio per fonte, anno 2018 (Mtep) (Fonte Dati: ENEA)

Secondo i dati dell'ultimo rapporto di ENEA, nel primo trimestre 2021 a **richiesta di energia elettrica** è cresciuta del 2,2% rispetto al I trimestre 2020 (+1,7 TWh). Di particolare rilievo è la tenuta dei consumi industriali.

Analizzando i dati forniti da TERNA relativi all'annualità 2019 in Italia la **domanda di energia elettrica** ha raggiunto i 319.622 GWh ed è stata soddisfatta per l'88,1% da produzione nazionale destinata al consumo per un valore pari a 281.481 GWh (+1,4% sul 2018) al netto dei consumi dei servizi ausiliari e del pompaggio. La quota restante del fabbisogno (11,9%) è stata coperta dalle importazioni nette dall'estero per un ammontare di 38.141 GWh in diminuzione del 13,1% rispetto all'anno precedente.

La **produzione nazionale di energia elettrica** lorda nel 2019 è stata pari a 293.853 GWh ed è stata coperta per il 60,0% dalla produzione termoelettrica non rinnovabile (+1,5% rispetto al 2018), per lo

0,6% dalla produzione idroelettrica da pompaggio (+6,9% rispetto al 2018) e per il restante 39,4% dalle fonti rinnovabili.

La **capacità installata** in Italia al 31/12/2019 continua a essere lievemente in crescita rispetto al 2018. La potenza efficiente lorda si è attestata a 119,3 GW (+1,0 % rispetto al 2018) essenzialmente imputabile alle rinnovabili. Il parco di generazione termoelettrico si è mantenuto sostanzialmente stabile, mentre il parco di generazione delle fonti rinnovabili continua la sua crescita con un incremento generale pari al +2,2% ed una potenza che rappresenta il 46,5% del totale installato in Italia (era 46% nel 2018).

I **consumi elettrici**, in diminuzione dello 0,5% rispetto al 2018, si sono attestati a 301,8 TWh. Sia i settori dell'industria che quello dell'agricoltura hanno registrato un aumento dei consumi mentre il settore domestico resta pressochè stabile e si registra un decremento nel settore terziario. A livello regionale, secondo i dati diffusi da TERNA, nell'annualità 2019 si registra un consumo pari a 19.481 GWh. Il settore maggiormente energivoro risulta essere quello dell'industria (8.068 GWh), seguito dal terziario (6.967 GWh), dal domestico (4,12 GWh) e in ultimo dall'agricoltura (320 GWh).

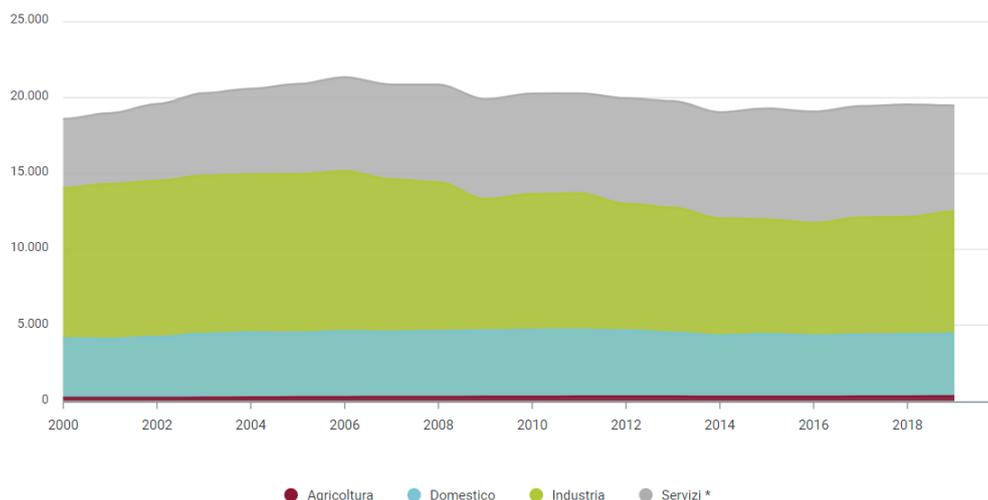


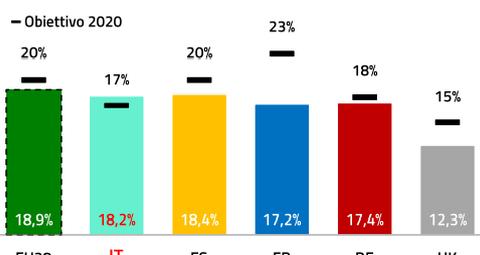
Figura 5 - Consumi regionali di energia per settore di riferimento (Fonte Dati: TERNA)

A livello nazionale l'Italia ha avviato la transizione e ha lanciato numerose misure che hanno stimolato investimenti importanti. Le politiche a favore dello sviluppo delle **fonti rinnovabili** e per l'efficienza energetica hanno consentito all'Italia di essere uno dei pochi paesi in Europa (insieme a Finlandia, Grecia, Croazia e Lettonia) ad aver superato entrambi i target 2020 in materia. Si riportano di seguito i dati di sintesi pubblicati nel Report *Fonti Rinnovabili in Italia e in Europa* pubblicato dal GSE nel 2019 inerenti i consumi energetici e i valori di produzione da FER in Italia e nei paesi EU28. Tra i paesi EU28, nel 2019 l'Italia si posiziona al terzo posto per contributo ai consumi di energia da FER e al quarto posto per contributo ai consumi di energia complessivi. A livello settoriale nel 2019 le FER hanno coperto il 35% della produzione elettrica, il 19,7% dei consumi termici e il 9% dei consumi nel settore dei trasporti.

DATI DI SINTESI 2019

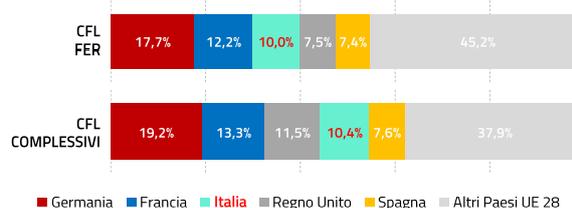
	Italia	Europa (EU28)
Quota FER sui consumi energetici totali	18,2%	18,9%
Quota FER nel settore Trasporti	9,0%	8,9%
Quota FER nel settore Elettrico	35,0%	34,2%
Quota FER nel settore Termico	19,7%	20,5%

Nel 2019, tra i principali Paesi EU28, l'Italia è l'unico nel quale si osserva una quota FER sui Consumi finali lordi superiore all'obiettivo fissato dalla Direttiva 2009/28/CE per il 2020



Tra i Paesi EU28, nel 2019 l'Italia si posiziona al 3° posto per contributo ai consumi di energia da FER e al 4° posto per contributo ai consumi di energia complessivi.

Peso percentuale dei singoli Paesi sul totale dei consumi dell'UE28



In Italia nel 2019 sono stati consumati 21,9 Mtep di energia da FER

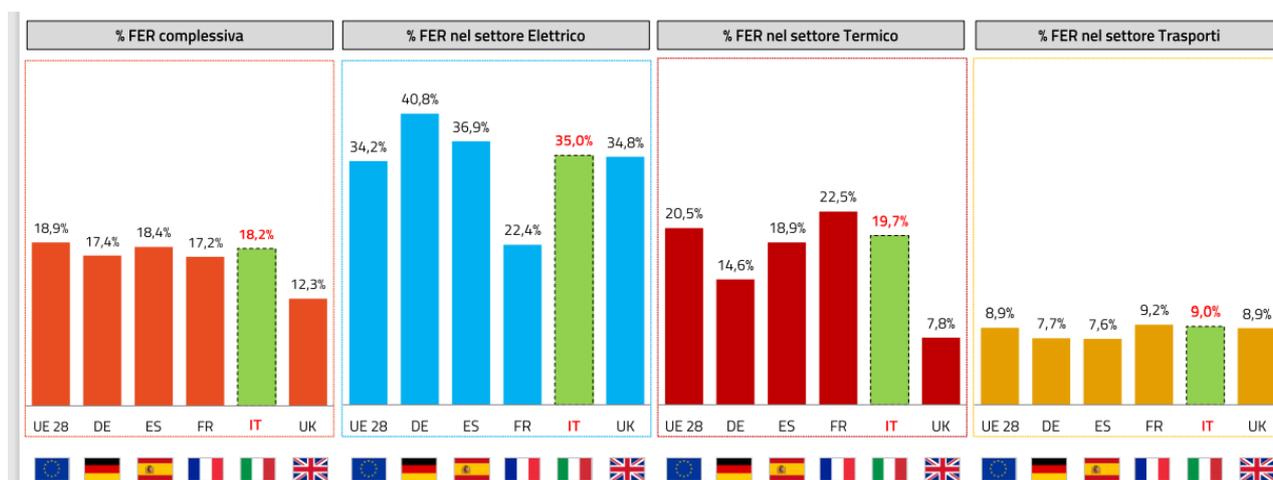
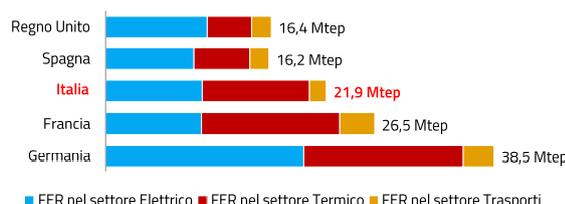


Figura 6 - Dati di sintesi Report Fonti Rinnovabili in Italia e in Europa (Fonte Dati: GSE)

Si riporta di seguito un focus sull'impiego delle fonti di energia rinnovabile nel settore elettrico, termico e in quello dei trasporti a livello nazionale e regionale elaborato a partire dai dati GSE 2019.

FER nel settore Elettrico

Gli impianti di produzione elettrica alimentati da fonti rinnovabili installati in Italia risultano, a fine 2019, poco più di 893.000. Si tratta principalmente di impianti fotovoltaici (98,5% del totale), aumentati di quasi 58.000 unità rispetto al 2018 (+7,0%). La potenza efficiente lorda degli impianti installati è pari a 55.495 MW, con un aumento rispetto al 2018 di circa 1.194 MW (+2,2%). Tale dinamica è generata principalmente dalla crescita della fonte solare (+758 MW) ed eolica (+450 MW).

Nel 2019 la produzione lorda effettiva di energia elettrica si è attestata intorno ai 116 TWh, in aumento di circa 1,4 TWh rispetto al 2018 (+1,3%). Tale dinamica è legata principalmente alla forte crescita della produzione degli impianti eolici (+14%), solari fotovoltaico (+4,6%) e bioenergie

(+2,1%) che compensano le diminuzioni registrate dalle altre fonti che riguardano l'idroelettrico (-5,1%) e il geotermico (-0,5%). La fonte che nel 2019 garantisce il principale contributo alla produzione di energia elettrica da FER si conferma quella idroelettrica (40% della produzione complessiva, pur in flessione rispetto al 43% del 2018); seguono solare (20,4%), eolica (17,4%), bioenergie (16,9%) e geotermica (5,2%).

	Potenza efficiente lorda (MW)	Produzione lorda					
		effettiva			da Direttiva 2009/28/CE*		
		TWh	ktep	Var. % sul 2018	TWh	ktep	Var. % sul 2018
Idraulica	18.982	46,3	3.982,7	-5,1%	47,1	4.045,7	0,5%
Eolica	10.715	20,2	1.737,1	14,0%	19,1	1.645,9	6,8%
Solare	20.865	23,7	2.036,9	4,6%	23,7	2.036,9	4,6%
Geotermica	813	6,1	522,3	-0,5%	6,1	522,3	-0,5%
Bioenergie	4.120	19,6	1.682,1	2,1%	19,5	1.676,4	1,9%
- Biomasse solide**	1.682	6,6	568,3	0,7%	6,6	568,3	0,7%
- Biogas	1.455	8,3	711,7	-0,3%	8,3	711,7	-0,3%
- Bioliquidi	982	4,7	402,1	9,0%	4,6	396,4	9,3%
Totale	55.495	115,8	9.961,0	1,3%	115,5	9.927,2	2,5%

Tabella 1 - Settore Elettrico – Potenza e produzione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili in Italia nel 2019, (Fonte Dati: GSE, 2019)

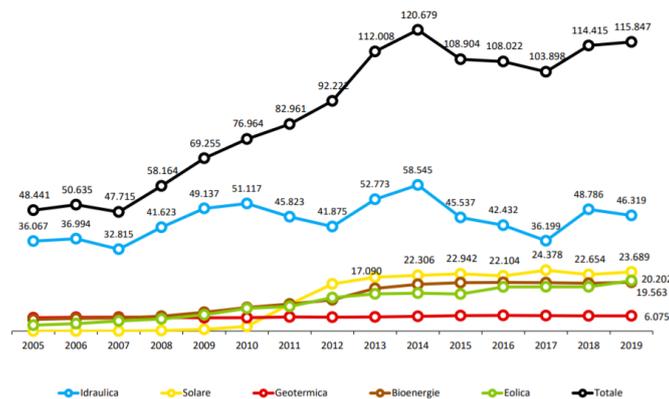
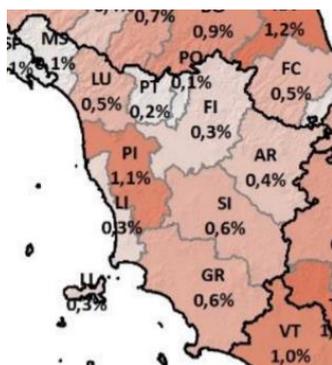


Figura 7 - Serie storica della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili in Italia 2005-2019 (Fonte Dati: GSE, 2019)

Nel 2019 la Toscana, grazie principalmente allo sfruttamento della risorsa geotermica, è la regione con maggior potenza installata nel Centro Italia (4,2%). Si conta un totale di 46.568 impianti installati con una potenza efficiente lorda pari a 2.334,8 MW. Analizzando la distribuzione provinciale della potenza installata, la maggiore potenza si registra nella provincia di Pisa (1,1%), seguita dalle province di Siena e Grosseto (0,6%) e dalla provincia di Lucca (0,5%).



Tipologia Impianto	N°	MW
Idraulico	215	374,8
Eolico	123	143,3
Solare	46.041	838,2
Geotermico	34	813,1
Bioenergie	155	165,5
Totale	46.568	2.334,8

Tabella 2 - Numero, potenza e distribuzione provinciale degli impianti presenti in Toscana nel 2019 (Fonte dati: elaborazione Co.Svi.G da fonte GSE e TERNA)

La Toscana risulta essere la quarta provincia italiana in termini di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile (7,4%) dopo la Lombardia (14,9%), il Piemonte (9,6%) e la Puglia (8,9%). Nel 2019 si registra una produzione totale pari a 8.555,7 TWh per i quali la fonte principale rappresentata dalla geotermia contribuisce per il 71%. Le province che contribuiscono maggiormente ai valori di produzione sono quelle dove è localizzata la risorsa geotermica, e sono rispettivamente la provincia di Pisa (3,1%) seguita dalle province di Siena e Grosseto (1,4%).

Tipologia di Impianto	TWh
Idraulico	744,8
Eolico	258,5
Solare	919,6
Geotermico	6.074,9
Biomasse	81,7
Bioliquidi	196,1
Biogas	280
Totale	8.555,7

Tabella 3 - Produzione per fonte di energia rinnovabile in Toscana TWh nel 2019 (Fonte dati: elaborazione Co.Svi.G da fonte GSE e TERNA)

FER nel settore Termico

Nel 2019 i consumi complessivi di energia da fonti rinnovabili nel settore Termico ammontano a 10,64 Mtep, corrispondenti a circa 445.316 TJ (in lievissima diminuzione rispetto all'anno precedente -0,2%). Poco meno di un quinto (19,7%) dei consumi energetici nel settore del riscaldamento proviene da fonti rinnovabili. Il 91% circa dell'energia termica viene consumato in modo diretto da

famiglie e imprese; il restante 9% rappresenta la produzione di calore derivato, ovvero calore prodotto in impianti di trasformazione energetica alimentati da fonti rinnovabili e ceduto/venduto a terzi, principalmente attraverso reti di teleriscaldamento. L'89% del calore derivato è prodotto in impianti che operano in assetto cogenerativo, il restante 11% in impianti destinati alla sola produzione di calore.

Tra le fonti, i contributi più rilevanti provengono dagli impieghi di biomassa solida, legati alla grande diffusione di apparecchi alimentati da legna da ardere e pellet (soprattutto nel settore residenziale), con un consumo complessivo di oltre 270.000 TJ (6,45 Mtep, pari al 67% dei consumi diretti totali), che salgono a oltre 280.000 TJ se si considera anche la frazione biodegradabile dei rifiuti. Con circa 104.600 TJ (2,50 Mtep) di energia rinnovabile fornita, nel 2019 le pompe di calore hanno un'incidenza pari al 26% dei consumi diretti totali; seguono i rifiuti, la fonte solare, la fonte geotermica e i biogas, tutti con contributi inferiori al 3%.

ktep	Consumi diretti	Produzione lorda di calore derivato		Totale	Variaz. % sul 2018
		Impianti di sola produzione	Impianti di cogenerazione		
Geotermica	130,8	20,8	-	151,6	1,7%
Solare	227,9	0,1	-	228,1	4,4%
Frazione biodegradabile dei rifiuti	287,6	-	144,8	432,4	6,4%
Biomassa solida	6.455,0	85,4	418,9	6.959,2	-0,4%
Bioliqidi	-	0,7	55,1	55,8	8,1%
- di cui sostenibili	-	-	53,2	53,2	8,8%
Biogas	36,3	0,1	274,2	310,6	21,5%
Energia rinnovabile da pompe di calore	2.498,5	-	-	2.498,5	-3,8%
- di cui conteggiabile ai fini del monitoraggio obiettivi UE*	2.498,2	-	-	2.498,2	-3,8%
Totale	9.636,1	107,2	892,9	10.636,2	-0,2%
Totale ai fini del monitoraggio obiettivi UE (dir. 2009/28/CE)	9.635,9	106,4	891,0	10.633,3	-0,4%

Tabella 4 - Settore Termico – Energia da fonti rinnovabili nel 2019, (Fonte Dati: GSE, 2019)

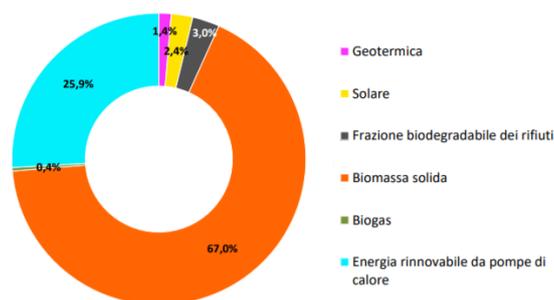


Figura 8 - Consumi energetici diretti di fonti rinnovabili nel settore Termico in Italia nel 2019 per fonte (Fonte Dati: GSE)

Il dato di produzione di calore derivato rilevato per il 2019 è pari a 4.486 TJ (4.456 TJ se si fa riferimento alla grandezza utile ai fini del monitoraggio degli obiettivi UE, che considera i soli bioliqidi sostenibili), costituito principalmente da calore prodotto da impianti alimentati da biomasse solide (80%) e dalla risorsa geotermica (19%). Rispetto al 2018 si registra una crescita complessiva di circa 210 TJ (+5%), associata principalmente ai maggiori consumi degli impianti alimentati a biomassa. Il 75% del calore è concentrato nel settore residenziale (42,4%) e in quello dei servizi

(32,4%); risultano invece assai più contenuti gli usi del settore industriale e gli usi propri/ausiliari. Le perdite di distribuzione si attestano al 22,2%.

Andando ad analizzare la serie storica relativa ai consumi di calore derivato prodotto da FER per la Toscana si nota un trend progressivamente crescente che passa da 1.093 TJ nel 2014 a 1.259 TJ nel 2019.

FER nel settore Trasporti

L'impiego di fonti rinnovabili nel settore Trasporti in Italia è costituito dall'immissione in consumo di biocarburanti (biodiesel, biometano, bioetanolo, bio-ETBE19), puri o miscelati con carburanti fossili. Ai sensi della Direttiva 2009/28/CE, così come modificata dalla Direttiva 2015/1513/UE (Direttiva ILUC), è possibile contabilizzare tra le fonti rinnovabili nel settore Trasporti anche l'idrogeno prodotto da fonti rinnovabili; attualmente, tuttavia, i relativi consumi sono trascurabili.

Nel 2019 sono state immesse in consumo poco meno di 1,5 milioni di tonnellate di biocarburanti (+5% circa rispetto all'anno precedente). Il relativo contenuto energetico ammonta a 1,32 Mtep. Il 95,2% dei biocarburanti (in tonnellate) è costituito da biodiesel ed è appena significativa l'incidenza del bioETBE e del biometano (2,4%). Si registra un crollo dei consumi di bioetanolo, che da 1.200 tonnellate del 2018 scendono a sole 16 tonnellate nel 2019. Le differenze tra i biocarburanti sostenibili e i biocarburanti complessivi sono molto contenute: i biocarburanti non sostenibili ammontano infatti a sole 16 tonnellate.

	Biocarburanti totali			di cui biocarburanti sostenibili		
	Quantità (tonnellate)	Energia* (ktep)	Variaz. % sul 2018	Quantità (tonnellate)	Energia* (ktep)	Variaz. % sul 2018
Biodiesel**	1.409.548	1.246	2,3%	1.409.548	1.246	2,3%
Bioetanolo	16	0,01	-98,7%	-	-	-100,0%
Bio-ETBE***	35.384	30	-4,4%	35.384	30	-4,0%
Biometano****	35.163	41	---	35.163	41	---
Totale	1.480.112	1.317,0	5,4%	1.480.096	1.317,0	5,4%

Tabella 5 - Settore Trasporti – Biocarburanti immessi in consumo nel 2019, (Fonte Dati: GSE, 2019)

Il 40,2% dei biocarburanti sostenibili immessi in consumo in Italia nel 2019 è stato prodotto in Italia; la significativa crescita rispetto all'analoga quota rilevata nel 2017 (29,7%) e nel 2018 (32,8%) è da collegare principalmente all'incremento del biodiesel di produzione nazionale e al biometano. Il primo Paese di importazione per i biocarburanti è la Spagna (19,1% dei carburanti totali, in crescita rispetto al 16% del 2018), seguita da Austria (8,0%) e Francia (5,4%). L'Indonesia, che nel 2018 produceva il 10% di biocarburanti immessi in consumo in Italia, copre nel 2019 solo il 2%. Complessivamente, il 94% dei biocarburanti utilizzati in Italia nel 2019 è stato prodotto in Europa.

In merito alla dimensione dell'efficienza energetica, si riportano poi di seguito i dati inerenti la Regione Toscana diffusi dall'ultimo Rapporto Annuale sull'Efficienza Energetica da ENEA (2020).

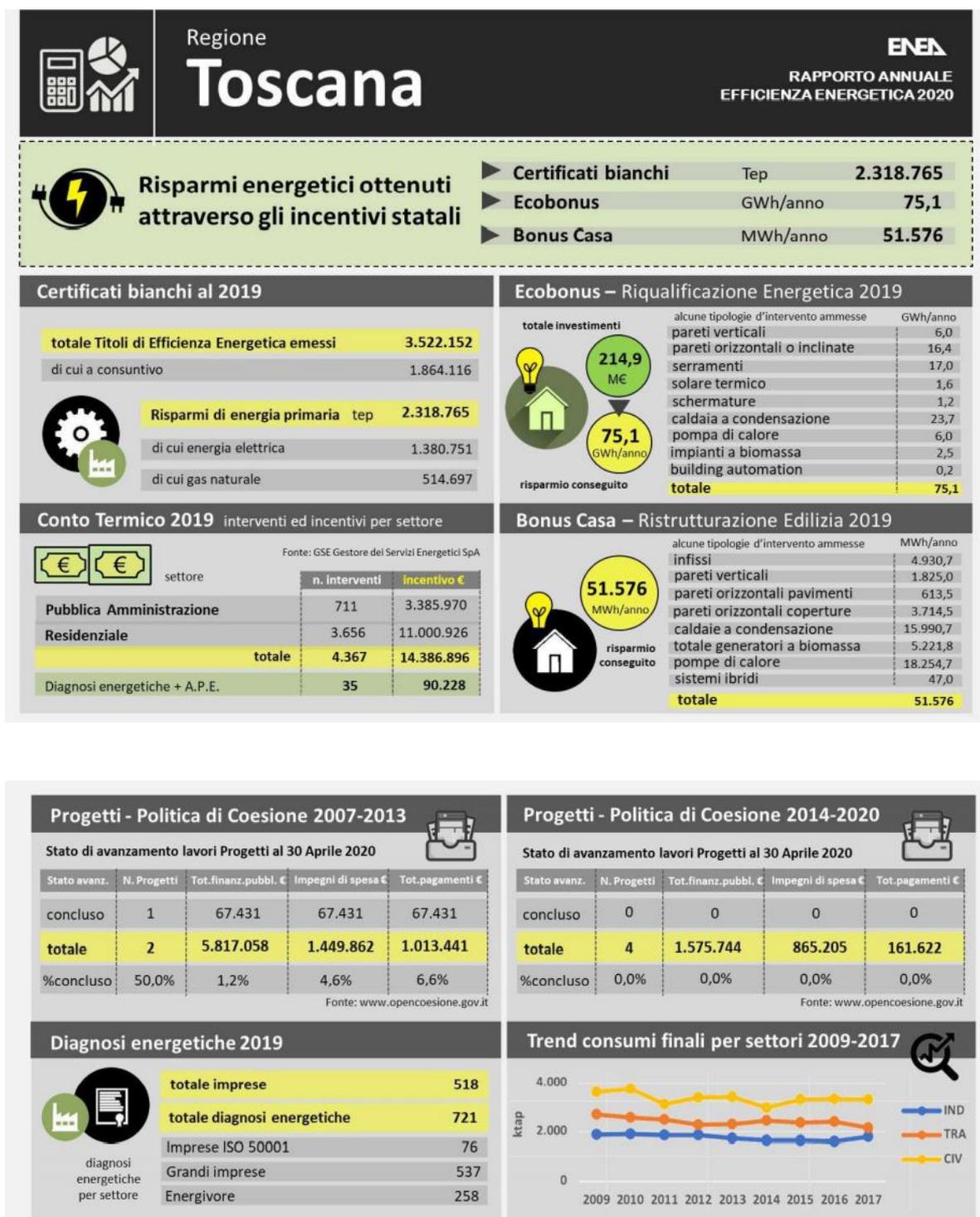


Figura 9 - Scheda Regione Toscana del Rapporto Annuale sull'Efficienza Energetica di ENEA (2020). (Fonte Dati: ENEA)

Per quanto riguarda l'**economia circolare**, l'Italia si posiziona al di sopra della media UE per gli investimenti nel settore e per la produttività delle risorse. Il tasso di utilizzo di materiale circolare in Italia si è attestato al 17,7% nel 2017 e il tasso di riciclaggio dei rifiuti urbani al 49,8%, entrambi al di sopra della media dell'UE. Tuttavia, significative disparità regionali e la mancanza di una strategia nazionale per l'economia circolare suggeriscono l'esistenza di ampi margini di miglioramento.

In linea generale, in Italia la transizione sta avvenendo troppo lentamente, principalmente a causa delle enormi difficoltà burocratiche ed autorizzative che riguardano in generale le infrastrutture, ma che in questo contesto hanno frenato il pieno sviluppo di impianti rinnovabili o di trattamento dei rifiuti (a titolo di esempio, mentre nelle ultime aste rinnovabili in Spagna l'offerta ha superato la domanda di 3 volte, in Italia nel corso dell'ultimo bando per l'attribuzione di incentivi a centrali elettriche pulite solo il 12 % della capacità è stata assegnata). In Italia i motivi che frenano lo sviluppo delle energie pulite sono da ricercare nei lunghi e spesso incerti tempi di autorizzazione degli impianti alimentati da energie rinnovabili; spesso le procedure autorizzative non hanno buon esito in quanto non riescono a superare il blocco delle autorizzazioni, il no dei comitati nimby le titubanze di alcune Amministrazioni. Oltre a questo pesa la mancanza di decreti attuativi ministeriali che definiscano un quadro chiaro e certo per favorire gli investimenti delle imprese

I dati più aggiornati sulla dinamica innovativa nell'ambito delle **tecnologie low-carbon** mostrano che l'Italia si colloca in una posizione di retrovia a fronte dei diffusi progressi registrati dai principali paesi europei. I dati di brevetto mostrano come tanto per molte piccole economie del Nord Europa (Danimarca, Paesi Bassi, Svezia, Austria, Belgio) quanto per i maggiori paesi (Germania, Francia e Spagna) si vada consolidando la specializzazione tecnologica nelle tecnologie per la produzione di energia da fonti rinnovabili, e in alcuni casi (Austria, Svezia, Germania e Francia) si vada affermando una sempre più pronunciata specializzazione nelle auto elettriche, seguita da quella nelle batterie per la mobilità elettrica. L'Italia mantiene invece solo una salda specializzazione nel solare termico, mentre nella mobilità elettrica si segnala in particolare un accentuato svantaggio tecnologico nelle batterie: l'indice di specializzazione ha un valore di appena 0,6, che si confronta con un valore pari a 1,4 per la Germania e di 1,8 per Giappone e Corea, questi ultimi paesi capofila nell'innovazione del settore e con una significativa forte presenza anche a livello europeo.

Posizionamento internazionale

Contestualizzazione del comparto di riferimento nel panorama competitivo a livello internazionale, comunitario e nazionale

L'**Accordo di Parigi**, negoziato alla COP 21 e sottoscritto da circa 200 Paesi, pone l'obiettivo di mantenere il riscaldamento globale ben al di sotto dei 2°C rispetto ai livelli preindustriali e proseguire gli sforzi per limitarne l'aumento a 1,5°C raggiungendo un equilibrio tra le emissioni antropogeniche e gli assorbimenti da parte dei pozzi di gas a effetto serra nella seconda metà di questo secolo. La relazione speciale del **Gruppo Intergovernativo di Esperti sul Cambiamento Climatico (IPCC)** del 2018 ha evidenziato l'urgenza di intensificare l'azione per il clima al fine di contenere gli impatti dei cambiamenti climatici.

L'Accordo di Parigi prevede che tutti le "Parti": a) presentino un Contributo Determinato a livello Nazionale (*Nationally Determined Contribution*, NDC) che identifichi l'impegno di ciascuno per la riduzione delle emissioni e il raggiungimento degli obiettivi di contenimento delle temperature; b) comunichino entro il 2020 "*Strategie di sviluppo a basse emissioni di gas serra di lungo periodo*" con orizzonte temporale al 2050. Gli Stati membri dell'Unione Europea hanno presentato il proprio NDC in maniera congiunta, con un obiettivo complessivo di riduzione dei gas ad effetto serra al 2030 del 40% rispetto al 1990. Al fine di raggiungere tale obiettivo, è stato adottato un pacchetto di provvedimenti, il cosiddetto "**Pacchetto clima-energia 2030**" al fine di raggiungere gli obiettivi chiave a livello UE:

- una **riduzione almeno del 40% delle emissioni di gas a effetto serra** (rispetto ai livelli del 1990);
- raggiungimento del **32% di rinnovabili** sui consumi complessivi al 2030;
- **riduzione dei consumi di energia primaria del 32.5%** rispetto all'andamento tendenziale.

L'obiettivo della riduzione del 40% dei gas serra è attuato mediante il sistema di scambio di quote di emissione dell'UE, il regolamento sulla condivisione degli sforzi con gli obiettivi di riduzione delle emissioni degli Stati membri, e il regolamento sull'uso del suolo, il cambiamento di uso del suolo e la silvicoltura. In tal modo tutti i settori contribuiranno al conseguimento dell'obiettivo del 40% riducendo le emissioni e aumentando gli assorbimenti.

Con la risoluzione del 28 Novembre 2019 il Parlamento Europeo ha dichiarato l'emergenza climatica ed ambientale e la Commissione, con le successive comunicazioni "*Un pianeta pulito per tutti: Una visione strategica europea a lungo termine per un'economia prospera, moderna, competitiva e climaticamente neutra*" di Novembre 2018 e "*Il Green Deal Europeo*" di Dicembre 2019, ha illustrato una nuova strategia di crescita mirata a trasformare l'UE in una società giusta e prospera che migliori la qualità di vita delle generazioni attuali e future, una società dotata di un'economia moderna, efficiente sotto il profilo delle risorse e competitiva che nel 2050 non genererà emissioni nette di gas a effetto serra e in cui la crescita economica sarà dissociata dall'uso delle risorse. Il Green Deal Europeo riafferma l'ambizione della Commissione di fare dell'**Europa il primo continente climaticamente neutro entro il 2050**. Il conseguimento della neutralità climatica dovrebbe richiedere il contributo di tutti i settori economici. Vista l'importanza della produzione e del consumo energetici in termini di emissioni di gas a effetto serra, è indispensabile realizzare la transizione verso un sistema energetico sostenibile, a prezzi accessibili e sicuro, basato su un mercato interno dell'energia ben funzionante. Anche la trasformazione digitale, l'innovazione tecnologica, la ricerca e lo sviluppo sono fattori importanti per conseguire l'obiettivo della neutralità climatica.

Nell'ambito del Green Deal europeo, nel Settembre 2020 la Commissione ha proposto di elevare l'obiettivo della riduzione delle emissioni di gas serra previsto dal "Pacchetto clima-energia 2030" ad almeno il 55% rispetto ai livelli del 1990. Questo ambizioso obiettivo prevede l'attuazione di importanti misure che riguardano l'efficienza energetica e l'aumento dell'energia prodotta da fonti rinnovabili. È previsto per il mese di Luglio 2021 l'avvio del processo che porterà alla formulazione di proposte legislative dettagliate.

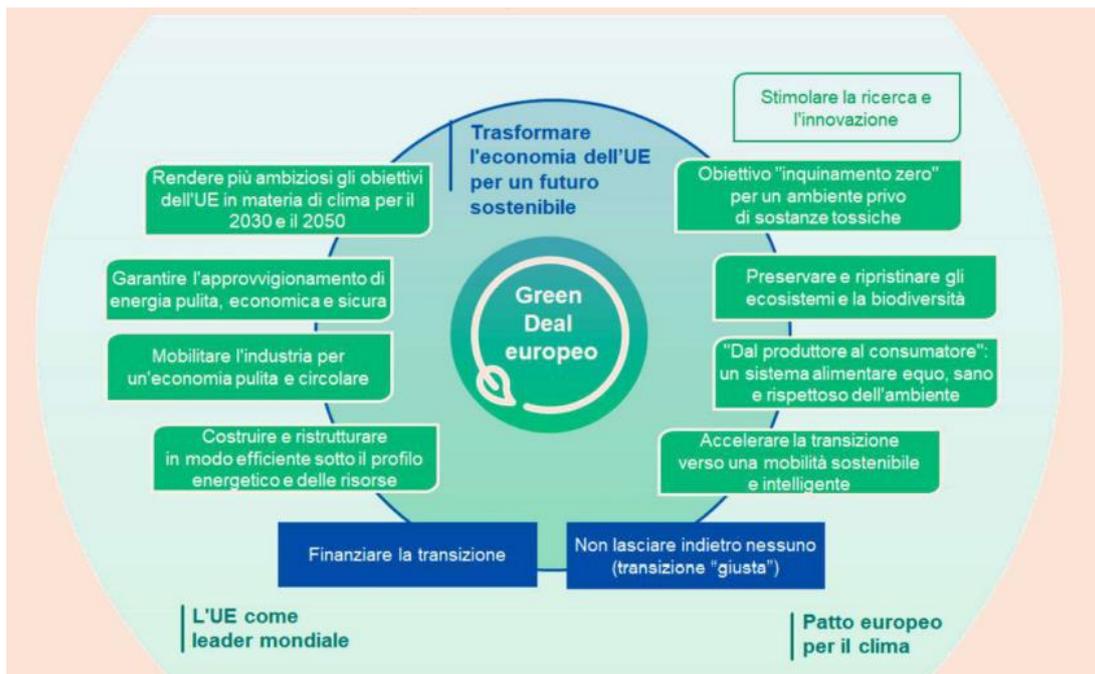


Figura 10 - I pilastri del Green Deal Europeo (Fonte Dati: ENEA)

Si riportano di seguito alcuni dei principali Programmi di Finanziamento a livello comunitario che nel prossimo settennato di programmazione 2021- 2027 stanzeranno ingenti risorse per promuovere progettualità innovative nell’ambito Energia e Green Economy:

- **Horizon Europe (HEU):** Nuovo Programma Quadro Europeo per la Ricerca e l’Innovazione per il periodo 2021-2027 che succede a Horizon 2020 (2014-2020). Con un budget di 95,5 ML € rappresenta il più ambizioso programma di ricerca e innovazione europeo di sempre;
- **Life+:** Il programma LIFE stanzerà circa 121 ML € in nuovi progetti integrati per l'ambiente e l'azione per il clima. Questa somma – aumentata del 20 % rispetto allo scorso anno – stimolerà la ripresa verde e aiuterà i paesi EU a raggiungere i loro obiettivi ambientali. Si prevede che nei progetti integrati confluiranno ingenti fondi supplementari. Gli Stati membri potranno quindi contare anche su altre fonti di finanziamento dell'UE, compresi i fondi agricoli, strutturali, regionali e per la ricerca, oltre ai fondi nazionali e agli investimenti del settore privato;
- **Digital Europe:** Il nuovo programma Europa digitale dell'UE stimolerà la trasformazione digitale fornendo finanziamenti per l'introduzione di tecnologie all'avanguardia in settori cruciali quali: calcolo ad alte prestazioni, intelligenza artificiale, cibersicurezza e fiducia, competenze digitali avanzate, attuazione, impiego ottimale delle capacità digitali e interoperabilità;
- **Interregional Innovation Investment (I3):** L'I3 è uno strumento introdotto nel nuovo bilancio settennale dell'UE con l’obiettivo di sostenere i partenariati interregionali che forniscono innovazione e rafforzano le catene di valore dell'UE a livello globale. Si tratta di uno strumento che intende sostenere gli stakeholder regionali dell'innovazione, per lavorare assieme su progetti di innovazione congiunti e con un elevato grado di maturità, in modo da creare una **politica industriale interregionale** tra territori con Smart Specialisation Strategy (S3) complementari fra loro.

