

BIRDIE-S

Build the Innovative Renewable and Digitally
Inclusive Electrified – Sardinia



Istruzioni per la navigazione

 Vai all'indice

 Vai all'ultima pagina visitata

BIRDIE-S

Build the Innovative Renewable and Digitally
Inclusive Electrified – Sardinia



Indice

Prefazione	4
Il progetto <i>BIRDIE-S</i>: Università, industria e ricerca per lo sviluppo energetico della Sardegna	6
Il progetto <i>BIRDIE-S</i>: Sardegna Isola Verde oggi	12
Obiettivi	14
Metodologia	16
Analisi del sistema energetico sardo	17
Definizione degli scenari di sviluppo	23
Impatto dell'elettrificazione	26
Risultati	27
Impatto	29
Conclusioni	35

Approfondimenti	
Box 1: obiettivi dello studio	16
Box 2: fattori trainanti	23
Box 3: approccio metodologico	27
Box 4: risultati	32

Autori

Coordinatore scientifico: **F. Pilo**

Comitato scientifico: **F. Pilo, E. Bompard, S.P. Corgnati, C. Papa**

Gruppo di ricerca

F. Pilo, S. Ruggeri, C. Pregagnoli

G. Celli, M. Galici (Definizione KPI); **E. Ghiani, N. Natale** (Acquisizione dati); **S. Mocci** (Analisi sistema portuale sardo); **G. Pisano** (Definizione KPI, Revisione); **I. Abbà, C. Becchio, S.P. Corgnati, G. Crespi, S. Viazzo, S. Ruggeri** (Settore Residenziale); **E. Bompard, S. Corgnati, A. Ciocia, E. Desogus, T. Huang, L. Solida, F. Spertino, S. Ruggeri** (Pianificazione ottimale della produzione elettrica da rinnovabile e dello stoccaggio); **C. Lanzetta, L. Wiegand, A. Piazzi** (Stima della massima capacità fotovoltaica installabile)

Coordinatore esecutivo: **S. Ruggeri**

Si ringrazia

Assessorato all'industria della Regione Autonoma della Sardegna, Regione Autonoma della Sardegna

Prefazione

Prof. Francesco Mola

Magnifico Rettore

Università degli Studi di Cagliari

È indubbio che le lettrici e i lettori troveranno molteplici spunti di riflessione dallo studio che i ricercatori hanno poi sintetizzato in questo Report. E questi temi non sono solo di natura "tecnica"; sovente, infatti, si assiste nel voler relegare alcuni risultati della ricerca, perché incardinati in particolari settori, ad un mero esercizio tecnico. Non è così; spesso dai risultati della ricerca, quando toccano temi che poi sono alla base di decisioni delicate da prendere, ci sono chiare indicazioni politiche, se non altro il riferimento a scenari alternativi che poi condizionano le linee di sviluppo di una nazione o un territorio. E in particolare un territorio come quello che vede incentrata la nostra azione dovrebbe giovare il più possibile di studi come questi. Forse non è un caso che gli Studiosi hanno fatto più volte riferimento al gioco di parole di acronimi spaziando dallo sport sino ad altri contesti. La Sardegna ha di fronte scelte strutturali e di ipoteca per il futuro non trascurabili. La stessa battaglia portata avanti sull'insularità ha un nesso non da poco sullo sviluppo futuro che si vuole disegnare. Su questo non mi dilungo, rimandando alle considerazioni del mio Amico e Collega Aldo Berlinguer che accompagnano, con la sua prefazione, questo studio.

Ci si è svegliati d'improvviso con una crisi energetica che colpisce famiglie e imprese. Il fatto che ci sia svegliati d'improvviso non significa che il mondo accademico e della ricerca non avesse da tempo dato indicazioni e segnali specifici, accorgendosi che c'è un problema di transizione energetica, un problema di sostenibilità, un problema di pianificazione non da poco. Allo stesso tempo non è pensabile immaginare di affrontare problematiche così delicate senza contemplare i contesti di riferimento, gli scenari internazionali, nazionali e regionali. Non può sfuggire a nessuno la drammaticità degli eventi che hanno travolto l'Europa nell'ultimo periodo sia a livello umanitario ma anche sul piano della ricaduta politica ed economica che questi eventi stanno avendo. Ed è qui che, a mio avviso, con molta forza, vanno considerati gli scenari futuri possibili ed efficaci, non quelli convenienti al momento. È uno sforzo epocale quello di cambiar visione e provare ad imma-

ginare uno scenario differente, saper costruire intorno a questo scenario il modello futuro delle nostre comunità a livello internazionale e nazionale ed in particolare della nostra regione. Ed è anche per questo che il nostro Ateneo, l'Università degli Studi di Cagliari, ha posto come priorità forte il tema dell'energia nei discorsi nazionali legati ai partenariati del PNRR. Il partenariato ci vede, come Ateneo e come ambiti di ricerca, protagonisti; si tratterà di disegnare gli scenari futuri e noi, con grande orgoglio, ci siamo. Ma non siamo solo qui; siamo, tra gli altri, anche nei partenariati e nei centri che si occupano di mobilità sostenibile e di sviluppo economico e ambientale nell'ottica della sostenibilità, per non parlare dei rischi idrogeologici e ambientali.

Saper sfruttare anche gli inaspettati vantaggi di scelte fatte in passato sarebbe un segnale importante. L'aver dovuto puntare sulla rete elettrica, per scelte legate al non ricorso alla gasificazione, adesso può rilevarsi un punto a favore; il problema è saper sfruttare l'opportunità di puntare sulle energie alternative. Siamo in grado di farlo? Si può fare? Si riesce a farlo rispettando il patrimonio ambientale che abbiamo? Si può trovare un punto di caduta che riesca a coniugare sviluppo economico e sostenibilità? Io credo di sì.

Si tratta di mettere al tavolo giusto le giuste competenze, esigenze ed avere un chiaro quadro di dove si vuole andare. Significa parlare con le comunità, con l'imprenditoria e l'industria, con i tecnici e gli esperti. Gli ingredienti credo li abbiamo tutti.

Questo studio, come ogni prodotto dell'attività di ricerca parte dalla storia, dal contesto, dall'analisi degli scenari futuri indicati dalle più recenti ricerche e dalle scelte da fare.

Gli studi li fanno le ricercatrici e i ricercatori; lo fanno sulla base della loro esperienza, della passione di anni di lavoro, dal confronto continuo nazionale e internazionale e comunque in piena laicità. Ringrazio quindi chi ha impreziosito il lavoro con la propria dedizione. Spetta a chi ha avuto il mandato di dover decidere, sia esso elettivo o di nomina, saper attingere dagli studi come base per le decisioni da prendere; queste decisioni riguardano il più delle volte le future generazioni, motivo per cui andrebbero prese con molta attenzione e una lungimiranza fuori dal comune.

Il progetto *BIRDIE-S*: Università, industria e ricerca per lo sviluppo energetico della Sardegna

Prof. Aldo Berlinguer

Professore di Grandi sistemi giuridici comparati

Università degli Studi di Cagliari

Ultimamente l'agenda politico istituzionale è tornata ad occuparsi delle isole realizzando una revisione dell'articolo 119 della Costituzione e (re)introducendo al suo interno il principio di insularità. Prima della riforma costituzionale del 2001, infatti, la Costituzione già prevedeva (sempre all'art. 119) la valorizzazione del Mezzogiorno e delle Isole in quanto realtà territoriali economicamente e/o geograficamente, svantaggiate. Ma il legislatore costituzionale del 2001, ispirato ad un'ampia riforma di impianto federalista, ha espunto dall'art. 119 Cost. ogni riferimento a tali aree geografiche, lasciando alla legislazione ordinaria il compito di disciplinare, alla luce dei mutamenti sociali e politici avvenuti nel corso degli anni, la particolare condizione giuridica delle zone insulari.

Eppure, la condizione insulare rappresenta un fenomeno diffuso e significativo anzitutto a livello europeo. Nella UE (a 27), esso riguarda circa 20 milioni di persone, il 4,6% dell'intera popolazione. In Italia abbiamo ben 800 isole, tra marittime, fluviali, lacustri e lagunari, con una popolazione (che sfiora i 7 milioni di abitanti) attorno al 12% di quella italiana e con una superficie eccedente i 50.000 km², pari a oltre il 15% del territorio nazionale. Il che ci restituisce subito un dato: la magnitudine di un fenomeno ampio e complesso e la scarsa attenzione che esso ha generato. Sono infatti pochi i contributi culturali, gli approfondimenti scientifici e le attenzioni politico istituzionali a questo tema¹. Il quale invece, se analizzato nella sua complessità, fa sì che, qualsiasi tematica si affronti, inquadrandola nella sua dimensione insulare, richieda una metodologia e soluzioni applicative affatto particolari.

Non si tratta dunque di porre mente alle sole tematiche più stret-

¹ Tra gli studi giuridici in argomento, espressa menzione merita sicuramente il volume curato da T.E.Frosini, *Isole nel diritto pubblico comparato ed europeo*, Atti del Convegno dell'Associazione di diritto pubblico comparato ed europeo, Università degli Studi di Sassari, 19 maggio 2006, Torino, Giappichelli, 2007.

tamente legate al contesto marittimo ma anche di ripensare la condizione interna alle isole. E quindi gli aspetti culturali, economici e sociali del vivere isolati, incluso quello della produzione, trasporto e consumo di energia, di cui si occupa lo studio in commento, il quale evidenzia tutte le peculiarità di un sistema energetico insulare, come quello della Sardegna, che, proprio in quanto isola, non si è collegata alla rete del gas naturale suscitando così una netta prevalenza di consumi elettrici e potendo così, a *posteriori*, anticipare l'agenda europea sulla decarbonizzazione, per assumere tratti di un modello energetico del tutto peculiare e inedito rispetto alle altre regioni europee. In ciò, la condizione energetica sarda (che all'epoca non poteva prevedere la transizione energetica in atto, men che meno i vertiginosi rincari di questi giorni) si rivela oggi per certi aspetti all'avanguardia e sicuramente più avanzata rispetto a un quadro giuridico, italiano ed europeo, che ancor oggi non contiene neppure un'adeguata definizione di isola essendo ancora fermi ad una dimensione empirica, pre-giuridica, come quella che ci restituiscono i dati statistici Eurostat², secondo la quale anche la Sicilia cesserebbe di essere isola qualora venisse realizzato il tanto decantato ponte sullo Stretto.

Teniamo conto che, sul punto, non può soccorrere neppure il riferimento che, ormai quarant'anni orsono, venne fatto all'insularità nella Convenzione delle Nazioni unite sul diritto del mare³. All'art. 121 ("Regime giuridico delle isole") isola venne infatti definita come "una distesa naturale di terra circondata dalle acque, che rimane al di sopra del livello del mare ad alta marea". Detta definizione era funzionale unicamente a cogliere le finalità del Trattato, cioè quelle di individuare diritti e obblighi degli Stati nell'utilizzo dei mari, degli oceani e delle loro risorse e non può essere estesa automaticamente in questa sede.

Nel diritto europeo non si riscontra una simile definizione. Esso parla genericamente di isole (art.174 TFUE) disponendo che l'Unione europea "sviluppa e prosegue la propria azione intesa a realizzare il rafforzamento della sua coesione economica, sociale

² Eurostat definisce isola ogni territorio che: 1) abbia superficie minima di 1 km²; 2) disti almeno 1 km dalla terraferma; 3) abbia almeno 50 abitanti; 4) non abbia collegamento fisso con la terraferma; 5) non ospiti la capitale di uno Stato membro dell'UE. Quindi, in Italia, delle circa 800 citate, solo 77 (quelle abitate) sarebbero - secondo l'approccio europeo - isole.

³ Convenzione delle Nazioni Unite sul diritto del mare, Montego Bay, 10 dicembre 1982.

e territoriale” e menziona le “regioni insulari”, in quanto territori “che presentano gravi e permanenti svantaggi naturali o demografici”. Mentre attribuisce un regime più favorevole a pochi territori di Spagna, Portogallo e Francia (art. 349 TFUE), non tutti insulari, in quanto qualificati come “ultraperiferici”, riferendosi così al solo elemento geografico della loro distanza dalle rispettive madrepatrie. Per questo, negli ultimi anni, più volte il Parlamento europeo è intervenuto sull’argomento, da ultimo con la Risoluzione del 7 giugno 2022⁴, la quale, oltre a sollecitare la Commissione dell’UE a fornire una definizione chiara del tipo di svantaggi geografici, naturali e demografici permanenti che le regioni insulari possono presentare con riferimento all’art. 174 TFUE, identifica sfide e problemi attuali che dovranno essere affrontati nell’ambito della transizione energetica; propone che le iniziative e gli investimenti nelle isole, specialmente nelle fonti rinnovabili e nell’idrogeno verde, abbiano carattere prioritario e garantiscano nel contempo la salvaguardia ambientale e paesaggistica; richiede norme specifiche e un sostegno finanziario per aiutare le isole a conseguire gli obiettivi di neutralità climatica tenendo conto della estrema onerosità degli investimenti necessari nel contesto insulare. Le istituzioni europee hanno dunque ben chiaro che una delle costole essenziali di una matura dimensione insulare è proprio quella del modello energetico che si intende adottare, atteso che detto modello risulta interconnesso e funzionale anche alle altre priorità insulari, sul piano delle connessioni e dei trasporti, della transizione economica e industriale, di quella ecologica e di mitigazione dei cambiamenti climatici, del miglioramento delle capacità amministrative e delle politiche pubbliche ecc..

Insomma, molteplici atti e documenti di *soft law* sono intervenuti recentemente sul tema dell’insularità, in attesa che norme cogenti, previa definizione delle isole, introducano misure perequative con ricadute apprezzabili sulla vita dei destinatari. In ciò, l’acquis europeo ancor oggi assomiglia dunque più ad un manifesto di buone intenzioni che ad un ventaglio di politiche effettive con esiti concreti.

Ecco perché, in un quadro europeo ancora troppo timido e incerto rispetto ai temi insulari, la riforma costituzionale appena approvata rappresenta un passo avanti significativo, a patto che le venga data efficace applicazione, dato tutt’altro che scontato.

⁴ “Risoluzione del Parlamento europeo del 7 giugno 2022 sulle isole dell’UE e la politica di coesione: situazione attuale e sfide future” (2021/2079(INI)).

Il riformato articolo 119 della Costituzione prevede infatti che la Repubblica: «riconosce le peculiarità delle Isole» e «promuove le misure necessarie a rimuovere gli svantaggi derivanti dall’insularità». Ma manca del tutto un decalogo di elementi salienti che integri e descriva dette “peculiarità”, tenendo in conto le oggettive differenze che separano realtà insulari lacustri o fluviali e marittime, grandi e piccole isole, spesso sub-insulari, isole del nord e del Mezzogiorno e via discorrendo.

Non a caso, anche la vecchia versione dell’art. 119 Cost era rimasta in larga parte inattuata proprio per la mancanza di un quadro applicativo concreto. E pure la L. 42/2009, in materia di federalismo fiscale, adottata dopo la riforma del 2001, che si era fatta carico di compensare finanziariamente gli svantaggi della condizione insulare, non ha prodotto esiti concreti per la stessa ragione⁵. Alla resa dei conti, è risultato assai impervio giustificare e quantificare l’intervento pubblico solidaristico, ove il gettito fiscale non è in grado di assicurare i servizi essenziali, senza previamente portare a compimento il processo di definizione dei livelli essenziali delle prestazioni (LEP) concernenti i diritti civili e sociali, dei fabbisogni e dei costi *standard*. A poco o nulla sono serviti ulteriori, successivi interventi, come quello apportato dalla L. 27/12/2017, n. 205 (legge di bilancio per il 2018), la quale, all’art. 1, comma 837, ha affidato ad un Comitato istruttore paritetico Stato-regione il compito di svolgere un’istruttoria finalizzata all’estensione alla Sardegna di sistemi di aiuto già previsti per le regioni ultra-periferiche di altri Stati membri dell’Unione europea (art. 349 TFUE) “in considerazione della condizione di insularità della Sardegna, che ne penalizza lo sviluppo economico e sociale”. Anche la Consulta ha fortemente rimarcato l’assenza di un quadro previsionale atto a garantire alla Sardegna le compensazioni finanziarie (quindi anche infrastrutturali, logistiche, ecc.) ad essa dovute in virtù della sua condizione insulare. Come a voler ribadire che sul principio *nulla quaestio*: ciò che manca è un quadro di soluzioni concrete atte a ridurre il divario di sviluppo delle regioni insulari. Ma la situazione non è cambiata. Neppure oggi lo è, atteso che anche la nuova riforma si limita a reintrodurre

⁵ Detta legge, all’art.16, comma 1, lett.c), aveva previsto che “...occorre tener conto delle specifiche realtà territoriali, con particolare riguardo alla realtà socio-economica, al deficit infrastrutturale, ai diritti della persona, alla collocazione geografica degli enti, alla loro prossimità al confine con altri Stati o con regioni a statuto speciale, ai territori montani e alle isole minori, all’esigenza di tutela del patrimonio storico e artistico ai fini della promozione dello sviluppo economico e sociale”.

un principio tutt'altro che nuovo. Ma mai concretamente attuato. Bene quindi ha fatto l'Università di Cagliari a partecipare, assieme ad Enel Foundation e Politecnico di Torino, al progetto di ricerca *BIRDIE-S* e a varare questo Report che analizza il modello energetico sardo partendo anzitutto da una ricognizione dell'esistente e guardando alle relazioni tra domanda, attuale e potenziale, di energia, ed auspicabile evoluzione dell'offerta, con dovizia di approfondimenti su tutti i fattori della produzione, loro datazione, caratura, efficienza e sostenibilità ambientale. In ciò, tenendo anche conto di elementi, a loro modo esogeni al modello, come quello della raffinazione petrolifera che, oltre a incidere molto significativamente sul PIL regionale, incide altrettanto sulla sostenibilità energetica, per ragioni che peraltro non si legano alla domanda di consumo ma ad esigenze di produttività industriale, essendo il combustibile fossile raffinato orientato, al 90%, all'esportazione nel mercato nazionale e internazionale. Ne scaturisce un quadro conoscitivo molto utile che evidenzia i punti di forza del modello energetico sardo tra cui: oltre alla cospicua produzione da fonti rinnovabili, la spiccata prevalenza dei consumi elettrici anche nel settore industriale, l'elevata percentuale di autoconsumo (43% nel fotovoltaico) e la presenza di molti impianti (quasi 1500) di accumulo in bassa tensione. Ma anche i punti di endemica debolezza, tra cui: il consumo di combustibile prevalentemente importato (carbone, gasolio, olio combustibile e biomasse) come surrogato del gas naturale, una mobilità, pubblica e privata, incentrata su un parco veicoli datato e quasi mai elettrico, un'infrastruttura ferroviaria non elettrificata, un patrimonio edilizio anch'esso datato e fortemente dispersivo, oltre al già citato fenomeno della raffinazione petrolifera non destinata, se non in minima parte, al consumo regionale.