- **Connecting Europe Facility:** Fondo dell'Unione europea per investimenti infrastrutturali in tutta l'Unione in progetti di trasporto, energia e digitali che mirano a una maggiore connettività tra gli Stati membri dell'UE;
- **European Innovation Council (EIC):** Si tratta del primo Work Programme del nuovo Programma Quadro per la Ricerca e l'Innovazione HEU. L'EIC mira a identificare e sostenere le tecnologie rivoluzionarie e le innovazioni *game-changing* con il potenziale per scalare a livello internazionale e diventare leader di mercato. Sostiene tutte le fasi dell'innovazione, dalla R&S alla base delle tecnologie rivoluzionarie, alla validazione e alla dimostrazione delle tecnologie e delle innovazioni dirompenti in grado di soddisfare le esigenze del mondo reale, allo sviluppo e allo *scaling up* delle start-up e delle piccole e medie imprese (PMI).

Tra i Programmi di Finanziamento citati, l'*Interregional Innovation Investment (I3)* rappresenta un elemento di novità che, nell'ambito della politica di coesione, sosterrà i partenariati interregionali per realizzare investimenti sulle priorità relative alla S3. In questo quadro assumono particolare rilievo le progettualità che potranno essere attivate nell'ambito delle piattaforme **S3Energy** tra le quali la S3 EUGOREG Partnership incentrata sulle tematiche dello sfruttamento e valorizzazione della risorsa geotermica e **High Tech Farming**. Tali finanziamenti non solamente rafforzeranno le filiere regionali generando un diffuso scambio di know how ma, permettendo di avvalersi di expertises presenti a livello interregionale, consentiranno l'attivazione di progettualità pilota strategiche anche in quelle filiere per le quali a livello regionale si registra l'assenza di alcune tipologie di stakeholder coinvolti nelle catene di valore.

A livello nazionale nel Gennaio 2020, in attuazione del Regolamento (UE) 2018/1999, il MISE ha pubblicato il testo **Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC)**, predisposto con il Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare e il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, che recepisce le novità contenute nel **Decreto Legge sul Clima** nonché quelle sugli investimenti per il Green New Deal previste nella **Legge di Bilancio 2020**.

Il Piano ha come obiettivi generali:

- accelerare il percorso di decarbonizzazione del settore energetico, considerando il 2030 come una tappa intermedia e come punto di arrivo il 2050;
- promozione dell'autoconsumo e delle comunità dell'energia rinnovabile coinvolgendo il cittadino e le imprese nel processo di trasformazione energetica;
- favorire l'evoluzione del sistema energetico, in particolare nel settore elettrico, basato prevalentemente sulle fonti rinnovabili;
- assicurare il progressivo calo di fabbisogno delle fonti convenzionali;
- promuovere l'efficienza energetica in tutti i settori;
- promuovere l'elettrificazione dei consumi, in particolare nel settore civile e nei trasporti;
- accompagnare l'evoluzione del sistema energetico con attività di ricerca e innovazione;
- adottare obiettivi e misure che riducano i potenziali impatti negativi della trasformazione energetica sugli obiettivi ambientali;
- continuare il processo di integrazione del sistema energetico nazionale in quello dell'Unione.

Il Piano si struttura su 5 linee di intervento che si svilupperanno in maniera integrata:

- Decarbonizzazione (incluse le rinnovabili);
- Efficienza energetica;

- Sicurezza energetica;
- Sviluppo del mercato interno dell'energia;
- Ricerca, innovazione, competitività.

Il PNIEC stabilisce gli **obiettivi nazionali al 2030** sull'efficienza energetica, sulle fonti rinnovabili e sulla riduzione delle emissioni di CO₂, nonché gli obiettivi in tema di sicurezza energetica, interconnessioni, mercato unico dell'energia e competitività, sviluppo e mobilità sostenibile, delineando per ciascuno di essi le misure che saranno attuate per assicurarne il raggiungimento. Nella tabella seguente sono elencati i principali obiettivi del PNIEC secondo i due scenari:

- scenario BASE che descrive una evoluzione del sistema energetico con politiche e misure correnti;
- scenario PNIEC che quantifica gli obiettivi strategici del piano.

	Obiettivi 2020		Obiettivi 2030	
	UE	ITALIA	UE	ITALIA (PNIEC)
Energie rinnovabili (FER)				
Quota di energia da FER nei Consumi Finali Lordi di energia	20%	17%	32%	30%
Quota di energia da FER nei Consumi Finali Lordi di energia nei trasporti	10%	10%	14%	22%
Quota di energia da FER nei Consumi Finali Lordi per riscaldamento e raffrescamento			+1,3% annuo (indicativo)	+1,3% annuo (indicativo)
Efficienza energetica				
Riduzione dei consumi di energia primaria rispetto allo scenario PRIMES 2007	-20%	-24%	-32,5% (indicativo)	-43% (indicativo)
Risparmi consumi finali tramite regimi obbligatori efficienza energetica	-1,5% annuo (senza trasp.)	-1,5% annuo (senza trasp.)	-0,8% annuo (con trasporti)	-0,8% annuo (con trasporti)
Emissioni gas serra				
Riduzione dei GHG vs 2005 per tutti gli impianti vincolati dalla normativa ETS	-21%		-43%	
Riduzione dei GHG vs 2005 per tutti i settori non ETS	-10%	-13%	-30%	-33%
Riduzione complessiva dei gas a effetto serra rispetto ai livelli del 1990	-20%		-40%	
Interconnettività elettrica				
Livello di interconnettività elettrica	10%	8%	15%	10% ¹
Capacità di interconnessione elettrica (MW)		9.285		14.375

Figura 11 - Principali Obiettivi su Energia e Clima dell'UE e dell'Italia al 2030 (Fonte Dati, PNIEC)

In merito alla dimensione dell'efficienza energetica, come detto, l'Italia intende perseguire un obiettivo indicativo di riduzione dei consumi al 2030 pari al 43% dell'energia primaria e al 39,7% dell'energia finale rispetto allo scenario di riferimento PRIMES 2007. Per il livello assoluto di consumo di energia al 2030, l'Italia persegue un obiettivo di 125,1 Mtep di energia primaria e 103,8 Mtep di energia finale

Per raggiungere tali sfidanti obiettivi il PNIEC prevede il ricorso ad un mix di strumenti di natura fiscale, economica, regolatoria e programmatica. Si perseguirà anche l'integrazione dell'efficienza energetica in politiche e misure aventi finalità principali diverse, al fine di ottimizzare il rapporto tra costi e benefici delle azioni. Sotto questo profilo, il grande potenziale di efficienza del settore edilizio potrà essere meglio sfruttato con misure che perseguano, ad esempio, la riqualificazione energetica insieme alla ristrutturazione edilizia, sismica, impiantistica ed estetica di edifici e quartieri, in coerenza con la strategia di riqualificazione del parco immobiliare al 2050. In tale ambito, nell'ottica dell'integrazione con le rinnovabili, potranno essere attentamente considerate le tecnologie del solare termico, della pompa di calore geotermica, elettrica e a gas e della micro e mini-Cogenerazione ad Alto Rendimento, soprattutto se alimentate con gas rinnovabili. Verrà promossa la mobilità sostenibile attraverso l'incremento della mobilità collettiva, l'uso di combustibili alternativi ed in particolare il vettore elettrico per mobilità privata e di merci.

Per il raggiungimento degli obiettivi è stata sviluppata una traiettoria basata sul conseguimento dei risparmi obbligatori definiti ai sensi dell'articolo 7 della Direttiva EED dell'11 dicembre 2018, il quale prevede un target di riduzione dei consumi finali minimo dello 0,8% annuo nel periodo 2021-2030, calcolato in base al triennio 2016-2018 (per gli anni 2017 e 2018 sono state eseguite delle stime). Lo scenario proposto prevede inoltre il conseguimento degli obiettivi relativi alle fonti rinnovabili e alla decarbonizzazione. In particolare, lo 0,8% annuo equivale a circa 0,935 Mtep aggiuntive da nuovi interventi ogni anno. Pertanto, ai fini del rispetto dell'obbligo, è richiesta una riduzione di consumi di energia finale da politiche attive pari a quasi 9,3 Mtep/anno al 2030, da conseguire prevalentemente nei settori non ETS.

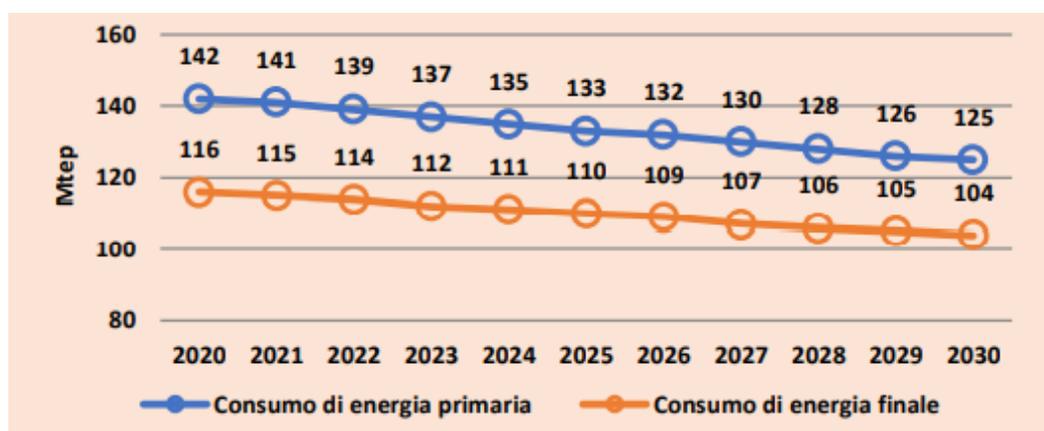


Figura 12 - Traiettoria dei consumi di energia primaria e finale (Mtep) nel periodo 2020-2030 (Fonte Dati: ENEA)

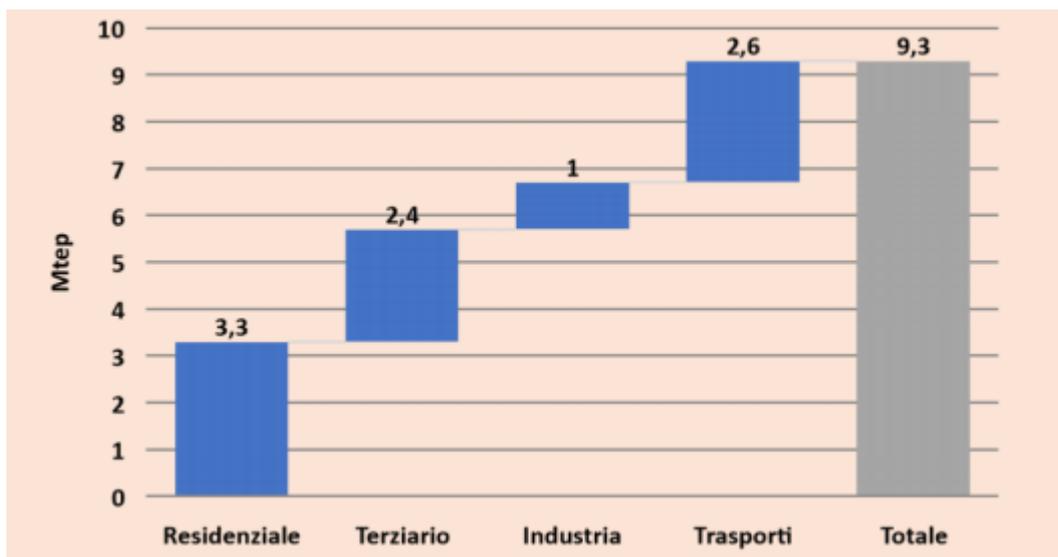


Figura 13 - Ripartizione dei risparmi al 2030 per settore economico (Fonte Dati: ENEA)

In particolare, il settore residenziale contribuisce per 3,3 Mtep a tale contrazione, mentre il terziario riduce le proiezioni dei propri consumi di 2,4 Mtep, grazie agli interventi di riqualificazione edilizia e installazione di pompe di calore, oltre a un forte efficientamento dei dispositivi di uso finale e con un impegno alla graduale eliminazione del gasolio da riscaldamento. A tal riguardo, risulterebbe utile monitorare best practice replicabili agevolmente su scala locale, specie nell'integrazione delle FER in edilizia. Infine, anche la semplificazione degli iter autorizzativi e la rimozione o attenuazione di vincoli urbanistici particolarmente rigidi per determinate installazioni, può contribuire a uno sviluppo più condiviso e capillare delle FER, con la PA chiamata a essere maggiormente responsabilizzata nella promozione della decarbonizzazione nell'edilizia pubblica.

Un altro contributo rilevante proviene dal settore trasporti che, grazie a interventi di spostamento della mobilità passeggeri privata verso la mobilità collettiva e/o smart mobility, del trasporto merci da gomma a rotaia e all'efficientamento dei veicoli, riesce a contribuire al gap tra i due scenari al 2030 per circa 2,6 Mtep. Il settore industriale conseguirebbe una riduzione dei consumi di circa 1,0 Mtep, ma non per questo è da considerarsi un settore con poche opportunità di intervento. Con 0,935 Mtep cumulati ogni anno si arriverà ad un totale di 51,4 Mtep di risparmi di energia finale riconducibili a misure attive o da attivare dal 2021 al 2030 per conseguire il target dell'art. 7 della EED.

Le misure attive o da attivare per gli poter raggiungere gli obiettivi al 2030 sono:

- Certificati Bianchi;
- Detrazioni fiscali per gli interventi di efficienza energetica e il recupero del patrimonio edilizio esistente;
- Conto Termico;
- Fondo Nazionale per l'Efficienza Energetica;
- Piano Impresa 4.0;
- Programma per la Riqualificazione Energetica degli edifici della Pubblica Amministrazione Centrale (PREPAC);
- Programma di interventi di efficienza energetica promossi dalle politiche di coesione 2021-2027;
- Piano nazionale di Informazione e Formazione per l'efficienza energetica (PIF);
- Set di misure per la mobilità sostenibile.

Tali misure copriranno diversi settori come descritto nella seguente ed alcune di esse contribuiranno ad alleviare il fenomeno della povertà energetica.

Misura	Settori				Povertà energetica
	Residenziale	Terziario	Industria	Trasporti	
Certificati bianchi		X	X	X	
Detrazioni fiscali	X	X			X
Conto Termico		X			X
FNEE	X	X		X	X
Piano Impresa 4.0		X	X	X	
PREPAC		X			
Politiche di Coesione	X	X	X	X	X
PIF	X	X			X
Rinnovo del parco mezzi TPL				X	
Shift modale delle merci				X	

Tabella 6 -Misure attive o da attivare dal 2021 al 2030 (Fonte Dati: ENEA)

A fronte di un obiettivo minimo di risparmio di energia finale cumulato al 2030 pari a 51,4 Mtep, stime preliminari dell’impatto delle misure proposte conducono a un risparmio cumulato di 57,44 Mtep. Per mezzo dei risultati annuali forniti dai collaudati strumenti di monitoraggio già impiegati nel periodo 2014-2020, sarà possibile agire tempestivamente qualora si rilevasse una progressione dei risparmi insufficiente al raggiungimento degli obiettivi e proporre opportuni aggiornamenti laddove si osservassero discostamenti tra obiettivi e risultati.

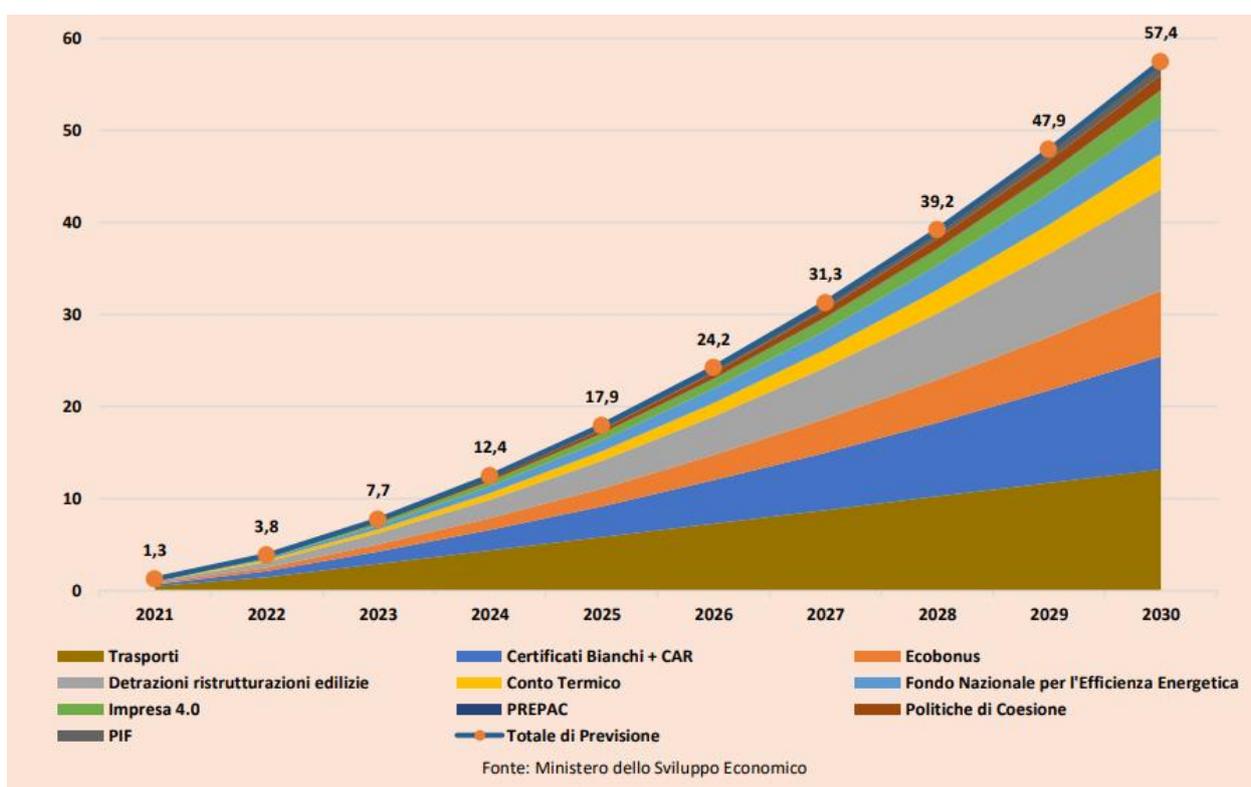


Figura 14 - Sintesi delle misure che consentiranno il raggiungimento dei risparmi al 2030 (Fonte Dati: ENEA)

Nel primo bimestre 2021 è stata adottata la **Strategia Italiana di lungo termine sulla riduzione delle emissioni dei gas a effetto serra** che individua i possibili percorsi per raggiungere, nel nostro Paese, al 2050, una condizione di “neutralità climatica”, nella quale le residue emissioni di gas a effetto serra sono compensate dagli assorbimenti di CO₂ e dall’eventuale ricorso a forme di stoccaggio geologico e riutilizzo della CO₂ (CCS-CCU).

La strategia traccia uno *Scenario di riferimento* e centra gli obiettivi previsti dal Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC) “trascinando” fino al 2050 le conseguenti tendenze energetico-ambientali virtuose. Partendo dal gap emissivo restituito dallo Scenario di riferimento, individua combinazioni, sinergie e criticità delle potenziali leve attivabili per raggiungere al 2050 la neutralità climatica (*Scenario di decarbonizzazione*). Queste leve possono essere ricondotte a tre principali tipologie:

- una **riduzione spinta della domanda di energia**, connessa in particolare ad un calo dei consumi per la mobilità privata e dei consumi del settore civile;
- un cambio radicale nel **mix energetico a favore delle rinnovabili** (FER), coniugato ad una **profonda elettrificazione** degli usi finali e alla **produzione di idrogeno**, da usare tal quale o trasformato in altri combustibili, anche per la decarbonizzazione degli usi non elettrici;
- un aumento degli assorbimenti garantiti dalle **superfici forestali** (compresi i suoli forestali) ottenuti attraverso la gestione sostenibile, il ripristino delle superfici degradate e interventi di rimboschimento, accompagnato, eventualmente, dal ricorso a forme di **CCS-CCU**.

Si precisa che gli Scenari delineati non tengono conto dell’impatto, ancora di difficile quantificazione, dell’emergenza sanitaria legata al virus SARS-CoV-2. Oltre allo shock produttivo negativo di breve e medio periodo, le ricadute della crisi sanitaria sul processo di decarbonizzazione varieranno in funzione di una molteplicità di fattori come l’eventuale accelerazione di misure di rilancio economico in chiave sostenibile (sia a livello europeo che nazionale) o un cambio strutturale nelle abitudini e modalità di lavoro dei cittadini (si pensi, a titolo di esempio, ad un maggior ricorso allo smart-working).

Secondo *il National Inventory Report 2021 - Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2019* elaborato da ISPRA, tra il 1990 e il 2018, le emissioni si sono ridotte di circa il 17%, passando da 516 a 428 Milioni di tonnellate di CO₂ equivalente (Mton CO₂ eq). Aggiungendo gli assorbimenti netti del settore *Land Use, Land Use Change and Forestry* (LULUCF), che nel 2018 pari a circa 36 Mton CO₂ eq, l’ammontare delle emissioni si riduce a circa a 390 Mton CO₂ eq: tale valore rappresenta, dunque, lo sforzo complessivo da compiere per raggiungere una piena decarbonizzazione al 2050. Il “primo tratto” del percorso di decarbonizzazione, per il periodo 2021-2030, di fatto, è già stato tracciato nel PNIEC. Confermando ed estendendo al ventennio successivo le dinamiche energetico-ambientali virtuose del PNIEC, nello Scenario di Riferimento al 2050, residuerebbero circa 200 Mton CO₂. Sul piano macrosettoriale circa il 70% delle emissioni residue al 2050 deriverebbe da “usi energetici”, e in particolare:

- il **settore dei trasporti è il primo in termini di emissioni**, coprendo circa il 30% del totale (macchinari agricoli inclusi). In buona sostanza, risulta insufficiente il miglioramento dell’efficienza dei mezzi tradizionali a fonti fossili e la loro sostituzione solamente parziale con tecnologie a basso impatto emissivo;
- il **settore industriale** scende sensibilmente arrivando a pesare, in termini emissivi, circa il **25% del totale**, con dinamiche ben distinte tra comparto energetico e no. Il primo, con una progressiva penetrazione delle rinnovabili, una maggiore efficienza della conversione termoelettrica e l’utilizzo del gas naturale al posto di fonti più inquinanti vede crollare le emissioni a circa 1/3 rispetto a quelle attuali; le “altre” industrie mostrano, invece, una maggiore “vischiosità” emissiva che riflette, a fronte di una crescita economica modesta,

una oggettiva complessità a fare un “salto tecnologico” (e di investimento), rispetto al processo di graduale efficientamento energetico da tempo intrapreso;

- il **settore residenziale e commerciale**, pur registrando un calo secondo solo a quello dell’industria energetica, conserverebbe ancora un potenziale di riduzione importante, corrispondente a circa il 15% delle emissioni totali.

Posto dunque che il mero “trascinamento” delle tendenze attuali, per quanto virtuoso, sarebbe insufficiente a centrare il target di neutralità climatica al 2050, è necessario prevedere un vero e proprio cambio del “*paradigma energetico italiano*” che, inevitabilmente, passa per investimenti/scelte che incidono sulle tecnologie da applicare, sulle infrastrutture ma anche sugli stili di vita dei cittadini.

Una prima importante sfida è rappresentata dal **taglio dei consumi finali** che dovrebbero scendere di circa **il 40%** rispetto a quelli attuali in linea con il principio europeo “*energy efficiency first*”. Lo sforzo dovrebbe concentrarsi soprattutto nel settore residenziale/commerciale accelerando il tasso annuale di riqualificazione degli immobili e in quello dei trasporti incrementando

La riduzione dei consumi dovrebbe essere accompagnata da una importante ricomposizione di fonti e vettori energetici: **l’elettricità dovrebbe superare il 50%** con punte significative in alcuni settori (es. auto elettriche nel settore dei trasporti e pompe di calore nel residenziale), le **rinnovabili** oltre che sotto forma di elettricità dovrebbero crescere anche sotto forma di **biometano** e **idrogeno** arrivando nel complesso a coprire non meno dell’85-90% dei consumi finali, l’adozione di modelli **di economia circolare** dovrebbe poi essere preponderante fino a rendere marginale l’uso energetico dei rifiuti.

Al 2050 si prevede dunque un doppio passaggio su quantità e qualità dei consumi che richiede diversi fattori abilitanti e al quale corrispondono diverse criticità riferibili perlopiù ai temi di cambiamenti nel paradigma comportamentale e nelle abitudini dei cittadini e alla propensione a compiere uno scarto tecnologico in alcuni comparti del settore industriale come, ad esempio, quello dell’acciaio con la sostituzione delle fonti fossili con le rinnovabili.

A fronte di queste esigenze evolutive della domanda, anche l’offerta di energia dovrà evolversi. La *produzione elettrica dovrà più che raddoppiare* rispetto a quella attuale e collocarsi a 600-700 TWh con una quota coperta da rinnovabili compresa tra il 95% e il 100%, a seconda che si adotti o meno l’ipotesi di abbandono completo delle fossili sia nella generazione di elettricità che nella siderurgia. Questo risultato è raggiungibile grazie al dispiegamento di fonti sinora non sfruttate, innanzitutto l’eolico off-shore, e, ragionando sulla base delle tecnologie disponibili, ad un eccezionale sviluppo del solare. La capacità fotovoltaica installata stimata al 2050 varia tra i 200 e i 300 GW (cioè 10-15 volte quella attuale). Resta naturalmente salva la possibilità di ricorrere a importazioni, ovvero, di sviluppare altre tecnologie. L’incremento esponenziale della produzione da fonti rinnovabili, oltre ad un coerente **adeguamento della rete elettrica**, richiederà che siano sfruttati appieno e potenziati i pompaggi, anche di origine marina, e che siano sviluppati sistemi di accumulo centralizzati e distribuiti: in particolare, i sistemi di accumulo elettrochimico dovrebbero arrivare a 30-40 GW, 4-5 volte il livello già incorporato nel PNIEC al 2030.

Con le ipotesi assunte sulle fonti utilizzate, una quota rilevante dell’energia elettrica, almeno del 25-30%, dovrebbe essere destinata, in particolare nella fase di overgeneration, alla produzione di idrogeno: in prospettiva, sarà dunque essenziale arrivare a governare questo vettore in maniera

efficace sul piano tecnologico (quota miscelabile in rete con il gas/biometano, uso diretto nei trasporti e nell'industria, possibilità di stoccaggio) ed efficiente sul piano economico (costi del ciclo di produzione, trasporto, stoccaggio, riutilizzo). L'idrogeno derivato da rinnovabili combinato con CO₂ catturata di origine "bio" consente la produzione di biometano e carburanti simili ai convenzionali ma ad emissioni nulle di gas serra (c.d e-fuels), favorendo dunque il riutilizzo di infrastrutture e mezzi esistenti. Nel rispetto degli obiettivi sulla qualità dell'aria, dovrà pertanto essere pienamente sfruttato anche il potenziale delle biomasse, ivi inclusa la valorizzazione del legno derivante dalla gestione forestale sostenibile.

Da un punto di vista infrastrutturale, la progressiva sostituzione del gas con idrogeno richiederà un upgrading e una complessiva riconfigurazione della rete, ad esempio, con porzioni dedicate esclusivamente al trasporto dell'idrogeno stesso e tratti periferici della distribuzione che potrebbero essere chiusi (perché serviti da sistemi locali), nonché un appropriato accoppiamento dei settori elettrico e gas. Fermo restando che una parte di questi importanti volumi di energia da rinnovabili potrebbe anche essere acquisita dall'estero, in ogni caso, per il processo di decarbonizzazione, saranno dirimenti gli aspetti di localizzazione/autorizzazione/accettazione degli impianti e delle opere per l'adeguamento delle reti: come già ben evidenziato nel PNIEC, è necessario individuare modalità efficaci per ricomporre/risolvere i potenziali conflitti tra sviluppo delle rinnovabili e "altri" obiettivi ambientali, quali il consumo di suolo o la tutela del paesaggio.

La compensazione possibile delle emissioni residue (settori energy e settori non-energy), corrispondenti complessivamente a 65-85 Mton CO₂ eq, parte dalla capacità di incremento dell'assorbimento del comparto forestale (*Land Use, Land-Use Change and Forestry - LULUCF*) con politiche di contrasto agli incendi e di gestione sostenibile del suolo, si punta a riportare l'assorbimento dei "pozzi" al massimo storico, pari a circa 45 Mton CO₂ eq. Per "azzerare" il residuo emissivo, pari dunque ad altre 20-40 Mton CO₂ eq, si può ricorrere allo sfruttamento di parte del potenziale disponibile stimato a livello nazionale per lo stoccaggio della CO₂ catturata (CCS), in particolare nell'industria (energetica e non).

Complessivamente nello Scenario di decarbonizzazione previsto dalla **Strategia Italiana di lungo termine sulla riduzione delle emissioni dei gas a effetto serra** le dinamiche lato domanda e offerta arrivano a disegnare per il nostro paese un quadro dei flussi energetici completamente diverso da quello attuale. Si riporta di seguito la schematizzazione dei flussi al 2018 e quella prevista al 2050.

Bilancio energetico Italia 2018
Fonte: Eurostat

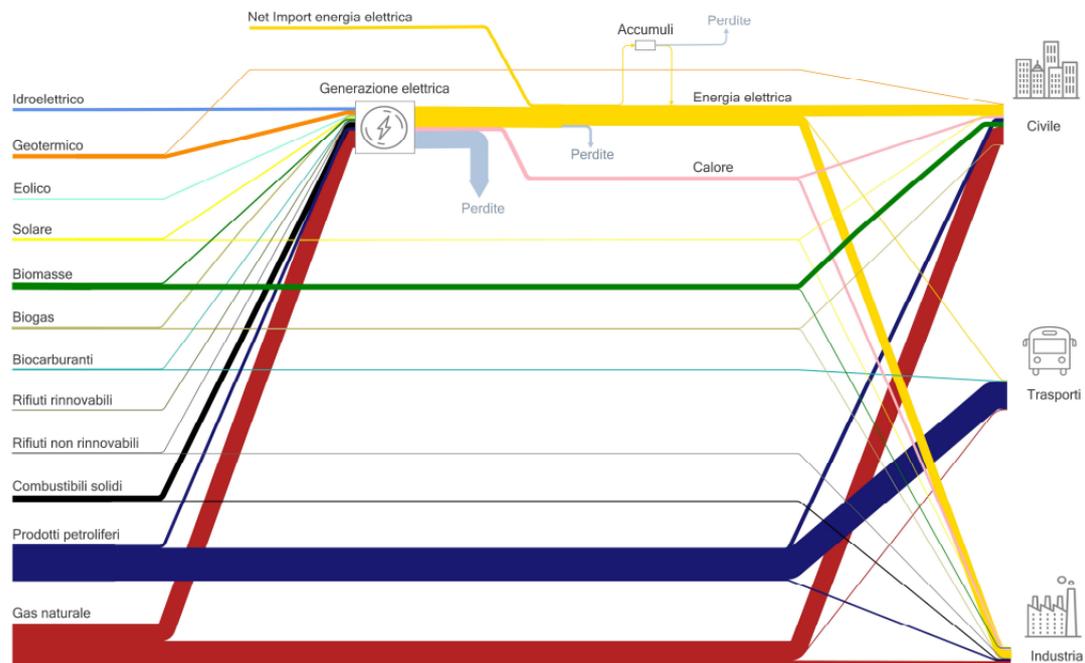


Figura 15 - Bilancio Energetico Italia 2018 (Fonte: Strategia Italiana di lungo termine sulla riduzione delle emissioni dei gas a effetto serra)

Bilancio energetico Italia 2050
Scenario di decarbonizzazione
Fonte: RSE

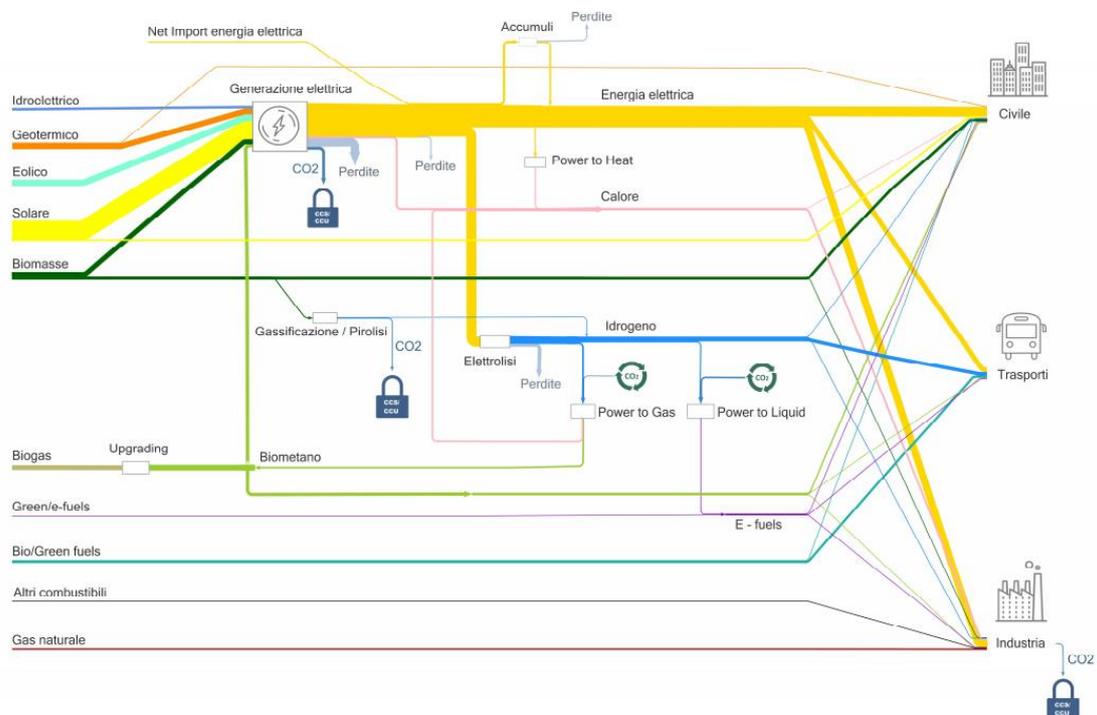


Figura 16- Bilancio Energetico Italia 2050- Scenario di Decarbonizzazione (Fonte: Strategia Italiana di lungo termine sulla riduzione delle emissioni dei gas a effetto serra)

Per raggiungere tali obiettivi sfidanti a livello sia europeo che nazionale sono state recentemente stanziati importanti risorse finanziarie. Il regolamento del NGEU - Next Generation EU, il fondo europeo da 750 miliardi di euro proposto dalla Commissione Europea a maggio 2020 in risposta alla crisi economica innescata dalla pandemia, prevede che almeno il 37% del budget dei piani nazionali debba sostenere gli obiettivi climatici fissati dallo European Green Deal. Si riporta di seguito la schematizzazione dei tre pilastri del fondo.