Ecco quindi palesarsi grandi margini di miglioramento del modello energetico regionale verso un ulteriore tasso di elettrificazione, sospinto anche dall'impiego di idrogeno e altri combustibili verdi, con emissioni ridotte ed una crescente ricaduta occupazionale, a patto che si cominci senza indugio a pianificarla, con investimenti mirati sul comparto edilizio, sulla mobilità, sulle infrastrutture, comprese quelle portuali, ferroviarie e viarie. La Sardegna, con la sua invidiabile esposizione idroelettrica (anche marina), eolica e solare; con la sua enorme superficie ed il suo ridotto peso demografico, oltre che col suo peculiare modello energetico, potrebbe dunque rappresentare un grande laboratorio di sperimentazione nel quale coniare soluzioni innova-

tive che sappiano cogliere appieno la transizione energetica e l'esigenza di autonomia; quella stessa che i costituenti lo statuto regionale hanno pensato giuridicamente oltre settant'anni fa ma che, ad oggi, non si è mai realizzata proprio per la mancanza di acquisizioni sostanziali che, da simulacro, la rendessero realtà. In ciò (e fatte le dovute proporzioni) ancor più interessanti appaiono oggi le comunità energetiche già sperimentate, nel quadro del programma europeo REACT (Horizon 2020), dapprima nell'isola di Ventotene, e poi in quella di San Pietro, ove cittadini ed enti locali sono impegnati nel realizzare impianti di energia rinnovabile a fini di autoconsumo e di risparmio energetico, trasformando così la dimensione insulare, da un elemento di penalizzazione a condizione di forza e competitività. Proprio ciò che la riforma costituzionale, da sola, non può garantire. Essendo essa, anzi, deputata a ricevere, dai decisori politici e dalle comunità locali, soluzioni applicative atte a renderla effettiva, al fine di rimuovere gli svantaggi dell'insularità.

È quindi sotto i migliori auspici che, elaborato questo documento, lo sguardo volge alle sue implementazioni pratiche ed ai modelli di *governance* che si possano concepire a breve, anche al fine di aiutare la politica ad adottare scelte ponderate e strategiche⁶: sfida questa non meno impegnativa alla quale l'Università, finalmente motore di conoscenza e di sviluppo al contempo, potrà senz'altro contribuire.

⁶ Non definirei tale la legge regionale della Basilicata 23 agosto 2022, n.28, varata in pieno periodo elettorale, che prevede il rimborso dei costi in bolletta, legati alla sola componente energetica, con i fondi regionali rivenienti dalle compensazioni ambientali che derivano dall'estrazione petrolifera. Un modo assai spericolato di legare la sostenibilità dei consumi energetici alle estrazioni di combustibile fossile intervenendo peraltro non per garantire l'autoconsumo ma solo dopo che detti costi, e tutta la tassazione a corredo, sono già maturati.

Il progetto *BIRDIE-S*: Sardegna Isola Verde oggi

Prof. Fabrizio Pilo

Prorettore delegato per il territorio e l'innovazione

Università degli studi di Cagliari

L'elettrificazione degli usi finali dell'energia e il contestuale incremento della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili sono i pilastri intorno ai quali sono costruite le politiche nazionali e internazionali finalizzate a raggiungere gli obiettivi della transizione energetica per combattere il rischio dei mutamenti climatici. La Sardegna, coerentemente con queste indicazioni, per ragioni sia esogene che endogene, ha già compiuto molti passi in questa direzione ed è una delle regioni più elettrificate del panorama europeo. Quando l'università di Cagliari, il Politecnico di Torino e Enel Foundation hanno avviato il progetto *BIRDIE-S* era quindi già chiaro che in un contesto come quello della Sardegna, ricco di fonti rinnovabili e naturalmente propenso all'innovazione, vi fossero le condizioni affinché il vettore elettrico potesse diventare un driver di sviluppo economico e sociale coerente con la vocazione dell'isola e che la sua implementazione potesse essere vantaggiosa ed economicamente attuabile fin da subito, permettendo di anticipare il raggiungimento di obiettivi di lungo termine. In questi mesi il mondo è cambiato in modo inimmaginabile rendendo più attuali e cogenti i ragionamenti di alcuni – tra cui gli stessi autori di questa ricerca – sulla valenza geopolitica della transizione energetica⁷ ed è continuato incessante il verificarsi di eventi meteo estremi, ma ormai non più eccezionali, rendendo indispensabile oggi agire con decisione sul fronte della mitigazione e dell'adattamento. La questione energetica è centrale nelle agende governative di tutti i Paesi e le tematiche della sicurezza energetica in chiave geopolitica e della stabilità dei prezzi sono tornate cruciali. È di drammatica evidenza che l'instabilità del prezzo dell'energia, se non contrastata efficacemente, può minare il patto sociale alla base delle democrazie e l'intero modello di sviluppo economico mondiale. Ebbene, alla luce di questo scenario così radicalmente mutato, il progetto *BIRDIE-S*, ha un'incredibile attualità in quanto il vettore elettrico verde è la risposta di breve, medio e lungo termine ai drammatici scenari aperti dalla crisi energetica attuale, oltre che la risposta alle sfide climatiche. *BIRDIE-S* dimostra in modo oggettivo e scientificamente neutrale che in Sardegna l'elettrificazione è attuabile fin da subito in

⁷ "Geopolitics of the Energy Transition", June 2021 ISPI – Istituto per gli Studi di Politica Internazionale, UK Embassy in Rome and Enel Foundation.

intere filiere – residenziale, commerciale, terziario, turismo, industria agro-alimentare e leggera, trasporti – con vantaggi economici diretti e immediati per cittadini e imprenditori accompagnati da importanti ricadute nella formazione, nell'ambiente, nel lavoro e nella salute. Il nuovo modello di sviluppo che ne deriva, incentrato sulla partecipazione dal basso di cittadini e istituzioni, favorisce inclusione e coinvolgimento, ad esempio, con le comunità energetiche rinnovabili in grado di contribuire alla rinascita territoriale di aree oggi penalizzate o, peggio, che rischiano di essere marginalizzate da modelli non coerenti con gli obiettivi della transizione energetica ed ecologica. Coordinare un gruppo di lavoro formato da eccellenze nazionali è stata per me una grande opportunità per fornire alla mia regione – operando al servizio delle sue Istituzioni ma fuori dal dibattito ideologico e immerso nella realtà scientifica, consapevole della stringente attualità – dati affidabili sui quali fondare le scelte per il futuro. Mi fa piacere in questo contesto richiamare alcuni segnali di contesto estremamente positivi, derivanti anche dalla positiva interazione con le Istituzioni che il progetto ha permesso di rafforzare, che introducono azioni in grado di dare concretezza ai messaggi portati dalla ricerca. A titolo meramente esemplificativo e non esaustivo, vale la pena di richiamare l'intenso lavoro di promozione delle Comunità Energetiche Rinnovabili svolto dall'Assessorato all'Industria della Regione Autonoma della Sardegna, dall'Associazione Nazionale dei Comuni Italiani – Sardegna e dal Consiglio delle Autonomie Locali; il nuovo POR-FESR 2021–2027 della Regione Autonoma della Sardegna redatto dal Centro Regionale di Programmazione in sinergia con tutti gli *stakeholder* regionali che finanzia con azioni specifiche energie rinnovabili, efficienza energetica e, per la prima volta, l'elettrificazione degli usi finali in campo residenziale e industriale in coerenza con la vocazione espressa dalle *Smart Specializations* regionali incentrate su rinnovabili e reti intelligenti per l'energia; l'attuazione del piano di elettrificazione dei porti della Sardegna da parte dell'Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna; l'implementazione dell'ecosistema regionale dell'innovazione che vedrà l'intero sistema universitario sardo, la Regione Sardegna, il mondo imprenditoriale e finanziario impegnati nell'attuazione delle politiche di transizione energetica del PNRR. In conclusione, *BIRDIE-S* va oltre i risultati di studi analoghi secondo i quali l'elettrificazione è la strada più coerente con le politiche di decarbonizzazione sull'orizzonte di lungo termine del 2040⁸; per noi di *BIRDIE-S* il lungo termine è drammaticamente ora, soprattutto nelle condizioni imposte dal quadro internazionale e dai cambiamenti climatici.

⁸ RSE, Approvvigionamento energetico della regione Sardegna (Anni 2020–2040) ai sensi della del. 335/2019/R/GAS del 30 luglio 2019, https://www.arera.it/allegati/operatori/pds/200731_RSE_Studio_Infrastrutture_Sardegna_FINALE.pdf

Obiettivi

La Sardegna ha caratteristiche geografiche, climatiche, economiche e sociali che la differenziano dalle altre regioni italiane, acuite dalla peculiarità della condizione insulare, oggi riconosciute anche dalla Costituzione Italiana. Nel campo energetico, la condizione di insularità, ed i relativi costi per la connessione alle infrastrutture della penisola, la bassa densità demografica, la mitezza del clima mediterraneo (soprattutto lungo le coste) e le caratteristiche del tessuto industriale hanno portato in passato alla decisione di non connettere l'isola alla rete di trasmissione del gas naturale. Una condizione questa che ha richiesto l'uso di altri vettori energetici e favorito una consistente penetrazione dell'energia elettrica negli usi finali, anticipando quanto richiesto per l'attuazione delle politiche di transizione energetica. Rispetto alle altre regioni italiane, l'isola presenta infatti oggi un maggiore tasso di elettrificazione in tutti i settori: nel settore residenziale, ad esempio, il 27% della produzione di calore è ottenuto da energia elettrica a fronte del 2% della media nazionale; nel settore industriale l'energia elettrica rappresenta quasi il 45% dei consumi rispetto al dato nazionale leggermente inferiore al 40%. I dati analizzati evidenziano che la Sardegna ha iniziato in anticipo il percorso che porta all'elettrificazione dei consumi finali, concretizzando quanto richiesto dalle direttive europee e dalle conseguenti attuazioni nazionali.