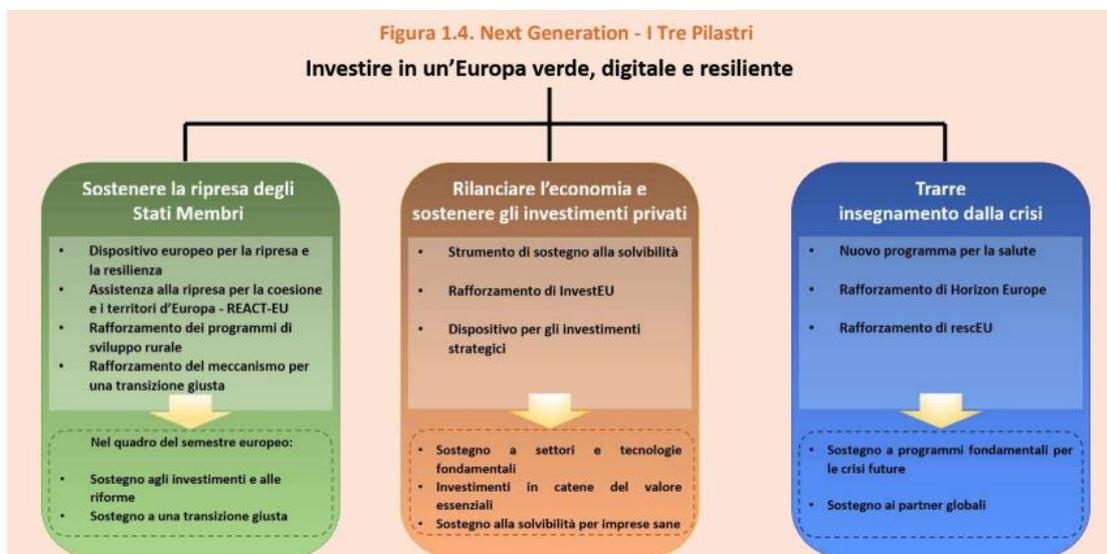


Figura 17 - I tre pilastri del fondo NGEU (Fonte Dati: ENEA)

Il **Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR)** approvato dalla Commissione Europea nel Giugno 2021 si basa su tre assi strategici e priorità trasversali: *digitalizzazione e innovazione, transizione ecologica, inclusione sociale*.

Il piano si articola in 6 missioni tra le quali quella relativa alla **Rivoluzione Verde e Transizione Ecologica (M2)**.

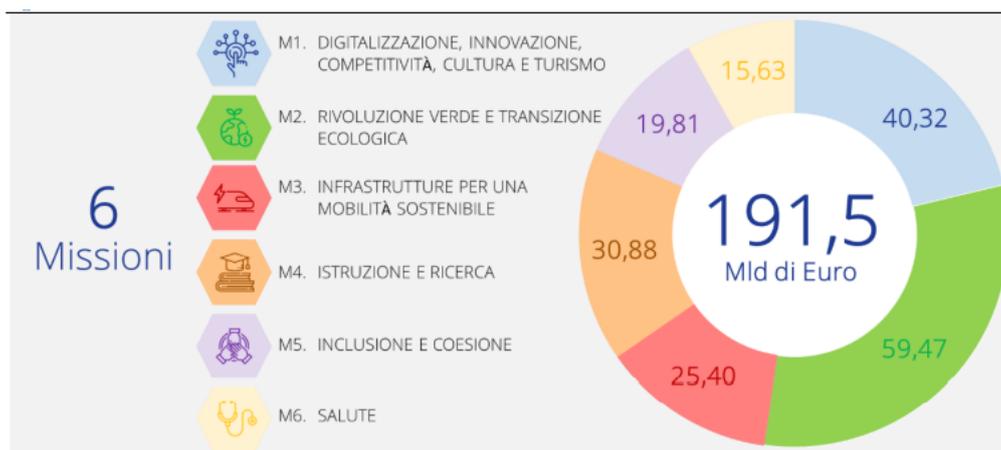


Figura 6- Allocazione delle risorse del PNRR per missioni

Il Governo intende richiedere il massimo delle risorse RRF, pari a 191,5 miliardi di euro, divise in 68,9 miliardi di euro in sovvenzioni e 122,6 miliardi di euro in prestiti. Per la M2 il Piano di allocazione delle risorse prevede uno stanziamento pari a 59,47 Mld €.



Missione 2: Rivoluzione verde e transizione ecologica

È volta a realizzare la transizione verde ed ecologica della società e dell'economia per rendere il sistema sostenibile e garantire la sua competitività. Comprende interventi per l'agricoltura sostenibile e per migliorare la capacità di gestione dei rifiuti; programmi di investimento e ricerca per le fonti di energia rinnovabili; investimenti per lo sviluppo delle principali filiere industriali della transizione ecologica e la mobilità sostenibile. Prevede inoltre azioni per l'efficientamento del patrimonio immobiliare pubblico e privato; e iniziative per il contrasto al dissesto idrogeologico, per salvaguardare e promuovere la biodiversità del territorio, e per garantire la sicurezza dell'approvvigionamento e la gestione sostenibile ed efficiente delle risorse idriche.

Figura 7 - Descrizione Missione 2 del PNRR (Fonte Dati: PNRR 2021)

La missione su Rivoluzione Verde e transizione ecologica si articola a sua volta in 4 componenti il cui elenco è riportato nella figura di seguito dettagliato l'allocazione delle risorse previste per ciascuna componente:

 M2. RIVOLUZIONE VERDE E TRANSIZIONE ECOLOGICA	PNRR (a)	React EU (b)	Fondo complementare (c)	Totale (d)=(a)+(b)+(c)
M2C1 - AGRICOLTURA SOSTENIBILE ED ECONOMIA CIRCOLARE	5,27	0,50	1,20	6,97
M2C2 - TRANSIZIONE ENERGETICA E MOBILITA' SOSTENIBILE	23,78	0,18	1,40	25,36
M2C3 - EFFICIENZA ENERGETICA E RIQUALIFICAZIONE DEGLI EDIFICI	15,36	0,32	6,56	22,24
M2C4 - TUTELA DEL TERRITORIO E DELLA RISORSA IDRICA	15,06	0,31	0,00	15,37
Totale Missione 2	59,47	1,31	9,16	69,94

Figura 18 - Elenco Componenti Missione 2 del PNRR e allocazione delle risorse per componente

La **Componente 1** si prefigge l'obiettivo di **migliorare la gestione dei rifiuti** e promuovere pratiche di **economia circolare**, rafforzando le infrastrutture per la raccolta differenziata, ammodernando o sviluppando nuovi impianti di trattamento rifiuti, colmando il divario tra regioni del Nord e quelle del Centro-Sud (oggi circa 1,3 milioni di tonnellate di rifiuti vengono trattate fuori dalle regioni di origine) e realizzando progetti flagship altamente innovativi per filiere strategiche. Di seguito si elencano gli obiettivi che si prefigge: 55% di riciclo di rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche; 85% di riciclo nell'industria della carta e del cartone; 65% di riciclo dei rifiuti plastici; 100% recupero nel settore tessile. La componente mira dall'altro lato a sviluppare una filiera agricola/alimentare smart e sostenibile, riducendo l'impatto ambientale in una delle eccellenze italiane, tramite supply chain "verdi".

La **Componente 2** prevede interventi (investimenti e riforme) volti ad incrementare la penetrazione delle **fonti di energia rinnovabili**, tramite soluzioni decentralizzate e utility scale (incluse quelle innovative ed offshore) e rafforzamento delle reti (più smart e resilienti) per accomodare e sincronizzare le nuove risorse rinnovabili e di flessibilità decentralizzate, e per decarbonizzare gli usi finali in tutti gli altri settori, con particolare focus su una mobilità più sostenibile e sulla decarbonizzazione di alcuni segmenti industriali, includendo l'avvio dell'adozione di soluzioni basate sull'idrogeno (in linea con la EU Hydrogen Strategy). In tal senso si prevede una semplificazione delle procedure di autorizzazione per le rinnovabili, la promozione dell'agrivoltaico con l'obiettivo di installare a regime una capacità produttiva di 2 GW, e del biometano per incrementare la potenza di biometano da riconversione da destinare al greening della rete gas pari a circa 2,3-2,5 miliardi di metri cubi.

L'obiettivo è quello di sviluppare una leadership internazionale industriale e di conoscenza nelle principali filiere della transizione, promuovendo lo sviluppo in Italia di supply chain competitive nei settori a maggior crescita, che consentano di ridurre la dipendenza da importazioni di tecnologie e rafforzando la ricerca e lo sviluppo nelle aree più innovative (fotovoltaico, idrolizzatori, batterie per il settore dei trasporti e per il settore elettrico, mezzi di trasporto).

Attraverso la **Componente 3** si vuole rafforzare l'**efficientamento energetico**, incrementando il livello di efficienza degli edifici, una delle leve più virtuose per la riduzione delle emissioni in un Paese come il nostro che soffre per un parco edifici con oltre il 60 per cento dello stock superiore a 45 anni, sia negli edifici pubblici (es. scuole, cittadelle giudiziarie), sia negli edifici privati, come già affrontato dall'attuale misura Superbonus 110%.

La **Componente 4** pone in campo azioni per rendere il Paese più resiliente rispetto agli inevitabili **cambiamenti climatici**, proteggere la natura e le biodiversità, e garantire la sicurezza e l'efficienza del sistema idrico. Questa prende in esame la sicurezza del territorio, intesa come la mitigazione dei rischi idrogeologici (con interventi di prevenzione e di ripristino), la salvaguardia delle aree verdi e della biodiversità (es. con interventi di forestazione urbana, digitalizzazione dei parchi, rinaturazione del Po), l'eliminazione dell'inquinamento delle acque e del terreno, e la disponibilità di risorse idriche (es. infrastrutture idriche primarie, agrosistema irriguo, fognature e depurazione), aspetti fondamentali per assicurare la salute dei cittadini e, sotto il profilo economico, per attrarre investimenti.

Il PNRR rappresenta quindi un'occasione straordinaria per accelerare la transizione ecologica e superare barriere che si sono dimostrate critiche in passato introducendo sistemi avanzati e integrati di monitoraggio e analisi che serviranno a migliorare la capacità di prevenzione di fenomeni e impatti. Il Piano, inoltre, incrementa gli investimenti volti a rendere più robuste le infrastrutture critiche, le reti energetiche e tutti gli asset del patrimonio del paese esposti a rischi climatici e idrogeologici rendendo il sistema italiano più sostenibile nel lungo termine tramite la progressiva decarbonizzazione di tutti i settori.

Il Contesto Regionale in Toscana

A livello regionale nel Febbraio 2020 la Regione Toscana, ad integrazione del *Documento di Economia e Finanza Regionale 2020* (DEFER) e a complemento del *Programma Regionale di Sviluppo* (PSR) 2016-2020, ha elaborato la **Strategia regionale per il contrasto ai cambiamenti climatici- Toscana Carbon Neutral 2050**. La Strategia individua due piani di intervento:

- interventi volti a ridurre le emissioni climalteranti mirando ad una riconversione “green” delle attività umane (tra cui la produzione di energia, il trasporto, l’agricoltura e la zootecnica, il riscaldamento degli edifici), anche attraverso l’accettazione di un nuovo e diverso paradigma di crescita improntato alla logica dell’economia circolare;
- interventi volti ad aumentare l’assorbimento delle emissioni prodotte, attraverso un potenziamento sostanziale del verde urbano. Piante ed alberi possono infatti divenire, se posti in prossimità delle fonti emissive, veri e propri filtri in grado, meglio di ogni altro strumento tecnologico, di contribuire all’abbattimento diretto delle emissioni.

Per quanto attiene alle azioni di riduzione la Strategia regionale pone particolare attenzione su 5 temi considerati di importanza prioritaria:

- Riduzione dei consumi energetici;
- Aumento della energia prodotta da fonti rinnovabili;
- Promozione di un Piano di Sviluppo della Geotermia quale risorsa unica e caratterizzante la nostra Regione;
- Sviluppo di un modello toscano di economia circolare;
- Trasformazione del trasporto e promozione di una nuova mobilità sostenibile.

La Strategia prevede l’attuazione di un **Piano di Azione Regionale 2020-2030** articolato in 6 Azioni considerate di importanza prioritaria elencate nella tabella seguente vicino ai relativi indicatori e obiettivi al 2030, 2040 e 2050.

AZIONE PRIORITARIA	INDICATORE	DATO 2020	OBIETTIVI		
			2030	2040	2050
Promozione di interventi per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile geotermica	Produzione energia elettrica da FER geotermica (Twh)	6,3	7,5-8	8,8-12	10-16
Promozione per favorire la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile solare	Produzione energia elettrica da FER solare (TWh)	0,9	2-3	8,5-11,5	15-20
Promozione di interventi efficientamento energetico degli immobili pubblici e privati	Percentuale di riduzione dei consumi di energia rispetto al 1990 (%)	20%	32,5%	/	/
Promozione di interventi di economia circolare	Percentuale di rifiuti urbani R.D. (%)	/	80%	/	/
	Percentuale di rifiuti urbani riciclati (%)	/	60%	/	/

Promozione di interventi di piantumazione di alberature e aree verdi	Numero di alberature	/	/	/	/
Promozione di interventi di mobilità sostenibile	Percentuale di riduzione di emissioni di gas rispetto al 1990 (%)	/	/	/	60%

Tabella 7- Azioni Prioritarie e relativi obiettivi del Piano di Azione Regionale 2020-2030

Nell'ambito del Progetto GEST.DTE²V, a partire dall'annualità 2018 il **Distretto Tecnologico Energia ed Economia Verde** ha condotto un'importante analisi di forecast e foresight sulle principali filiere energetiche regionali i cui risultati sono sintetizzati nel **Documento Finale di Forecast e Foresight Tecnologico – Le Filiere Energetiche Toscane**. L'attività è stata finalizzata ad individuare e analizzare le expertise dei principali stakeholder attivi nelle filiere energetiche regionali e delineare gli scenari di sviluppo a breve (forecast) e lungo (foresight) periodo dei mercati e delle tecnologie. L'obiettivo ultimo è stato quello di fornire al comparto produttivo regionale una visione strategica di lungo periodo capace di aumentare la competitività delle Aziende e incrementare la loro capacità di innovazione e risposta ai cambiamenti del mercato. L'attività ha preso in analisi 5 filiere regionali: geotermia, solare-fotovoltaico, biomasse, GNL e Industria 4.0. Per ciascuna filiera analizzata, è stato istituito un *panel di esperti* composto da rappresentanti del mondo della ricerca e delle imprese e sono stati creati dei gruppi di lavoro allargati ai quali hanno preso parte gli stakeholder regionali. I soggetti coinvolti si sono confrontati sia attraverso metodi di lavoro collaborativo sia attraverso la partecipazione ad iniziative di settore e focus group. I risultati e le evidenze acquisite nel corso delle attività di Forecast e Foresight sono sintetizzate nel corso dei seguenti capitoli in riferimento alle relative roadmap di sviluppo.

SWOT Analysis di comparto

SWOT ANALYSIS DI COMPARTO	
Punti di forza	Punti di debolezza
<ul style="list-style-type: none"> • Competenze e capacità produttive di eccellenza; • Risorse finanziarie pubbliche; • Focalizzazione policies; • Pervasività del topic energia e circolarità; • Risorse energetiche rinnovabili «toscano»; • Filiere produttive intersecabili per progetti di sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> • Infrastrutture energetiche (reti, distributori, punti ricarica, ecc.); • Tempistiche realizzative progetti strategici; • Completezza filiere regionali; • Social engagement e NIMBY diffusa ; • Maturità alcune filiere; • Coordinamento stakeholder; • Scollamento fra politiche energetiche e politiche industriali e per innovazione.
Opportunità future	Minacce future
<ul style="list-style-type: none"> • Consapevolezza generale della coerenza delle tematiche dell'energia e circolarità; • Disponibilità risorse pubbliche ingenti nel medio periodo; • Digitalizzazione è la chiave per accelerare l'implementazione delle strategie; • Innovazione latente pronta a supportare processi di industrializzazione e di riduzione environmental footprint; • Evoluzioni normative attese favorevoli. 	<ul style="list-style-type: none"> • Insufficiente intervento per semplificazioni e velocizzazione tempistiche; • Ritardo nella realizzazione delle infrastrutture abilitanti i percorsi di decarbonizzazione; • Coerenza politiche fiscali e per R&S; • Crescita e condivisione competenze, capacità e know how; • Scollamento fra sensibilità alla transizione energetica/ecologica e accettazione investimenti; • Green & social washing.

Elenco roadmap

ROADMAP 2021 <i>(proposte DTE²V)</i>	PRIORITA' TECNOLOGICHE 2021 (KETs)			
	Tecnologie Digitali	Tecnologie per la manifattura avanzata	Materiali avanzati e nanotecnologie	Tecnologie per la vita e per l'ambiente
Roadmap 1 - Efficiamento energetico dei processi e dei sistemi				
Roadmap 2 - Processi di valorizzazione della Geotermia e delle altre fonti energetiche rinnovabili (solare e biomasse)				
Roadmap 3 - Decarbonizzazione e penetrazione vettore elettrico: sistemi innovativi e nuove opportunità di riduzione della CO ₂ diretta				
Roadmap 4 - Potenzialità e prospettive di sviluppo future della filiera del BioGNL in Toscana				
Roadmap 5 - Potenzialità e prospettive di sviluppo della filiera dell'idrogeno in Toscana				
Roadmap 6 - Tecnologie per il recupero e la valorizzazione di energia e materiali di scarto				

Tabella 8 - Tabella 8 -Rapporto Matriciale tra le nuove Priorità Tecnologiche 2021 e le Roadmap proposte dal DTE2V per la Strategia di Specializzazione Intelligente della Toscana 2021-2017

SWOT Analysis delle Roadmap

Roadmap 1 - Efficientamento energetico dei processi e dei sistemi	
Punti di forza	Punti di debolezza
<ul style="list-style-type: none"> • Sviluppo dei servizi rivolti all'utenza finale per l'uso efficiente dell'energia (es. portale SIERT, certificazione energetica edifici, di processo, di prodotto); • Disponibilità di incentivi economici per le misure di efficientamento energetico degli immobili (es. Superbonus 110%) in grado di incentivare l'installazione di pompe di calore e impianti per produzione di energia termica ed elettrica da FER; • Consapevolezza del decisore pubblico della necessità di intervenire sulle tempistiche di realizzazione attraverso semplificazioni amministrative e percorsi speciali con personale dedicato; • Disponibilità di incentivi economici per Industria 4.0 volti a incentivare l'adozione di tecnologie abilitanti in ottica di <i>Smart Manufacturing</i> e acquisizione di servizi qualificati. 	<ul style="list-style-type: none"> • La rete delle infrastrutture energetiche regionale (elettricoli, stoccaggi, ecc.) necessita adeguamenti volti ad assicurare la penetrazione del vettore elettrico e incrementarne l'interoperabilità, la flessibilità e la resilienza; • La numerosità di centri di domanda di energia frammentati sul territorio rappresenta una barriera per l'implementazione di misure di risparmio energetico; • Criticità nell'effettivo coinvolgimento fattivo delle aziende nello sviluppo di soluzioni innovative; • Frammentazione delle competenze in merito alle infrastrutture energetiche (governo centrale vs regioni e autorità locali) che rallentano i processi decisionali; • Scarsa formazione e mancanza di figure professionali operanti nel campo dell'efficienza energetica con riferimento al settore privato e, soprattutto, a quello pubblico.
Opportunità future	Minacce future
<ul style="list-style-type: none"> • Incentivazione attraverso i fondi strutturali di progetti volti al miglioramento dell'efficienza energetica degli immobili, con particolare riferimento agli immobili del settore pubblico (ambito scolastico, sanitario/ospedaliero) e privato (attività economiche e civile abitazione); • Disponibilità di risorse finanziarie pubbliche importanti a livello nazionale e comunitario (NGEU, PNRR, HE, etc.); • Espansione e revamping delle reti di teleriscaldamento geotermiche; • Avvio di percorsi volti alla digitalizzazione dei comparti produttivi che prevedano il coinvolgimento fattivo degli stakeholder pubblici e privati; • Nascita di comunità energetiche a livello regionale; • Creazione di nuove figure professionali; • Ampio potenziale dell'indotto sviluppabile manifatturiero (dalle lavorazioni meccaniche di precisione al controllo e la sensoristica), software house (cloud computing, gestione della conoscenza, reporting su big data, product lifecycle management, Model Base Enterprise, Master Data Management); • Creazione di nuove figure professionali. 	<ul style="list-style-type: none"> • La realizzazione dei necessari investimenti da effettuare nel settore pubblico potrebbero subire ritardi a causa delle lunghe tempistiche degli adempimenti burocratici necessari; • Sottostima dei tempi di intervento sul quadro normativo e procedurale per la realizzazione dei progetti; • Incapacità di adottare soluzioni che comportano un approccio di sistema e cooperativo fra soggetti pubblici e privati e nell'ambito delle collaborazioni private.

Roadmap 2 - Processi di valorizzazione della Geotermia e delle altre fonti energetiche rinnovabili (solare e biomasse)

Punti di forza	Punti di debolezza
<ul style="list-style-type: none"> • Know how e competenze di altissimo profilo e riconosciuti internazionalmente in ambito geotermico; • Sviluppo di numerosi impianti alimentati a FER (biomassa, fotovoltaico) con alti tassi di incremento della potenza; • Significativo miglioramento delle tecnologie disponibili nel settore pv in grado di incidere positivamente anche sulla competitività del comparto in termini di costi di produzione; • Lo sviluppo delle tecnologie di produzione di energia elettrica da biomasse (gassificazione, pirolisi) e degli impianti di co-generazione con miglioramento delle performances ambientali e all'introduzione di sistemi di tracciabilità e certificazione lungo la filiera; • Imprenditoria diffusa e propensione di settori produttivi verso i temi d'uso efficiente di energia e FER. 	<ul style="list-style-type: none"> • Presenza di vari impianti energetici in ambienti sensibili su suoli fertili, elettrodotti in paesaggi di pregio, etc; • La concentrazione di alcune installazioni di tipo industriale in ambito geotermico ha acuito le sensibilità delle popolazioni locali (soprattutto in relazione agli impianti geotermici per la produzione di energia elettrica, ma anche inerentemente agli impianti alimentati a biomassa e, in misura più contenuta per il fotovoltaico); • A livello regionale non si registra la presenza di aziende produttrici di pannelli pv; • Rispetto ad un mercato estremamente dinamico e mutevole si registra una sostanziale lentezza nella predisposizione degli strumenti normativi e programmatici a sostegno del rafforzamento del settore fotovoltaico.
Opportunità future	Minacce future
<ul style="list-style-type: none"> • Repowering e Revamping impianti fotovoltaici con sostituzione di tecnologie obsolete; • Miglioramento dei materiali utilizzati e diminuzione dei costi di produzione nelle tecnologie pv; • Sviluppo tecnologie pv galleggiante; • Sviluppo mercato globale e dei finanziamenti a sostegno delle FER e di tutte le soluzioni che favoriscono la decarbonizzazione dei sistemi antropici; • Revamping impianti fotovoltaici con sostituzione di tecnologie obsolete; • Possibile sviluppo di bioenergie per processi di riconversione del settore e risorse europee; • Potenzialità significative per produzione di biomasse a fini energetici (forestazione, coltivazioni no-food, biogas da allevamenti). 	<ul style="list-style-type: none"> • Frequenti modifiche dei regimi autorizzativi e regolamentari in materia di energia ed ambiente; • Scarso coordinamento degli strumenti nazionali e locali d'intervento in materia di efficienza energetica e FER; • Incremento di numerosi impianti FER di potenza relativamente limitata comporterà variazione del paesaggio regionale; • Incremento impianti energetici necessitano maggiore coordinamento controlli qualità aria e maggiore coordinamento dei controlli ambientali; • Difficoltà nella selezione di tecnologie base (sia hardware che software) compatibili tra loro, dal punto di vista tecnologico (tempi di calcolo, precisione delle misure, cablatura efficiente di sensori e controllori automatici, ecc.), ma anche teorico per la parte modellistica (scale di tempo, assunzioni fisiche di base, ecc.)

Roadmap 3 - Decarbonizzazione e penetrazione vettore elettrico: sistemi innovativi e nuove opportunità di riduzione della CO₂ diretta

Punti di forza	Punti di debolezza
<ul style="list-style-type: none">• Alta sensibilità sociale verso l'urgenza dell'attuazione delle policy di decarbonizzazione;• Presenza della risorsa geotermica a livello regionale;	<ul style="list-style-type: none">• Mancato disaccoppiamento tra consumi energetici, relative emissioni inquinanti e prestazioni economiche (soprattutto per trasporti);• Necessità di adeguamento, potenziamento, interconnessione e digitalizzazione delle reti elettriche;• Costi dei progetti dimostrativi e di gestione tecnologia CCU e CCS e necessità di uno stoccaggio permanente e sicuro
Opportunità future	Minacce future
<ul style="list-style-type: none">• Incremento % FER sulla quota di produzione elettrica regionale;• Ampio potenziale dal punto di vista delle filiere applicative per numero e tipologia;• Coinvolgimento delle pubbliche amministrazioni per l'uso degli strumenti regolatori della mobilità a favore della mobilità elettrica alimentata a idrogeno;• Erogazione d'incentivi pubblici per: la realizzazione delle infrastrutture di rifornimento, lo sviluppo del mercato con il rinnovamento delle flotte di autobus per il trasporto pubblico di linea e per il rinnovamento delle flotte del trasporto pubblico non di linea (taxi, ncc, car sharing, rent-a-car) e incentivi verso i privati.	<ul style="list-style-type: none">- Investimenti in infrastrutture insufficienti a garantire una rete di distribuzione elettrica adeguata e performante- Permanenza delle rigidità e inefficienze determinate da un quadro normativo e regolatorio non congruo rispetto alle nuove esigenze del sistema- Filiere produttive incomplete e non competitive accompagnate da scarsa capacità di integrazione con filiere extraregionali

Roadmap 4 - Potenzialità e prospettive di sviluppo future delle filiere del Bio-GNL in Toscana	
Punti di forza	Punti di debolezza
<ul style="list-style-type: none"> • Presenza di attori rappresentativi dell'intera filiera, disposti a sviluppare progettualità pilota regionale 	<ul style="list-style-type: none"> • Persiste forte dipendenza della regione da fonti energetiche primarie esterne (limitati giacimenti regionali di gas naturale, portate fluviali, ventosità)
Opportunità future	Minacce future
<ul style="list-style-type: none"> • Quadro nazionale di sviluppo biocarburanti e rinnovo in corso del parco veicoli stradali 	<ul style="list-style-type: none"> • Rischi incidente legati a impianti e infrastrutture stoccaggio • Concorrenza da parte di LNG, nascita di depositi costieri di LNG; • Concorrenza di biocarburanti avanzati diversi dal biometano liquido; • Limiti su produzione e immissione biocarburanti, cosa accade al raggiungimento della soglia del 10%, volumi limitati da provvedimenti governativi; • Allungamento time to market per slittamento dell'approvazione del decreto e dei regolamenti attuativi; • Incremento delle accise sul metano.

Roadmap 5 - Potenzialità e prospettive di sviluppo della filiera dell'idrogeno in Toscana

Punti di forza	Punti di debolezza
<ul style="list-style-type: none"> • Esistenza di diverse imprese, soggetti intermedi, centri di ricerca che hanno inserito o stanno cercando di inserire il tema idrogeno nella loro strategia di medio-lungo termine; • Presenza di realtà produttive che operano nella produzione degli elettrolizzatori, dei liquefattori, della criogenia, della produzione di serbatoio supercritici; • Presenza di players più a valle nella filiera come consumatori" di materia prima H₂; • Sviluppo di progettualità legate alla produzione di idrogeno clean e a fini non energetici (materia prima). 	<ul style="list-style-type: none"> • Significativi sforzi di ricerca e sviluppo per un impiego su larga scala a causa delle difficoltà tecniche richieste per la gestione; • Scarsa competitività dell'idrogeno rispetto ad altri prodotti a basse emissioni di carbonio dovuta alla ridotta capacità di produzione degli elettrolizzatori e quindi agli elevati costi di produzione; • Necessità di adattamento della rete delle infrastrutture energetiche esistente per il trasporto dell'idrogeno, fondamentale per garantire capillarmente l'accesso ad una fornitura stabile e continua di H₂.
Opportunità future	Minacce future
<ul style="list-style-type: none"> • Alto potenziale nel processo di riduzione delle emissioni di carbonio soprattutto nei settori hard-to-abate (processi di produzione ad alta intensità energetica e/o l'aviazione); • Potenzialità nel settore dei trasporti, con particolare riferimento al trasporto pesante, ferroviario etc; • Sviluppo di un ecosistema dell'idrogeno (<i>Hydrogen Valley</i>). 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessità di finanziamenti pubblici per sostenere lo sviluppo dell'economia dell'idrogeno finalizzati a ridurre i costi dell'idrogeno a basse emissioni il cui costo di produzione è molto più alto rispetto alle tecnologie ad alte emissioni in uso; • Incapacità di delineare un quadro normativo per l'impiego dell'idrogeno lungo tutta la catena del valore, con particolare attenzione alla sicurezza e alle responsabilità collegate.

Roadmap 6- Tecnologie per il recupero e la valorizzazione di energia e materiali di scarto

Punti di forza	Punti di debolezza
<ul style="list-style-type: none"> • Presenza di portatori di interesse pubblici e privati interessati alla conversione dell'economia verso una sempre maggiore declinazione della circolarità dei processi e delle tecnologie; • Incentivi per migliorare la raccolta delle materie prime seconde e per promuovere il compostaggio e l'autocompostaggio, le agevolazioni all'uso dei sottoprodotti industriali e all'acquisto dei prodotti derivanti da materiali "post consumo" riciclati o dal recupero degli scarti e dei materiali dal disassemblaggio dei prodotti complessi; • Istituzione dei Tavoli tecnici per la promozione dell'economia circolare per i rifiuti. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disallineamento tra la sensibilità dei Consumatori verso l'EC e la possibilità di adottarla; • Mancata connessione attiva Consumatori, Beni-Servizi, Produzione, Pubblica Amministrazione; • Mancanza di una cabina di regia che misuri e coordini la circolarità che segua tutti i percorsi, avviando ogni possibile integrazione e coordinamento; soprattutto in grado di programmare e pianificare gli approvvigionamenti di materie per le produzioni future, intervenendo sui flussi con particolare riferimento al recupero e al riutilizzo delle materie seconde.
Opportunità future	Minacce future
<ul style="list-style-type: none"> • Potenzialità di sviluppare un modello economico idoneo ad autorigenerarsi attraverso la valorizzazione degli scarti di consumo, l'estensione del ciclo vita dei prodotti, la condivisione delle risorse, l'impiego di materie prime seconde e l'uso di energia da fonti rinnovabili; • Disponibilità di risorse finanziarie pubbliche importanti (NGEU, PNRR, HE, ecc.). 	<ul style="list-style-type: none"> • Incapacità di produrre processi integrati che siano capaci di coinvolgere tutti gli attori in gioco: dalle autorità pubbliche ai settori produttivi, di distribuzione e di consumo, con il forte coinvolgimento delle persone e dei cittadini

Roadmap (titolo)	Filieri coinvolte	Ordine di priorità (dalla più rilevante 1 alla meno rilevante 5)	Tecnologia implementata	Settore/ambito di applicazione
Roadmap 1: Efficientamento energetico dei processi e dei sistemi	Efficientamento energetico edifici	1	<ul style="list-style-type: none"> • Reti di teleriscaldamento/raffrescamento; • Scambiatori di calore; • Pompe di calore; • Integrazione delle reti energetiche; • Aumento delle performance energetiche degli edifici (NZEB, ZEB, Active House); • Smart manufacturing (gestione e monitoraggio dei processi industriali, sensoristica avanzata); • Reti e micro-reti smart; • CAT, computer aided Technologies; • Tecnologie per raccolta ed analisi big-data anche con piattaforme IOT, Sistemi di analisi predittiva, Cybersecurity; • Sistemi di accumulo di energia di tipo magnetico (SMES), di tipo termodinamico mediante pompe di calore (batterie di Carnot o pumped heat energy storage), aria compressa (CAES) e aria liquefatta (LAES); • Tecnologie per migliorare l'efficienza, l'affidabilità, la durabilità dell'accumulo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comparti produttivi a forte intensità energetica: <ul style="list-style-type: none"> o Cartario o Nautica o Logistica o Tessile o Camperistica o Agrifood o Data storage • Edilizia e Bioedilizia (immobili pubblici e privati per residenziale ed attività economiche varie).
	Efficientamento processi			
	Digitalizzazione e automazione processi			
	Accumulo Energetico			
Roadmap 2: Processi di valorizzazione della Geotermia e delle altre fonti energetiche rinnovabili (solare e biomasse)	Topic 1: Geotermia	1	<ul style="list-style-type: none"> • Scambiatori in pozzo; • Sistemi di accumulo (termico, elettrico); • Cicli binari; • Sistemi di reiniezione NCG; • Nuovi fluidi per circolazione interna; • Sistemi di mitigazione impatti ambientali; 	<ul style="list-style-type: none"> • Meccanica avanzata per turbine, ORC; • Perforazioni; • Impiantistica avanzata; • Nuovi materiali; • Settore ICT;
	Topic 2: Bioenergie			

	Topic 3: Solare (termico e fotovoltaico)		<ul style="list-style-type: none"> • Recupero wasted output; • Tecnologie di perforazione in condizioni critiche (alta pressione e temperatura); • Cicli supercritici a CO₂; • Pompe sommerse alta potenza/alta profondità; • Air cooler ad elevata potenza; • Eiettori a vapore; • Upgrading turbine a vapore; • Ottimizzazione closed-loop a bassa temperatura; • Combustione delle biomasse ligno-cellulosiche diretta anche accoppiata a cogenerazione e trigenerazione; • Produzione di biogas e biometano; • Liquefazione, Gassificazione e Pirolisi; • Tecnologie per Bioraffinerie e bioliquidi; • Tecnologie pv al silicio (cristallo singolo o multipli, PERC); • Tecnologie pv a film sottili; • Tecnologie pv di terza generazione: DSSC (Dye sensitized solar cells), fotovoltaico organico (OPV), celle a Perovskiti (PSC), concentratori solari luminescenti (LSC), fotovoltaico a concentrazione; • Celle solari BSSC (Bio sensitized solar cells) e fotoelettrochimiche BSPEC (Bio sensitized Photoelectrosynthetic cells); • Sistemi galleggianti (onshore e offshore). 	<ul style="list-style-type: none"> • Chimica e Chimica Verde; • Settore agricolo e agroindustriale; • Settore agroalimentare; • Settore Forestale; • Settore Zootecnico; • Settore Florovivaistico; • Settore di produzione biocarburanti; • Settore Rifiuti; • Settore produzione e energetica e di servizi di consulenza; • Settore Trasporti e Automotive; • Residenziale e Terziario.
Roadmap 3 - Decarbonizzazione e penetrazione vettore	Penetrazione vettore elettrico	2	<ul style="list-style-type: none"> • Gruppi elettrogeni e macchine da cantiere; • Stazioni ricarica con integrazione ICT; 	<ul style="list-style-type: none"> • Meccanica avanzata; • Geotermia; • Impiantistica;

elettrico: sistemi innovativi e nuove opportunità di riduzione della CO₂ diretta	Cattura, utilizzazione e stoccaggio CO ₂ (CCS e CCU)		<ul style="list-style-type: none"> • Sistemi di reiniezione fluidi geotermici e processi di cattura, pulitura e riutilizzo CO₂; • Compressori centrifughi e pompe per cattura e stoccaggio (CCU E CCS); • Sistemi di sequestro CO₂ in serbatoi geotermici; • Liquefazione e immagazzinamento aria compressa e liquefatta; • Data-driven energy e Intelligenza Artificiale: tecnologie, dispositivi e modelli per favorire la flessibilità del sistema energetico e la partecipazione attiva dell'utente finale • Soluzioni per Energy Communities. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gestori di mobilità; • ICT; • Automotive (Mobilità Elettrica);
	Energy Communities			
Roadmap 4 - Potenzialità e prospettive di sviluppo future delle filiere del Bio-GNL in Toscana	Dimostratore impianto liquefazione da gas naturale	2	<ul style="list-style-type: none"> • Criogenia; • Compressori centrifughi per gas liquefatto; • Impianti upgrading del biogas; • Liquefazione anche small scale; • Sistemi transhipness; • Nuovi combustori; • Componentistica automotive; • Tecnologie di depurazione syngas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Automotive; • Meccanica avanzata; • Settore meccanica per ibridizzazione motori; • Reti di distribuzione di carburanti; • Gestori di logistica merci.
	Small scale liquifier systems			
Roadmap 5 - Potenzialità e prospettive di sviluppo della filiera dell'idrogeno in Toscana	Produzione di Idrogeno green	3	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnologie e processi per la produzione di idrogeno clean da fonte rinnovabile (elettrolisi innovativa dell'acqua e del vapore, trattamento termico del biogas, produzione da eolico off-shore con elettrolizzatori, produzione da biomassa, processi termochimici, elettrochimici, e fotocatalitici); • Tecnologie di miscelazione dell'idrogeno nella rete gas; • Tecnologia a celle a combustibile; • Tecnologie e processi per la produzione di idrogeno verde attraverso elettrolisi; • Metanazione biologica; • Criogenia; • Recupero da scarti e syngas per estrazione H₂ (tessili, vetroresine, fluidi geotermici, etc); 	<ul style="list-style-type: none"> • Comparto H₂; • Settore <i>hard to abate</i> (processi ad elevata intensità energetica); • Industria chimica, raffinazione petrolifera; • Siderurgia; • Oil & Gas; • Industria Orafa; • Trasporti marittimi, aerei e su strada; • Residenziale.
	Produzione di Idrogeno come materia prima			

			<ul style="list-style-type: none"> • Tecnologie e processi per la produzione di idrogeno «green» o “blue” decarbonizzato; • Tecnologie per lo stoccaggio in sicurezza; • Tecnologie e processi per la produzione di idrogeno “blue” decarbonizzato 	
Roadmap 6 - Tecnologie per il recupero e la valorizzazione di energia e materiali di scarto		1	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnologie e processi per la valorizzazione dei cascami termici; • Tecnologie per la promozione della simbiosi energetica; • Recupero cascami industriali (es Idrogeno, metano, terre rare, ammoniaca litio da geotermia). 	<ul style="list-style-type: none"> • Industria; • Agroalimentare; • Florovivaistico; • Conciario; • Tessile; • Cartario; • Lapideo; • Geotermia; • Data Storage; • Recupero rifiuti e scarti di produzione; • Fanghi di depurazione civile del servizio idrico integrato; • Costruzione e demolizione.