L'elettrificazione dei consumi è tuttavia solamente uno dei tasselli per la decarbonizzazione. Essa deve essere accompagnata da una modifica radicale del mix energetico usato per la produzione di energia che dovrà essere sempre più basato sulla produzione da fonte rinnovabile. Anche in questo caso la Sardegna ha una posizione di privilegio per la disponibilità di sole e vento, in grado di sostenere la produzione rinnovabile e alimentare impianti per la produzione di combustibili verdi e idrogeno per i settori nei quali l'eliminazione dei combustibili di origine fossile è di più complessa attuazione (settori *hard-to-abate*). In quest'ottica, la produzione da fonti rinnovabili in Sardegna ha margini di crescita sufficienti a soddisfare la domanda di energia elettrica senza occupazioni indiscriminate del territorio salvaguardando l'ambiente, uno dei beni primari dell'isola. Studi recenti del JRC della Commissione Europea⁹ sulla riqualificazione delle regioni europee in cui in un recente passato sono state presenti attività minerarie stimano,

⁹ Bódis, Katalin, Ioannis Kougias, Nigel Taylor, and Arnulf Jäger-Waldau. 2019. "Solar Photovoltaic Electricity Generation: A Lifeline for the European Coal Regions in Transition" *Sustainability* 11, no. 13: 3703. <https://doi.org/10.3390/su11133703>.

tramite un'analisi georeferenziata e morfometrica del territorio sardo, supportata da immagini satellitari dei territori interessati, che sarebbe possibile ospitare in Sardegna sino a 13,1 GW di impianti fotovoltaici con un'occupazione del suolo di circa 133 km² prevalentemente localizzati in aree industriali in disuso e terreni non agricoli. Tali risultati sono in linea con le stime relative al contesto italiano proposte dai principali stakeholders¹⁰ che arrivano ad un'occupazione del territorio italiano dello 0,5%.

L'uso intensivo delle fonti rinnovabili e dell'energia elettrica quale vettore energetico verde è l'essenza della transizione energetica, rispetto alla quale la Sardegna si candida quindi per ragioni naturali, sociali ed economiche ad un ruolo di leadership nazionale e mondiale. Il vivacissimo sistema della ricerca, che vede i due Atenei isolani impegnati in programmi di alta formazione e ricerca nel settore energetico e ambientale, capofila di una rete di centri di ricerca, di startup innovative e di incubatori di imprese impegnati nel trasferimento tecnologico delle ricerche nelle energie rinnovabili, nelle reti intelligenti, nella digitalizzazione del sistema energetico, nelle comunità energetiche e nei modelli di governance energetica partecipata, costituisce un ulteriore elemento per la nascita e lo sviluppo di un ecosistema dell'innovazione incentrato sull'energia, l'ambiente e la mobilità sostenibile.

Il progetto *BIRDIE-S (Build the Innovative Renewable and Digitally Inclusive Electrified-Sardinia)*, traendo spunto da queste considerazioni, seguendo le indicazioni della letteratura scientifica di settore, ha l'obiettivo di proporre uno scenario di sviluppo energetico per la Sardegna sulla base di considerazioni economiche, ambientali e demografiche e di valutare quantitativamente i benefici derivanti dall'attuazione delle politiche di elettrificazione dei consumi sia a livello di sistema sia a livello di singolo, distinguendo fra realtà produttive e utilizzatori finali. *BIRDIE-S* valuta quindi nel contesto Sardo i benefici ambientali, economici, sociali e sanitari derivanti dall'uso del vettore elettrico in sostituzione dei combustibili fossili anche prima del 2050 proponendo a tal fine il calcolo di specifici KPI (*Key Performance Indicator*). L'obiettivo di *BIRDIE-S* è dimostrare, con risultati quantitativi e rigore scientifico, il vantaggio di diventare *birds (green in sardo)*, saltando qualche tappa nel processo di transizione energetica, ovvero realizzando il *birdie*¹¹

¹⁰ Elettricità Futura, REPowerEU della Commissione Europea, Briefing note, 31 maggio 2022.

¹¹ Il *birdie* nel golf si realizza quando si arriva in buca con un colpo in meno di quelli *attesi*.

nella partita della transizione energetica grazie a innovazione e trasferimento tecnologico.

Box 1: obiettivi dello studio

Lo studio risponde alle seguenti domande:

1. È possibile produrre più energia verde in Sardegna evitando l'installazione degli impianti fotovoltaici ed eolici in maniera incontrollata?
2. Quanto l'energia elettrica può contribuire alla transizione energetica della Sardegna?
3. I vantaggi ottenibili dall'elettrificazione dei consumi sono solo ambientali o si estendono alla sfera economica e sulla sicurezza energetica? Quali benefici possono essere raggiunti a livello economico, ambientale e sociale?
4. Quali sono le principali criticità? Quali aspetti ostacolano la diffusione del vettore elettrico e come possono essere superati?

Metodologia

La metodologia seguita per la ricerca può essere riassunta nelle seguenti quattro principali attività:

1. Analisi del sistema energetico della regione Sardegna;
2. Definizione di uno scenario di sviluppo della domanda energetica, tenendo conto delle peculiarità territoriali e degli scenari di crescita definiti a livello nazionale e internazionale;
3. Definizione del mix ottimale per la produzione di energia elettrica considerando la disponibilità delle fonti, i costi di produzione e la natura delle infrastrutture energetiche;
4. Analisi dei risultati dello scenario di sviluppo proposto e valutazione della sua efficacia in termini di variazione dei consumi energetici, uso di fonti rinnovabili, riduzione delle emissioni nocive, impatto economico e sociale (effetti sulla salute e conseguente riduzione della spesa sanitaria).

Completano lo studio analisi di sensitività che considerano l'impatto sui risultati finali delle incertezze derivanti, ad esempio, dalla decisione di non usare già dal 2030 alcuni specifici combustibili di origine fossile ad alto livello di emissioni di CO₂ e inquinanti, dall'evoluzione del tasso di ristrutturazione edilizio sotto la spinta delle azioni nazionali ed europee (*EU Renovation Wave*), dai prezzi attesi dell'energia e delle commodities e dalla percentuale di fonti rinnovabili utilizzate per la produzione dell'energia elettrica..

Analisi del sistema energetico sardo

Il sistema energetico sardo è stato analizzato partendo dai dati del Piano Energetico e Ambientale della Regione Sardegna (PEARS)¹² e dai successivi rapporti di monitoraggio oltre che da studi redatti da soggetti pubblici e privati. Dall'analisi è emersa una maggiore propensione dell'isola nell'uso del vettore elettrico e delle biomasse rispetto allo scenario nazionale, che è stato a lungo influenzato dalla disponibilità del metano a prezzo molto competitivo (dati precedenti alla guerra russo-ucraina).

L'analisi del PEARS evidenzia che la Sardegna importa un'elevata quantità di materie a fini energetici, in particolare petrolio, prodotti raffinati e carbone, per un totale di oltre 18.000 ktep. Solo una parte, circa il 10%, è destinato all'uso nel territorio, il resto è oggetto di raffinazione e venduto nel mercato nazionale e internazionale. Una parte dei combustibili fossili importata è utilizzata per la produzione di energia elettrica; la quota quantitativamente più rilevante è costituita da carbone (la cui dismissione è prevista nel 2025¹³), olio combustibile e syngas ottenuto dalla gassificazione del TAR della raffinazione dei prodotti petroliferi. Gasolio e olio combustibile denso BTZ sono ancora largamente usati per la produzione di calore. Il primo viene usato in tutti i settori, mentre il BTZ principalmente nel settore industriale. Viene, inoltre, importata biomassa solida e biomassa liquida destinata sia alla produzione di energia elettrica (circa 37 impianti prevalentemente di piccola taglia per una potenza installata di 110 MW) sia per la produzione di calore. Si stima che oltre il 40% delle biomasse solide e la quasi totalità di quelle liquide siano importate, con conseguenti difficoltà di approvvigionamento (e di incremento dei costi), come avvenuto nell'ultima stagione invernale.

La produzione di energia elettrica si completa con impianti eolici (con una potenza installata di 1087,5 MW), fotovoltaici (con una potenza installata di circa 974 MW) ed idroelettrici (con una potenza efficiente lorda di 466,4 MW). Relativamente agli impianti fotovoltaici, circa il 43% dell'energia elettrica prodotta è autoconsumata (ovvero è prodotta e utilizzata direttamente nel luogo di produzione, non immessa nella rete di trasmissione o di distribu-

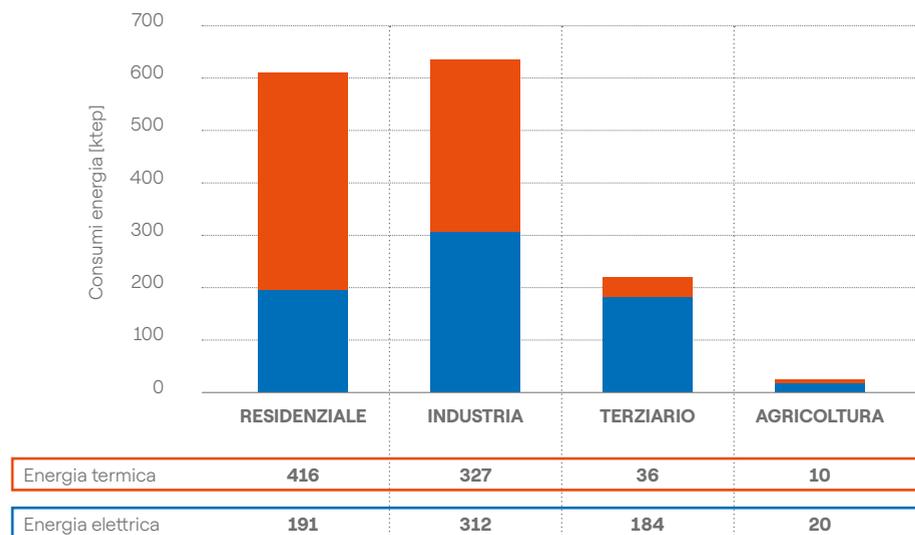
¹² Piano Energetico Ambientale Regionale della Sardegna (PEARS) 2015-2030, APPROVATO CON D.G.R. N. 45/40 DEL 02/08/2016, Agosto 2016.