Descrizione di sintesi di ciascuna roadmap

Roadmap N 1 - Efficiamento energetico dei processi e dei sistemi

Titolo
Fabbrica 4.0 – Efficiamento energetico dei processi e dei sistemi
Descrizione
<p>In merito all'efficientamento energetico degli immobili, l'azione numero tre del Piano di Azione Regionale 2020-2030 prevede la riduzione dei consumi di energia rispetto al 1990 del 20% al 2020 e del 32,5% al 2030 in linea con le politiche comunitarie e nazionali e con gli obiettivi UE fissati dal Quadro 2030 per il clima e l'energia. In tal senso la Regione Toscana intende promuovere azioni per il miglioramento energetico degli immobili con particolare riferimento agli immobili del settore pubblico in ambito scolastico e sanitario/ospedaliero, privato destinato ad attività economiche e civile abitazione.</p> <p>La riqualificazione energetica di una struttura, effettuata sulla base delle risultanze della diagnosi energetica, può essere ottenuta attraverso interventi di isolamento termico sugli involucri (isolamento di pareti e coperture), la sostituzione di infissi nonché interventi sull'impiantistica relativa agli impianti di climatizzazione invernale ed estiva. In tal senso particolare attenzione è da rivolgere all'installazione di impianti geotermici a bassa entalpia per la climatizzazione invernale ed estiva e la produzione di acqua calda sanitaria degli edifici pubblici e privati attraverso l'installazione di pompe di calore geotermiche. In Toscana si stima una potenzialità in termini di superficie pari a circa 23.000 kmq con una potenza installata pari a 3580 MW e una produzione di energia rinnovabile geotermica (closed loop) pari a circa 2.700 Twh. A completamento degli interventi per il miglioramento dell'efficienza energetica potranno essere attivati interventi per la realizzazione di impianti per la produzione di energia elettrica e termica da fonti rinnovabili finalizzati all'autoconsumo con particolare riferimento al settore fotovoltaico. Altre misure di efficientamento sono collegate alle tecnologie di bioedilizia NZEB, ZEB, e <i>Active House</i> che prevedono ad esempio all'installazione dei corpi illuminanti più efficienti e tecnologie di <i>building automation</i> per l'illuminazione e climatizzazione. Si evidenzia come l'attuazione di tali interventi sia ad oggi promossa e agevolata a livello nazionale da incentivi di provenienza statale quali ad esempio Superbonus 110% previsto dal Decreto Rilancio recentemente prorogato al 2022, Ecobonus 65%, Conto Termico, Certificati Bianchi, Cogenerazione ad Alto Rendimento CAR, PREPAC. Al fine del raggiungimento degli obiettivi regionali e nazionali si ritiene necessario dare continuità ed implementare le misure finanziarie, con particolare riferimento ai fondi strutturali.</p> <p>In merito alle reti di teleriscaldamento e teleraffrescamento secondo gli ultimi dati pubblicati da AIRU ad oggi in Italia le circa 400 reti installate coprono il 2,3% del fabbisogno nazionale con un potenziale di crescita al 25%. Il PNIEC prevede l'espansione dell'uso del teleriscaldamento e teleraffrescamento efficiente a livello nazionale. Secondo quanto risultato dal rapporto di valutazione del potenziale nazionale di applicazione della Cogenerazione ad Alto Rendimento e del teleriscaldamento efficiente redatto dal GSE, il potenziale economicamente sostenibile di incremento dell'energia erogata da teleriscaldamento è di circa 4.000 GWh, per un'estensione delle reti di teleriscaldamento e teleraffrescamento a livello nazionale pari a circa 900 km, aggiuntivi rispetto agli attuali circa 4.100 km. Secondo il Rapporto del GSE, in Toscana a fine 2019 non si registra la presenza di reti di teleraffrescamento mentre risultano in esercizio 39 reti di teleriscaldamento che si estendono per 165 km e servono 30 Comuni con una potenza termica</p>

installata pari a 167 MW e una volumetria riscaldata pari a 2,8 ML di m³. In Toscana nel 2019 si contano 23 impianti cogenerativi (5 alimentati da FER e 18 da fonti fossili) e 144 di sola produzione termica (129 alimentati da FER e 15 da fonti fossili). La geotermia rappresenta sicuramente la principale fonte di produzione di energia termica a livello regionale. Le potenzialità regionali potrebbero essere ulteriormente sfruttate attraverso l'installazione di nuove reti nonché l'estensione e il revamping delle reti ad oggi in esercizio.

Secondo il Report di IEA Energy Efficiency 2020 la **digitalizzazione** svolgerà nei prossimi decenni un ruolo chiave nel raggiungimento degli obiettivi di efficienza energetica. Con *Digital Energy* si indica in definitiva la possibilità di utilizzare le tecnologie digitali per "controllare" i consumi di energia e realizzare delle efficienze nel consumo e produzione energia con immediati benefici economici. L'applicazione delle tecnologie abilitanti negli ambiti *Smart Manufacturing* e *Smart Energy & Grid* riveste in tal senso un ruolo di particolare importanza nello sviluppo e nell'aumento di competitività del comparto produttivo regionale e nel raggiungimento degli obiettivi di policy.

Nell'ambito della **Smart Manufacturing** ricadono le tecnologie *Cax (Computer-aided technologies)* per le fasi di progettazione, analisi e la fabbricazione dei prodotti, sensoristica avanzata e intelligente, software di gestione dei dati e analisi avanzata (*Industrial Internet of Things, IIoT*), di modellazione e simulazione (VR - *Virtual Reality* e AR - *Augmented Reality*), Cloud Computing e Cybersecurity. Emergono dalla somma di queste tecnologie soluzioni innovative basate sul *Data Analytics (Big Datas)* finalizzate a monitorare i consumi e realizzare modelli-sistemi-piattaforme di analisi predittiva per ottimizzare l'efficienza energetica complessiva dei processi, la gestione della produzione, nonché fornire dati per politiche di manutenzione e sviluppo.

L'elettrificazione dei consumi energetici con un utilizzo diffuso e distribuito delle fonti rinnovabili e meccanismi di integrazione «intelligente» (**Smart Grid**) nelle reti elettriche, è uno degli strumenti fondamentali per il raggiungimento degli obiettivi di policy regionali e nazionali. La maggiore penetrazione di fonti rinnovabili attesa nei prossimi decenni avrà infatti un impatto rilevante sull'intero sistema elettrico e sulle modalità di gestione, controllo ed esercizio. A livello regionale la **rete delle infrastrutture energetiche** (elettrodotti, stoccaggi, ecc.) necessita adeguamenti volti ad incrementarne l'interoperabilità, la flessibilità e la resilienza. Lo sviluppo di tecnologie, dispositivi, strumenti e tecniche di gestione e controllo evolute e adeguate al nuovo modello energetico ed alle diverse esigenze risulta, inoltre, necessario per consentire l'integrazione (elettriche, termiche, gas) e l'interconnessione tra le reti, la sinergia tra gli operatori di trasmissione e distribuzione e l'utente finale. Le *Smart Grid* faciliteranno anche la creazione e lo sviluppo sostenibile di comunità energetiche locali e rinnovabili con un sempre maggiore coinvolgimento dell'utente finale nella gestione del sistema energetico.

In questo scenario assume un'importanza rilevante la tematica dell'**Energy Storage** con particolare riferimento allo sviluppo di nuove tecnologie, il miglioramento delle prestazioni dei sistemi di accumulo dell'energia, la riduzione dei costi, l'incremento dell'affidabilità e durabilità, l'aumento

della flessibilità di esercizio ed utilizzo, l'integrazione ed interconnessione dei sistemi di accumulo nelle reti energetiche ed una maggiore penetrazione ed utilizzo delle fonti rinnovabili.

Tecnologie da sviluppare

- Reti di teleriscaldamento/raffrescamento;
- Scambiatori di calore e pompe di calore (ottimizzazione e COP);
- Integrazione delle reti energetiche;
- Aumento delle performance energetiche degli edifici (NZEB, ZEB, Active House);
- Smart manufacturing (gestione e monitoraggio dei processi industriali, sensoristica avanzata);
- Reti e micro-reti smart;
- CAT- *Computer Aided Technologies*;
- Tecnologie per raccolta ed analisi big-data anche con piattaforme IOT, Sistemi di analisi predittiva, Cybersecurity;
- Sistemi di accumulo di energia di tipo magnetico (SMES), di tipo termodinamico mediante pompe di calore (batterie di Carnot o pumped heat energy storage), aria compressa (CAES) e aria liquefatta (LAES);
- Tecnologie per migliorare l'efficienza, l'affidabilità, la durabilità dell'accumulo.

Gli ambiti applicazione

Transizione digitale, economia circolare PMI;

Energia e Green Economy;

Smart Agrifood.

Target temporali di sviluppo ed adozione della tecnologia (target, tempi, fattori critici)

Il principale fattore critico è costituito dal coinvolgimento fattivo delle aziende target. Attivabili sin da subito progetti pilota e progetti di sviluppo di comparto.

Principali contesti territoriali di applicazione

- MPMI con particolare riferimento ai comparti produttivi a forte intensità energetica (Cartario, Nautica, Logistica, Tessile, Camperistica, Agrifood, Data storage);
- Settore Edilizia e Bioedilizia (immobili pubblici e privati per residenziale ed attività economiche varie);
- Software house toscane con possibile estensione a player globali.

Asset strategici

Bacini di competenze territoriali legati allo sviluppo della roadmap

- Indotto manifatturiero (dalle lavorazioni meccaniche di precisione al controllo e la sensoristica), software house (cloud computing, gestione della conoscenza, reporting su big data, product lifecycle management, Model Base Enterprise, Master Data Management);
- Smart sensors (Università, poli tecnologici);
- Il Distretto tecnologico regionale MATE, Il Distretto tecnologico regionale Advanced Manufacturing, Distretto Tec. Nautica e portualità, Distretto tec. Innopaper, Distretto Interni e Design, Associazione CLOCK.

Principali stakeholders regionali industriali (sviluppo/applicazione)

- MPMI e GI;

- Sviluppo: società di monitoraggio energetico, Energy Service Company (ESCO), impiantisti (installatori e progettisti);
- Applicazione: PMI e Grandi Imprese, fornitori di energia elettrica, gas ed acqua;
- Nell'area fiorentina esiste una consolidata collaborazione tra il THERMO GROUP dell'Università di Firenze e Frigel SpA, che ha portato alla realizzazione di un prototipo di chiller ad eiezione da 40 kW frigoriferi; Frigel SpA si occupa di termo-regolazione industriale e produce chiller e raffreddatori ad aria umidificata; Frigel è leader sul mercato della termoregolazione di stampi per materie plastiche; il THERMO-GROUP è fra i più riconosciuti gruppi che operano sugli eiettori supersonici.

Principali stakeholders regionali della ricerca (sviluppo/applicazione)

Tutte le Università e i centri di ricerca sul territorio (i.e. UNIFI, UNIPI, UNISI, SSSUP, CNR).

Si segnalano inoltre:

- Centro Interuniversitario ABITA - Architettura Bioecologica e Innovazione Tecnologica per l'Ambiente dell'Università di Firenze (www.centroabita.unifi.it);
- Centro Interdipartimentale di Ricerca sull'Energia per lo Sviluppo Sostenibile (Ciress) dell'Università di Pisa (www.ciress.it).

Posizionamento internazionale delle stesse (leadership o followership)

I players toscani hanno presenza di rilievo in contesti di ricerca e di sviluppo internazionali

Stakeholders/competitors extra regionali

Rossato Group, Techno System, Cluster Tecnologico Nazionale Energia, AIRU (Associazione Italiana Riscaldamento Urbano).

Principali partnership esistenti

Principali progetti europei di ricerca sviluppo innovazione (titolo/programma/obiettivo)

- **EMPOWER:** L'Agenzia Regionale Recupero Risorse (ARRR) è partner del progetto EMPOWER, un progetto finanziato dal Programma Interreg Europe con oltre 2 ML € che riunisce nove soggetti da altrettanti stati europei, che punta a valutare i dati sui consumi energetici pubblici (energia elettrica e gas) in modo da impostare le migliori strategie per la riduzione dei consumi e l'incremento dell'efficienza energetica. Il progetto si pone l'ambizioso obiettivo di un taglio alle emissioni di CO2 negli edifici pubblici del 10% entro il 2021. Nell'ambito del progetto ARRR sta elaborando proposte per suggerire come migliorare la smart city control room di Firenze per farne una struttura di avanguardia in tutta Europa (www.interregeurope.eu/empower);
- **SME POWER "SMEs powering low carbon future":** L'Agenzia Regionale Recupero Risorse (ARRR) è leader del progetto in corso SME POWER finanziato nell'ambito del Programma Interreg Europe (3.1 Improving low carbon economy policies: Miglioramento delle politiche per l'economia a basse emissioni di carbonio). Avviato nel 2019 con un finanziamento da 1,5 milioni di euro per 4 anni, il progetto Sme Power si pone l'obiettivo di migliorare l'efficacia dei Fondi europei per lo sviluppo regionale (Fesr) dedicati alle misure di efficienza energetica (www.interregeurope.eu/smepower). Per l'Italia partecipa al progetto la toscana Agenzia

regionale recupero risorse (Arrr), che sta elaborando proposte per suggerire come migliorare la *smart city control room* di Firenze per farne una struttura di avanguardia in tutta Europa;

- **SOLE**: Da luglio 2020 Anci Toscana è capofila del progetto SOLE, un progetto della durata di 30 mesi, finanziato dal Programma ENI CBC Med con un finanziamento di € 3.658.689,83 (di cui € 3.2 milioni da parte del Programma Eni Cbc Med). SOLE sostiene la riqualificazione energetica, innovativa e sostenibile, dal punto di vista economico e ambientale, degli edifici pubblici nell'area del Mediterraneo. Il partenariato è composto da enti pubblici e privati di sette paesi dell'area del Mediterraneo, oltre ad Anci Toscana sono presenti Grecia, Egitto, Giordania, Libano, Spagna e Tunisia.

Principali partner europei

ENI, ENEL, Ferrero, Siemens, Oracle, Amazon, Schneider Electric.

Titolo
Processi di valorizzazione della Geotermia e delle altre fonti energetiche rinnovabili (solare e biomasse)
Descrizione
La complessità e la varietà degli argomenti presi in considerazione dalla presente roadmap hanno reso necessaria una sua suddivisione in più topics, concernenti le differenti tipologie di fonti rinnovabili prese in considerazione. Lo scopo di tale suddivisione è facilitare la comprensione della roadmap 2 da parte del lettore

TOPIC GEOTERMIA
<p>L'energia geotermica è l'energia immagazzinata sotto forma di calore nella Terra. È considerata una fonte rinnovabile, poiché l'enorme quantità di energia termica derivante in parte dal processo di formazione primordiale e in parte rilasciata dai processi di decadimento nucleare naturale degli elementi radioattivi presenti negli strati profondi della Terra e accumulata nel sottosuolo viene trasmessa costantemente verso la superficie terrestre, attraverso meccanismi di conduzione, quindi di trasporto diffusivo del calore attraverso le rocce e di convezione con circolazione di fluidi idrotermali e/o acque sotterranee che fluiscono attraverso sistemi di diaclasi e fratturazione delle rocce. Queste proprietà la rendono una sorgente sicura e stabile nel tempo, per la generazione di energia elettrica, l'utilizzo diretto di energia termica, o estratta da formazioni più superficiali mediante pompe di calore geotermiche (GSHP), in grado di riscaldare o raffreddare gli ambienti. Mentre la disponibilità delle risorse per la produzione di energia elettrica e l'utilizzo diretto di calore dipendono dal gradiente geotermico nel sottosuolo, le pompe di calore geotermiche possono essere utilizzate ovunque in quanto non sfruttano direttamente il gradiente di temperatura ma la proprietà del terreno di mantenere una temperatura circa costante già al di sotto dei 10-12 metri di profondità durante tutto l'anno. La geotermia inoltre è una fonte in grado di supportare la transizione energetica. Grazie alla sua stabilità e modulabilità nel tempo può compensare l'aleatorietà di fonti rinnovabili come solare ed eolico, riducendo la necessità di installare accumulatori elettrici.</p> <p>Lo sfruttamento dell'energia geotermica continua a crescere in tutto il mondo nonostante le potenzialità disponibili consentano un ulteriore sviluppo del mercato geotermico. Secondo l'EGEC Geothermal Market Report 2020 pubblicato dall'European Geothermal Energy Council nel 2021, a fine 2020 in Europa esistevano 139 impianti geotermoelettrici, per un totale di 3,5 GW elettrici installati. Tali valori sono fortemente influenzati dalla crescita esponenziale di nuovi impianti in Turchia (8 nuovi impianti e 164,7 GW nel 2020). Nella UE-27 si registra invece un ridotto tasso di crescita dei nuovi impianti geotermici, mentre nel 2020 nessuna nuova centrale è stata realizzata negli Stati Membri. Le principali cause sono probabilmente imputabili alla generale mancanza di supporto politico e a dei quadri normativi complessi, oltre che alla pandemia da COVID-19 per quanto riguarda il 2020. Nonostante vi sia un enorme potenziale inutilizzato che in alcuni stati membri supera addirittura l'attuale domanda di elettricità, se si escludono gli impianti toscani, grazie ai quali l'Italia mantiene una posizione di leadership in UE per potenza installata, in molti mercati europei il settore geotermoelettrico non ha ancora superato la fase legata allo sviluppo di siti dimostrativi pilota. Non si dispone di dati sull'utilizzo diretto di calore nei processi produttivi, che tuttavia oggi presentano interessanti applicazioni, che vanno dal settore dell'agrifood, a quello cartario; nel 2020 esistevano circa 350 teleriscaldamenti geotermici in Europa, con una potenza</p>

termica installata superiore ai 6 GW. Il mercato dei teleriscaldamenti geotermici ha un maggiore dinamicità rispetto a quello geotermoelettrico, sebbene nel 2020 abbia subito una battuta di arresto a causa della pandemia. Sempre secondo il Market Report di EGEC, la capacità totale installata in Europa nel 2020 per quanto riguarda i sistemi a pompa di calore è stata stimata intorno ai 27 GW termici, con 2,1 milioni di impianti. Lo sviluppo di questo settore, dove l'Italia è tra gli ultimi paesi per numero di impianti installati, ha subito una battuta di arresto nel 2020.

Malgrado quanto sopra riportato, sono emerse nuove sfide per la geotermia, che si sono sommate a quelle già esistenti connesse ai temi della competitività tecnologica. Un'ulteriore espansione di questo mercato è, infatti, limitata da preoccupazioni sociali e ambientali, spesso strettamente legate alle possibilità tecnologiche. Per superare ciò e continuare a incrementare l'impiego dell'energia geotermica, e servirsi del calore della Terra per produrre elettricità ed usare direttamente l'energia termica, è necessario un nuovo modello di governance che rispetti i territori e ne promuova lo sviluppo sostenibile. Questo modello può essere chiamato Geothermal Energy 2.0 con obiettivi molto chiari verso lo sviluppo sostenibile, la vocazione territoriale e i piani aziendali dei soggetti industriali. Per raggiungere questi obiettivi le autorità regionali dovrebbero ascoltare le comunità locali, coinvolgere i comuni nei processi decisionali e raccoglierne le osservazioni.

Per quanto riguarda le tecnologie per l'utilizzo della geotermia, si distinguono due principali ambiti:

- 1) le tecnologie per la produzione di energia elettrica e quelle per l'uso diretto del calore che impiegano fluidi caldi (superiori alla temperatura ambiente) provenienti da acquiferi sotterranei a profondità variabili, da pochi metri a diversi chilometri di profondità (Deep Geothermal), e che quindi sfruttano il gradiente geotermico;
- 2) le tecnologie collegate alle pompe di calore geotermiche (GSHP, Ground-Source Heat Pump), che sfruttano la relativa stabilità termica del sottosuolo per climatizzare gli ambienti, attraverso sistemi a circuito chiuso o aperto, installati solitamente entro poche decine o centinaia di metri di profondità (Shallow Geothermal).

Tecnologie da sviluppare

Alla luce delle distinzioni riportate sopra, le tecnologie ed i servizi per i quali è richiesto un percorso di sviluppo in Toscana riguardano:

o Geotermia profonda:

- Sviluppo di scambiatori di calore direttamente all'interno del pozzo, al fine di indentificare la migliore tecnologia per l'estrazione del calore dal sottosuolo, senza il prelievo di fluidi geotermici;
- Sistemi per l'accumulo dell'energia elettrica prodotta, dell'energia termica ed accumulo termoelettrico. Alcune di queste tecnologie hanno già un'applicazione commerciale, tuttavia necessitano di essere migliorate, al fine di aumentarne l'efficienza e le capacità di accumulo, oltre che per la flessibilizzazione del carico ed uso della Geotermia per applicazioni di accumulo (Storage Termoelettrico);
- Sistemi a ciclo binario per la produzione di energia elettrica da fluidi a media entalpia;
- Reiniezione dei fluidi e dei gas estratti nelle formazioni geologiche di provenienza. Questa tecnologia, importante da un punto di vista ambientale e di sostenibilità di utilizzo della risorsa, è ad oggi applicata in Toscana esclusivamente per la reiniezione de fluidi condensati nelle centrali geotermoelettriche, ma non dei gas. Tale limitazione è dovuta principalmente alle temperature e alle percentuali elevate di gas non condensabili presenti nei campi

- geotermici toscani, che comportano problematiche tecniche ed economiche alla reiniezione completa dei gas non condensabili;
- Sistemi di compressione e liquefazione di gas non condensabili e CO₂ contenuti nei fluidi in uscita dalla centrale geotermoelettrica;
 - Utilizzo di fluidi di lavoro atossici, non infiammabili e ambientalmente compatibili negli impianti a ciclo binario;
 - Tecnologie per la mitigazione degli impatti generati dalle centrali geotermiche, attraverso:
 - Miglioramento e sviluppo di sistemi per lo smaltimento dei fanghi di perforazione, nonché utilizzo di materiali biodegradabili;
 - Utilizzo di materiali nanocompositi e biodegradabili, che consentano di ridurre le perdite di fluidi durante la fase di perforazione, attraverso un'azione sigillante nelle cavità delle pareti dei pozzi, nonché riduzione della quantità di agenti chimici durante il lavaggio dei pozzi;
 - Miglioramento e sviluppo di sistemi efficienti per la riduzione delle emissioni elementari (particolato, aerosol, gas) con potenziali effetti negativi sull'ambiente;
 - Mitigazione degli impatti sul paesaggio;
 - Riduzione dell'uso di suolo, riferita sia agli impianti per l'utilizzo del calore geotermico, che alla fase di perforazione e costruzione;
 - Impiego di nuovi inibitori di scaling a ridotto impatto ambientale.
 - Utilizzo dei prodotti di scarto, contenuti nei fluidi a seguito della valorizzazione della risorsa (p.e. CO₂, calore ed altri elementi come metalli e NH₃) e che possono avere un valore commerciale;
 - Sviluppo di nuove tecniche di esplorazione, anche attraverso l'impiego di droni ed immagini satellitari;
 - Sviluppo di nuove tecniche di perforazione, soprattutto in relazione alle alte profondità e alla gestione di risorse ad elevato contenuto energetico, ovvero altissima temperatura e pressione (p.e. fluidi supercritici) dei serbatoi geotermici;
 - Sviluppo di cicli supercritici a CO₂ per la geotermia, integrati con distribuzione di caldo/freddo (reti di district heating/cooling);
 - Pompe sommergibili di elevata potenza, per alte profondità e temperature;
 - Scambiatori e separatori di superficie resistenti allo scaling e alla corrosione;
 - Air coolers ad elevate prestazioni, limitato ingombro e bassa rumorosità;
 - Studio di eiettori a vapore ad alte prestazioni;
 - Upgrading delle turbine a vapore:
 - Applicazione di nuovi materiali palette e rotore di turbine a vapore al fine di aumentare la resistenza all'ambiente corrosivo dovuto al vapore da pozzo geotermico ed aumentare gli intervalli di manutenzione;
 - Nuovi moduli di scarico laterale per turbina a vapore doppio flusso di espansione;
 - Nuove tecnologie di protezione per pale rotoriche al fine di aumentare la resistenza all'erosione dovuta a microgocce di vapore condensato nella sezione di bassa pressione turbina;
 - Tecnologie costruttive (saldatura, riporti) per proteggere cassa e rotore dalla corrosione.
 - Sviluppo di sistemi ibridi altamente efficienti:
 - Utilizzo della risorsa geotermica suddivisa fra turbina a vapore (topping) e sistemi ORC per lo sfruttamento della brina a bassa temperatura e del residuo acquoso di flash;

- Sistemi ibridi di utilizzo della risorsa geotermica e calore (vapore) da altre fonti rinnovabili (biomasse, solare) per aumento dell'efficienza complessiva di impianto a parità di emissione di CO₂;

- Sistemi flessibili, per una integrazione efficace della geotermia nelle reti elettriche, come fonte di backup alle fonti rinnovabili con disponibilità non costante nel tempo, come ad esempio fotovoltaico e solare;
- Laboratori e siti sui quali effettuare dimostrazioni e prove sperimentali;
- Impiego della risorsa geotermica in processi produttivi particolarmente energivori;
- Impiego della risorsa geotermica per il raffrescamento degli ambienti e la produzione di freddo per attività produttive.

o Geotermia superficiale:

- Sviluppo di fondazioni energetiche innovative mediante l'integrazione di sistemi a sonda geotermica in micropali di fondazione;
- Ottimizzazione dei sistemi a sonda geotermica, closed loop;
- Sviluppo di tecnologie di perforazione innovative che mitigano i costi di realizzazione impianti geotermici superficiali;
- Sviluppo di materiali e/o formulazioni performanti in grado di migliorare le prestazioni dei sistemi di geoscambio superficiali e lo stoccaggio di energia termica sotterranea;
- Efficientamento dei sistemi di accumulo termico sotterraneo;
- Monitoraggio e mitigazione degli impatti potenziali sugli acquiferi superficiali;
- Modelli per mitigare l'interazione in un sistema composto da più sonde geotermiche verticali;
- Laboratori e siti sui quali effettuare dimostrazioni e prove sperimentali, con particolare riferimento ai sistemi alimentati da pompe di calore geotermica;
- Migliore conoscenza del potenziale per sviluppo impianti a pompa di calore geotermica.

o Applicazione diffusa di metodologie LCA, LCC e Social LCA alle soluzioni tecnologiche implementate.

Gli ambiti applicazione

Transizione digitale, economia circolare PMI;
Energia e Green Economy.

Principali contesti territoriali di applicazione

- Teleriscaldamento e teleraffrescamento geotermico (risorse a bassa e media temperatura e/o abbinate ad altre fonti energetiche): in tutti i contesti urbani, anche centri storici, all'interno o al di fuori delle aree geotermiche toscane (area tradizionale e amiatina);
- Toscana centro-meridionale e meridionale per quanto riguarda la geotermia profonda con temperature medie e alte, dedicate sia alla generazione elettrica che agli usi diretti del calore;
- Tutta la regione per la geotermia superficiale (con riferimento anche alle aree periferiche e rurali non servite da reti di teleriscaldamento);
- Comparto florovivaistico (serre);
- Sistemi di conversione elettrica;
- Reti di trasmissione del calore;
- Reti elettriche;
- Generazione di freddo a moderata entalpia;
- Sistemi per la dissalazione;
- Sistemi di stoccaggio termico;

- Meccanica avanzata per:
 - - Turbine
 - - Dispositivi per perforazione profonda
 - - ORC
- “accettabilità e sostenibilità sociale” finalizzate a migliorare il contesto endemico e sociale, ovvero l’insieme territoriale compreso in tutte le sue dimensioni definitorie, nel quale è collocata l’implementazione, la produzione e l’uso delle tecnologie relative alla geotermia ed alle rinnovabili o utilizzo plurimo di fluidi a bassa entalpia;
- Tecnologie legate al settore ICT;
- Agrifood;
- Chimica.

Target temporali di sviluppo e adozione della tecnologia (target, tempi, fattori critici)

- I tempi per la realizzazione degli impianti sono relativamente brevi. I progetti pilota (replicabili) sono immediatamente realizzabili a varie scale e le tempistiche per le varie tecnologie indicate sopra necessitano da 2 a 5 anni;
- Espansione delle applicazioni per gli usi diretti del calore geotermico, inclusi i sistemi per la generazione di freddo e fresco entro il 2025;
- Aumento del numero dei sistemi di teleriscaldamento nelle aree geotermiche entro il 2025;
- Obiettivo per i primi impianti ad emissioni Zero in esercizio in Toscana: entro 2025-2026:

Fattori critici:

- Tempi per esito positivo procedure VIA ed altre autorizzazioni a livello locale, regionale e nazionale, con conseguente staticità del mercato e riduzione degli investimenti in geotermia. Nonostante la disponibilità della risorsa, diversi soggetti ormai vedono il settore come una linea di business nella quale è incerto il recupero di investimenti in R&S a breve-medio periodo;
- Selezione di tecnologie base (sia hardware che software) compatibili tra loro, dal punto di vista tecnologico (tempi di calcolo, precisione delle misure, cablatura efficiente di sensori e controllori automatici, ecc.), ma anche teorico per la parte modellistica (scale di tempo, assunzioni fisiche di base, ecc.);
- Mancanza incentivi allo sviluppo di nuovi impianti e a copertura del rischio minerario;
- efficienza energetica delle tecnologie (chiller) e Costo totale dell’unità di energia frigorifera prodotta.

Asset strategici

Bacini di competenze territoriali legati allo sviluppo della roadmap

- Metalmeccanica; impiantistica; know-how tecnico e scientifico su materiali, processi e progettazione di componenti e sistemi per l’energia.
- A livello regionale vi sono soggetti che lavorano ed hanno competenze nel settore ingegneristico, per la progettazione e realizzazione impiantistica e delle differenti componenti (p.e. turbine, valvole, sistemi di automazione, sistemi di perforazione, ecc.). Inoltre, grazie ad oltre un secolo di coltivazione geotermica a fini industriali, vi sono elevate conoscenze e competenze geologiche per la caratterizzazione delle risorse e modellistica di serbatoio sono elevate, in particolare nelle due aree geotermiche toscane.

- Centri di competenza avanzata in materia di geotermia, finalizzati a contribuire alla diffusione dell'innovazione e al trasferimento delle tecnologie per la caratterizzazione delle risorse e valorizzazione del calore del sottosuolo, con particolare attenzione ai suoi usi diretti.

Principali stakeholders regionali industriali (sviluppo/applicazione)

- Baker Hughes (Nuovo Pignone): sviluppo industriale delle tecnologie e servizi impiantistici di superficie (leader a livello internazionale nella progettazione e realizzazione di turbine). Con l'acquisizione di Baker and Huges è stato conseguito know how anche nel settore del drilling in ambito geotermia profonda;
- ENEL Green Power, sviluppo tecnologico per:
 - ottimizzare gestione impianti di produzione elettrica;
 - sistema di abbattimento delle emissioni AMIS (Abbattimento Mercurio e Idrogeno Solforato);
 - centrali geotermiche ibride;
 - sistemi di perforazione in condizioni critiche;
- la Rete Geotermica che comprende operatori industriali interessati alla produzione geotermoelettrica (soggetti toscani ed extraregionali);
- Amiata Energia spa: teleriscaldamento geotermico di Santa Fiora;
- Soggetti del settore agroalimentare che utilizzano il calore geotermico: Grandi Salumifici Italiani, Podere Paterno e San Martino (caseifici), Vapori di Birra (birrificio), Parvus Flos e Floramiata (serre);
- GES spa: teleriscaldamento aree geotermiche toscane;
- ESCO e PMI (p.e. Terraenergy, Ecogeo, Idrogeo) per progettazione ed installazione di campi sonde e sistemi di climatizzazione geotermica;
- Comuni e amministrazioni locali nei territori che beneficiano di impianti di teleriscaldamento (e le loro utenze), oltre a piscine riscaldate con geotermia;
- CoSviG (CEGLab – Laboratorio del Centro di Eccellenza per la Geotermia di Larderello), operativo sulle differenti tipologie di geotermia, anche nella formazione e nella ricerca, con particolare riferimento agli usi diretti del calore;
- GEOVEDA, progetto pilota per un datacenter raffreddato con geotermia;
- Schumblger– GeothermEx, sviluppo della ricerca, delle tecnologie e dei servizi del sottosuolo (leader a livello internazionale nel settore subsurface);
- Opus automazione: automazione, diagnostica e IoT, banchi di prova;
- Larderello impianti: opera nel settore geotermico sia per quanto riguarda la ricerca (perforazioni), che per la trasformazione in energia, offrendo servizi di costruzione e manutenzione di centrali geotermiche e impianti di teleriscaldamento;
- Polo Magona: progettazione e realizzazione di prototipi per abbattimento di inquinanti da correnti gassose, come ad esempio il trattamento dei vapori geotermici a secco per l'abbattimento di HCl;
- P.E.S. Srl: manutenzione impianti geotermici, ingegneria multidisciplinare centrali geotermoelettriche.

Principali stakeholders regionali della ricerca (sviluppo/applicazione)

- CNR;
- CSGI – Consorzio per lo Sviluppo dei Sistemi a Grande Interfase;
- Tutte le Università toscane, con particolare riferimento a UNIPI, UNIFI, UNISI e SSSUP;
- INGV.

Posizionamento internazionale delle stesse (leadership o followership)

Leadership. Gli stakeholder toscani e gli enti di ricerca collaborano e in alcuni casi coordinano numerose iniziative nazionali ed europee, come progetti finanziati da Horizon 2020 e piattaforme tecnologiche.

Stakeholders/competitors extra regionali

- Atlas Copco: turbine;
- Mitsubishi: turbine;
- Fuji: turbine;
- Ormat: tecnologia ORC e turbine;
- Exergy S.p.a.: tecnologia ORC, sistemi ibridi e turbine;
- Turboden S.r.l.: tecnologia ORC, sistemi ibridi e turbine;
- Ansaldo-Tosi: turbine, componenti impianti produzione elettrica;
- Alfa-laval: scambiatori di calore;
- HERA, AIM, A2A: teleriscaldamento geotermico;
- Golder Associates, studio e riduzione degli impatti ambientali (leader a livello internazionale nel settore ambiente);
- Serengeo, Georicerche, Enervals, GeoNet: progettazione e realizzazione di sistemi a bassa entalpia, impianti a pompa di calore geotermica, campi sonde, indagini termiche sui terreni;
- Per la costruzione delle pompe di calore non sono state individuate aziende che possono progettare impianti di grande potenza (ad es., le pompe installate presso la centrale di Milano-Canavese provengono dalla Svizzera). Sono invece numerose le PMI impegnate nello sviluppo di impianti a pompa di calore geotermica, sistemi di geoscambio e UTES. Interlocutori industriali importanti si trovano comunque nel Triveneto (p.e. Clivet) e nel Lazio (p.e. Rossato);
- Nel mondo i costruttori di eiettori sono relativamente pochi (Shutte Koerting, Graham, GEA Wiegand, Transvac) e si occupano prevalentemente di eiettori per l'industria petrolifera;
- Rotork: sistemi automazione per geotermia e teleriscaldamento;
- AUMA: attuatori elettrici valvole geotermia;
- Cluster Tecnologico Nazionale Energia.