¹³ Ministero dello sviluppo economico (MISE), Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il clima 2030 (PNIEC), 2019.

zione dell'energia elettrica). Sono inoltre presenti nelle reti di bassa tensione quasi 1.500 sistemi di accumulo (in linea con regioni come Puglia, Campania e Sicilia) e con una potenza media di 5,6 kW (la più alta in Italia)¹⁴.

L'analisi dei consumi degli ultimi 20 anni ha evidenziato una pesante riduzione nel settore industriale, in larga misura causata dalla chiusura di importanti poli industriali, fra cui la più recente ha riguardato la produzione di alluminio, mentre negli altri settori i consumi sono stabili ma con tendenza negativa. Tale diminuzione dei consumi di energia elettrica, in parallelo con l'aumento della produzione da fonti rinnovabili, ha incrementato l'export di energia elettrica verso il continente. Nel 2020 sono stati esportati circa 3 TWh. La Fig. 1 riporta i consumi energetici dell'isola al 2020 nei principali settori merceologici, stimati¹⁵ sulla base dell'ultimo monitoraggio del PEARS (risalente al 2018).

Fig. 1. Stima dei consumi energetici 2020



¹⁴ e-distribuzione, Piano di Sviluppo delle infrastrutture di E-Distribuzione 2021-2023.

¹⁵ RSE, Approvvigionamento energetico della regione Sardegna (Anni 2020-2040) ai sensi della del. 335/2019/R/GAS del 30 luglio 2019, https://www.arera.it/allegati/operatori/pds/200731_RSE_Studio_Infrastrutture_Sardegna_FINALE.pdf

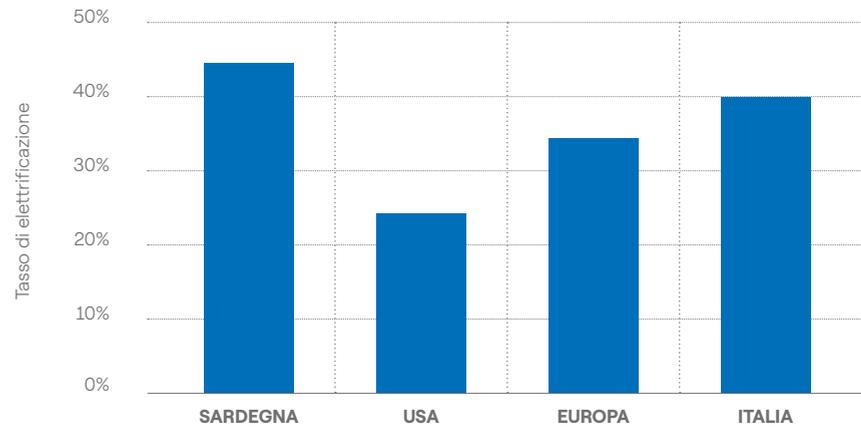
Relativamente ai consumi per settore, si riscontra un elevato uso dell'energia elettrica e di combustibili fossili come olio combustibile, GPL e gasolio, diretta conseguenza dell'assenza di gas naturale. Uno dei settori maggiormente elettrificato è quello residenziale, dove l'energia elettrica è usata per il riscaldamento, l'acqua calda sanitaria e la cottura degli alimenti. La Fig. 2 mostra un confronto tra i consumi sardi e quelli nazionali per il riscaldamento.

Fig. 2. Distribuzione dei consumi nel settore residenziale in Sardegna e in Italia al 2020



Anche il settore industriale ricorre maggiormente all'uso dell'energia elettrica rispetto al contesto nazionale (45% contro il 40% in Italia) e internazionale (34% nell'EU28 e 26% negli Stati Uniti), come mostrato in Fig. 3.

Fig. 3. Confronto tra il tasso di elettrificazione Sardo, la media nazionale, quella Europa e nel Nord America



L'analisi del tessuto produttivo sardo evidenzia un numero elevato di aziende che necessitano di temperature operative medio-basse con un nucleo significativo costituito da caseifici e aziende nel settore agroalimentare; il consumo energetico di questi comparti è piccolo, se confrontato con settori più energivori, ma è aggreabile con tecnologie efficienti e a minor impatto ambientale. Le aziende energivore che necessitano di calore ad alta temperatura per i relativi processi industriali (ad es, petrolchimici, metallurgia, cementifici, ceramiche, ecc.) sono poche ma hanno un peso molto alto sul totale dei consumi (Fig. 4 e Fig. 5).

Fig. 4. Attività industriali energivore presenti nel territorio sardo

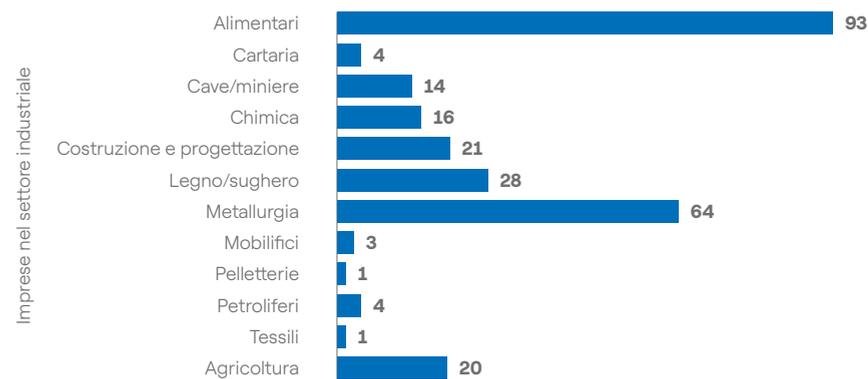
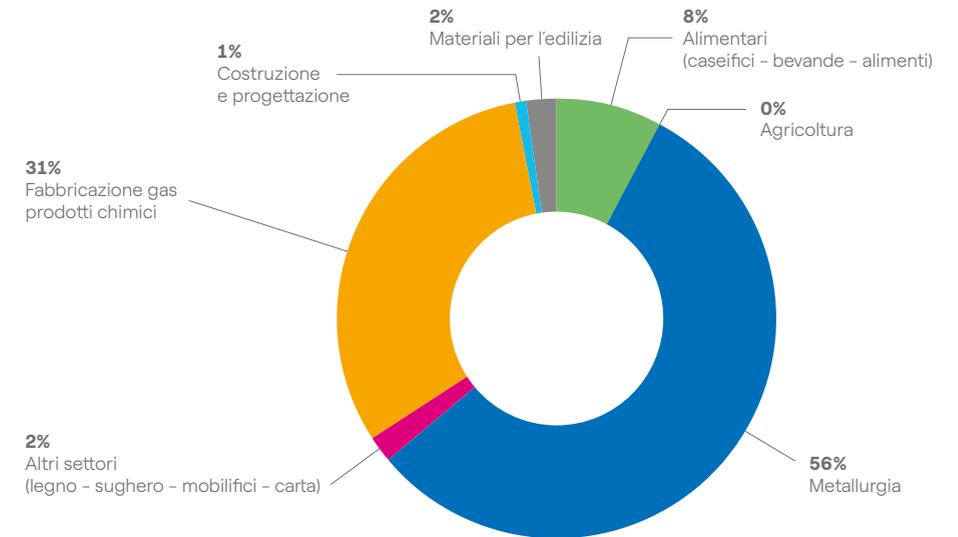
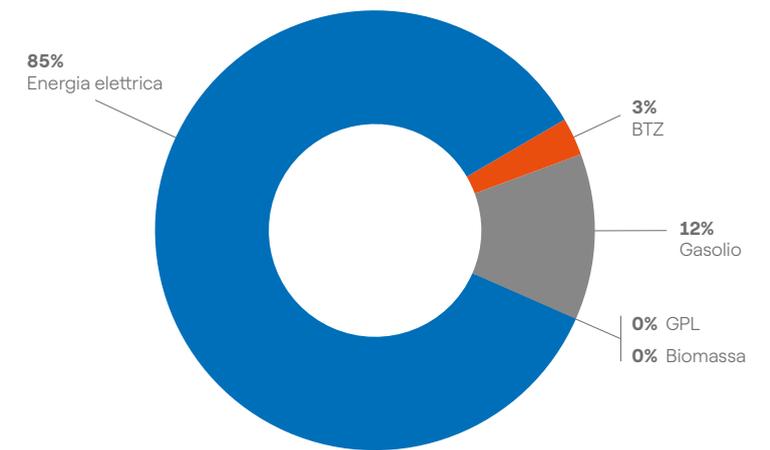


Fig. 5. Distribuzione dei consumi tra le attività del settore industriale



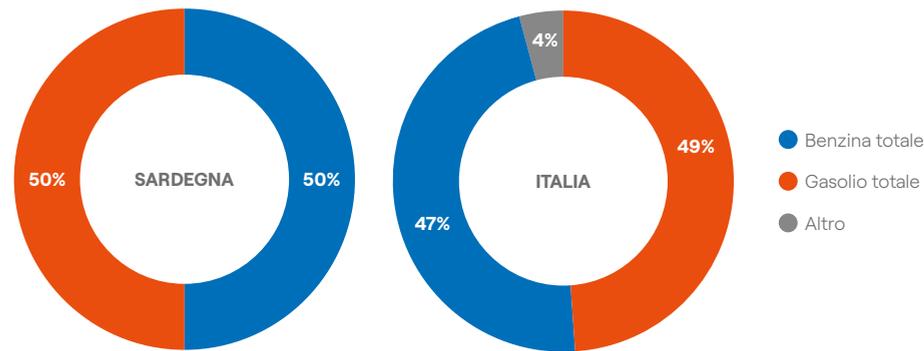
Relativamente al settore terziario, sono presenti diverse tipologie di attività: pubblica amministrazione, servizi per la persona (centri di assistenza per anziani, ospedali, attività ricreative), scuole, università, turismo, ristorazione e ospitalità. Anche per questo settore, l'energia elettrica è di gran lunga il vettore dominante sebbene vi sia ancora un significativo utilizzo di gasolio che dovrebbe essere azzerato in ottica decarbonizzazione (Fig. 6).