Principali partnership esistenti

Principali progetti europei di ricerca sviluppo innovazione (titolo/programma/obiettivo)

- **ETIP-DG** (*Support to activities of the European technology and innovation platform on deep geothermal*) Horizon2020. Fornire supporto alla Piattaforma Europea sulla geotermia profonda, ampliando le attività di segreteria scientifica;
- **GEMex** (*Cooperation in geothermal energy research Europe-Mexico for development of hot enhanced (hotEGS) and super hot geothermal (SGHS) systems*) / Horizon2020;
- **DESCRAMBLE** (*Drilling in supercritical geothermal condition*) /Horizon2020 / studiare e perforare zone profonde del campo geotermico di Larderello, in Toscana, e verificare le condizioni chimico-fisiche profonde per valutare la possibilità di produrre energie elettrica a calore;
- **MATChING** (*Materials & Technologies for Performance Improvement of Cooling Systems in Power Plants*) / Horizon2020 / Attraverso l'impiego di una torre refrigerante ibrida, già utilizzata nell'ambito della refrigerazione industriale denominata "wet & dry", il progetto si prefigge di ridurre la quantità di evaporato della torre refrigerante a parità di scambio termico, con un conseguente incremento dell'acqua da destinare alla reiniezione;
- **IMAGE** (*Integrated Methods for Advanced Geothermal Exploration*) / Horizon2020 / progetto di ricerca dedicato a metodi integrati per l'esplorazione geotermica;

- **Geothermal ERA-NET** / EU-FP7 / progetto volto a promuovere la cooperazione tra gli operatori e gli amministratori di programmi di ricerca nazionali nell'ambito della geotermia;
- **GEOELEC** (*To Develop Geothermal Electricity in Europe to have a renewable energy mix*) / Intelligent Energy Europe / stimolare banche e potenziali investitori a finanziare la produzione dell'energia elettrica da fonte geotermica;
- **GECO** (*Geothermal Emission Gas Control*) / Horizon 2020 / per la produzione di energia geotermica a costi e impatti ambientali ridotti, grazie alla riduzione delle emissioni di carbonio e di zolfo in tutta Europa e nel mondo. Il fulcro di questo progetto è l'applicazione di una tecnologia innovativa, recentemente sviluppata e dimostrata con successo su scala pilota in Islanda, che può limitare la produzione di emissioni da impianti geotermici condensando e reiniettando gas, o trasformando le emissioni in prodotti commerciali;
- **GEOENVI** (*Tackling the environmental concerns for deploying geothermal energy in Europe*) / Horizon 2020 / rispondere alle preoccupazioni della società civile fornendo chiarimenti, raccomandazioni, metodologie e nuove valutazioni della sostenibilità ambientale della produzione di energia elettrica e termica per il riscaldamento e raffreddamento mediante l'utilizzo di risorse geotermiche profonde, per fare in modo che questa fonte energetica possa giocare, in maniera sostenibile, il suo ruolo nel futuro mix energetico europeo;
- **GeoSmart** (*Technologies for geothermal to enhance competitiveness in smart and flexible operation*) / Horizon 2020 / Sviluppo di metodi per immagazzinare energia termica quando la domanda di elettricità della rete è bassa, in modo che, all'aumentare della domanda, ve ne sia una quantità sufficiente da liberare. Il progetto prevede inoltre di creare un sistema di raffreddamento ibrido per l'impianto a ciclo organico Rankine che prevenga la degradazione dell'efficienza dovuta ai cambiamenti stagionali. Complessivamente, le tecnologie GeoSmart consentiranno agli impianti geotermici di rispondere in maniera efficiente sotto il profilo dei costi alle diverse esigenze di calore ed energia;
- **CARESS** (*CARbonate REservoir Soft Stimulation*) per la sperimentazione di tecniche per aumentare la fratturazione delle rocce carbonatiche, con jet-drilling e reazioni chimiche, senza produrre effetti ambientali rilevanti;
- **DEGEOS-4SD** (*DEep-GEOthermal System FOR its Sustainable Deployment*) / Horizon2020 / identificazione di risorse ed il rischio collegato all'incertezza del dato e lo sviluppo di un sistema informativo condiviso tra i paesi partecipanti (Spagna, Portogallo e Italia).

Altri partenariati europei

Geo Energy Europe si tratta di un metacluster composto dai principali cluster europei che operano nel settore della geoenergia, incluso il DTE²V. Il progetto è cofinanziato dal programma della Commissione Europea COSME - Clusters Go International ed è volto ad aiutare le piccole e medie imprese (PMI) europee a penetrare nei mercati di paesi terzi, tra cui in particolare: Kenya, Cile, Canada e Nuova Zelanda. Tale obiettivo è perseguito anche attraverso attività di sviluppo e potenziamento delle capacità di tali imprese. L'obiettivo del progetto è quello di promuovere sinergie ed opportunità di collaborazione tra stakeholder del settore geotermico europei e attori attivi in mercati geotermici di rilievo a livello globale, come quello indonesiano, giapponese ed alcuni paesi del centro America e dell'area della Rift Valley africana, oltre che in Nuova Zelanda.

EuGeoReg. Si tratta di una partnership delle regioni europee coordinata dalla Regione Toscana e costituita nell'ambito della Piattaforma S3 per l'energia, gestita dal JRC della Commissione Europea. La Regione Toscana, insieme a Regione Lombardia ed altre regioni europee di Scozia, Olanda, Spagna, Isole Canarie, Finlandia, Ungheria, Turchia, hanno costituito il Partenariato S3 per la geotermia 2.0 (EuGeoReg), una partnership europea interregionale sulla specializzazione intelligente, i cui obiettivi sono quelli di promuovere una maggiore diffusione degli utilizzi del calore del sottosuolo, considerato peraltro che l'energia geotermica, a vari livelli di temperatura, è

una rinnovabile che presenta un enorme potenziale, ancora sottoutilizzato in Europa, e che si prevede possa giocare un ruolo fondamentale nella transizione verso una società più sostenibile e fossil-free, e condividere conoscenze e attività con la Commissione Europea, oltre che trovare complementarietà per il lancio di iniziative di comune interesse in ambito geotermico.

Principali partner europei

- o EPFL (CH), IFPEN(FR);
- o esistono consolidate collaborazioni accademiche tra il THERMOGROUP e l'Università Cattolica di Louvain, l'Università di Nottingham, l'Università Federale degli Urali, la NTNU e il SINTEF in Norvegia e il GeorgiaTech;
- o EGEC (*European Geothermal Energy Council*);
- o Centri di ricerca Helmutz (UFZ, GFZ);
- o Siram Spa (Gruppo Veolia);
- o EERA-JPGE (*European Energy Research Alliance – Joint Programme Geothermal Energy*).

TOPIC BIOENERGIE

Descrizione

Secondo i dati pubblicati dal Rapporto GSE, nel 2019 la potenza degli impianti alimentati con le bioenergie (biomasse, biogas, bioliquidi) rappresenta il 7,4% della potenza complessiva degli impianti alimentati da FER installati in Italia. La maggior parte degli impianti è di piccole dimensioni, con potenza inferiore a 1 MW. Nel corso del 2019 la produzione da bioenergie è pari a 19.563 GWh, pari al 16,9% della produzione totale da fonti rinnovabili. Il 43,8% dell'energia elettrica da bioenergie è stata prodotta in impianti di potenza superiore a 10 MW, il 41,8% in quelli di potenza inferiore a 1 MW e il restante 14,4% in impianti appartenenti alla classe intermedia, tra 1 e 10 MW.

A livello regionale, nello stesso anno in Toscana si contano 155 impianti (5,3% del totale nazionale) con una potenza installata pari a 165,5 MW (4% del totale nazionale). La produzione lorda degli impianti regionali alimentati a bioenergie è pari a 557,9 GWh così strutturata: 59,9 GWh RU bio, 280 GWh biogas, 196,1 GWh bioliquidi, 21,8 GWh altre biomasse. Inerentemente al settore termico nel 2019 si registrano 17.576 TJ di energia termica da biomassa consumati nel settore residenziale (6,7% del totale nazionale) e 475 TJ nel settore non residenziale (5,3% del totale nazionale).

Secondo il Report *Toscana Green 2050* redatto dall'Università di Pisa, la potenziale di disponibilità di biomassa residuale (scarti agricoli, reflui di allevamenti, manutenzione dei boschi e del verde urbano, frazione organica dei rifiuti dal settore civile e da quello industriale, depurazione reflui civili ed industriali) è elevato pari a circa 2 Mt/anno, di cui una parte oggi dedicata alla produzione energetica di calore e energia elettrica ed una piccola parte alla produzione di biocombustibili.

La combustione diretta delle biomasse ligno-cellulosiche è utilizzata per la produzione di energia termica o, tramite accoppiamento con cicli ulteriori, per la produzione di energia elettrica o cogenerazione. Il *feedstock* di partenza è biomassa solida legnosa, proveniente dal comparto forestale o agricolo, utilizzata in forma di ciocchi di media pezzatura, *briquettes*, *cippato* o *pellet*. Le ultime due forme posseggono *standard* di classificazione e commercializzazione che riguardano varie caratteristiche, tra cui grado di umidità e dimensione. Tra i materiali utilizzati si cita anche

l'utilizzo di paglie che necessitano apposite tecnologie. Gli impianti residenziali possono essere alimentati a pezzi di legna, cippato o pellet, con potenza termica dai 10kW fino a 1-2MW. Le taglie più piccole sono costituite da caldaie di dimensioni contenute mentre l'estremo superiore si sovrappone in parte alla categoria industriale a letto fisso ed è generalmente associato a reti di teleriscaldamento o impianti per la generazione di energia o di cogenerazione.

Le reti di teleriscaldamento si sono discretamente diffuse sul territorio regionale grazie agli incentivi erogati nel passato. La produzione di calore avviene tramite caldaie di piccola/media taglia alimentate a cippato o pellet. Sebbene molti impianti riescano a garantire i rendimenti di produzione previsti per la specifica tipologia di impianto, altri presentano carenze strutturali dovute ad una progettazione sommaria che non ha tenuto in considerazione i costi di gestione e le perdite di rete. Risulta comunque possibile lo sviluppo di sistemi di recupero termico e/o integrazione con altre fonti energetiche rinnovabili, assieme ad una integrazione con sistemi di gestione energetica.

In conseguenza delle attuali policy internazionali si attende nei prossimi anni un taglio degli incentivi finora disponibili per la produzione di energia e calore da questa fonte. Inoltre, tali applicazioni iniziano ad essere avversate sul piano ambientale a causa della produzione di particolato durante la combustione che si riversa nei gas combusti scaricati in atmosfera. Per attivare azioni concrete finalizzate al miglioramento della qualità dell'aria, la Giunta della Regione Toscana con propria deliberazione ha deciso di aderire al "*Protocollo d'Intesa per la promozione di azioni e di iniziative finalizzate alla riduzione delle emissioni degli impianti termici alimentati a biomasse legnose*" già sottoscritto dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare (MATTM) e da AIEL, Associazione Italiana Energie Agroforestali, in rappresentanza delle imprese che operano nella filiera legno-energia: imprese boschive, produttori e distributori di legna, cippato, pellet, costruttori di caldaie e apparecchi domestici, installatori e manutentori.

La produzione di Biogas da digestione anaerobica è una tecnologia matura, utilizzata ad oggi principalmente per la produzione di Energia Elettrica o Cogenerazione. È possibile utilizzare diverse tipologie di *feedstock* come substrati per la digestione, con differenti rese in termini di biogas e percentuale di metano (effluenti zootecnici, residui colturali, scarti e sottoprodotti da industria agro-alimentare, colture dedicate). Il biogas in uscita dal digestore è generalmente composto da: CH₄ (50-75%), CO₂ (25-45%), H₂ (1-10%), H₂S e acqua (vapore). Come residuo della digestione si ottiene anche il digestato, un buon materiale fertilizzante utilizzabile in agricoltura. Nell'ottica di un utilizzo del biogas in impianti di cogenerazione, il passaggio successivo è la sua depurazione, che comporta la rimozione di vapore acqueo e idrogeno solforato H₂S con lo scopo di evitare la corrosione e il malfunzionamento dei motori. Il biogas così depurato viene utilizzato in motori Diesel, a ciclo Otto modificato o in turbine a gas. Il tipico rendimento elettrico oscilla tra 28 e 42%, quello termico fra 40 e 50%, in funzione della taglia dell'impianto. Per la conversione del biogas in biometano, in ottica di utilizzo per trasporti o immissione in rete, deve essere considerato anche un passaggio di *upgrading*, per la rimozione della CO₂ presente.

Il biometano sta trovando applicazione commerciale, oltre che nella tradizionale forma compressa a temperatura ambiente (GNC, Gas Naturale Compresso) anche in modo innovativo come biometano liquido (GNL, Gas Naturale Liquido), con pressioni ridotte e temperature criogeniche. Il settore di applicazione è quello dei trasporti pesanti, utilizzato in motrici apposite dotate di serbatoi fortemente coibentati. L'uso del biometano allo stato liquido consente di aumentare fortemente la densità e quindi garantire autonomie comparabili con quelle di motrici diesel, recuperando il tradizionale svantaggio che ne impediva l'utilizzo in tale settore. I vantaggi invece sono tutti di tipo ambientale, in quanto le emissioni di particolato sono praticamente annullate e anche i livelli di emissione sonora sono fortemente ridotti. Il mercato per adesso è di nicchia ma in

forte espansione.

Dati ARSIA evidenziano come il quantitativo di reflui zootecnici toscani (bovini, suini e avicoli) ammonti a circa 1.900.000 t/anno, corrispondenti a un potenziale energetico collegato alla produzione di biogas pari a circa 665.000 GJ/anno. A questi si possono aggiungere i residui agricoli fermentescibili ed i reflui agroindustriali dei settori lattiero-caseario, del vino e della macellazione, con un apporto stimato in 335.000 GJ/anno. Infine le 22.000 t di sanse esauste residue della filiera dell'olio toscano, potrebbero apportare ulteriori 350.000 GJ/anno, arrivando ad un apporto totale potenziale stimato in 1.350.000 GJ/anno. Ovviamente si deve considerare che parte di questi residui potrebbe già avere una propria destinazione di utilizzo interna all'azienda o commerciale.

La gassificazione è un processo di conversione termochimica, che avviene in parziale assenza di ossigeno, nel quale un combustibile solido viene trasformato in un combustibile gassoso. La biomassa, portata ad alta temperatura (900-1.000°C) si decompone producendo un gas combustibile a basso potere calorifico (*syngas*) lasciando un residuo solido ricco in carbonio (*char*). In seguito al raffreddamento i composti organici condensabili formano una fase liquida scura (*bio-olio* o *tar*). Il processo avviene con l'ausilio di un agente di gassificazione che generalmente è aria, ma può essere anche ossigeno o vapore. L'aria è la tecnologia più semplice ma il gas ha basso potere calorifico a causa del molto azoto che lo "diluisce". Il *syngas*, con agente di gassificazione aria, ha una composizione tipica ben definita (N₂ 51-52%, CO 19-22%, H₂ 9-16,5%, CO₂ 9-14%, CH₄ 1,5-6%), un potere calorifico ridotto e un range tipico di 4,7-5,6 MJ/Nm³. Contenendo al suo interno diversi contaminanti come particolati (metalli alcalini, catrame, zolfo e cloro) prima di essere utilizzato in processi ulteriori il gas deve passare attraverso una accurata fase di pulizia. Alternativamente all'utilizzo per produzione di energia termoelettrica prevalente, esiste la possibilità di utilizzare il *syngas* per la produzione di biocombustibili: Biodiesel tramite processo Fischer-Tropsch, bio-metanolo e bio-DME.

La pirolisi è una degradazione termica in assenza di un agente ossidante. Dal combustibile di bassa qualità in ingresso si ricava un combustibile solido o carbone vegetale (*char*), un combustibile liquido (*bio-olio*, *tar*) e una miscela combustibile gassosa costituita prevalentemente da CO, CO₂, H₂ e CH₄ dotata di un contenuto energetico idoneo all'impiego in motori endotermici o turbine (PCI 15-22 MJ/Nm³). Sono inoltre presenti tracce di idrocarburi, vapore, azoto e vari contaminanti. Le proporzioni fra le frazioni solida, liquida e gassosa sono variabili e funzione dei parametri di processo come dimensione della biomassa in ingresso, temperatura, velocità di riscaldamento e tempo di ritenzione nel reattore.

In ultima analisi, si prendono in esame i biocombustibili e i biocarburanti. Dalla fermentazione dei vegetali ricchi di zuccheri, come canna da zucchero, barbabietole e mais, spesso prodotti in quantità superiori al fabbisogno, si può ricavare l'etanolo o alcool etilico, che può essere utilizzato come carburante per i motori a scoppio, in sostituzione della benzina. Dalle oleaginose (quali girasole, colza, soia) si può ottenere per spremitura il cosiddetto biodiesel. L'etanolo è utilizzato come carburante al posto della comune benzina in alcuni paesi dato il suo costo molto contenuto. Il Brasile è il paese dove più si fa uso di bioetanolo per autotrazione con il motore Flex e dove esistono grandi centrali di raffinazione di canna da zucchero, da cui si ottiene. Il bioetanolo è infatti un etanolo prodotto mediante un processo di fermentazione di prodotti o scarti agricoli ricchi di zucchero quali i cereali, le colture zuccherine, gli amidacei e le vinacce. In campo energetico il bioetanolo può essere utilizzato come componente per benzine, in percentuali fino al 20% senza modificare il motore, o anche puro nel Motore Flex. Il biodiesel è un biocombustibile liquido, trasparente e di colore ambrato, ottenuto interamente da olio vegetale (colza, girasole o altri), con

una viscosità simile a quella del gasolio per autotrazione ottenuto per distillazione frazionata del petrolio grezzo.

Per quanto riguarda l'Italia, le principali colture impiegate per la produzione di olio con utilizzi diversi da quello alimentare sono la colza e il girasole. Anche la soia può fornire olio, ma principalmente come co-prodotto, poiché l'alto contenuto proteico fa sì che sia utilizzata anzitutto per l'alimentazione zootecnica. Lo studio dell'ARSIA ha valutato in ambito toscano una disponibilità di superfici idonee per la coltivazione di specie oleaginose pari a circa 235.000 ha, di cui 164.000 ha per il girasole. Da tali valutazioni in termini di disponibilità di terreni agricoli, emerge una stima produttiva potenziale di circa 43.000 t/anno di biodiesel da girasole e colza, con una resa energetica di circa 1.600.000 GJ/anno. Alternativamente, considerando come output olio vegetale grezzo, questo potrebbe alimentare centrali elettriche per una produzione di 157 GWh/anno.

Tecnologie da sviluppare

Tra le principali tecnologie da sviluppare è da prendere in esame la conversione energetica tramite liquefazione (pirolisi e carbonizzazione/liquefazione idrotermale) ed upgrading di (1) biomasse, (2) rifiuti urbani e (3) rifiuti industriali in bioliquidi per generazione di energia e bioprodotto.

La liquefazione idrotermale è una tecnica di conversione della biomassa in biofuel. Solitamente il processo avviene a pressioni elevate (5-20 MPa) e temperature inferiori ai 400°C. Ciò che lo contraddistingue è l'utilizzo di acqua in condizioni subcritiche ($T_c=374$ °C e $P_c=22,1$ MPa). In questa maniera, la viscosità e la costante dielettrica dell'acqua diminuiscono e i composti organici si solubilizzano meglio. L'acqua perde le caratteristiche come solvente polare e diventa un solvente non polare per i composti organici della biomassa. L'aumento del prodotto ionico nell'acqua favorisce le reazioni di idrolisi della cellulosa, dell'emicellulosa e della lignina. I monomeri, a loro volta, subiscono decomposizione e degradazione, portando alla formazione di composti intermedi. I prodotti finali nascono dalla riorganizzazione di queste catene, mediante reazioni di polimerizzazione, condensazione e ciclizzazione. Le caratteristiche e le rese dei prodotti ottenuti variano a seconda delle condizioni operative. La biomassa è convertita in bio-crude, prodotti idrosolubili, bio-char e gas. Quindi, dal processo si ottengono quattro differenti correnti principali, che si distinguono in fase solida, acquosa, oleosa e gassosa. Bisogna specificare che il bio-olio ricavato non presenta le stesse caratteristiche termofisiche (viscosità, solubilità ecc.) e la stessa composizione del petrolio greggio. Pertanto, sono necessari dei trattamenti di upgrading per adeguarlo al combustibile presente in commercio.

Si descrivono poi di seguito alcune tecnologie/processi a carattere innovativo.

Il **biochar** è carbone vegetale che si ottiene sia come co-prodotto dalla pirolisi di diversi tipi di biomassa vegetale che tramite carbonizzazione. Nei due casi può avere caratteristiche differenti, anche la caratterizzazione di processo è molto differente: in un caso è un residuo della produzione di energia, nell'altro è il prodotto di un processo dedicato. Ha un elevato contenuto di carbonio (fino al 70%), alta porosità e buone capacità meccaniche. Essendo ammesso dal D. Lgs. 75/2010 degli ammendanti/fertilizzanti, è utilizzabile in agricoltura convenzionale e integrata, ma al momento non nel biologico. Prima di essere utilizzato in agricoltura deve essere analizzato e deve rispettare i parametri di legge. Utilizzato come ammendante del terreno assieme al compost in quantità di 10-30 t/ha, fornisce svariati benefici, sia agronomici che ambientali:

- aumenta la ritenzione idrica e quella degli elementi nutritivi, che rimangono più a lungo disponibili per le piante;

- migliora la struttura del terreno e le sue proprietà meccaniche;
- ha un impatto positivo sulle rese agricole (attorno al 10%), diminuendo il fabbisogno di acqua e fertilizzanti;
- consente uno stoccaggio a lungo termine del carbonio nel suolo.

Grazie alle sue proprietà può essere utilizzato su terreni marginali/difficili, anche allo scopo di arginare i processi di desertificazione in atto. Aumentando le rese dei terreni e rendendoli più resilienti, ne promuove la coltivazione e migliora le redditività delle aziende agricole, generando ritorni socioeconomici positivi. Una recente analisi condotta da Ibi (*International Biochar Initiative*) ha mostrato che il prezzo di mercato del biochar, in uno scenario internazionale, varia da 90 a 5.000 USD/t. Tale forbice trova ragione nel diverso grado di sviluppo delle economie dei paesi analizzati e nei diversi tipi di colture in cui può essere inserito. Alcuni metodi di formazione del costo del biochar possono riferirsi all'aumento di valore generato dal suo utilizzo in termini di incremento delle rese; in alternativa riferirsi al suo valore sul mercato dei crediti di carbonio.

Un altro aspetto a carattere innovativo è l'**utilizzo delle bioenergie nel mercato di bilanciamento della rete elettrica**. I mercati di bilanciamento sono utilizzati per correggere errori previsionali nei dispacciamenti delle centrali elettriche, in modo da garantire che la richiesta di energia elettrica sia sempre soddisfatta da un corrispondente livello di produzione.

Tali mercati possono garantire alle centrali che vi partecipano un tasso di utilizzo più basso, però offrono remunerazioni più alte. Questo aspetto può rendere economicamente competitive le biomasse, specialmente se supportate da incentivi legati al minore impatto ambientale e al risparmio in termini di CO₂ che il loro utilizzo comporta rispetto ai combustibili fossili. In uno scenario che vede crescere fortemente la componente rinnovabile, non dispacciabile, come solare fotovoltaico ed eolico, le bioenergie possono avere un ruolo rilevante nel rimpiazzare l'attributo di controllabilità offerto dagli impianti a combustibili fossili nell'ambito della generazione di energia elettrica, quando questi ultimi saranno rimossi dal sistema energetico europeo. Ciò consentirebbe di garantire la presenza di generatori sincroni connessi alla rete, che agiscano come riserve per il controllo di frequenza. Le bioenergie potranno essere altrettanto importanti anche nell'apporto in termini di stagionalità: in inverno la produzione solare crolla, mentre sale la richiesta per elettricità e calore: una cornice adatta all'utilizzo di sistemi CHP, che mostra una chiara sinergia a livello stagionale fra fotovoltaico e biomassa.

Nell'ambito dei **bioliquidi**, biodiesel e OVP sono direttamente utilizzabili in motori per il bilanciamento della rete, in quanto stoccabili e disponibili al momento della necessità. La fattibilità economica è comunque poco favorevole in confronto con i combustibili fossili (meno costosi), dato il basso fattore di utilizzo di tali sistemi. Un indirizzo che riscuote maggiore interesse è l'uso nella fase di riscaldamento delle caldaie dei grandi impianti a carbone: in quest'ambito un impianto tipico consuma dai 1000 ai 20.000 m³ di carburante all'anno e la probabile richiesta di maggiore flessibilità in futuro non farà altro che rafforzare questi consumi. Dato l'utilizzo in bruciatori piuttosto che in motori alternativi o turbine, anche l'utilizzo di olio di pirolisi è contemplato in quest'ambito.

Le **micro-alghe** sono organismi unicellulari, di rapida crescita e con una efficienza fotosintetica più alta rispetto alla maggior parte delle piante terrestri. Queste due caratteristiche portano a rese teoriche per ettaro molto elevate. Inoltre, per la loro coltivazione è possibile utilizzare terreni marginali, senza alcun pregio agricolo evitando così competizioni nell'uso del suolo.

Le micro-alghe vengono infatti coltivate in acqua e i due metodi principali prevedono l'utilizzo di vasche a cielo aperto dette *Race Way Ponds* oppure l'utilizzo di sistemi di foto-bio-reattori.

Ciascuno dei due sistemi ha pregi e difetti: il primo ha minori costi di installazione ma scarso controllo sui parametri di processo e sulla purezza della biomassa rispetto ai foto-bio-reattori; i secondi hanno invece elevati costi energetici ma abbattano in maniera significativa le necessità di acqua per la reintegrazione delle perdite evaporative. La biomassa algale è composta da proteine (fino al 55%), lipidi (fino al 65-70%) e carboidrati (fino al 50%), con composizioni variabili in funzione della specie in oggetto.

Possono essere utilizzate per diverse applicazioni commerciali come: integratori alimentari, mangimi animali, cosmetici, farmaci, biomolecole per applicazioni specifiche e biocarburanti. Inoltre è possibile utilizzarle in impianti di digestione anaerobica per la produzione di biogas. I mercati di tipo *food* e *feed*, includendo farmaceutica e nutraceutica, hanno dimensioni relativamente piccole (intorno alle 25.000 t) ma alto valore unitario (30.000 – 100.000 USD/t). Altri mercati di riferimento, come la sostituzione di prodotti di origine petrolchimica e la produzione di biocarburanti, hanno dimensioni esponenzialmente maggiori ma prezzi unitari estremamente più bassi; il grado di purezza richiesto al prodotto viene però molto ridotto rispetto alle stringenti normative vigenti nei mercati di tipo food o farmaceutico.

Un'altra caratteristica significativa del processo di coltivazione delle micro-alghe è la presenza, fra i vari nutrienti di cui abbisognano, di una elevata quantità di CO₂ e quindi può essere visto come un metodo di cattura biologica. Nello specifico è un sistema di cattura e riutilizzo (*Carbon Capture and Utilization* – CCU), in quanto la CO₂ viene utilizzata per produrre biomassa algale e quindi prodotti commerciabili, possibilmente ad alto valore aggiunto. Alcuni esempi di ricerca in questo settore sono l'accoppiamento di sistemi di coltivazione di micro-alghe con centrali di produzione elettrica per il parziale recupero della CO₂ presente nei gas di scarico, oppure l'utilizzo, diretto o indiretto, delle micro-alghe per l'*upgrading* del biogas da digestione anaerobica in biometano.

In ultima analisi vengono prese in esame le **bioraffinerie**. Secondo la definizione della IEA (*International Energy Association*) una bioraffineria realizza la trasformazione sostenibile della biomassa in un insieme di prodotti commerciali come cibo, mangimi zootecnici, bioprodotto e biochemicals in energia (sotto forma di carburanti, elettricità o calore). Ciò è realizzabile sotto forma di processo, impianto o anche *cluster* di impianti.

Successivamente è possibile suddividere le bioraffinerie in funzione della produzione principale:

- Energia (biocarburanti, energia elettrica, calore, biogas);
- Bio-carburanti / Bio-prodotto (chimici o materiali).

In entrambi i casi i residui di produzione possono essere impiegati per ottimizzare la sostenibilità della catena produttiva.

Gli ambiti applicazione

Transizione digitale, economia circolare PMI;
Energia e Green Economy;
Smart Agrifood.

Principali contesti territoriali di applicazione

- Settore Agricolo;
- Settore Forestale;
- Settore Zootecnico;
- Settore Florovivaistico (serre);
- Settore della Chimica Verde (es. produzione di fertilizzanti ed ammendanti);

- Settore di produzione biocarburanti;
- Settore Rifiuti;
- Settore Energie Rinnovabili;
- Settore produzione e di servizi di consulenza;
- Settore Trasporti;
- Bioraffinerie;
- Industrie con richiesta di calore di processo (es. settore alimentare);
- Residenziale e turistico/alberghiero.

Target temporali di sviluppo ed adozione della tecnologia (target, tempi, fattori critici)

Un limite importante della biomassa combustibile è rappresentato dalla minore densità energetica rispetto ai combustibili tradizionali di origine fossile. Nel caso del legno, infatti, sono necessari fino a 5 m³ di legno per sostituire 1 m³ di combustibile tradizionale. La bassa densità energetica rende cruciali le operazioni di approvvigionamento, che diventano particolarmente onerose negli impianti di taglia medio-grande (potenza nominale superiore ad 1 MWe). Da qui la ricerca di soluzioni innovative che consentano la produzione di energia elettrica in piccoli impianti, molto più semplici da approvvigionare con risorse locali (filiera corta).

Altri elementi di criticità capaci di incidere sulle tempistiche dello sviluppo del comparto sono legati a:

- Esito positivo procedure VIA ed altre autorizzazioni a livello locale, regionale e nazionale;
- Costo totale dell'unità di energia frigorifera prodotta;
- Selezione di tecnologie base (sia hardware che software) compatibili tra loro, dal punto di vista tecnologico (tempi di calcolo, precisione delle misure, cablatura efficiente di sensori e controllori automatici, ecc.), ma anche teorico per la parte modellistica (scale di tempo, assunzioni fisiche di base, ecc.);
- La mancanza di una rete di professionisti capaci di progettare e installare in maniera adeguata è la principale causa di insuccesso tra gli impianti esistenti. Tali errori si manifestano in ogni fase, dalla scelta del luogo idoneo per un'installazione, il dimensionamento, sino agli aspetti gestionali (es. accumulatori inadeguati, depositi di combustibile difficilmente accessibili);
- Il sistema legislativo limita talvolta l'uso di residui agricoli vergini, trattati comunque come rifiuti speciali.

Le tempistiche di adozione delle tecnologie saranno collegate anche alla disponibilità nei prossimi anni di incentivi che possano dare impulso al turnover tecnologico prevedendo una "torsione verde" del comparto.

Asset strategici

Bacini di competenze territoriali legati allo sviluppo della roadmap

- Le aree forestali ed agricole, come definite in ambito nazionale, regionale e gestite tramite la PAC;
- Il settore rifiuti, suddiviso secondo gli operatori economici/industriali.

Principali stakeholders regionali industriali (sviluppo/applicazione)

A livello regionale si registrano importanti expertise. Tra i soggetti attivi nella filiera, oltre alle numerose Aziende agricole, si citano: Sfera, Waterfood, Bonini Piante, Parvus Flos, Techno

System, Graziella Green Power, Mugello Gestioni Energie, Lega Coop Toscana, CELL, CPTM, Toscana Ecoverde, Glax, Bioentech, IPT.

Principali stakeholders regionali della ricerca (sviluppo/applicazione)

- RE-CORD (*Renewable Energy Consortium for Research and Demonstration*);
- CRIBE (*Centro di Ricerca Interuniversitario sulle Biomasse da Energia*) e CiRAA (*Ricerche Agro-Ambientali "Enrico Avanzi"*);
- Università toscane.

Posizionamento internazionale delle stesse (leadership o followership)

Leadership

Stakeholders/competitors extra regionali

- Pezzolato – industria di cippatori per la produzione di combustibile legnoso e costruzione impianti di gassificazione di piccola taglia;
- UNICONFORT – industria di caldaie a biomassa;
- Turboden - Costruzione di turbogeneratori di tipo Rankine a Fluido Organico;
- Walter Tosto, ESPE, EMETA;
- ESCO;
- Enti pubblici (per autoconsumo o fornitura di servizio);
- FIPER - Federazione Italiana Produttori Energia da Fonti Rinnovabili. Riunisce i gestori di impianti di teleriscaldamento a biomassa legnosa;
- AIEL- Associazione italiana Energie agroforestali;
- ICHAR - Associazione Italiana Biochar.

Principali partnership esistenti

Principali progetti europei di ricerca sviluppo innovazione (titolo/programma/obiettivo)

- **Bioregions Facility** - Promosso e coordinato dallo *European Forest Institute* (EFI), il promuove la cooperazione transregionale tra regioni europee per la definizione e l'attuazione di una bioeconomia circolare sostenibile e integrativa basata sulle foreste. L'iniziativa facilita la condivisione delle conoscenze e la cooperazione sui temi dell'innovazione, delle istituzioni, delle infrastrutture e degli investimenti, attraverso una serie di attività a sostegno della creazione di reti, della scoperta imprenditoriale, dell'accesso ai finanziamenti, dell'apprendimento delle politiche e della sensibilizzazione. Lo strumento si propone di collegare le regioni più sensibili in tutta Europa per lavorare assieme al fine di sbloccare il potenziale regionale attraverso lo scambio internazionale sulla bioeconomia circolare e sulle foreste;
- **iBioNet** - *International Biomass monitoring Network*. L'Osservatorio iBioNet nasce nell'ambito di due progetti transfrontalieri finanziati dal Programma Operativo "Italia-Francia Marittimo" denominati Biomass e Biomass Plus, sviluppati tra il 2009 e il 2015 dal Dipartimento di Gestione dei Sistemi Agrari, Alimentari e Forestali (GESAAF) dell'Università degli Studi di Firenze, con la collaborazione dell'Istituto di Biometeorologia del CNR (IBIMET) e la Provincia di Lucca capofila. L'Osservatorio" è uno strumento nato per affrontare e superare le criticità emerse nei primi anni di sviluppo

delle biomasse, con l'obiettivo di valorizzare le biomasse agro-forestali ad uso energetico e promuovere un modello di filiera corta bosco legna energia sostenibile sul piano ambientale e sociale;

- **SMARTGAS TOSCANA-** *Coltivare con il biogas per ridurre l'impronta di carbonio ed aumentare la sostenibilità e resilienza ai cambiamenti climatici dei sistemi colturali per le produzioni toscane di qualità.* Progetto finanziato nell'ambito del PSR Toscana 2014-2020. Il progetto ha l'obiettivo di collaudare e di promuovere innovazioni di processo nella gestione dei suoli agricoli e nelle coltivazioni, sia agroenergetiche che alimentari, quali l'introduzione di lavorazioni conservative e di tecniche avanzate di utilizzo di digestati. Queste innovazioni sono finalizzate al raggiungimento di obiettivi agro-ambientali (massimizzare lo stoccaggio del carbonio nei suoli, migliorare l'efficienza d'uso dei nutrienti), rispondendo al contempo ad obiettivi agronomici ed economici (riduzione degli input chimici e agromeccanici, riduzione dei costi colturali), sentite anche al di fuori delle aziende agroenergetiche;
- **CIPPATO E CIPPATINO** - Il progetto Cippato & Cippatino, inserito nell'ambito del PIF "DALL'APPENNINO AL MARE: ENERGIA TOSCANA AL 100%", si propone di sviluppare azioni innovative finalizzate a favorire l'approvvigionamento e l'utilizzo di fonti di energia rinnovabili, sottoprodotti, materiali di scarto e residui e altre materie grezze non alimentari, nell'area centro-nord della Toscana;
- **RICACCI** - *Recupero innovativo carbonizzazione e attivazione di certificazione energetico-forestale coordinata e inclusiva.* Progetto finanziato con fondi Psr Fears 2014-2020 sottomisura 16.2. Filiera foresta - legno ed energia. Il progetto si propone di aumentare l'efficienza del processo e la qualità del carbone vegetale tramite la messa a punto di un prototipo meccanico di forno mobile, rafforzare la presenza di produttori toscani di biomasse sotto il profilo economico, organizzativo, qualitativo e ambientale.

Principali partner europei

- RE-CORD è in rete, tramite i progetti EU ed il Forum ART Fuel, con i principali attori industriali del settore, quali ad esempio: Neste, ENI, TOTAL, Biochemtex, BTG, Lanzatech, Enerkem, KLM, SkyNRG, Volvo, FIAT, STENA, Scania, UPM, St1, etc, nonché con i principali stakeholders Europei nel campo del Biorefining e Biofuel;
- Centri di ricerca Helmotz (UFZ, GFZ);
- Siram Spa (Gruppo Veolia).

TOPIC SOLARE (Termico e Fotovoltaico)

Descrizione

Gli scenari di sviluppo dei mercati fanno prevedere un andamento positivo del settore. Secondo il *Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima 2030* (PNIEC) si prevede di raggiungere nel 2030 una potenza installata di 52.000 MW con la produzione di 73,1 Twh. La potenza installata sul territorio nazionale dovrebbe quindi quasi triplicare nei prossimi 10 anni. Per arrivare ad un tale incremento della potenza si prevede di promuovere l'installazione degli impianti innanzitutto su edificato, tettoie, parcheggi, aree di servizio, ecc. Rimane tuttavia importante per il raggiungimento degli obiettivi al 2030 la diffusione anche di grandi impianti fotovoltaici a terra, che verrà effettuata privilegiando zone improduttive, non destinate ad altri usi, quali le superfici non utilizzabili a uso agricolo. In tale prospettiva vanno favorite le realizzazioni in aree già artificiali (con riferimento alla classificazione SNPA), siti contaminati, discariche e aree lungo il sistema infrastrutturale. In questo scenario il solare termico potrà rivestire un ruolo crescente in sistemi integrati di produzione di calore efficiente e rinnovabile, come ad esempio i sistemi ibridi e l'integrazione in impianti di teleriscaldamento. Al fine di realizzare gli obiettivi PNIEC si stima che nel solo settore fotovoltaico saranno necessari circa 27,5 mld € di investimenti aggiuntivi nel periodo 2017 -2030.