Fig. 6. Vettori energetici utilizzati nelle principali imprese attive nel terziario



La mobilità è il settore che presenta maggiori margini di elettrificazione data l'elevata propensione dei sardi all'uso dell'automobile (l'auto è usata 296 giorni l'anno contro i 284 della media nazionale). L'uso di combustibili differenti da diesel e benzina (ad esempio metano, elettrico, ibrido) è più basso rispetto al contesto italiano¹⁶ (Fig. 7). L'uso del veicolo puramente elettrico è minore dello 0,10% (nel territorio italiano è pari a 0,16%).

Fig. 7. Ripartizione dei veicoli per tipologia di combustibile (altro: metano - ibrido - elettrico)



Relativamente al settore marittimo, si è prestata particolare attenzione ai consumi delle imbarcazioni nei porti commerciali e industriali sardi e nei porti turistici. Oltre il 70% delle imbarcazioni presenti nei porti sono ro-ro o ro-pax (nave/traghetto per trasporto merci su automezzi mezzi e passeggeri¹⁷). I porti turistici vedono la presenza di circa 2.600 unità da diporto tra barche a motore e barche a vela (il 3% di quelle nazionali) e circa 20.000 posti barca¹⁸ (il 12% di quelli nazionali), evidenziando la forte propensione turistica costiera. Le emissioni atmosferiche nei porti sono pari a oltre 170.000 ton di CO₂ e oltre 400 ton di particolato (PM10 e PM2.5).

Infine, relativamente ai trasporti ferroviari, si osserva che la rete sarda (circa 1.000 km) non è elettrificata e quasi il 60% è a scartamento ridotto e solo il 5% è a doppio binario. La densità della rete è molto

¹⁶ ACI, Parco veicolare 2020.

¹⁷ Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna, Documento Di Pianificazione Energetico Ambientale Del Sistema Portuale (DEASP), 2020.

¹⁸ Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Dipartimento per le Infrastrutture, i Sistemi Informativi e Statistici Direzione Generale per i Sistemi Informativi e Statistici, Il diporto Nautico in Italia, Anno 2019, Roma - Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato S.p.A., 2019.

bassa sia rispetto all'area servita (0,02 km/km² contro la media italiana di 0,05 km/km²) sia alla popolazione (250 km/10⁶ abitanti contro 350 km/10⁶ abitanti). Le locomotive e le automotrici sono diesel per un consumo annuo pari 5,2 ktep, che causano l'emissione di oltre 13.000 ton di CO₂.

Definizione degli scenari di sviluppo

Per la definizione degli scenari di sviluppo si è fatto riferimento al PEARS, allo studio Electrify Italy¹⁹ e al PNIEC, oltre che a modelli presenti in letteratura per la valutazione dei consumi nei diversi settori.

Box 2: fattori trainanti

Per la definizione degli scenari sono stati definiti quattro fattori trainanti:

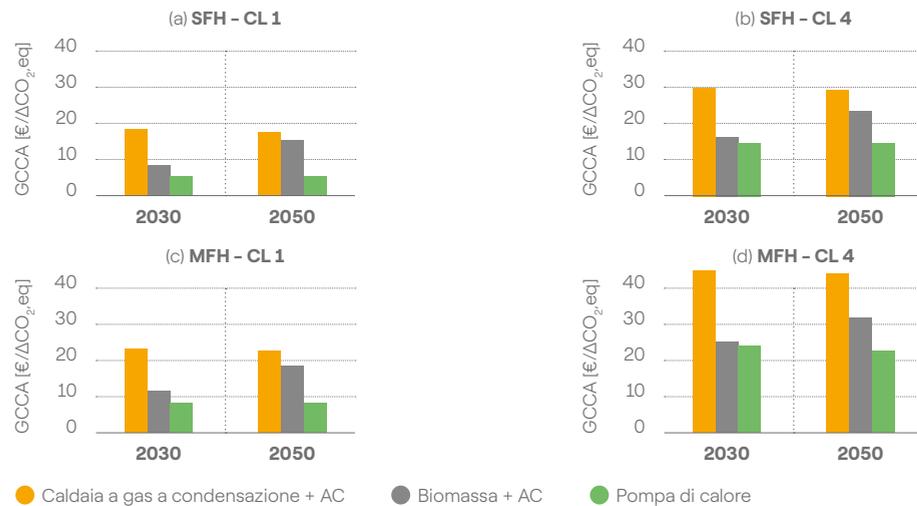
- **tasso di crescita** della domanda di energia: definito in base agli scenari predisposti nel PNIEC che vedono una crescita ridotta per il comparto industriale ed una crescita più sostenuta (pari quasi al 2% annuo nel settore dei servizi, ed in particolare dei servizi vendibili/ospitalità);
- **maggiore sensibilità degli utenti per le problematiche ambientali**, e quindi le scelte di acquisto avvengono non solo in base al costo finale del bene ma anche in base all'impatto che tale acquisto avrebbe nell'ambiente;
- **minore uso delle autovetture e acquisto di vetture elettriche** grazie (anche) ad una maggiore diffusione delle colonnine di ricarica;
- **riduzione dei prezzi dell'energia elettrica** grazie ad una maggiore diffusione dei dispositivi per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili (favorita da economie di scala e innovazione tecnologica), oltre alla possibilità di aggregazione in comunità energetiche locali (valido in particolare per le piccole comunità).

Particolare attenzione è stata dedicata allo sviluppo del settore residenziale in quanto l'elettrificazione dei consumi nel settore è uno degli obiettivi specifici nazionali ed internazionali per la riduzione delle emissioni di anidride carbonica in atmosfera. A tal fine, per valutare il potenziale dell'elettrificazione e costruire lo scenario di domanda atteso, si è ricorso ad un modello di ottimizzazione basato sulla minimizzazione del "Global Cost per CO_{2eq} Avoided" (GCCA). L'idea è che le scelte di ristrutturazione debbano essere orientate alla minimizzazione del GCCA che permette di combinare l'interesse del privato, spinto dalla convenienza economica nella scelta di una tecnologia impiantistica

¹⁹ Enel foundation, Electrify Italy, 2019, <https://www.enelfoundation.org/topics/articles/2019/11/electrify-italy>.

da installare nella propria abitazione, con l'interesse sociale che deve privilegiare l'adozione di soluzioni tecnologiche a bassa emissione di CO₂ per ridurre l'impatto ambientale del settore edilizio. L'indicatore consente di valutare la competitività tra le diverse tecnologie di generazione per i servizi di riscaldamento e acqua calda sanitaria mediante il rapporto tra il costo globale sostenuto per una data tecnologia (acquisto del sistema di riscaldamento, costo del combustibile nel periodo considerato, ecc.) e la riduzione delle emissioni di CO₂ rispetto allo stato di fatto. Tanto maggiore è la riduzione di CO₂ tanto minore sarà il GCCA e dunque migliore la scelta dal punto di vista economico-ambientale. La Fig. 8 mostra l'indicatore GCCA per quattro tipologie di abitazione (singolo appartamento, SFH, abitazione plurifamiliare, MFH) con elevati consumi energetici (classe 1, CL1) e ridotti (classe 4, CL4) per il servizio di riscaldamento (considerando l'extra-costi per l'acquisto di sistemi di raffrescamento). Si osserva chiaramente come in tutti i casi le soluzioni elettriche siano largamente vantaggiose rispetto all'impiego di caldaie a gas e delle biomasse (queste ultime caratterizzate dalle emissioni di polveri che ne rendono poco consigliabile l'uso, quantomeno nei contesti urbani).

Fig. 8. Indicatore negli anni 2030-2050 per il servizio di riscaldamento (considerando l'extra-costi) nella zona climatica C. (a) SFH in Classe 1, (b) SFH in Classe 4, (c) MFH in Classe 1, (d) MFH in Classe 4



Per il settore industriale, il modello previsionale prevede una progressiva crescita della percentuale di elettrificazione dal 43% del 2030 al 76% al 2050 per tutte le attività con temperature operative medio-basse (minori di 200°C) grazie all'atteso miglioramento tecnologico delle

pompe di calore la cui efficienza raggiungerà valori pari a 5. Il miglioramento dell'efficienza energetica è in grado di ridurre i consumi industriali e, specialmente se accompagnato dall'aumento della produzione a fonte rinnovabile, abbatta i costi operativi permettendo la rapida compensazione degli ingenti investimenti in conto capitale necessari per l'ammodernamento.

Tale livello di elettrificazione non è facilmente raggiungibile dalle attività (ridotte in numero ma altamente energivore) che richiedono temperature di processo medio-alte (500°C-1.000°C) come la produzione di cemento o vetro e alte (superiori ai 1.000°C), come quelle legate alla produzione dell'acciaio e prodotti chimici. Affinché sia possibile una maggiore elettrificazione in questi ambiti, sarà necessario intraprendere con decisione la strada dell'innovazione tecnologica. Ipotizzando uno scenario più favorevole in termini di prezzi energetici (ovvero prezzi dell'energia elettrica più competitivi rispetto a quelli del gas e dei combustibili fossili), tali da rendere più vantaggioso lo shift tecnologico, il tasso di elettrificazione della produzione di calore aumenta dal 7% al 36% con effetti molto positivi sulla riduzione delle emissioni nocive

Per tali attività industriali, la strada per l'elettrificazione è quindi ancora lunga ma può essere in certi casi accelerata grazie all'impiego di idrogeno e combustibili verdi, ovvero ottenuti con l'utilizzo di energia elettrica da fonte rinnovabile. Ricorrendo all'uso dell'idrogeno (prodotto mediante l'elettrolisi dell'acqua alimentata da energie provenienti da fonti rinnovabili) è possibile incrementare ulteriormente il tasso di elettrificazione del settore (arrivando quasi all'80%). Lo scenario di sviluppo della mobilità privata e pubblica, in accordo con i più recenti studi di settore²⁰, vede un'imponente crescita dei veicoli elettrici che passano da meno di un migliaio a quasi 700.000 unità al 2050 grazie anche ad una maggiore diffusione di infrastrutture per la ricarica – nonché l'opportunità per una crescita sostanziale nel trasporto pubblico locale dell'impiego di bus elettrici derivante dalla convenienza della scelta in termini socio-ambientali ed economici. Quest'ultima corroborata oltre che dal già competitivo *total cost of ownership* (TCO) – ovvero i costi totali di possesso e gestione del mezzo – anche dai vantaggi economici che possono derivare dalla partecipazione al mercato dei servizi di dispacciamento (ad esempio i servizi di *Vehicle2Grid* e *Bus2Grid*²¹) e dalla se-

²⁰ Politecnico di Milano, Smart Mobility report 2021, 2021.

²¹ <https://www.energy-storage.news/electric-school-buses-to-provide-grid-reliability-services-in-pjm-market-in-v2g-scheme/>

conda vita delle batterie. Vantaggi tali da poter formulare modelli di analisi tecnico-economica innovativi quali il TCRO, *Total Costs and Revenues of Ownership*²². Per il settore marittimo, come indicato negli scenari di sviluppo dei principali stakeholder²³, è stata considerata una crescente dismissione di combustibili fossili altamente inquinanti usati in ambito marittimo, come MFO o HFO (che vedono una riduzione superiore al 60% al 2050 rispetto ai consumi attuali) a vantaggio di combustibili verdi, GNL e vettore elettrico. In particolare, l'uso del vettore elettrico è stato considerato nella fase di sosta nel porto. Infatti, complice la crescente presenza di navi da crociera, i porti sardi e le città che li ospitano sono sempre più soggetti a inquinamento acustico e atmosferico e l'uso del *cold-ironing* (ovvero alimentare le navi che stazionano nel porto tramite l'energia elettrica fornita da terra anziché tramite i combustibili fossili) è la soluzione che apporta i maggiori benefici.

Impatto dell'elettrificazione

L'efficacia dell'elettrificazione degli usi finali dell'energia in ambito energetico, ambientale, economico e sociale è stata misurata ricorrendo a diversi KPI. In ambito energetico sono stati calcolati indicatori come la variazione dei consumi, la riduzione di fonti fossili e la quota di fonti rinnovabili usate per la produzione di energia elettrica. In ambito ambientale è stata valutata la variazione delle emissioni di CO₂, NO_x, SO_x, e particolato in tutti i settori considerati. È stato inoltre stimato il suolo occupato per la produzione di energia elettrica da impianti fotovoltaici. Dal punto di vista sociale, sono stati valutati sia i benefici economici legati alla riduzione dell'inquinamento (ovvero la riduzione della spesa sanitaria regionale), sia la creazione di nuovi posti di lavoro, legati alla crescita delle fonti rinnovabili per la produzione di energia. Nell'ambito economico sono stati stimati l'indicatore di intensità energetica e di *carbon intensity* che forniscono un'indicazione dell'efficienza di un sistema economico e dei consumi energetici.

²² Bocconi RESEARCH REPORT SERIES SCENARI E PROSPETTIVE DELL'ELETTRIFICAZIONE DEL TRASPORTO PUBBLICO SU STRADA Un'innovativa analisi di benchmark: Il TCRO - Total Cost and Revenues of Ownership, 2021 <https://iris.uni-bocconi.it/bitstream/11565/4043081/1/211015%20Green%20per%20Enel%20Foundation%20Report%20su%20TCRO%20dei%20bus.pdf>

²³ DNV, Maritime forecast to 2050 Energy transition outlook, 2018.

Box 3: approccio metodologico

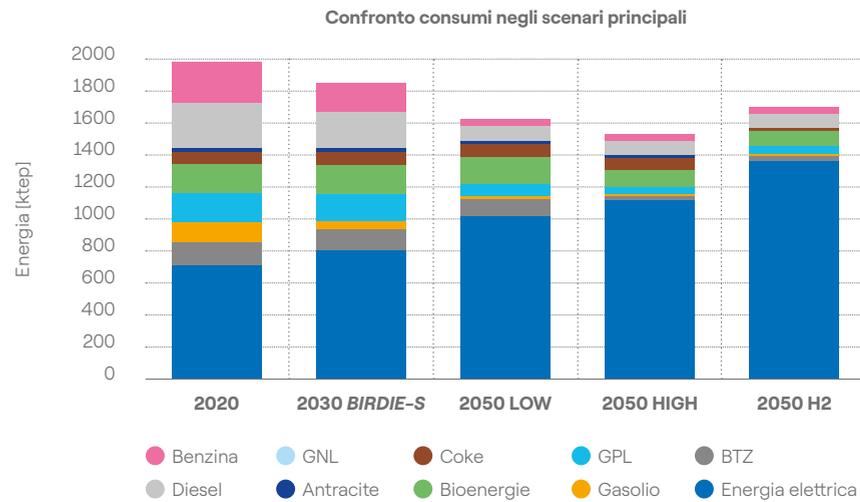
Il progetto BIRDIE-S si sviluppa attraverso quattro fasi:

1. Costruzione degli scenari energetici governati dall'evoluzione tecnologica, dall'evoluzione del prezzo dei principali vettori energetici, dall'interesse nei confronti delle problematiche ambientali da parte degli utenti finali, dalla sicurezza dell'approvvigionamento energetico;
2. Stima della domanda di energia elettrica e calcolo della variazione dei consumi dei principali combustibili fossili e biomasse;
3. Nota la domanda di energia elettrica, ottimizzazione della capacità degli impianti a fonti rinnovabili (eolico e fotovoltaico) al fine di massimizzare l'autosufficienza energetica dell'isola, valutando l'impatto ambientale di tali impianti nel territorio e senza compromettere la redditività dell'investimento;
4. Identificazione e calcolo di diversi KPI atti a verificare l'efficacia delle strategie proposte e dunque l'effetto dell'elettrificazione in ambito energetico, ambientale, economico e sociale.

Risultati

Gli scenari di sviluppo energetico esaminati sono caratterizzati da un notevole recupero di efficienza che porta ad una complessiva riduzione dei consumi rispetto allo scenario inerziale rappresentato dalla proiezione negli anni della situazione attuale, grazie alla maggiore presenza del vettore elettrico. Il miglioramento dell'efficienza è attribuibile alla combinazione dello sviluppo tecnologico con l'elettrificazione dei trasporti e della generazione di calore. Considerando uno scenario cautelativo (indicato nella Fig. 9 come LOW), caratterizzato da tassi di sostituzione limitati (compresi tra 1% e 3%), è possibile ridurre (rispetto ai valori attuali) il consumo di energia del 6% al 2030 e del 20% al 2050 a fronte di una crescita dell'uso del vettore elettrico del 14% (poco più di 9 TWh) e del 43% (circa 12 TWh) e di una riduzione dell'uso di combustibili fossili del 20% e del 60% (rispetto ai valori attuali). Considerando uno scenario (indicato nel grafico seguente come HIGH) in cui gli incentivi diretti e indiretti al rinnovo del parco tecnologico degli edifici aumentano e il prezzo dell'energia elettrica diminuisce (grazie ad una maggiore diffusione dell'uso delle fonti rinnovabili) è possibile ridurre al 2050 (rispetto ai valori attuali) i consumi del 24% a fronte di un aumento dell'uso del vettore elettrico del 57% (circa 13 TWh) e una riduzione dei combustibili fossili del 68%. Rimangono ancora elevati i consumi di combustibili come pet coke e antracite, necessari nei processi dell'industria pesante.

Fig. 9. Evoluzione dei consumi proposta dalla strategia BIRDIE-S (dettaglio per combustibile)



Infine, si è ipotizzato uno scenario caratterizzato da un avanzamento tecnologico nell'uso dell'idrogeno verde grazie a macchinari con elevati rendimenti a fronte di ridotti investimenti. Tale scenario vede una crescita della domanda di energia elettrica del 40% rispetto allo scenario inerziale (circa 16 TWh) ma un abbattimento delle emissioni di CO₂ del solo settore industriale del 90% (contro il 65% dello scenario più cautelativo) e una riduzione delle emissioni totali di CO₂ del 78%. In questo scenario, la domanda di energia elettrica potrà essere totalmente soddisfatta (tenendo conto della capacità di trasmissione del SA.CO.I., SA.PE.I. e del Tyrrhenian link, quest'ultimo a partire dal 2025) dall'uso di fonti rinnovabili per oltre 7,35 GW di impianti fotovoltaici e oltre 1,88 GW di eolico, ovvero quasi sette volte gli impianti fotovoltaici attualmente presenti e circa due volte quelli eolici. Sarà inoltre necessario il supporto di sistemi di accumulo con una capacità totale di 41 GWh. Con questa configurazione, la Sardegna potrà raggiungere livelli di autosufficienza energetica superiori all'80% con grandi benefici sul prezzo dell'energia e sulla sua stabilità. La superficie occupata dagli impianti fotovoltaici nello scenario maggiormente elettrificato è di circa 74 km², pari allo 0,3% del territorio regionale (24.000 km²), calcolata mediante un'analisi georeferenziata del territorio che considera anche l'impiego dei terreni a uso agricolo solamente per impianti agrivoltaici, ovvero integrando i pannelli fotovoltaici con la produzione agricola e zootecnica, garantendo quindi l'uso del suolo per le finalità agricole.