Secondo i dati diffusi dall'ultimo rapporto del GSE, a fine 2019 in Toscana sono installati 46.041 impianti (5,2% del totale nazionale) per una potenza complessiva di 838 MW (4% del totale nazionale). Nel 2019 a livello regionale sono stati prodotti 919,6 GWh. Inerentemente ai consumi di energia termica da solare questi ammontano nello stesso anno a 506 TJ (5,3% del totale nazionale).

Sulla base di quanto previsto dal *Piano di Azione Regionale 2020–2030*, nei prossimi decenni si attende un significativo incremento di produzione di energia elettrica da fotovoltaico. Il Piano prevede infatti uno scenario produttivo di 0,9 TWh al 2020 a 15-20 TWh al 2050.

Attualmente i maggiori impedimenti per lo sviluppo della filiera regionale, e più in generale del mercato nazionale, sono rappresentati da:

- elevati costi di produzione: In Italia, nonostante la domanda di acquisto di impianti fotovoltaici sia in continua crescita, le Aziende produttrici sono in numero molto ridotto. Sul territorio regionale non si registra invece la presenza di Aziende Produttrici. L'assenza di questa tipologia di stakeholder della filiera è principalmente imputabile agli alti costi legati alla produzione dei pannelli che si registrano nel nostro paese rispetto ai paesi competitor. I costi di produzione elevati sono perlopiù riconducibili ai più alti costi energetici e di manodopera nonché ai regimi di tassazione ai quali sono sottoposte le Aziende produttrici. Questi fattori incidono negativamente sulla competitività delle Aziende locali che hanno difficoltà a competere con le innumerevoli offerte che provengono soprattutto dai paesi extra-UE;
- adempimenti burocratici: rispetto ad un mercato estremamente dinamico e mutevole si registra una sostanziale lentezza nella predisposizione degli strumenti normativi e programmatici a sostegno del rafforzamento e della filiera.

I principali punti di forza sono invece rappresentati dalla presenza di un know how altamente specializzato e qualificato e accompagnato da expertise di livello che caratterizzano sia il mondo universitario che le MPMI toscane.

Al fine di superare gli ostacoli sopra descritti, nel prossimo settennato di programmazione sarebbe auspicabile varare misure capaci di incidere sui costi di produzione e snellire le procedure burocratiche. Investimenti nel sistema universitario e della ricerca potrebbero inoltre concretizzarsi nella messa a punto di tecnologie altamente innovative e performanti in grado di migliorare le performance e i materiali delle tecnologie tradizionali e delle tecnologie di seconda e terza generazione che potrebbero riposizionare la filiera regionale e dare nuovo impulso alle dinamiche di mercato.

Una potenziale linea di sviluppo della filiera toscana è rappresentata infatti dal riposizionamento competitivo sul mercato degli attori regionali attraverso la valorizzazione del “*made in Italy*” e la creazione di un mercato di nicchia che basi la propria forza e la propria attrattività sulla qualità e non sulla quantità del prodotto finale immesso sul mercato. La chiave di volta potrebbe essere rappresentata dalla commercializzazione di celle solari a maggiore efficienza energetica e produttività legate all’elevata qualità dei materiali di costruzione e ai maggiori tempi di vita delle apparecchiature. Tali caratteristiche consentirebbero all’utente finale di ammortizzare i costi di acquisto più elevati evitando continui interventi di manutenzione e garantendosi una produzione di energia maggiore. A sostegno della politica del “*Made in Italy*” potrebbero essere predisposti a livello nazionale e regionale degli incentivi e tariffe premio riservate agli utenti che acquistano un impianto fotovoltaico costruito con componenti completamente realizzati in Italia. In Italia, nonostante l’esiguo numero di Aziende produttrici, esistono isolati casi di produttori che costruiscono pannelli solari fotovoltaici 100% *made in Italy* (es. Exesolar nell’Alto Adige www.exesolar.com e Solsonica nel Lazio www.solsonica.com). Tali pannelli si caratterizzano per l’elevata efficienza energetica nelle celle solari, una garanzia dell’impianto della durata di 20 anni, pari al periodo in cui sono garantiti gli incentivi statali e le tariffe incentivanti, un prezzo abbastanza contenuto e un numero ridotto di interventi di manutenzione.

Una linea di sviluppo alternativa della filiera regionale potrebbe essere costituita dall’utilizzo delle tecnologie ad oggi considerate “minoritarie” per l’esplorazione di nuovi mercati e settori di applicazione. Non in tutti gli ambienti e in tutte le circostanze è infatti possibile o conveniente installare le tecnologie tradizionali al silicio, ne sono un esempio i terreni ad elevata pendenza che necessitano di moduli flessibili, le piccole superfici come i cassonetti fotovoltaici che iniziano a comparire nelle grandi metropoli, i pannelli fotovoltaici flottanti utilizzati in ambienti lacustri e marini. In tali situazioni/ambienti non è tanto importante puntare ad ottenere il massimo dell’efficienza possibile quanto cercare di sfruttare al meglio la risorsa a disposizione anche attraverso l’integrazione di tecnologie complementari. In tal senso assume particolare rilievo le tecnologie legate al solare galleggiante che vengono approfondite nella sezione a seguire. Fanno parte di questa linea di sviluppo anche la progettazione e la produzione di pannelli solari per applicazioni *indoor* e la messa a punto di sistemi in grado di recuperare la luce diffusa.

Un’ultima linea di sviluppo della filiera regionale individuata potrebbe essere costituita dalla creazione di *experties* legate all’attenzione e al miglioramento del *design* delle apparecchiature fotovoltaiche. Il design, pur considerato ad oggi elemento di importanza secondaria, non è un aspetto da sottovalutare in quanto si presume che nel prossimo futuro assumerà un’importanza di rilievo. La gradevolezza estetica delle apparecchiature elettroniche è infatti in grado di diminuire l’impatto visivo delle installazioni e migliorare la loro integrazione negli ambienti di posa.

Oltre allo sviluppo del mercato legato alla produzione dei pannelli fotovoltaici esistono mercati “collaterali” ancora in via di sviluppo nei quali gli attori regionali potrebbero inserirsi con maggiore facilità. È ad esempio il caso del mercato legato all’*Energy Storage*. Nel 2018 l’*International Energy Agency* (IEA) stima che i costi delle batterie di accumulo abbiano un peso pari al 35-40% sul totale di investimento. La crescita e il dinamismo del settore fotovoltaico non

sembrano attualmente andar di pari passo con il mercato dello *storage*. IEA stima che nel 2040 il fotovoltaico toccherà a livello mondiale 3.142 GW contro i 332 GW delle batterie. Per accelerare questo processo si rendono indispensabili due elementi: un calo più rapido del costo dello storage e la messa a punto di un sistema di regole.

Un elemento sul quale si ritiene importante avviare un percorso di cambiamento ed innovazione riguarda la compatibilità ambientale delle tecnologie in utilizzo nel settore. Ad oggi esiste infatti una problematica rappresentata dall'inquinamento ambientale provocato dalle fasi di produzione e dalla dismissione degli impianti fotovoltaici. Tale problematica, se non arginata in tempi rapidi, assumerà un'importanza di rilievo negli anni a venire. Tale problematica potrebbe essere affrontata da un lato implementando tecnologie in grado di allungare i tempi di vita degli impianti dall'altro effettuando un *Repowering* e *Revamping* degli impianti in esercizio. Si sottolinea come quest'ultima strada sia ad oggi scarsamente praticata a causa delle dinamiche del mercato e della scarsa qualità dei materiali utilizzati in fase di costruzione dell'impianto che non ne permettono la riabilitazione. Si stima che se non verranno fatti interventi di revamping e repowering entro il 2030 il pericolo è quello di perdere 5 GW di capacità con importanti ripercussioni sulla configurazione dei mercati elettrici, sulla gestione dei bilanciamenti e sull'over generation.

In tal senso è auspicabile lo sviluppo di un'Economia Circolare attorno alla filiera del solare e una maggiore sensibilizzazione degli organi decisionali a livello europeo, nazionale e locale affinché vengano attuate azioni maggiormente in linea con le politiche di tutela ambientale.

Tecnologie da sviluppare

Si tratta di un settore caratterizzato da un forte tasso di innovazione.

Le tecnologie tradizionali a **Silicio a cristallo singolo** (monocristallino) o a **cristalli multipli** (policristallino) sono sicuramente le più diffuse e mature e corrispondono a circa il 95% della potenza fotovoltaica globalmente installata. Il basso costo del silicio, la sua componente fondamentale, rende questa tecnologia accessibile e competitiva sul mercato. Negli ultimi decenni i pannelli a silicio sono stati migliorati in modo significativo in termini di capacità di conversione della radiazione incidente in energia elettrica. Tuttavia, nonostante il livello ad alta efficienza di questa tecnologia di prima generazione, rimangono ancora ampi margini di miglioramento soprattutto in termini di materiali utilizzati e costo dei moduli. Un importante fattore di innovazione che ha interessato i moduli a silicio è stata la spinta verso la messa a punto di moduli caratterizzati da elevate prestazioni ed alta efficienza a **tecnologia PERC** (*Passivated Emitter and Rear Cell/Contact*). L'aumento dell'efficienza delle celle è fondamentale per la produzione di moduli competitivi. Infatti, l'aumento dell'efficienza dei moduli porta con sé una diminuzione della quantità di materia prima necessaria per la loro fabbricazione, il che si traduce in una generale diminuzione dei costi di fabbricazione. Inoltre, livelli più elevati di efficienza riducono il numero di moduli che devono essere trasportati nel luogo di installazione e la superficie necessaria alla posa dei pannelli. Dal punto di vista del marketing, le aziende in grado di offrire i moduli a più alta efficienza sono generalmente percepite come aventi il più alto livello di competenza tecnica.

Le tecnologie a **film sottili** vengono definiti fotovoltaici di seconda generazione. I materiali semiconduttori utilizzati per produrre celle a film sottile sono depositati in strati molto sottili dell'ordine del micron. Inerentemente ai materiali utilizzati si distinguono due tipologie principali di celle: 1) a base di silicio (silicio amorfico e micromorfico); 2) non a base di silicio (tellururo di cadmio, diseleniuro di indio e rame). Tali tecnologie sono caratterizzate da bassi prezzi di produzione. Alla loro economicità si accompagna però una bassa efficienza legata soprattutto a problemi di stabilità in esercizio, di rendimento e di conversione. A partire dal 2012, con la diffusione e il consolidamento delle tecnologie tradizionali a silicio, la quota di mercato legato alla tecnologia a

film sottili è diminuita in modo costante. Attualmente, la tecnologia a film sottile rappresenta solamente il 5% della potenza fotovoltaica installata a livello globale. In merito ai progressi tecnologici potenziali, un ulteriore elemento di innovazione potrebbe essere rappresentato dall'utilizzo di celle multi-giunzione. In questo tipo di celle vari strati di materiale fotovoltaico vengono sovrapposti al fine di sfruttare spettri di radiazione solare diversi. La stratificazione comporta un aumento dell'efficienza totale.

Ad elevato carattere innovativo sono da considerarsi poi i cosiddetti **dispositivi di “terza generazione”** che incorporano tecnologie in evoluzione per mezzo delle quali si vuole raggiungere un rapporto costi/efficienza particolarmente vantaggioso. Rispetto al fotovoltaico tradizionale queste tipologie di celle sono più versatili, sia dal punto di vista dei materiali utilizzati sia per quanto riguarda i potenziali impieghi. Le tecniche di fabbricazione sono inoltre potenzialmente a basso costo e richiedono un impiego molto limitato di energia abbattendo i costi energetici di produzione e di conseguenza i tempi di *payback* energetico. Ad esse appartengono:

- **Dye sensitized solar cells (DSSC):** TRL 7. Questo tipo di dispositivi sono caratterizzati da leggerezza, possibilità di essere costruiti con substrati flessibili e disponibilità in varie colorazioni. Inoltre il loro rendimento non dipende dall'angolo di incidenza della luce. Sono quindi particolarmente adatti all'integrazione architettonica. Purtroppo i rendimenti sono ancora molto più bassi rispetto al silicio tradizionale arrivando a valori del 12-13% su scala di laboratorio e ad un massimo del 4-5% sul pannello. A seconda dei differenti substrati e della natura dei componenti, si è passati dalla dimostrazione di prototipi alle installazioni permanenti a piena scala. Non esistono tuttavia prodotti disponibili sul mercato (se si eccettuano piccoli moduli per la ricarica di dispositivi elettronici);

- **fotovoltaico organico (OPV):** TRL 6. Il principale vantaggio risiede nell'abbattimento dei costi, dato che i materiali usati sono economici e di facile reperibilità e le tecniche di produzione sono semplici. I dispositivi che si ottengono possono essere flessibili ed estremamente sottili. Tale tecnologia presenta quindi una elevatissima versatilità di impiego. Purtroppo le basse efficienze di conversione della radiazione solare (11-12% su scala di laboratorio) ed i tempi di vita dei dispositivi, ancora troppo bassi rispetto al fotovoltaico tradizionale, ne limitano al momento lo sviluppo commerciale. La tecnologia è stata dimostrata in forma di modulo e in ambiente operativo, ma non è ancora disponibile sul mercato;

- **celle a Perovskiti (PSC):** TRL 3-4. Questi dispositivi utilizzano come materiale principale un cristallo inorganico a base di piombo, la perovskite. Negli ultimi anni hanno suscitato grande interesse in virtù di un'ottima efficienza, il rendimento massimo finora raggiunto è di circa il 20%, ma potrebbe arrivare in linea di principio fino al 30%. I vantaggi principali sono legati alla flessibilità, alla leggerezza e alla facilità di fabbricazione dei dispositivi, mentre gli svantaggi sono imputabili sia alla necessità di utilizzare per la loro fabbricazione il piombo, che è riconosciuto come materiale tossico, sia alla scarsa stabilità. Fino ad oggi sono stati realizzati dispositivi su scala di laboratorio per la valutazione dei meccanismi di degradazione e dei meccanismi fondamentali di funzionamento. Moduli su scala leggermente maggiore sono stati testati sia indoor sia *outdoor*. Una delle caratteristiche comuni a tutti i dispositivi di nuova generazione è la possibilità di facile integrazione negli edifici (il cosiddetto BIPV, *building-integrated photovoltaics*), grazie alle loro caratteristiche di adattabilità strutturale, bassa perdita di efficienza a bassa illuminazione e ad angoli di lavoro non ottimali, peso ridotto, (semi) trasparenza e, almeno nel caso delle OPV e DSSC, colorazione variabile;

· **concentratori solari luminescenti (LSC)**. Tecnologia nota sin dagli anni '60 che ha ripreso interesse recentemente. I concentratori sono costituiti da lastre foto attive trasparenti capaci di catturare un ampio spettro della radiazione solare. Utilizzano particolari **coloranti luminescenti** capaci di catturare la luce e di rimetterla all'interno della lastra convogliando la radiazione verso i bordi dove si trovano delle celle fotovoltaiche. In questo modo, attraverso le **riflessioni successive** all'interno della lastra, la radiazione incidente è convertita nelle lunghezze d'onda che massimizzano il rendimento delle celle. Il sistema di concentrazione presenta molti vantaggi. Il surriscaldamento delle celle, che spesso provoca la riduzione dell'efficienza, risulta essere ridotto. Inoltre i pannelli LSC possono essere realizzati con lastre di plastica o vetro sulle quali vengono depositate le molecole luminescenti e risultano più **economici** rispetto ai classici pannelli fotovoltaici;

fotovoltaico a concentrazione. La tecnologia è basata sull'uso dispositivi ottici (es. lenti o specchi) che vengono utilizzati per concentrare la luce ed è caratterizzata dalla possibilità di orientare favorevolmente i moduli CPV rispetto ai raggi del sole. Grazie alla concentrazione della luce è possibile ridurre fortemente l'area delle celle fotovoltaiche e quindi il consumo del materiale semiconduttore con una riduzione dei costi di produzione. Questa tecnologia potrebbe essere pronta a breve per uno sviluppo su scala industriale.

La figura di seguito fornisce un prospetto riassuntivo inerente al grado di sviluppo e di maturità sul mercato delle diverse tecnologie del settore fotovoltaico.

L'innovazione tecnologica nell'ambito del fotovoltaico innovativo vede la possibilità di progettare **celle solari BSSC** (*Bio Sensitized Solar Cells*), per la produzione di energia, o **celle fotoelettrochimiche BSPEC** (*Bio Sensitized PhotoElectrosynthetic Cells*), per la produzione di idrogeno, sensibilizzate con biomolecole fotosensibili. In questo contesto, l'uso di biomolecole i cui i massimi di assorbimento possano essere modulati ad hoc in modo che assorbano massimamente in regioni diverse dello spettro solare rappresenta un vantaggio competitivo rispetto all'uso di altri sensibilizzatori. Al fine di ottenere dispositivi BSSC o BSPEC in grado di massimizzare la quantità di energia solare catturata, i biosensibilizzatori ideali dovrebbero i) presentare massimi di assorbimento nel vicino infrarosso (NIR); ii) essere fluorescenti in modo da poter essere usati per lo sviluppo di sistemi pancromatici; iii) poter essere usati in combinazione con Quantum Dots (QD) (es CdSe/ZnS QD fluorescenti. Per quanto riguarda il solare PV, occorre anche evidenziare le potenzialità derivanti dalla necessità di sollecitazione del rinnovamento degli impianti già installati che potranno essere l'occasione per l'adozione di tecnologie innovative e più efficienti.

Il **solare galleggiante** è una delle nuove frontiere delle tecnologie offshore con trend di crescita promettenti. Secondo la World Bank, la capacità potenziale di solare galleggiante che potrebbe venire installata a livello globale è di ben 400 GW, ovvero circa la stessa capacità di generazione di tutti i pannelli solari fotovoltaici installati nel mondo fino al 2017. Secondo una ricerca condotta da Wood Mackenzie Power & Renewables, entro la fine del 2019 sono stati installati sull'acqua almeno 2,4 GW di pannelli fotovoltaici, distribuiti in 35 paesi nel Mondo. Uno dei vantaggi di questa tecnologia è il consumo-zero di suolo: negli ultimi anni abbiamo visto crescere il numero di tali installazioni proprio in quelle aree dove lo spazio dedicato agli impianti energetici deve competere con quello riservato ad altri settori altrettanto strategici, come l'agricoltura o l'industria. Inoltre, il rendimento dei pannelli è più elevato rispetto alle installazioni a terra: l'acqua e la ventilazione aiutano, infatti, a raffreddare le celle e a dissipare il calore sviluppato, migliorandone l'efficienza e la produttività. Per questo motivo, il solare galleggiante viene spesso impiegato in bacini idrici chiusi, come laghi o stagni, ma non mancano le applicazioni in mare aperto. Inoltre,

un impianto solare galleggiante può ridurre l'evaporazione dell'acqua durante i periodi di siccità e concorre a limitare la produzione di alghe, che può mettere a repentaglio la qualità dell'acqua, soprattutto nei bacini di acqua dolce. La domanda di fotovoltaico galleggiante si sta espandendo in particolar modo nelle isole poiché il costo delle installazioni sull'acqua è generalmente inferiore rispetto a quello delle installazioni praticate sul terreno. Come per ogni applicazione tecnologica innovativa, è necessario però superare diverse sfide di ingegneria. In particolare, rivestirà significativa importanza il perfezionamento Know How e delle expertise legate alla progettazione dei sistemi di ormeggio (o ancoraggio) che necessitano di un miglioramento per mettere a punto tecnologie con un maggior grado di resistenza alle forze dinamiche delle onde e ai venti.

Gli ambiti applicazione

Transizione digitale, economia circolare PMI;
Energia e Green Economy.

Principali contesti territoriali di applicazione

- Sistemi per l'integrazione efficiente di più FER;
- Settore Industriale Meccanico e Residenziale.

Target temporali di sviluppo ed adozione della tecnologia (target, tempi, fattori critici)

Progetti pilota (replicabili) immediatamente realizzabili a varie scale sia residenziale che Industriale.

Asset strategici

Bacini di competenze territoriali legati allo sviluppo della roadmap

Il comparto industriale nella sua totalità, sia in veste di utente finale che di sviluppatore di tecnologie e/o componenti dei sistemi.

Principali stakeholders regionali industriali (sviluppo/applicazione)

- Tutto il settore industriale metalmeccanico e del manifatturiero energetico in generale
- Per quanto riguarda le imprese, sono presenti in regione diverse realtà di un certo interesse, tra i quali si citano:
 - ABB;
 - ENECO;
 - Consorzio Terranuova;
 - FEROTech;
 - Alitec;
 - CRIT;
 - POLO Kryo;
 - CRISIS;
 - Koiné Multimedia;
 - CICCIResearch;
 - SEASide
 - ENECOM.

Principali stakeholders regionali della ricerca (sviluppo/applicazione)

Università e CNR toscani, i centri di ricerca ed in particolare:

- CNR (reazioni chimiche);
- UNISI (celle solari e celle fotoelettrochimiche per la produzione di energia e di idrogeno);
- UNIFI (solare termico a media e alta temperatura);
- UNIPI.

Posizionamento internazionale delle stesse (leadership o followership)

I numerosi progetti, sia in ambito internazionale, UE, che nazionale testimoniano competenze di rilievo e la potenzialità regionale.

Stakeholders/competitors extra regionali

Il Settore delle rinnovabili, ed in particolare quello dello sfruttamento dell'energia solare, vede in questo momento un interesse talmente vasto da rendere difficoltosa l'individuazione di pochi soggetti. Tra questi è senz'altro importante menzionare ASE, ENEA, FBK, ENEL, ENI, DLR, Fraunhofer, PSA, Abengoa, Exesolar, Solsonica ecc.

Principali partnership esistenti

Principali progetti europei di ricerca sviluppo innovazione (titolo/programma/obiettivo)

- **M2RES** - *From Marginal to Renewable Energy Source Sites*. Progetto europeo, il cui obiettivo è valorizzare aree marginali, come zone militari, industrie, discariche e cave, la cui caratteristica comune è quella di essere dismesse attraverso la creazione di campi fotovoltaici. Il Progetto coinvolge alcuni paesi europei che hanno aderito all'iniziativa (Italia, Slovenia, Grecia, Romania, Bulgaria, Ungheria e Austria) ai quali si sono aggiunti tre Stati non UE (Serbia, Albania e Montenegro). La cooperazione internazionale è garantita dall'inquadramento del M2RES all'interno di un programma più vasto, il South East Europe che attraverso politiche di integrazione territoriale mira a far crescere il livello di integrazione e competitività dei Paesi dell'Europa Sud-orientale, nel pieno rispetto delle reciproche differenze e della complessità dell'intera area;
- **CUSTOM-ART**. Progetto finanziato dal programma Horizon 2020 con 7 milioni di euro, al quale partecipano Enea e altri 15 partner tra aziende ed istituti di ricerca di 10 Paesi europei. Il progetto si propone di sviluppare moduli fotovoltaici flessibili, integrabili in elementi architettonici (BIPV) e in prodotti industriali (PIPV) e sostenibili, grazie all'utilizzo esclusivo di elementi non tossici e abbondanti in natura;
- **SIGS** - *Sistema integrato geotermico solare di riscaldamento e raffrescamento in logica smart grid*. Progetto realizzato con il determinante contributo regionale a valere sul Programma Attuativo Regionale cofinanziato dal FAS (adesso FSC) e del contributo a valere sui fondi FAR messi a disposizione dal MIUR. Partner del Progetto l'Università di Pisa, il CNR, SSUP, Toscana Energia, Terra Energy e Samminiatense Pozzi. Il Progetto ha lo scopo di ottenere un risparmio energetico ed economico e di limitare l'impatto ambientale e le emissioni in atmosfera di CO2 e polveri sottili. Il progetto dimostrativo è realizzato in un edificio direzionale situato a Ospedaletto (Pisa), che sarà climatizzato nelle quattro stagioni utilizzando in maniera integrata fonti rinnovabili, geotermia a bassa temperatura e fotovoltaico, attraverso l'impiego di pompe di calore geotermiche a circuito chiuso. Il progetto si completa con una valutazione delle

soluzioni adottate, nelle loro implicazioni giuridiche e nella loro riproducibilità negli edifici destinati ai servizi pubblici e privati.

Principali partner europei

- Principali partner europei: DLR, Fraunhofer, PSA, Abengoa, Apple e Tesla (principalmente nella produzione di moduli fotovoltaici) Gamesa, Goldwind e Mingyang;
- Principali partner nazionali: i principali centri di ricerca italiani nei settori ENI, ENEL, RIELLO, Ferrero ecc.

Roadmap N 3 - Decarbonizzazione: sistemi innovativi e nuove opportunità di riduzione della CO₂ diretta

Titolo
Decarbonizzazione e penetrazione vettore elettrico: sistemi innovativi e nuove opportunità di riduzione della CO₂ diretta
Descrizione
<p>I dati nazionali, rielaborati sulla base degli scenari di ISPRA e i dati <i>dell'Inventario Regionale delle sorgenti delle Emissioni (IRSE)</i>, stimano per la Toscana un totale di emissioni di gas ad effetto serra pari a 30 ML di ton CO₂ eq. . Le industrie energetiche rappresentano il maggiore settore emissivo regionale (26,10%) seguito dal settore dei trasporti (24,50%), residenziale e servizi (19,30%), industria manifatturiera (11,20%), processi industriali (7,5%), agricoltura (7,1%) e rifiuti (4,3%).</p> <p>In linea con le policy e gli obiettivi di decarbonizzazione internazionali, comunitari e nazionali ampiamente descritte nei capitoli precedenti, la Toscana si è dotata da qualche anno di una propria strategia di decarbonizzazione <i>Toscana Carbon Neutral 2050</i>. La strategia prevede l'attuazione di una serie di azioni ed interventi volti a trasformare radicalmente il sistema energetico, il suolo e l'agricoltura, modernizzando il tessuto industriale, i sistemi di trasporto e le città, con ripercussioni su tutte le attività della società. Prevede inoltre la trasformazione in termini di sostenibilità dei settori dell'energia, dell'industria, dell'edilizia, dei trasporti, dell'agricoltura, della silvicoltura e dei rifiuti in un'ottica di economia circolare.</p> <p>Il settore elettrico riveste un ruolo centrale per il raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione del sistema energetico complessivo, grazie all'efficienza intrinseca del vettore elettrico e alla maturità tecnologica delle FER. Una maggiore penetrazione del vettore elettrico negli ambiti industriale, della mobilità e residenziale insieme con l'incremento della quota delle rinnovabili nel mix di produzione di energia, sono strumenti decisivi per modificare il paradigma energetico regionale. Tale trasformazione non è a impatto zero per il Sistema Elettrico e implica una serie di sfide da affrontare. Le variazioni del contesto (incremento FER, dismissione di impianti termoelettrici, cambiamenti climatici) causeranno sempre più significativi impatti sulle attività di gestione della rete da parte del TSO, che si esplicano nel delicato compito di bilanciare in ogni istante produzione e domanda di energia elettrica, garantendo ai consumatori una fornitura di energia sicura, costante e affidabile. In tal senso si ritengono necessarie e imprescindibili misure di adeguamento, potenziamento, interconnessione e digitalizzazione delle reti.</p> <p>La necessità di gestire il processo di transizione verso un'economia climaticamente neutra, durante il quale l'utilizzo di combustibili fossili a scopo energetico continuerà parallelamente alle fonti rinnovabili, richiede un'accelerazione nello sviluppo ed implementazione di tecnologie idonee a eliminare o mitigare l'emissione in atmosfera di CO₂ e GHG (<i>Greenhouse Gases</i>), quali ad esempio quelle basate sulla cattura e stoccaggio o utilizzo dell'anidride carbonica.</p> <p>CCS (<i>Carbon Capture and Storage Carbon</i>) è il termine generale per indicare un insieme di tecnologie e tecniche che consentono la riduzione delle emissioni in atmosfera di CO₂ provenienti da grandi sorgenti stazionarie (es. centrali elettriche alimentate a combustibili fossili) per mezzo della sua cattura e il successivo stoccaggio, solitamente in una formazione geologica sotterranea. Questa tecnica permette l'uso di combustibili fossili con emissioni di CO₂ significativamente più</p>

basse. La “catena” CCS si compone di tre fasi: cattura, trasporto e stoccaggio. L’applicazione congiunta di queste tecnologie a sorgenti di emissione di CO₂ è ancora troppo penalizzante in termini energetici ed economici, limitandone quindi l’applicazione su vasta scala. Ad oggi diverse tecnologie, con diversi gradi di maturità, sono in competizione per essere la soluzione a più basso costo per ogni fase all’interno della catena CCS, così da rendere l’intero processo applicabile su vasta scala. Le tecnologie CCS sono presenti nel Blue Map Scenario 2050 realizzato dall’Agenzia Internazionale per l’Energia (AIE) che prefigura un significativo aumento di tali impianti al 20150.

Un’alternativa correlata a CCS è rappresentata dalle tecnologie CCUS (*Carbon Capture, Utilization and Storage*). Con tale tecnologia è possibile trasformare le emissioni di CO₂ di scarico in prodotti di valore. CCUS combina la cattura di CO₂ col suo riutilizzo sia come fluido tecnologico che come reagente per la produzione di sostanze chimiche, plastiche o combustibili. Il vantaggio principale di questa tecnologia è quello di ottenere alla fine del processo un prodotto di valore commerciale in grado di bilanciare i costi necessari per la cattura di CO₂. L’applicazione più rilevante per la produzione di combustibili e chemicals è certamente la sintesi dei combustibili direttamente utilizzabili, come la produzione di metano mediante riduzione della CO₂ con H₂ prodotto dall’acqua mediante elettrolisi alimentata da fonte rinnovabile o da esuberanti energetici della rete. Altri combustibili significativi sono il metanolo e il dimetil-etero (DME). Sempre nell’ambito della produzione di combustibili gassosi riveste particolare interesse la produzione di Substitute Natural Gas (SNG) da CO e CO₂ contenuti nel syngas proveniente dalla gassificazione di carbone e/o biomasse, mediante un processo catalitico di idrogenazione degli stessi. La produzione di SNG da carbone presenta il vantaggio di ottenere un gas immediatamente collocabile sul mercato della distribuzione verso gli usi finali, senza richiedere ulteriori sezioni di raffinazione, con particolare ricaduta di un impiego massiccio di carboni di basso rango, di scarso valore commerciale.

Un’altra opzione allo studio è l’applicazione della CCS agli impianti alimentati a biomassa che potrebbe portare alla riduzione netta del contenuto di CO₂ nell’atmosfera (con addirittura emissioni negative), anche se tipicamente gli impianti a biomassa hanno taglie contenute (25-50 MW contro i 500-1000 MW degli impianti a carbone). Perciò il costo specifico della cattura della CO₂ per kW in questi impianti risulterebbe praticamente raddoppiato. Altra possibile applicazione, che vanta ormai più di vent’anni di esperienza, è legata all’upgrading del gas naturale a bocca di pozzo, ove le concentrazioni di CO₂ vengono abbattute con la cattura operata sul raw gas e la CO₂ risultante viene utilizzata come cushion-gas per applicazioni di Enhanced Gas Recovery.

Considerando l’importanza del comparto geotermico a livello regionale si ritiene necessario sviluppare e migliorare le tecniche di trattamento e abbattimento dei gas incondensabili negli impianti geotermici, migliorando le performances e l’affidabilità degli abbattitori, nonché sperimentare le tecniche della reiniezione del gas nelle formazioni rocciose di provenienza dei fluidi. L’innovazione tecnologica degli impianti ORC proposti consiste nella reiniezione totale del fluido geotermico nelle stesse formazioni di provenienza. Questa viene garantita attraverso la gestione separata della frazione liquida e di quella gassosa e cioè, dopo la separazione dalla frazione liquida, attraverso la compressione e iniezione dei gas incondensabili nelle stesse formazioni rocciose di provenienza del fluido geotermico estratto attraverso una condotta dedicata. Inoltre, un ulteriore vantaggio è rappresentato dal fatto che la reiniezione dei gas non condensabili è realizzata in prossimità dello stesso sito dal quale vengono estratti.

La Strategia toscana si pone, in termini di riduzione delle emissioni, da un lato in linea con gli obiettivi di riduzione dell’Unione Europea, dall’altro lato pone una particolare ed originale attenzione, nell’ottica propria del bilancio emissivo, anche alla possibilità di aumentare

l'assorbimento della CO₂ già presente in atmosfera. Le foreste ed il verde urbano, nonché gli altri sink di carbonio (suolo e mare) rappresentano infatti una risorsa fondamentale dal punto di vista della regolazione del clima globale (assorbendo anidride carbonica aiutano infatti il sistema a neutralizzare una parte delle emissioni dovute alle attività umane). La stessa Unione Europea individua come prioritarie azioni volte a favorire "l'assorbimento di carbonio" nonché la sua "cattura e stoccaggio". L'approccio toscano alla questione è che gli alberi, ed in generale il verde urbano, rappresentino in tal senso una efficiente "tecnologia" per raggiungere tali obiettivi. Inoltre, rispetto ad ogni altro possibile e diverso prodotto tecnologico, non presentano "contro-indicazioni" di tipo ambientale legate, ad esempio, ai costi energetici e di materia della loro produzione nonché al loro smaltimento. Recenti studi dimostrano poi che gli alberi e le piante aumentano la propria capacità di assorbimento di sostanze inquinanti, esattamente come fossero filtri, tanto più si trovano vicini alla fonte di inquinamento. In tal senso la Strategia regionale prevede interventi di piantumazione non tanto in termini di ampliamento della superficie coperta da foreste quanto in termini di progettazione e realizzazione di interventi di diffusione del verde in aree urbane e peri-urbane, tenuto conto che alle città si deve circa il 70% dell'inquinamento totale.

Sostanziali risparmi di emissioni, oltreché una riduzione significativa dell'inquinamento dell'aria nelle aree urbane potrebbero essere ottenuti attraverso policies che incidono sui cambiamenti degli stili di vita. In quest'ottica si colloca la progressiva integrazione degli edifici nelle *Smart Energy Communities* definite dalla Direttiva Europea RED II (2018/2001/UE) ed ufficialmente riconosciute nel nostro paese nel mese di Marzo 2020 grazie alla conversione in legge del decreto Mille Proroghe. Si tratta di associazioni di soggetti (cittadini negozi o attività produttive) che condividono e collaborano nella gestione dell'approvvigionamento e del consumo, mediante l'implementazione di soluzioni tecnologiche per la conversione distribuita di energia, in primo luogo da fonti rinnovabili, e la gestione "intelligente" dei flussi energetici, anche grazie alle tecnologie di storage in varie forme (termiche ed elettriche). Al fine di favorire la nascita e lo sviluppo di smart energy communities locali si rende necessaria una migliore integrazione tra gli edifici e le reti di distribuzione dell'energia nonché aumentare le attività rivolte all'informazione e alla sensibilizzazione dei cittadini su tale tematica.

Tecnologie da sviluppare

- Conversione energetica tramite liquefazione ed immagazzinamento di aria compressa e/o liquefatta:
 - nuovi moduli di scarico laterale per turbine a vapore a doppio flusso di espansione;
 - nuovi stadi per turbine a vapore ottimizzati per alte portate volumetriche;
 - materiali anti-scintilla per prevenzione da esplosione di eventuali idrocarburi presenti nel flusso di espansione dalla caverna;
 - nuove tecnologie produttive per rotori cavi di grandi dimensioni per riduzione peso e inerzia;
- Ottimizzazione dei sistemi di reiniezione di fluidi ricchi di gas incondensabili e dei processi per la cattura, pulitura e riutilizzo di CO₂;
- Coltivazione di microalghe in adiacenza di centrali geotermiche, che consentano di fissare la CO₂ geotermica, in un processo produttivo;
- Sistemi di liquefazione della CO₂ geotermica;
- Tecnologie per CCS e CCU (compressori centrifughi e pompe per cattura e stoccaggio);
- Infrastrutture per il rifornimento dei veicoli elettrici;
- Tecnologie e soluzioni per le local energy communities.

Gli ambiti applicazione

Transizione digitale, economia circolare PMI;
Energia e Green Economy;
Cultura e Beni Culturali;
Smart Agrifood.

Target temporali di sviluppo ed adozione della tecnologia (target, tempi, fattori critici)

È fin da subito possibile attivare su territorio regionale progetti pilota che prevedano soluzioni tecnologiche standardizzate/modularizzate.

Per ciò che concerne la reiniezione di fluidi ricchi di CO₂ in rocce serbatoio si prevedono tempi di sperimentazione pari a 2-3 anni e 6-10 anni per il monitoraggio dei risultati.

In merito all'elettrificazione dei trasporti si ritiene necessario il coinvolgimento delle pubbliche amministrazioni per l'uso degli strumenti regolatori della mobilità a favore della mobilità elettrica nonché l'erogazione d'incentivi pubblici per: la realizzazione delle infrastrutture di rifornimento, lo sviluppo del mercato con il rinnovamento delle flotte di autobus per il trasporto pubblico di linea e per il rinnovamento delle flotte del trasporto pubblico non di linea (TAXI, NCC, CAR SHARING, RENT-A-CAR) e incentivi verso i privati.

Le maggiori barriere allo sviluppo e alla diffusione delle tecnologie CCS sono rappresentate principalmente dal costo dei progetti dimostrativi (dell'ordine delle centinaia di milioni di euro per impianto), dai costi di gestione, dalla necessità che lo stoccaggio sia permanente e sicuro. La ricerca in tale settore, e i risultati derivanti dai primi impianti large scale, concorreranno per rendere queste tecnologie più accessibili e più facilmente implementabili a fonti di emissione di CO₂ stazionarie. Altri ostacoli sono relativi alla mancanza di politiche governative volte alla regolamentazione e all'incentivazione di tali sistemi. L'applicazione di permessi, licenze, diritti è necessaria per favorire gli investimenti privati e l'accettabilità da parte dell'opinione pubblica.

Principali contesti territoriali di applicazione

- Settore mobilità (privata e pubblica) e Automotive;
- Generazione di energia elettrica per immissione in rete elettrica nazionale;
- Centrali geotermiche con tecnologia flash;
- Sorgenti di Emissioni stazionarie;
- Industrie per la produzione di materie plastiche, composti chimici, acciaierie, cementifici che potrebbero riutilizzare la CO₂ catturata;
- Residenziale e Produttivo.

Asset strategici

Bacini di competenze territoriali legati allo sviluppo della roadmap

A livello industriale e nel settore della ricerca.

Principali stakeholders regionali industriali (sviluppo/applicazione)

- GE Baker Hughes: sviluppo compressori e sistemi per liquefazione CO₂;
- ENEL Green power;
- Vitesco Technologies;
- Operatori settore energie rinnovabili;
- Operatori del settore agri-tech e del settore Gas tecnici.

Principali stakeholders regionali della ricerca (sviluppo/applicazione)

- CNR;
- UNISI;
- UNIPI;
- UNIFI (produzione spirulina);
- CIRESS.

Posizionamento internazionale delle stesse (leadership o followership)

- Numerosi progetti EU ed in ambito Internazionale;
- La Toscana, attraverso i suoi centri di ricerca, è leader Europeo nel settore.

Stakeholders/competitors extra regionali

- Alstom Spa, Rampini Spa, Hyundai, Toyota, ENI, Tenaris;
- Enel, ENEA, SOTACARBO, POLO TECNOLOGICO SULCIS, ITEA, Air liquide, Sapio;
- GeoGreen.

Principali partnership esistenti

Principali progetti europei di ricerca sviluppo innovazione (titolo/programma/obiettivo)

- **SUCC&SS** – *Smart Unit for CCS*. Progetto finanziato nell'ambito del POR FESR 2014- 2020 che ha come obiettivo principale lo sviluppo di unità intelligenti in ottica di Industria 4.0 ad alta sicurezza ed affidabilità per la gestione e l'intercettazione della CO2 gassosa e liquida per futuri impieghi in ambito di progetti Carbon Capture & Storage;
- **AUTENS** – *Autarchia Energetica Sostenibile*. Progetto dell'Università di Pisa che punta alla creazione di **comunità energetiche autonome**, in cui l'approvvigionamento energetico è garantito da fonti totalmente rinnovabili, ma, soprattutto, la domanda di energia si deve adattare alle risorse disponibili al momento.

Principali partner europei

- ETH per sequestro mineralogico;
- RESCoop.

Roadmap 4 – Potenzialità e prospettive di sviluppo future delle filiere del Bio-GNL in Toscana

Titolo
Potenzialità e prospettive di sviluppo future delle filiere del Bio-GNL in Toscana
Descrizione
<p>A fine agosto 2017 l'”Osservatorio usi finali del GNL” di REF-E, ha censito 41 depositi satellite in esercizio in Italia che sono riforniti prevalentemente tramite autocisterne criogeniche provenienti dalla Francia e dalla Spagna. Il mercato del downstream del GNL in Italia è basato sulla diffusione presso le utenze di depositi satellite costituiti da serbatoi criogenici con taglie inferiori alle 50t di GNL (116 m³), soglia oltre la quale tali impianti sarebbero soggetti alla normativa in materia rischio industriale (Direttiva Seveso III). I primi 6 depositi satellite sono stati installati in Italia tra il 2010 e il 2012 per distributori di solo GNC, e oggi sono 9. Progetti di infrastrutture per la distribuzione del GNL Le aspettative di sviluppo del downstream del GNL in Italia sono molto rilevanti, e altrettanto significative sono le iniziative in corso per realizzare le infrastrutture necessarie a superare l'attuale situazione del mercato nazionale, che vede le utenze dei depositi satellite di GNL del nostro paese rifornite esclusivamente da terminali esteri. Sono in fase di sviluppo iniziative per attrezzare i grandi terminali di rigassificazione esistenti in Italia¹: il terminale OLT FSRU Toscana, il terminale Adriatica LNG e quello di SNAM a Panigaglia. Va evidenziato che per tutti e tre i terminali vi sono vincoli logistici (collocazione a mare o viabilità limitata) che rendono impossibile o molto difficile l'attivazione delle facilities SSLNG di caricamento delle autocisterne criogeniche per il downstream del GNL. Il tessuto industriale italiano è caratterizzato dalla presenza di imprese che sviluppano e producono tecnologie per le filiere degli usi finali del GNL. Di seguito si riportano, senza pretese di completezza, alcune sintetiche informazioni sui più significativi esempi della filiera industriale italiana delle tecnologie relative agli usi finali del GNL. Questa realtà mostra che le opportunità legate allo sviluppo degli usi finali del GNL per questo segmento industriale sono rilevanti. Si tratta di una realtà significativa di cui tenere conto nella definizione in corso a livello nazionale delle politiche di promozione degli usi finali del GNL.</p> <ul style="list-style-type: none">○ Gas & Heat S.p.A. è un'impresa che da due decenni opera nell'ambito della progettazione, costruzione, fornitura ed installazione di impianti del carico per navi gasiere destinate al trasporto marittimo di gas liquefatti. Negli ultimi anni ha focalizzato la propria attività su un mercato non ancora maturo ma con importanti prospettive di sviluppo come quello del GNL come combustibile, sia nel campo della propulsione navale che terrestre, nonché come fonte di energia per impianti di piccole dimensioni. Grazie, inoltre, alla fondazione della controllata G&H Shipping, avvenuta nel 2004, la Gas and Heat si è evoluta nel corso degli anni, acquisendo competenze anche nel campo della realizzazione di navi gasiere small-medium size per il trasporto di gas a temperature criogeniche da -48 a -162°;○ HVM - Blue Road S.r.l. è un'Azienda localizzata a Livorno che produce serbatoi criogenici trasportabili. Ha una produzione annuale di circa 15,000 serbatoi criogenici e svolge anche attività di riparazione e manutenzione. Negli ultimi anni HVM - Blue Road ha sviluppato una linea specifica di attività per il GNL, realizzando serbatoi criogenici (orizzontali e verticali) per il contenimento e l'erogazione del metano liquido per automezzi stradali. Vengono prodotte anche altre componenti come scambiatori di calore/evaporatori per l'erogazione del GNL e per l'applicazione dei serbatoi ai mezzi. I prodotti vengono realizzati con standard di qualità sia per la sicurezza che sotto il profilo del design. I serbatoi criogenici per il GNL prodotti da HVM sono di varie dimensioni e possono essere utilizzati su varie tipologie di mezzi per il trasporto di merci e mezzi di lavoro;

- **Vanzetti Engineering S.r.l.** è l'unica realtà italiana attiva nella progettazione e nella realizzazione di pompe criogeniche e componenti criogenici per GNL applicati sia al settore navale che a quello del trasporto stradale e delle applicazioni industriali. L'azienda ha svolto un ruolo pionieristico realizzando il primo distributore di GNC alimentato da un deposito di GNL a Villafalletto in provincia di Torino nel 2010;
- **Fincantieri** opera nel settore della cantieristica navale italiana e ha già partecipato alle opportunità offerte dall'espansione delle flotte di navi alimentate a GNL. Fincantieri nella prima metà del 2015 ha consegnato il traghetto Gauthier, costruito nei cantieri di Castellamare di Stabia. Il traghetto è stato realizzato per la società canadese STQ, è dotato di quattro gruppi diesel di tipo dual fuel che possono operare sia a GNL che a marine diesel oil (MDO), ed è in grado di trasportare 800 passeggeri e 180 veicoli;
- **Wartsila Italia S.p.A.** ha circa 1,200 dipendenti e ha la sua base principale a Trieste, fa parte di Wartsila Corporation che opera nei settori delle tecnologie per il settore energetico, del trasporto navale, e dell'impiantistica off-shore che interessano tutta la filiera del GNL, dall'upstream al downstream. Nell'ambito della filiera dello SSLNG per gli usi finali nel settore marittimo è particolarmente rilevante la presenza di Wartsila nella produzione e sviluppo di motori dual fuel per imbarcazioni di diversa tipologia. Lo stabilimento Wartsila di Trieste, conosciuto in precedenza come il cantiere Grandi Motori di Trieste, è in particolare specializzato in un'ampia gamma di motori marittimi dual fuel venduti in tutto il mondo, che possono alternare gas naturale e vari tipi prodotti petroliferi;
- **CNH Industrial** è l'azienda del Gruppo FCA specializzata nella produzione di mezzi commerciali tramite marchi come IVECO. IVECO con Fiat Powertrain Technologies e Centro Ricerche Fiat è proprietaria della tecnologia motoristica ed è l'unico costruttore europeo che ha confermato la scelta tecnologica, mono-fuel con combustione stechiometrica, nel passaggio dalla Direttiva Euro V a quella Euro VI. IVECO dal 2012 commercializza lo "Stralis GNL", la prima motrice per 51 trasporto pesante alimentata a GNL; il mezzo ha una potenza 330 CV, rispetta lo standard Euro VI, ha un serbatoio da 185 kg di GNL e un'autonomia di circa 700 km. A fine 2015 ne sono già state vendute 450 unità nel mercato europeo. Da giugno 2016 IVECO sta commercializzando un nuovo Stralis XP un mezzo con potenza di 400 CV e una autonomia di 1,500 km. Con tale mezzo viene fatto un salto di qualità nell'offerta di mezzi per trasporto merci pesante che consente al GNL di essere un combustibile alternativo senza limitazioni di prestazioni rispetto a quelle dei mezzi alimentati a gasolio;
- **Ecomotive Solutions S.r.l.** è un'azienda controllata dal gruppo Holdim che offre un'ampia gamma di servizi di sviluppo motori, specializzata nell'ambito dei carburanti alternativi, del testing e del supporto ingegneristico. In particolare, Ecomotive Solutions ha sviluppato una piattaforma tecnologica per motorizzazioni dual fuel, caratterizzata da un sistema di gestione elettronica per alimentare motori Diesel con una miscela dinamica controllata di Gasolio e Gas (GNC, GNL, GPL, Biometano, Syngas, etc.). Il controllo dinamico dell'iniezione primaria di gasolio e il dosaggio della miscela aria-gas controllato da una centralina è in grado di interagire con il motore in tempo reale per garantire il funzionamento e la sicurezza dell'impianto. Recentemente Ecomotive Solutions ha ottenuto l'omologazione dal MIT del primo kit per il mercato italiano di retrofitting per la conversione dual fuel Diesel - GNL per mezzi di trasporto pesanti;
- **VRV S.p.A** è un'impresa lombarda specializzata in impianti, infrastrutture e componenti per il settore petrolchimico ed energetico che ha sviluppato la sua attività anche nel settore della criogenia dedicata alla catena logistica del GNL. Il gruppo VRV fornisce prodotti e servizi legati a tutte le fasi della distribuzione del GNL a piccola scala a partire dagli

stoccaggi intermedi, passando dai semi rimorchi con cisterne criogeniche, fino agli stoccaggi per i depositi satellite, vaporizzatori e distributori di GNL;

- **Paresa S.p.A.**, azienda localizzata a Cesena, da oltre 30 anni è attiva nella progettazione, la realizzazione, l'installazione, la riparazione e la manutenzione di impianti di stoccaggio, fornendo una vasta gamma di servizi e soluzioni per raffinerie, terminali, depositi di GPL, e centrali di produzione di energia. Paresa ha realizzato un deposito di GNL per gli impianti Sonatrach di Arzew in Algeria;
- General Electric (GE) è un player globale delle tecnologie e dei servizi nel settore dell'Oil & Gas che ha un'importante presenza operativa in Toscana. Le attività di GE coprono tutta la filiera tecnologica e dei servizi nel campo del gas naturale e del GNL. In particolare, GE è proprietaria di soluzioni tecnologiche per la microliquefazione del Gas naturale in GNL che potrebbero essere sviluppate e applicate nel contesto del mercato italiano ed europeo.

Tecnologie da sviluppare

- Soluzioni con Compressori Centrifughi per GNL;
- Realizzazione di impianti di upgrading del biogas e liquefazione del biometano in favore delle richieste del D.M. sull'obbligo d'immissione in consumo dei biocarburanti;
- Tecnologie per la distribuzione (primaria e secondaria) del GNL, la produzione di micro-impianti di liquefazione (per la produzione da biogas 52 e da piccoli giacimenti) e l'utilizzazione, principalmente per la mobilità di persone e merci;
- Microliquefazione del gas naturale;
- Gestione della risorsa criogenica derivante dall'uso del GNL per autotrazione;
- Riconversione di caldaie o altri dispositivi di utilizzazione di combustibili fossili convenzionali a GNL in collaborazione con partner industriali;
- Gestione di reti gas naturale anche in supporto a importanti distributori;
- Impianti di rigassificazione per l'alimentazione di motori endotermici di veicoli;
- Compressori per impianti frigoriferi di liquefazione gas naturale.

Gli ambiti applicazione

- Transizione digitale, economia circolare PMI;
- Energia e Green Economy;
- Smart Agrifood.

Target temporali di sviluppo ed adozione della tecnologia (target, tempi, fattori critici)

- Sviluppo soluzioni standardizzate/modularizzate;
- A breve periodo (fine del 2018) nel momento in cui con molta probabilità saranno operativi gli incentivi del nuovo DM per la promozione del biometano;
- A medio-lungo periodo (2025-2030) nella fase di crescita della filiera degli usi finali del GNL in linea con gli obiettivi e i tempi di attuazione del QSNGNL e del QSN-GNC per i combustibili alternativi, e del nuovo piano nazionale energia e clima 2030;
- Ipotesi target: 4 nuovi impianti di produzione di biometano liquido e avanzato:
 - Tempi: entro il 2022 (ipotesi finestra temporale del nuovo decreto e quadro di incentivazione)
 - Fattori critici:
 - Concorrenza da parte di LNG, nascita di depositi costieri di LNG;
 - Concorrenza di biocarburanti avanzati diversi dal biometano liquido;
 - Limiti su produzione e immissione biocarburanti, cosa accade al raggiungimento della soglia del 10%, volumi limitati da provvedimenti governativi;

- Allungamento time to market per slittamento dell'approvazione del decreto e dei regolamenti attuativi;
- Incremento delle accise sul metano.

Nella Regione è presente il rigassificatore OLT che può essere facilmente attrezzato per il travaso del GNL su più piccole imbarcazioni, a loro volta in grado di rifornire depositi costieri e fare buncheraggio per le navi. La reale possibilità di costruire due importanti depositi costieri nei porti di Livorno e di Piombino (come anche auspicato dall'Autorità Portuale di Livorno), la presenza di distributori stradali di GNL e l'interesse industriale a costruirne ulteriori, sono elementi che possono permettere di sviluppare una consistente ed efficace rete logistica per la distribuzione del GNL sia per alimentare i veicoli e le navi, sia per alimentare gli impianti industriali (compreso la produzione di energia elettrica) e sistemi isolati. In Regione sono disponibili importanti quantitativi di biomassa da scarti agricoli, industriali e civili che, in parte, già adesso alimentano impianti per la produzione di biogas. In Regione sono anche presenti giacimenti di gas metano di natura geologica. In Regione esiste già una filiera industriale per la produzione di componenti per i sistemi criogenici e un'industria termo- meccanica in grado di fare componenti e sistemi per la compressione necessari per lo sviluppo e la produzione di sistemi per la liquefazione in particolare piccoli impianti. Inoltre il sistema regionale della ricerca (Università e centri di ricerca) ha le conoscenze e le competenze per sviluppare innovazione nel settore e fare trasferimento tecnologico. Queste particolari condizioni esistenti sul territorio sono fattori importanti da valorizzare per indurre attività di R&D e attrarre investimenti per lo sviluppo di filiere produttive di dispositivi e sistemi per la produzione, la distribuzione e l'utilizzo del GNL.

Principali contesti territoriali di applicazione

- Rete di distribuzione arterie di traffico urbano e extraurbano;
- In tutta la Regione, sono presenti aziende agricole attualmente dotate di digestori per la produzione di biogas ed energia elettrica. In Toscana sono presenti almeno 40 impianti di produzione di biogas per digestione anaerobica che viene attualmente valorizzato sotto forma di energia elettrica e termica;
- Aree prive di accesso alla rete del gas naturale (Aree montane, isole, aree marginali a bassa densità insediativa);
- Aree che ospitano le principali infrastrutture di viabilità stradale in cui sono presenti distributori di carburante;

Aree con attività o potenziali di produzione di metano da attività estrattiva nel pisano.

- Sistemi di autotrasporto/logistica/distribuzione;
- Produzione di BIOMETANO come biocarburante e biocarburante avanzato per l'utilizzo nell'ambito automotive;
- Dal lato delle utenze di GNL: Distributori pubblici di carburante (GNL-GNC o L-CNG), distributori aziendali di GNL per flotte private, distributori aziendali di aziende del TPL, Industrie off-grid reti isolate alimentate a GPL;
- Dal lato della produzione di GNL: presso produttori di biometano o attività minerarie di estrazione del gas naturale.

Asset strategici

Bacini di competenze territoriali legati allo sviluppo della roadmap

- Contesti di sviluppo per trasporto energia;
- Tecnici specializzati e di competenze nel settore della criogenia.

Principali stakeholders regionali industriali (sviluppo/applicazione)

- SOL;
- Distributori/Società autotrasporto/Coop;
- Aziende municipalizzate per la raccolta rifiuti;
- Sapio e altre società appartenenti allo stesso settore dei gas tecnici;
- Imprese della filiera della criogenia (Gas & Heat, HVM, GE), operatori nella commercializzazione dei carburanti, operatori di reti isolate, operatori della logistica e del TPL, imprese agricole e del settore agroalimentare, operatori nell'upstream del gas naturale;
- Sesta Lab – Area sperimentale per full-scale testing di combustori per turbine a gas.

Principali stakeholders regionali della ricerca (sviluppo/applicazione)

UNIFI, UNIPI, CNR.

Posizionamento internazionale delle stesse (leadership o followership)

- Tutte le aziende ricoprono ruolo di leadership;
- Le imprese della filiera della criogenia, pur nella loro diversa dimensione, sono tutte competitive nel mercato internazionale e hanno un significativo potenziale di leadership nello sviluppo delle tecnologie della filiera per cogliere le opportunità offerte, dalle applicazioni della microliquefazione all'autoproduzione di BioGNL in Toscana.

Stakeholders/competitors extra regionali

- Vari competitors in EU;
- Si veda lista soci aderenti del CIB – Consorzio Italiano Biogas (<https://www.consorziobiogas.it/>);
- Sono presenti competitors sia a livello nazionale (microGNL) europeo (Wartsila) che internazionale.

Principali partnership esistenti

Principali progetti europei di ricerca sviluppo innovazione (titolo/programma/obiettivo)

- Progetti promossi dal CIB (Consorzio Italiano Biogas) <https://www.consorziobiogas.it/servizio-ricerca/>;
- Progetti sulla filiera degli usi finali del GNL finanziati dal programma CEF (Connecting European Facilities);
- Cluster Tecnologico Nazionale Energia.

Principali partner europei

/

Titolo
<p><u>Potenzialità e prospettive di sviluppo della filiera dell'idrogeno in Toscana</u></p>
Descrizione
<p>Ad oggi esistono varie tecnologie per la produzione di idrogeno. Il 95% dell'idrogeno europeo è prodotto tramite lo <i>steam methane reforming</i> – SMR e tramite <i>autothermal reforming</i> – ATR, entrambi i processi sono ad elevata intensità di carbonio. Queste modalità di produzione lo definiscono come idrogeno grigio, che utilizza combustibili fossili come materia prima e produce emissioni di biossido di carbonio. Questi processi possono però essere associati con sistemi di cattura, uso e stoccaggio del carbonio (<i>Carbon Capture, Utilisation and Storage</i> - CCUS) e comprendenti tutte quelle soluzioni in grado di ridurre le emissioni di gas serra degli impianti inquinanti o rimuoverle direttamente dall'atmosfera, in questo caso l'idrogeno prodotto viene definito idrogeno blu o <i>low-carbon Hydrogen</i>.</p> <p>Il restante 5% è un sottoprodotto derivato dai processi di lavorazione dei cloro-alcalini nell'industria chimica. Gli elettrolizzatori alcalini possono essere utilizzati per la produzione dedicata di idrogeno, mentre esistono altri metodi di produzione dell'idrogeno tramite l'uso di elettrolizzatori basati su una membrana polimerica elettrolitica (PEM) e ad ossido solido (<i>Solid oxide electrolyzer cell</i> - SOEC) in questo caso si ha una cella a combustibile ad ossido solido che funziona in modalità rigenerativa per ottenere l'elettrolisi dell'acqua utilizzando un ossido solido, o ceramica, elettrolita per produrre idrogeno gassoso e ossigeno. È uso riferirsi alla produzione di idrogeno tramite elettrolizzatori con l'espressione <i>Power to gas</i> (P2G). Nei casi in cui l'elettricità usata nel processo sia derivante da fonti rinnovabili si parla di idrogeno verde.</p> <p>Una volta prodotto l'idrogeno, è necessario gestirne la logistica, ovvero l'immagazzinamento e poi il trasporto. A livello europeo esiste una rete di tubazioni dedicate che copre circa 1.600 Km, in generale però questo tipo di trasporto è ancora limitato. In Italia, Snam - la principale società di infrastrutture energetiche - ha sperimentato il trasporto di idrogeno, immettendolo al 5% in forma gassosa nella rete del gas metano esistente. Il mix di idrogeno e gas trasportato dalla rete comporta difficoltà tecniche legate alla reazione chimica che avviene tra l'acciaio delle tubature dei metanodotti e l'idrogeno. Con le infrastrutture ad oggi disponibili a livello nazionale è possibile miscelare fino a un massimo del 15-20% di idrogeno con il metano. In attesa dell'adeguamento delle infrastrutture secondo un'ottica <i>hydrogen friendly</i>, l'alternativa è rappresentata dal trasporto su gomma. E qui si entra nel tema della logistica, perché il trasporto dell'idrogeno è legato al suo utilizzo come vettore energetico, e uno dei problemi ancora da risolvere in questo momento è quello del suo immagazzinamento. Il modo più semplice ed economico per accumulare idrogeno è di utilizzarlo sotto forma di gas compresso. I carri bombolai e le cisterne con gas compresso rappresentano il sistema di trasporto più semplice, limitato però dal fatto che l'idrogeno necessita di contenitori molto voluminosi, fino a tre volte più grandi rispetto a quelli utilizzati per il metano e dieci volte rispetto a quelli per la benzina. Inoltre, occorre una pressione elevata (200-250 bar), con alti costi di compressione e l'utilizzo di grandi spazi.</p> <p>La Commissione Europea ha pubblicato nel 2020 la <i>Strategia sull'Idrogeno per un'Europa climaticamente Neutra</i> nella quale si ribadisce il valore strategico dell'accelerazione dello sviluppo del mercato e delle tecnologie collegate alla filiera dell'idrogeno per il raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione 2050.</p>

La strategia europea sull'idrogeno prevede di sviluppare l'idrogeno verde sul lungo periodo, favorendo un sistema energetico integrato, e idrogeno low-carbon (blu) nella fase di transizione a breve e medio termine, in grado di ridurre rapidamente le emissioni derivanti dalla produzione di idrogeno e perseguire lo sviluppo di un mercato sostenibile su scala significativa. La strategia UE ha definito una tabella di marcia molto ambiziosa che prevede:

- una prima fase (2020-2024) in cui è prevista la decarbonizzazione dell'attuale produzione d'idrogeno;
- una seconda fase (2025-2030) in cui l'idrogeno verde diventa parte sostanziale del sistema energetico integrato europeo;
- una terza fase (2030-2050) in cui le tecnologie per l'idrogeno verde dovrebbero essere mature per uno sviluppo su larga scala, contribuendo in modo sostanziale alla decarbonizzazione 2050.

L'Italia rientra tra quei paesi europei, insieme a Germania, Portogallo, Francia, Paesi Bassi e Spagna, che hanno definito le *Linee Guida Preliminari per una Strategia Nazionale per l'Idrogeno*. La *Linee Guida Nazionali* pubblicata dal MiSE nel 2021 si pone come obiettivo al 2030 il 2% di penetrazione dell'idrogeno nella domanda energetica finale nazionale (che dovrebbe arrivare al 13-14% entro il 2050) e circa 5 GW di capacità di elettrolisi e fino a 8 Mton di CO₂ eq risparmiata.

Secondo quanto riportato nelle *Linee Guida Nazionali*, l'idrogeno può giocare un doppio ruolo per il Paese sul breve e lungo periodo. A breve termine, fino al 2030, l'idrogeno diventerà progressivamente competitivo in applicazioni selezionate (come chimica, mobilità, raffinazione petrolifera), consentendo lo sviluppo di un ecosistema nazionale dell'idrogeno, necessario per sfruttare appieno il potenziale dell'idrogeno sul lungo periodo. Per il prossimo decennio, il Governo prevede l'applicazione dell'idrogeno nel settore dei trasporti, in particolare pesanti (ad esempio treni e camion a lungo raggio a celle combustibili), nelle ferrovie e nell'industria, con specifico riferimento a quei segmenti in cui l'idrogeno è già impiegato come materia prima, per esempio nel settore della chimica e nella raffinazione petrolifera. In aggiunta ai suddetti settori, esiste una serie di opportunità aggiuntive che possono accrescere la domanda entro il 2030 tra le quali si cita ad esempio il settore siderurgico e quello della produzione del cemento.

Sul lungo periodo, fino al 2050, l'idrogeno potrà supportare lo sforzo di decarbonizzazione insieme ad altre tecnologie a basse emissioni di carbonio, soprattutto nei settori "hard-to-abate" (come i processi di produzione ad alta intensità energetica nautica e aviazione). Nel settore civile, con particolare riferimento al riscaldamento residenziale e commerciale, l'idrogeno potrà altrettanto contribuire alla decarbonizzazione, come concorrente delle pompe di calore e di altre tecnologie a basse emissioni di carbonio in sostituzione dei prodotti a metano e petroliferi. La loro diffusione necessiterà di una progressiva riconversione all'idrogeno dell'esistente rete gas, sia in termini di trasmissione che di distribuzione. Le caldaie a idrogeno potranno essere una buona alternativa a quelle a metano laddove l'installazione di pompe di calore non sia tecnicamente possibile o non offra un'efficienza che giustifichi l'investimento iniziale.

Il MiSE identifica tre modelli teorici di produzione e trasporto:

1. Il primo modello prevede la produzione totalmente in loco in cui la generazione di energia elettrica rinnovabile e la capacità di elettrolisi sono situate accanto al punto di consumo per minimizzare i costi di trasporto;
2. Il secondo modello prevede la produzione in loco con trasporto di energia elettrica. In questo caso, l'energia elettrica rinnovabile viene generata in aree con un'alta disponibilità

di risorse naturali e l'energia elettrica viene trasportata attraverso la rete elettrica al punto di consumo dove è poi convertita in idrogeno mediante elettrolisi;

3. L'ultimo modello individuato prevede la produzione centralizzata con trasporto di idrogeno. La generazione di elettricità rinnovabile e la capacità di elettrolisi sono situate in aree con un'alta disponibilità di risorse naturali dove l'idrogeno viene prodotto e poi trasportato al punto di consumo attraverso una struttura dedicata che potrebbe sfruttare la rete esistente del gas oppure attraverso altri metodi di trasporto appositamente adattati.

Le "*Hydrogen Valleys*", ecosistemi che includono sia la produzione che il consumo di idrogeno, potranno inoltre fornire aree per la diffusione dell'idrogeno entro il 2030, portando a una possibile applicazione dell'idrogeno in altri settori. Per esempio nelle aree fortemente industrializzate, queste valleys potrebbero portare ad una potenziale aggregazione di differenti applicazioni dell'idrogeno per una gestione combinata sotto il punto di vista della produzione, così da massimizzare le sinergie ed il ritorno degli investimenti sulle infrastrutture. Sono previsti poi alcuni progetti pilota su piccola scala anche in altri comparti, ad esempio nel trasporto pubblico locale, nella metanazione biologica o nei siti di siderurgia secondaria.

Per produrre ~0,7 Mton di idrogeno verde l'anno, sarà necessaria una considerevole quantità di generazione di energia elettrica rinnovabile, sia solare sia eolica, in aggiunta alla quantità di rinnovabili necessaria a soddisfare gli obiettivi fissati dal PNIEC. Questa sfida è di rilevanza determinante, pertanto bisogna mettere in atto una serie di misure, come ad esempio lo snellimento dei processi di autorizzazione per l'installazione di impianti rinnovabili, assicurando al tempo stesso una coordinazione adeguata tra gli organi regionali, con piani locali implementati di conseguenza. La produzione nazionale di idrogeno verde potrebbe essere integrata con le importazioni – dove la posizione del Paese potrebbe essere sfruttata come hub per il commercio dell'idrogeno – o con altre forme di idrogeno a basse emissioni di carbonio, ad esempio l'idrogeno blu.

Esistono ad oggi numerosi programmi di finanziamento europeo che potrebbero contribuire allo sviluppo della filiera, soprattutto stimolando investimenti privati e progetti dimostrativi d'innovazione. Una delle risorse più importanti è il "*Next Generation EU*", un nuovo strumento temporaneo con un budget di 750 miliardi di euro suddiviso tra diversi fondi, tra i quali ad esempio il *Recovery and Resilience Facility*, *ReactEU* e *Horizon Europe*. Ulteriori risorse potranno essere concesse dal *Innovation Fund* e dal *Piano Operativo Nazionale (PON) 2021-2027*, per poi essere assegnate a livello locale coinvolgendo gli organi regionali competenti.

A confermare l'impegno dell'Italia in Europa allo sviluppo della tecnologia sull'idrogeno è stata la partecipazione ad IPCEI (*Important Projects of Common European Interest*) sull'idrogeno, dove è stato sottoscritto l'impegno a promuovere lo sviluppo di una catena del valore sulle tecnologie e sistemi dell'idrogeno. Il primo progetto di larga scala sarà incentrato su "*Tecnologie e sistemi dell'idrogeno*" e riguarderà tutta la catena di valore, dalla ricerca e sviluppo all'implementazione delle installazioni. Attraverso questo progetto si punterà a:

- produrre idrogeno sostenibile, in particolare da fonti rinnovabili;
- produrre elettrolizzatori e mezzi pesanti di trasporto alimentati a idrogeno, come navi, aerei, veicoli commerciali;
- sviluppare soluzioni per lo stoccaggio, la trasmissione e la distribuzione dell'idrogeno;
- implementare applicazioni industriali dell'idrogeno, per favorire la decarbonizzazione degli impianti industriali, specie in quei settori di difficile elettrificazione.

La strategia nazionale prevede entro il 2030 investimenti pari a 10 MDL di € per H₂ dei quali metà arriveranno da risorse e fondi stanziati ad hoc e ai quali vanno aggiunti gli investimenti per la diffusione delle rinnovabili. Tali investimenti dovrebbero essere in grado di generare fino a 7 MDL € di PIL aggiuntivo e creare oltre 200 K posti di lavoro temporanei e fino a 10 K di posti fissi. L'Italia, grazie alla sua posizione strategica nel Mediterraneo, potrebbe diventare un “hub” commerciale dell'idrogeno a livello comunitario ed internazionale. Gli investimenti nel settore dovrebbero prevedere:

- Investimenti necessari alla produzione di idrogeno, ~5-7 miliardi di euro;
- Investimenti in strutture di distribuzione e consumo dell'idrogeno (treni e camion a idrogeno, stazioni di rifornimento, ecc.), ~2-3 miliardi di euro;
- Investimenti in Ricerca e Sviluppo, ~1 miliardo di euro;
- Alcuni investimenti nelle infrastrutture (come reti di gas) per integrare correttamente la produzione di idrogeno con gli impieghi finali.

Al di là delle risorse finanziarie, è di importanza fondamentale definire delle politiche nazionali che assicurino lo sviluppo dell'economia dell'idrogeno. È necessario, ad esempio, sviluppare un quadro normativo regolatorio chiaro, abilitante per gli investimenti e per l'impiego dell'idrogeno su tutta la catena del valore, con particolare attenzione alla sicurezza ed alle attività collegate. Occorre che questo sia uno sforzo presidiato e congiunto a livello nazionale, comunitario ed internazionale. Inoltre, dovrebbe essere intrapresa la creazione di un programma nazionale di ricerca e sviluppo per occuparsi delle aree prioritarie come lo sviluppo di elettrolizzatori (e le varie tecnologie possibili, come *Alcalina*, *Proton Exchange Membrane* ed elettrolizzatori ad ossidi solidi) e della tecnologia a celle a combustibile. Oltre che sui sistemi di produzione la ricerca dovrà concentrarsi sui sistemi di trasporto e stoccaggio nonché sugli usi finali.

A livello regionale si registra la presenza di player, sia nell'ambito della ricerca che in quello industriale, che potrebbero rivestire un ruolo significativo nella strutturazione della filiera. Si registra in particolare la presenza di PMI, alle quali si affiancano spesso grandi player, che operano nei comparti di produzione degli elettrolizzatori e liquefattori, della criogenia e della produzione di serbatoio supercritici.

Ai fini dello sviluppo di una filiera regionale si ritiene necessario mettere in campo ampi sforzi per determinare un sensibile riduzione dei costi e un contestuale incremento dell'efficienza energetica della produzione. Una politica di supporto alle attività di ricerca e di sperimentazione in impianti pilota di varia scala e taglia potrà aiutare in tale direzione.

Particolare rilevanza assume la produzione di idrogeno verde a partire da fonti FER tramite idrolisi. In questo ambito, sarebbe auspicabile investire in una evoluzione della filiera di produzione verso un contributo significativo se non totale delle fonti rinnovabili, riducendo progressivamente il ricorso ai fossili. Ciò contribuirebbe all'emergere di economie di scala utili anche nell'ambito della filiera energetica. In tal senso, sarebbe poi particolarmente interessante il ricorso a sistemi di certificazione per qualificare l'impatto ambientale del metodo di produzione o sulla *carbon footprint*.

Tra le *best practices* esistenti a livello regionale si cita il *Distretto Regionale Industriale all'Idrogeno* che sorge nell'area di San Zeno ad Arezzo dove, da diversi anni, si è costituita una delle prime comunità europee basata sull'idrogeno per l'autosufficienza energetica. La sperimentazione è stata intrapresa anche a supporto del comparto orafa locale da sempre legato all'uso del gas per le lavorazioni e la pulitura dell'oro. La sperimentazione nel corso del tempo si

è ampliata e si è tradotta nella messa in esercizio nel 2018 di un idrogenodotto sotterraneo per servire l'area industriale (primo impianto di questo genere costruito in Italia), di un laboratorio per il suo monitoraggio e la sua implementazione a zero emissioni e, come ultimo passo, un'area produttiva polifunzionale ecologicamente attrezzata pronta a connettere anche la zona urbana.

La Regione Toscana ha poi avviato progetti di rinnovo della flotta degli autobus che prevedono anche l'acquisto di mezzi a idrogeno e sulla sperimentazione del trasporto di persone su rotaia con treni alimentati ad H₂ su tratte obsolete non elettrificate.

Tecnologie da sviluppare

- Tecnologie e processi per la produzione di idrogeno *clean* da fonte rinnovabile (elettrolisi innovativa dell'acqua e del vapore, trattamento termico del biogas, produzione da eolico off-shore con elettrolizzatori, produzione da biomassa, processi termochimici, elettrochimici, e fotocatalitici);
- Tecnologie legate allo storage e miscelazione dell'idrogeno nella rete gas;
- Tecnologia a celle a combustibile;
- Metanazione biologica;
- Criogenia;
- Recupero da scarti e syngas per estrazione H₂ (tessili, vetroresine, fluidi geotermici, etc);
- Tecnologie e processi per la produzione di idrogeno «green» o “blue” decarbonizzato;
- Infrastrutture per rifornimento veicoli a idrogeno.

Gli ambiti applicazione

- Energia e Green Economy;
- Transizione digitale, economia circolare PMI.

Target temporali di sviluppo ed adozione della tecnologia (target, tempi, fattori critici)

Attualmente le barriere principali allo sviluppo della filiera dell'idrogeno sono la domanda piuttosto ridotta ed i costi ancora elevati di produzione. Lo sviluppo della domanda di idrogeno sarà soggetto a una serie di fattori, tra i quali si citano:

- I prezzi delle materie prime (ad esempio elettricità e gas), uno dei principali motori della competitività dell'idrogeno rispetto ad altre tecnologie a basse emissioni di carbonio;
- La disponibilità della capacità di fonti rinnovabili necessaria a produrre quantità significative di idrogeno verde;
- L'evoluzione della regolamentazione in materia di emissioni (per esempio i prezzi di CO₂ sul mercato ETS e i *Carbon Border Adjustments*), che trainerà l'opportunità di adottare idrogeno low-carbon e avvierà lo sviluppo di un ecosistema industriale nazionale dedicato;
- La creazione/aggiornamento di quadri giuridici/normativi e standard tecnici/di sicurezza ad hoc per consentire la produzione, il trasporto e lo stoccaggio di idrogeno per soddisfare i requisiti della domanda;
- Importanti iniziative di Ricerca e Sviluppo per ampliare le tecnologie dell'idrogeno e stimolare la domanda, in conformità alle prime linee guida della Strategia Italiana Ricerca Idrogeno (SIRI) di recente pubblicazione.

Inoltre il potenziale dell'idrogeno nell'impegno di decarbonizzazione del Paese è soggetto ad una serie di fattori che possono condizionare il mercato sul lungo periodo, e in ultima istanza alla competitività delle tecnologie dell'idrogeno rispetto ad altre alternative a basse emissioni di carbonio. Innanzitutto, per dare il via a una rapida discesa dei costi di produzione, è fondamentale

aumentare la capacità di produzione degli elettrolizzatori, così da accrescere la competitività dell'idrogeno rispetto ad altri prodotti a basse emissioni di carbonio. In tale contesto, la crescita di progetti pilota attraverso programmi comunitari dell'UE e la sperimentazione di nuove tecnologie potrebbe dare il via agli investimenti nella capacità di produzione e anticipare i tipping point delle materie prime. Inoltre, come stabilito dall'UE nella sua Strategia sull'Idrogeno, un quadro politico di supporto è uno dei principali fattori che possono portare all'accelerazione del mercato, per esempio attraverso soglie/standard di basse emissioni di carbonio, l'introduzione di Carbon Border Adjustments e una revisione dell'attuale Sistema ETS. Come riportato nella Strategia Idrogeno Europea, una infrastruttura appropriata sarà una condizione chiave per lo sviluppo del mercato dell'idrogeno, e l'infrastruttura gas esistente rappresenta una leva efficiente per trasportare idrogeno. La Strategia Nazionale intende fare leva sull'esistenza di una rete gas ben sviluppata e interconnessa che offra anche opportunità di import e export.

Principali contesti territoriali di applicazione

- Comparto H₂;
- Settore *hard to abate* (processi ad elevata intensità energetica);
- Industria chimica, raffinazione petrolifera;
- Siderurgia;
- Oil & Gas;
- Industria Orafa;
- Residenziale;
- Trasporti marittimi, aerei e su strada.

Asset strategici

Bacini di competenze territoriali legati allo sviluppo della roadmap

Comparti della ricerca e industriali per la produzione degli elettrolizzatori e liquefattori, della criogenia e della produzione di serbatoio supercritici.

La Regione Toscana aderisce a HyER l'Associazione europea per l'idrogeno e le celle a combustibile e l'elettromobilità nelle regioni europee (formalmente HyRaMP) istituita in collaborazione con la Commissione europea nel 2008 che ad oggi rappresenta oltre 35 regioni e città in Europa. HyER ha lo scopo di sostenere la diffusione e l'adozione delle tecnologie dell'idrogeno e delle celle a combustibile e dell'elettromobilità in Europa per contribuire positivamente alla riduzione delle emissioni di anidride carbonica, alla protezione dell'ambiente, alla crescita economica e all'occupazione.

Accordo tra Regione Toscana, Università di Pisa, Scuola Superiore Sant'Anna e PONT- TECH (Consorzio Ricerca Industriale e il Trasferimento Tecnologico a Pontedera) in merito a sviluppo tecnologico per lo sviluppo della filiera regionale.

Principali stakeholders regionali industriali (sviluppo/applicazione)

- Enapter, sviluppo tecnologico di elettrolizzatori AEM per conversione energia rinnovabile ed acqua in idrogeno verde e su sistemi energetici integrati
- McPhy, leader dell'elettrolisi alcalina,
- Nemesys Energy, Start-up Innovativa produttrice di accumulatori di energia per la mobilità sostenibile e lo storage massivo
- Erredue gas, sviluppo di tecnologie per la generazione e la purificazione di gas per applicazioni industriali e di laboratorio

- Baker Hughes - Nuovo Pignone, sviluppo di tecnologia per l'adeguamento di infrastrutture al trasporto di idrogeno, tester funzionamento della prima turbina "ibrida" a idrogeno
- Enel, sviluppo e valutazione di progettualità dedicate per utilizzare l'idrogeno rinnovabile come elemento chiave per affrontare la decarbonizzazione di settori industriali hard-to-abate, come quelli della raffinazione di prodotti petroliferi, il chimico o il siderurgico;
- ILT Energia, produce Generatori di Idrogeno e Ossigeno a gas separati;
- PITOM, sperimentazione veicoli a celle combustibili;
- LA FABBRICA DEL SOLE HydroLab;
- SOLVAY, ricerca e sviluppo su membrana per celle a combustibile o elettrolizzatori

Principali stakeholders regionali della ricerca (sviluppo/applicazione)

- Università di Pisa;
- Università di Firenze;
- Scuola Superiore Sant'Anna;
- CNR – ICCOM;
- PIN Laboratorio LINEA – Polo Universitario città di Prato;
- PONT- TECH, *Consorzio Ricerca Industriale e il Trasferimento Tecnologico a Pontedera.*

Posizionamento internazionale delle stesse (leadership o followership)

Alcuni degli stakeholder toscani e degli enti di ricerca collaborano e in alcuni casi coordinano numerose iniziative e progetti nazionali ed europei quali:

Stakeholders/competitors extra regionali

- SNAM;
- ENI;
- ITALGAS;
- ENEA;
- SAPIO;
- HYDROGENIA;
- Acrotonica Fuel Cells S.r.l.;
- ALSTOM;
- TENARIS;
- HYUNDAI;
- TOYOTA;
- RAMPINI;
- Ferrovie dello Stato;
- Fondazione Bruno Kessler,
- Cluster Tecnologico Nazionale Energia;
- Gruppo Maire Tecnimont.

Principali partnership esistenti

Principali progetti europei di ricerca sviluppo innovazione (titolo/programma/obiettivo)

- **PROMETEO** - *Hydrogen PROduction by MEans of solar heat and power in high TEMperature solid Oxide electrolyzers.* Il progetto è coordinato da Enea e prevede un investimento di 2,7 milioni di euro, dei quali circa 2,5 milioni finanziati dall'Unione europea attraverso il programma pubblico-privato Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCH JU). Il progetto propone lo sviluppo di una tecnologia altamente efficiente che combina

l'elettricità da fotovoltaico (o eolico), con il calore da solare a concentrazione in grado di ridurre i costi di produzione dell'idrogeno verde a meno di 2 euro per kg;

- **GICO** - *Gasification Integrated with CO2 capture and conversion*. Progetto finanziato dal programma Horizon 2020 con circa 4 milioni di euro, il progetto svilupperà la prossima generazione di tecnologie per le energie rinnovabili che formeranno la 'spina dorsale' del sistema energetico al 2030 e al 2050. Il progetto è capofilato dall'Università Guglielmo Marconi e conta ENEA tra i partner scientifici. Obiettivo del progetto è la produzione di idrogeno verde da biomasse e rifiuti e contemporaneamente catturare la CO₂ emessa per la sua valorizzazione energetica;
- **H₂ Filiera Idrogeno**. Il Progetto si prefigge di sviluppare l'attività di ricerca nel settore delle tecnologie di produzione, distribuzione, stoccaggio dell'idrogeno e nel suo uso per propulsione in veicoli (con motori endotermici a idrogeno o veicoli a celle a combustibile);
- **SAVIA** – *Sistema di Alimentazione di Veicoli ad Idrogeno ed Ammoniacca*. Il Progetto ha lo scopo di realizzare il prototipo di un generatore di energia elettrica basato su un innovativo motore endotermico che utilizza come combustibile l'ammoniaca (NH₃) arricchita, in fase di iniezione indiretta, da circa il 5% di H₂;
- **NANOCATGEO** – *Nuovi catalizzatori nanostrutturati per la generazione elettrochimica di idrogeno mediante dispositivi eolici*. Il Progetto è finalizzato a realizzare un sistema tecnologico che consenta di stoccare sotto forma di idrogeno l'energia prodotta mediante l'impiego di fonti rinnovabili (tipicamente -ma non esclusivamente- le pale eoliche).

Principali partner europei

- ENI;
- Fondazione Bruno Kessler (FBK);
- IMDEA Energy;
- Istituto di ricerca svizzero EPFL;
- MTU CFC Solutions;
- SOLIDpower;
- Stamicarbon;
- Fuell Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCHJU2);
- Hydrogen Europe;
- N.erghy;
- Capital Energy.

Titolo
Tecnologie per il recupero e la valorizzazione di energia e materiali di scarto
Descrizione
<p>L'Agenda 2030 per lo Sviluppo, sottoscritta nel settembre 2015 dai governi dei 193 Paesi membri dell'ONU, è un ambizioso programma d'azione per le persone, il pianeta e la prosperità che si articola in 17 Obiettivi globali per lo Sviluppo Sostenibile (<i>Sustainable Development Goals, SDGs</i>) e 169 obiettivi target da raggiungere entro il 2030.</p> <p>Nel dicembre 2015, l'Unione Europea ha adottato il <i>Pacchetto sull'Economia Circolare</i> che definisce obiettivi ambiziosi e la relativa tempistica per ridurre la pressione esercitata sulle risorse naturali e stimolare il mercato delle materie prime secondarie. Il pacchetto sull'economia circolare ha introdotto strumenti economici specifici e promosso la "simbiosi industriale", incentivando anche altri meccanismi per ridurre la futura produzione di rifiuti nell'ambito di una filosofia bioeconomica e circolare (ad esempio: progettazione riciclaggio; imballaggio ridotto).</p> <p>Secondo quanto riportato nel <i>Rapporto nazionale sull'economia circolare in Italia</i> del 2020, realizzato dal CEN-Circular Economy Network, l'Italia in base all'indice di circolarità (che prende in esame i parametri relativi a produzione, consumo, gestione rifiuti, mercato delle materie prime seconde, investimenti e occupazione) risulta tra i cinque paesi europei più avanzati nel settore dell'Economia Circolare. Per quanto riguarda la produzione dei rifiuti, al 2018 si conta una produzione pari a 499 kg pro capite, come indicato anche da Eurostat 2018, valore un po' più alta rispetto alla media europea, che si attesta a 488 kg/abitante. Il riciclo dei rifiuti urbani risulta in crescita, infatti, la nostra nazione si posiziona seconda dietro alla Germania. La percentuale di riciclo di tutti i rifiuti è pari al 68%, percentuale superiore a quella media europea che risulta del 57%. Lo smaltimento in discarica dei rifiuti sta progressivamente diminuendo ma ancora il 22% degli stessi vengono destinati alla discarica. Inerentemente al mercato delle materie prime seconde, l'Italia si posiziona al secondo posto dietro la Francia. Il tasso di utilizzo circolare di materia, nel 2017, è stato pari al 17,7%, in calo rispetto ad altri anni e più basso rispetto a molti paesi UE. L'import di materie prime seconde risulta essere il doppio rispetto all'export, questo significa che il sistema produttivo è in grado di valorizzare il materiale riciclato ma non è in grado di soddisfare la domanda con materie prime seconde provenienti dai nostri territori.</p> <p>A livello nazionale la <i>Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile (SNSvS)</i> rappresenta lo strumento principale per orientare nella giusta direzione gli sforzi della transizione economica-ambientale verso un nuovo modello economico circolare, a basse emissioni di CO₂, resiliente ai cambiamenti climatici e agli altri cambiamenti globali. La SNSvS è strutturata in cinque aree di intervento e per ognuna di esse individua le scelte e gli obiettivi di valore strategico da perseguire a livello nazionale. La Strategia incoraggia la transizione e l'adozione di modelli sostenibili di produzione e consumo che portino a migliorare l'efficienza dell'uso delle risorse promuovendo i meccanismi di economia circolare. L'affermazione di modelli di produzione e consumo sostenibili nei settori di rilievo dell'economia non ha valenza solo ambientale (efficienza delle risorse, eliminazione degli impatti ambientali incompatibili con le capacità auto-rigenerative dei sistemi naturali, chiusura dei cicli materiali di produzione e consumo, eliminazione degli sprechi e riduzione dei rifiuti), ma pone le basi per stabilire nuove relazioni tra i soggetti economici basate sui principi di coesione e responsabilità sociale, di accesso equo alle risorse, di rispetto della dignità del lavoro e di inclusione sociale.</p>

In questo quadro assume rilievo il concetto di Bioeconomia che si riferisce alla produzione sostenibile di risorse biologiche rinnovabili e alla conversione di tali risorse e dei flussi di rifiuti/scarti in prodotti industriali a valore aggiunto, quali alimenti, mangimi, prodotti a base biologica, bioenergia. La *Strategia Italiana per la Bioeconomia* (BIT), che fa parte del processo attuativo della *Strategia nazionale di Specializzazione Intelligente* (S3 nazionale), prevede di aumentare l'attuale produzione della bioeconomia italiana (circa 250 miliardi di euro/anno) ed il livello di occupazione (circa 1,7 milioni) del 20% entro il 2030.

La Regione Toscana, a partire dagli indirizzi delle Istituzioni europee, è già intervenuta con numerosi atti a sostegno dell'economia circolare regionale. Con legge statutaria regionale 15 gennaio 2019, n. 4 il Consiglio regionale ha introdotto nello Statuto della Toscana, tra le finalità prioritarie dell'azione della Regione la promozione dell'economia circolare. In precedenza, con la Legge regionale 7 agosto 2018, n. 48 il Consiglio ha introdotto in forma esplicita l'economia circolare tra le priorità degli atti regionali di programmazione economica e finanziaria.

La LR 34/2020 contempla nuove disposizioni relative a misure specifiche per la prevenzione della produzione dei rifiuti favorendo altresì la donazione e il riuso a scopo di solidarietà sociale. La Giunta regionale, con la Decisione n. 30 del 25 giugno 2018, ha istituito il "*Tavolo regionale per la promozione dell'economia circolare*" per concertare con i portatori di interesse dell'economia regionale le azioni più idonee a garantire la transizione verso la circolarità. I lavori hanno portato alla stipula di 3 Protocolli d'intesa tra il 2019 ed il 2020, con le associazioni rappresentative dei distretti tessile e conciario. La Regione, inoltre tra il 2018 ed il 2020, ha stipulato altri 6 accordi di programma per il sostegno allo sviluppo dell'economia circolare in Toscana. Da segnalare inoltre l'istituzione del Tavolo Tecnico RAEE di cui alla Decisione GRT 20/2019.

La promozione di interventi di economia circolare rappresenta una delle azioni ritenute di importanza prioritaria nel Piano di Azione *Toscana Carbon Neutral 2050* (Azione 4). L'obiettivo dell'azione è quello di favorire il reimpiego dei materiali riciclati come materie prime al fine di permettere una riduzione degli scarti di produzione nei processi industriali. In tal senso, la Regione Toscana intende superare il modello di un'economia lineare "produzione– consumo – smaltimento" in cui ogni prodotto è destinato a compiere il suo percorso sino al "fine vita" verso un modello di economia circolare in cui alla riduzione degli scarti di materia si associano riduzioni di emissioni di gas climalteranti. L'obiettivo è quindi reimpiegare gli scarti produttivi nei vari settori e distretti, riducendo la produzione dei rifiuti destinata allo smaltimento. La Regione Toscana intende promuovere investimenti volti a favorire la diffusione di processi produttivi funzionali al principio dell'economia circolare nella materia dei rifiuti, anche attraverso impianti in grado di dare nuova vita agli scarti di produzione, favorendo il loro reimpiego nei processi produttivi. Al fine di raggiungere tali obiettivi prevede l'attivazione di finanziamenti nell'ambito del POR 2021-2027, volti a favorire lo sviluppo di processi produttivi finalizzati a riciclare gli scarti di produzione.

Secondo quanto riportato nel Report "*L'Economia Circolare in Toscana*" diffuso da ARRR nel 2020, la produzione totale di rifiuti speciali si attesta nel 2018 a circa 7,39 milioni di tonnellate, di cui circa 392.000 tonnellate di rifiuti pericolosi e 7 milioni di tonnellate di rifiuti non pericolosi.

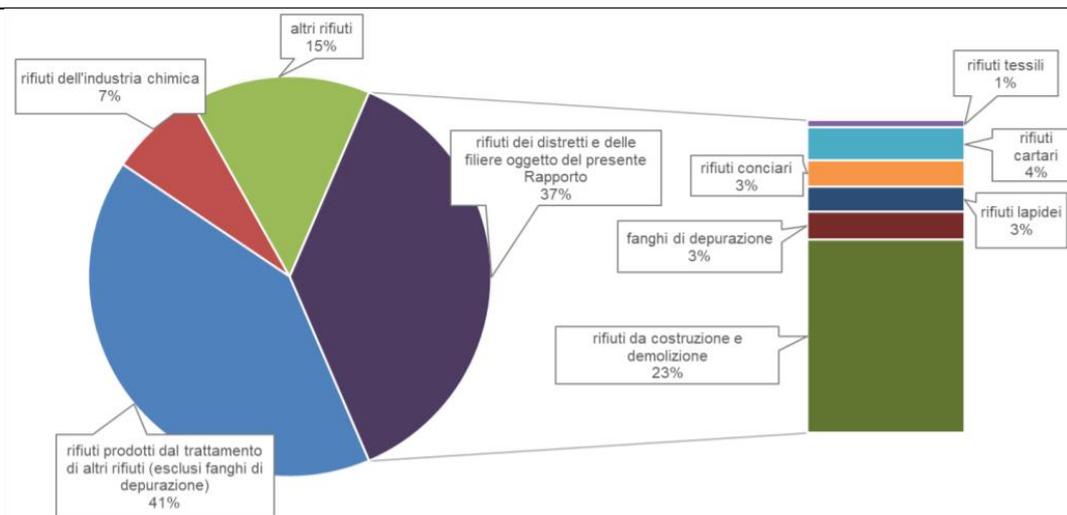


Figura 19 - Produzione di rifiuti speciali in Toscana annualità 2018 (Fonte Dati: ARRR).

Diventa quindi urgente capire come chiudere davvero il cerchio dell'economia circolare incentivando la promozione e lo sviluppo di azioni e strumenti volti a:

- promuovere la prevenzione della produzione dei rifiuti;
- estendere il ciclo di vita dei prodotti;
- valorizzare gli scarti di consumo e di produzione;
- promuovere l'impiego di materiali e prodotti riciclati;
- ridurre la produzione dei rifiuti e l'utilizzo delle risorse naturali.

La Toscana ha dato il via libera nel 2020 alla costituzione di 11 Tavoli Tecnici dedicati ad altrettanti comparti con l'obiettivo di definire un piano di azione che individui le iniziative tecnologiche e gestionali da attuare da parte dei soggetti presenti ai tavoli tecnici, funzionali alla riduzione della produzione dei rifiuti, le azioni per soddisfare il fabbisogno impiantistico necessario all'ottimizzazione della gestione delle quantità dei rifiuti generati ed alla loro valorizzazione, con particolare riferimento a quelli prodotti dai principali cicli produttivi, nel rispetto del principio di prossimità, le azioni per l'informazione che siano mirate a orientare i comportamenti di famiglie, imprese e istituzioni a una maggiore consapevolezza e responsabilità ecologica. la produzione complessiva di rifiuti, aumentare la quota di quelli avviati a riciclo e favorire la chiusura del ciclo produttivo. I suddetti Tavoli tecnici riguardano i seguenti cicli produttivi: lapideo e marmo, tessile, pelletteria, cartario, conciario, chimica, siderurgia, ciclo integrato dei rifiuti urbani e RAEE, rifiuti da costruzione e demolizione, fanghi provenienti dalla depurazione delle acque reflue, orafa.

Per contribuire al raggiungimento degli obiettivi sopra descritti a livello regionale potrebbero essere intraprese azioni di sviluppo tecnologico e attivazione di progetti pilota in tema di **economia circolare, end of waste e materie prime-secondo** con particolare riferimento a:

- Estrazione dei metalli dalle salamoie geotermiche (es. litio e terre rare);
- Recupero metalli preziosi e terre rare da RAEE;
- Produzione di ammoniaca, biometano e bioidrogeno da scarti organici.
- Ammoniaca, H₂ e Metano di origine geotermica;

Si ritiene inoltre un elemento strategico la nascita e l'incentivazione a livello regionale di progetti di filiera che prevedano l'adozione di modelli e l'attuazione di processi di **simbiosi industriale**. I meccanismi di simbiosi tra aziende prevedono che i prodotti di scarto e i sottoprodotti di un'azienda (output) diventino materie prime per un'altra azienda o per un altro processo produttivo (input). In questo modo è possibile creare rapporti di interdipendenza dove energia e rifiuti circolano continuamente in modo da minimizzare i prodotti finali di scarto. I meccanismi di simbiosi innescano una collaborazione territoriale tra due o più industrie originariamente separate al fine di farle interagire per ottenere vantaggi competitivi.

L'attivazione di meccanismi di simbiosi industriale è in grado di portare vantaggi non solamente alle imprese coinvolte ma anche al territorio stesso generando un minor impatto ambientale dei processi produttivi collegato ad una diminuzione delle materie prime, dei quantitativi di rifiuti smaltiti in discarica, dei consumi energetici e delle emissioni in atmosfera. Questo si traduce inoltre in una maggiore indipendenza del territorio dalle fonti fossili. Dall'altro lato, le aziende coinvolte ne traggono benefici in termini di riduzione dei costi di produzione e smaltimento (che in alcuni casi può diventare remunerativo) riducendo le esternalità negative e massimizzando il profitto.

Oltre che lo scambio di risorse, i meccanismi di simbiosi possono interessare il trasferimento di materiali o materie prime per il trasferimento di energia, la condivisione di *utility* e infrastrutture nonché la fornitura congiunta di servizi per soddisfare bisogni comuni.

In tema di **simbiosi energetica**, si evidenzia a livello regionale un potenziale legato alla presenza di expertise e know how per il recupero e la valorizzazione dei cascami termici dai processi industriali energivori. Molti processi industriali disperdono nell'ambiente una grande quantità di energia termica sotto forma di effluenti a medio-bassa temperatura. Questi si presentano in fase gassosa (gas esausti da forni), in fase liquida (o acqua di raffreddamento) oppure in fase vapore (eccedenze di vapore di processo). Negli anni è stato intrapreso uno sforzo tecnologico per cercare di massimizzare l'impiego dell'energia primaria utilizzata, impiegando il calore di scarto in altre fasi di processo (ad esempio per preriscaldare la materia prima in ingresso alle lavorazioni).

A livello regionale si riscontra un potenziale per l'attivazione di progetti di simbiosi energetica con particolare riferimento al recupero e utilizzo dei cascami termici dai processi di produzione di energia da FER. In quest'ultimo senso si evidenzia, in particolare, la possibilità, di attivazione di progetti per il recupero del calore di scarto delle centrali geotermiche per i quali si riscontra a livello regionale la presenza di expertise e know how. Nelle aree geotermiche toscane, tradizionale e amiatina, nell'ultimo ventennio alcuni investimenti privati hanno portato alla creazione di un comparto produttivo (legato in particolare al settore agrifood) che utilizza il calore di scarto delle centrali geotermiche nei propri processi produttivi (es. caseifici, birrifici, salumifici etc.) con evidenti benefici in termini di efficienza e risparmio energetico nei processi. I positivi risultati di tali esperienze, che rappresentano delle *best practice* a livello regionale, potrebbero fungere da innesco per favorire processi di replicabilità sul territorio e diffusione delle tecnologie in utilizzo anche ad altri comparti produttivi con particolare riferimento al settore manifatturiero e ai settori che necessitano di grandi quantità di calore nei propri processi (es. Data Center).

Tecnologie da sviluppare

- Tecnologie e processi per la valorizzazione dei cascami termici;
- Tecnologie per la promozione della simbiosi energetica;

- Recupero cascami industriali (es Idrogeno, metano, terre rare, ammoniaca, litio da geotermia);
- Nuovi metodi di progettazione, raccolta, monitoraggio, analisi della circolarità- uso delle materie prime ridotto al minimo, massimizzazione del riutilizzo di prodotti, riciclo della materia secondo standard molto elevati;
- Tecnologie digitali e storage per la mappatura delle risorse presenti nei prodotti- sviluppo di metodi e database più o meno articolati per l'individuazione e l'archiviazione di una serie di indicatori per misurare le performance di "circolarità";
- Tecnologie e processi per la valorizzazione dei cascami termici- sviluppo di componenti e sistemi per micro cogenerazione e micro-trigenerazione (MCHP/MCCHP), sviluppo di pompe di calore a CO₂ analizzando i promettenti margini di miglioramento dei rendimenti offerti da nuove scelte componentistiche e di ciclo;
- Tecnologie per la promozione della simbiosi energetica- scambio di materiali, energia, acqua e sottoprodotti tra industrie vicine geograficamente, realizzando quelli che più comunemente vengono chiamati "parchi eco-industriali" o "ecosistemi industriali". Promozione dell'approccio win-win secondo cui sussiste il reciproco vantaggio per imprese;
- Tecnologie di esplorazione del potenziale di riciclaggio dei materiali- sviluppo di tecnologie di smistamento mediante processi chimici che facilitino il riutilizzo di alcuni prodotti di scarto di complessa composizione;
- Ricorso a biomateriali;
- Recupero terre rare dai rifiuti- processi di separazione meccanica basata su sensori tesi al recupero dei magneti di terre rare da apparecchiature elettriche ed elettroniche; utilizzo dell'idrogeno come agente di trattamento per decrepitare i magneti di neodimio-ferro-boro (NdFeB) in una polvere idrogenata;
- Recupero cascami industriali (es Idrogeno, metano, terre rare, ammoniaca litio da geotermia);
- Revisione delle BAT (*Best Available Technology*).

Gli ambiti di applicazione

Transizione digitale, economia circolare PMI;
Energia e Green Economy;
Smart Agrifood.

Target temporali di sviluppo ed adozione della tecnologia (target, tempi, fattori critici)

Possibilità immediata di attivazione di progetti pilota e di ricerca e sviluppo

Principali contesti territoriali di applicazione

- Industria;
- Agroalimentare;
- Florovivaistico;
- Conciario;
- Tessile;
- Cartario;
- Lapideo;
- Bioraffinerie;

- Geotermia;
- Data Storage;
- Manifatturiero;
- Gestione e recupero rifiuti/scarti di produzione (fanghi di depurazione civile, rifiuti da costruzione e demolizione C&D, rifiuto organico da raccolta differenziata, rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettronica RAEE);

Asset strategici

Bacini di competenze territoriali legati allo sviluppo della roadmap

Distretto conciario; Distretto tessile; Distretto cartario; Distretto lapideo; Fanghi di depurazione civile del servizio idrico integrato; Settore della costruzione e demolizione.

Principali stakeholders regionali industriali (sviluppo/applicazione)

- ENEL;
- SEA Risorse SpA;
- Acque, Acque toscane, Acquedotto del fiore, ASA azienda servizi ambientali, G.E.A.L., Gaia, Nuove acque, Publicacqua;
- Aisa Impianti, Futura, Siena Ambiente, Alia Servizi Ambientali SpA, Cermec, Esa;
- Belvedere;
- Scapigliato;
- Venator;
- Toscana Innova;
- KME Italy.

Principali stakeholders regionali della ricerca (sviluppo/applicazione)

- IGG-CNR;
- ICCOM- CNR;
- PIN;
- UNIPI;
- UNISI;
- UNIFI;
- SSUP.

Posizionamento internazionale delle stesse (leadership o followership)

All'attivo importanti progetti di R&S portati avanti con partner internazionali

Stakeholders/competitors extra regionali

- ENEA;
- Consorzio Ecolight;
- ERION;
- ZUCCATO ENERGIA;
- VALSECCHI IMPIANTI;
- ENGIE;
- Consorzi di raccolta.

Principali partnership esistenti

Principali progetti europei di ricerca sviluppo innovazione (titolo/programma/obiettivo)

- **EuGeLi** - *European Geothermal Lithium Brine*. Progetto capofilato da Eramet, multinazionale francese dell'estrazione e del trattamento dei metalli, con l'obiettivo di EuGeLi di verificare la fattibilità dell'estrazione del litio dalla salamoia geotermica. Tale procedimento prevede il passaggio della salamoia attraverso colonne di estrazione. Al loro interno, il litio viene separato per adsorbimento attraverso un processo chimico brevettato (12 brevetti);
- **ROMEO** - *Recovery of Metals by Hydrometallurgy*. Progetto pilota italiano promosso e brevettato da ENEA volto al recupero di metalli preziosi derivanti dal trattamento di schede elettroniche;
- **LIFE WEEE** – Il progetto, finanziato dal programma LIFE, intende incoraggiare cittadini e imprese a gestire con maggiore attenzione la raccolta dei rifiuti elettrici ed elettronici (RAEE), migliorare il modello di governance regionale e favorire la collaborazione e lo scambio di informazioni tra le istituzioni;
- **Bio2energy** – Progetto finanziato con risorse FAR FAS 2014 e finanziato con il contributo dell'accordo di programma MIUR – Regione Toscana DGRT 1208/2012 con 3.000.000 di euro. Rappresenta anche un caso di studio in merito al partenariato creatosi nel percorso, tra imprese piccole e grandi (SEA Risorse SpA, Alia Servizi Ambientali SpA, Cavalzani Inox Srl) ed Università (DIEF Dip. Ingegneria Industriale, PIN Polo Universitario Città di Prato, CNR/ICCOM). Il Progetto ha lo scopo di incrementare la produzione di energia rinnovabile e recuperare materia dai rifiuti. Bio2energy è il primo progetto, a livello internazionale, che permette la creazione di biometano e bioidrogeno da scarti organici, gestendo sinergicamente i rifiuti (nello specifico la frazione organica) provenienti dalla raccolta differenziata ed i fanghi di depurazione civile, frutto dell'azione di recupero di materia che avviene negli impianti. Questa sperimentazione in scala preindustriale, avviata presso la linea fanghi del depuratore di Viareggio, permette il trattamento dei rifiuti, con produzione di biometano e bioidrogeno. La produzione di biocarburanti in scala industriale permette di recuperare i cascami termici e riutilizzarli nel processo, aumentandone l'efficienza energetica complessiva e riducendone l'impatto ambientale;
- **URBAN WASTE** - *Urban Strategies for Waste Management in Tourist Cities*. Progetto finanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del programma Horizon 2020, (il progetto coinvolgeva 11 città pilota europee, tra cui Firenze (IT), Siracusa (IT), Nizza (FR), Lisbona (PT), Ponte Delgada (PT), Copenhagen (DK), Kavala (GR), Santander (ES), Nicosia (CY), Dubrovnik – Neretva (HR), Tenerife (ES)) e si concentrava sul tema dei rifiuti nelle città turistiche con l'obiettivo finale di sostenere i decisori politici nella definizione di strategie efficaci e mirate a prevenire la produzione oltre che a migliorare la gestione dei rifiuti. ARRR a supporto di Regione Toscana ha realizzato un'azione sperimentale relativa alla donazione di cibo da parte di hotel e ristoranti ad associazioni benefiche. Il progetto prevedeva il recupero delle eccedenze delle colazioni e dei resti non porzionati dei catering degli alberghi per donarlo ad associazioni ed enti a fini di solidarietà sociale ed è stato selezionato come buona pratica nell'ambito della "URBAN-WASTE Final conference";
- **INTERREG EUROPE SMART WASTE**. Progetto capofilato dall'Agenzia Regionale Recupero Risorse (ARRR) e approvato nel 2019. Il progetto impegna i 6 partner, da 6 differenti Stati Membri, a valutare il contributo delle politiche pubbliche all'innovazione nella gestione dei rifiuti e in particolare, per quanto riguarda la Toscana, attraverso la valutazione del contributo del POR FESR Toscana 2014 – 2020 all'innovazione nella gestione dei rifiuti. Le attività del progetto, in stretta collaborazione con 11 gli uffici regionali competenti per materia, mostrano gli ottimi risultati dei bandi in ricerca e sviluppo finanziati a valere sui fondi FESR di questo periodo di programmazione per la cosiddetta filiera green, che include il sostegno

economico alle attività di ricerca nel settore del riciclaggio dei rifiuti delle imprese manifatturiere ed ha finanziato 29 progetti per un totale di costo ammissibile di oltre 40 milioni di euro a fronte di un contributo pubblico di circa 17 milioni di euro. Inoltre i progetti finanziati coprono, nel loro insieme, i rifiuti caratteristici dei principali distretti economici della Toscana ed alcune filiere di rifiuti la cui gestione è strategica sotto più profili.

Principali partner europei

- MGX Minerals;
- PurLucid Treatment Solutions;
- Cornish Lithium;
- Eramet.

Bibliografia

- AIURU – *La crescita del teleriscaldamento in Italia*. www.airu.it/italia
- ARRR - Agenzia Regionale Recupero Risorse (2020) – *L'Economia Circolare in Toscana. Distretti, filiere, punti di forza, criticità e prospettive*. Pp 2-48;
- CEN (2021). *Rapporto nazionale sull'economia circolare in Italia*;
- COMMISSIONE EUROPEA (2019). *Comunicazione della Commissione - Il Green Deal europeo, COM (2019) 640 final dell'11 dicembre 2019*;
- COMMISSIONE EUROPEA (2020). *Strategia sull'Idrogeno per un'Europa climaticamente Neutra*;
- CTNE – Cluster Tecnologico Nazionale Energia (2021). *Piano di Azione Triennale, Aggiornamento 2021*. pp 6-263;
- DTE²V (2019). *Documento Finale di Forecast e Foresight Tecnologico – Le filiere energetiche regionali*;
- EGEC (2021) - *Geothermal Market Report 2020*;
- ENEA (2020) – *IX Rapporto annuale sull'Efficienza Energetica*. PP: 11-406;
- ENEA (2021) - *Analisi Trimestrale del Sistema Energetico Italiano*;
- GSE (2021) - *Fonti Rinnovabili in Italia e in Europa 2019*;
- GSE (2021) – *Rapporto Teleriscaldamento e Teleraffrescamento 2019*;
- GSE (2021) – *Energia da Fonti Rinnovabili in Italia – Rapporto Statistico 2019*;
- GSE (2021) – *Monitoraggio statistico sugli obiettivi nazionali e regionali sulle FER – Anni 2012 - 2018*
- GSE (2021) – *Rapporto Solare Fotovoltaico – Rapporto Statistico 2019*;
- IEA (2020). *World Energy Outlook 2020*;
- IEA (2020). *Energy Efficiency 2020*;
- IPCC (2018). *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission*

pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty;

- *ISPRA (2021). National Inventory Report 2021 - Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2021;*
- *Ministero dello Sviluppo Economico, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (2019). Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima. Pp:1-289;*
- *Ministero dello Sviluppo Economico e Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (2019). Strategia Nazionale di Specializzazione Intelligente;*
- *Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Ministero dello Sviluppo Economico, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Ministero delle Politiche agricole, Alimentari e Forestali (2021). Strategia Italiana di lungo termine sulla riduzione delle emissioni dei gas ad effetto serra. Pp: 4-99;*
- *MISE (2021) - Linee Guida Preliminari per una Strategia Nazionale per l'Idrogeno;*
- *MISE (2017). Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile;*
- *MISE (2017). Strategia Italiana per la Bioeconomia*
- *MISE – MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO (2020). La Situazione Energetica Nazionale nel 2019. Pp 7-95;*
- *MISE - MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO (2020). Relazione annuale sull'efficienza energetica. Risultati conseguiti e obiettivi al 2020;*
- *MISE (2021). Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza NextGenerationItalia. Pp: 1-244;*
- *Regione Toscana (2020). Toscana Carbon Neutral 2050 - Strategia regionale per il contrasto ai cambiamenti climatici*
- *Regolamento (UE) 2018/1999 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2018, sulla governance dell'Unione dell'energia e dell'azione per il clima che modifica le direttive (CE) n. 663/2009 e (CE) n. 715/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio, le direttive 94/22/CE, 98/70/CE, 2009/31/CE, 2009/73/CE, 2010/31/UE, 2012/27/UE e 2013/30/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, le direttive del Consiglio 2009/119/CE e (UE) 2015/652 e che abroga il regolamento (UE) n. 525/2013 del Parlamento europeo e del Consiglio;*
- *Risoluzione del Parlamento europeo del 28 novembre 2019 sull'emergenza climatica e ambientale (2019/2930 - RSP);*
- *TERNA (2021). Pubblicazione Statistiche. www.terna.it/it/sistema-elettrico/statistiche/pubblicazioni-statistiche*
- *UNIFI (2020). Toscana Green 2050.*