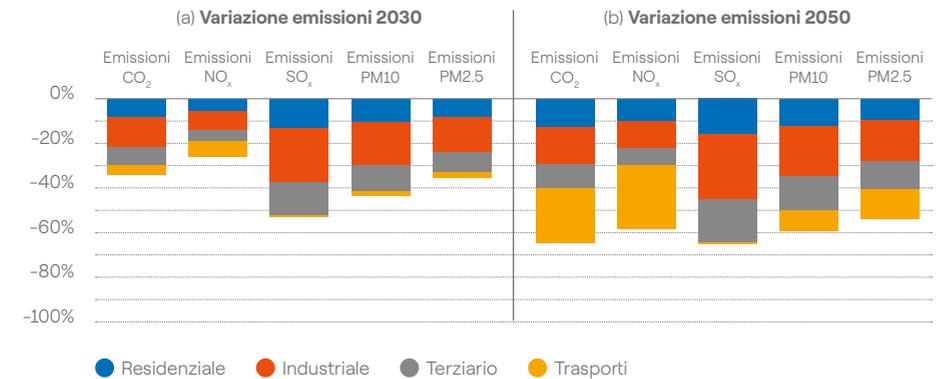
La massiccia elettrificazione dei consumi e la produzione a fonte rin-

novabile richiedono senza dubbio investimenti nelle reti di distribuzione e trasmissione dell'energia la cui valutazione esula dallo studio e sarà stimata con successive ricerche che devono tenere conto del ruolo che la flessibilità del sistema può giocare.

Impatto

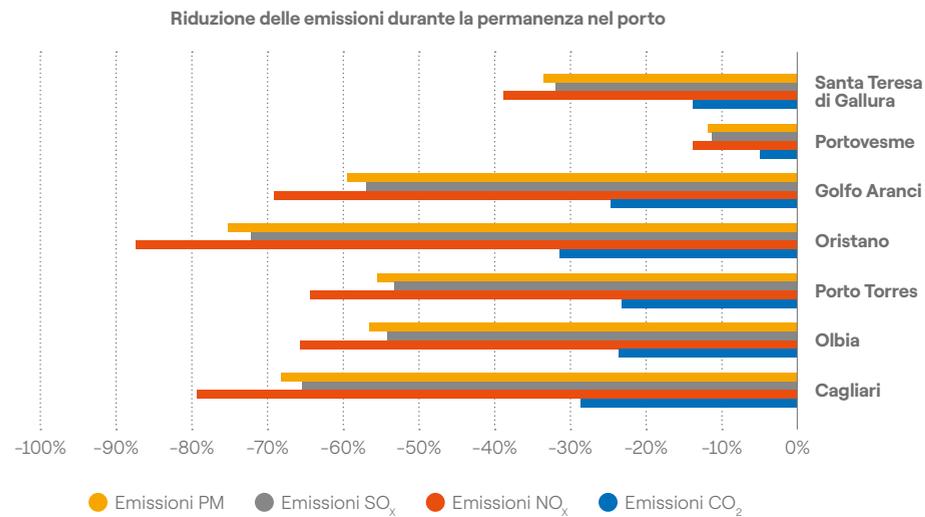
In ambito energetico, si stima un tasso di elettrificazione totale del 45% nel 2030 e del 65% nel 2050 (scenario cautelativo), con una quasi completa elettrificazione (97% nel 2050) del settore terziario. La domanda di energia elettrica è coperta quasi totalmente da fonti rinnovabili presenti in Sardegna (l'autoconsumo è pari all'86% al 2030 e al 90% al 2050). A fronte di questo incremento dell'uso dell'energia elettrica, si assiste ad una riduzione dei consumi da fonti fossili (BTZ, gasolio e GPL). Rispetto allo scenario di sviluppo inerziale si riducono i consumi totali (11% nel 2030 e 28% nel 2050). Questi cambiamenti si riflettono positivamente sull'ambiente, comportando una riduzione sostanziale delle emissioni nocive (CO₂, NO_x, SO_x e PM10 e PM2,5) in tutti i settori analizzati (Fig. 10).

Fig. 10. Riduzione delle emissioni al 2030 e al 2050 (e contributo dei diversi settori) rispetto allo scenario inerziale



I trasporti su gomma contribuiscono notevolmente a tale riduzione in particolare al 2050, con un tasso di elettrificazione del settore pari al 50%. Relativamente ai trasporti marittimi, l'adozione del *cold-ironing* porta benefici in tutti i porti sardi esaminati (Fig. 11), ed in particolare in quei porti con imbarcazioni dall'elevata permanenza in banchina, sia in termini di riduzione delle emissioni atmosferiche (praticamente annullate al 2050) sia di quelle acustiche.

Fig. 11. Potenziale riduzione delle emissioni nei porti sardi, con l'uso del cold-ironing



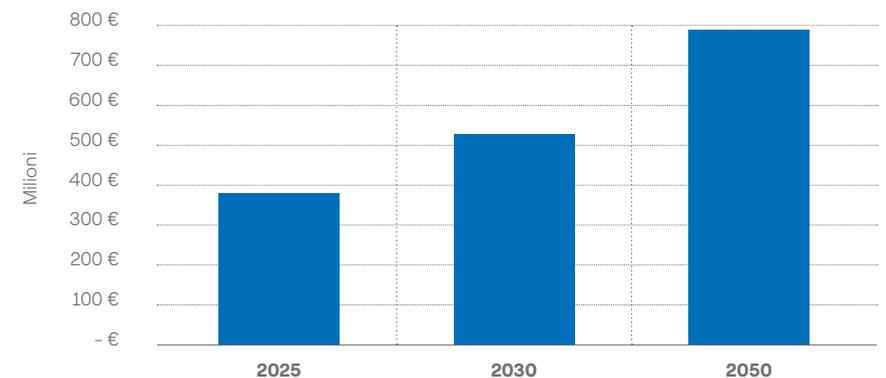
Relativamente al rumore associato alle imbarcazioni in porto, studi a livello mondiale ed europeo dimostrano che l'uso del *cold-ironing* nelle imbarcazioni ro-ro (le più diffuse) potrebbe apportare, per ogni imbarcazione, una riduzione del rumore di 2 dB; per le navi portacontainer la riduzione può arrivare sino a 6 dB a imbarcazione; mentre le navi da crociera mostrano una riduzione compresa tra i 6 e i 10 dB.

Dal punto di vista economico, si assiste ad una riduzione dell'intensità energetica e della *carbon intensity*. In particolare, l'intensità energetica (espressa come rapporto dei consumi totali rispetto al prodotto interno lordo) è caratterizzata da una riduzione del 11% nel 2030 e dell'27% nel 2050 (meno consumo energetico a parità di ricchezza prodotta). L'indicatore di carbon intensity (calcolato come rapporto tra quantità di emissioni e l'energia consumata) dipende dalle fonti energetiche utilizzate ed è tanto più alto quanto più alto è l'utilizzo di fonti che producono emissioni. Nello scenario più cautelativo, si stima una riduzione del 30% al 2030 e del 54% al 2050 rispetto allo scenario inerziale, mentre, considerando l'uso dell'idrogeno anche nei settori *hard-to-abate*, è possibile una riduzione del 71% al 2050 rispetto allo scenario inerziale. È stato inoltre valutato l'impatto economico che l'uso del vettore elettrico potrebbe avere sulle famiglie. Le altissime prestazioni delle pompe di calore (efficienza compresa fra 4 e 5) rispetto alla caldaia a condensazione a gas o alla caldaia a biomassa (caratterizzate rispettivamente da rendimenti pari a 0,97 e rendimento pari a 0,89) possono abbattere i costi di approvvigionamento energetico

di famiglie e imprese. Tale vantaggio è accresciuto dalla presenza di sistemi per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili (possibilmente accoppiati a sistemi di accumulo, in modo da massimizzare l'autoconsumo).

Infine, dal punto di vista sociale, l'elettrificazione dei consumi e la conseguente produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili consente di ridurre i casi di mortalità e le malattie respiratorie, favorendo una riduzione della spesa sanitaria regionale del 23% rispetto alla spesa del 2020 (Fig.12).

Fig. 12. Risparmio cumulato



L'installazione, la gestione e la manutenzione degli impianti di generazione da fonti rinnovabili richiederanno nuova forza lavoro. In particolare, le fonti rinnovabili richiedono un numero di addetti superiore rispetto agli impianti che sfruttano fonti fossili. Ad esempio, gli impianti fotovoltaici, a parità di potenza installata richiedono un numero di addetti per la gestione e la manutenzione cinque volte superiore rispetto agli impianti da fonte fossile²⁴. L'elettrificazione dei consumi finali peraltro creerà nuovi sbocchi occupazionali, ad esempio nell'efficientamento energetico degli edifici o nel riutilizzo delle batterie usate nei veicoli elettrici (second-life), oltre alle posizioni di lavoro direttamente richieste dalla

Le stime ritengono necessari circa 38.000 posti di lavoro al 2030 e 57.000 al 2050 direttamente coinvolti nella filiera della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili. La filiera creerà nuovi posti di la-

²⁴ Czako, V., Employment in the Energy Sector Status Report 2020, EUR 30186 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020, ISBN 978-92-76-18206-1, doi:10.2760/95180, JRC120302.

voro indiretti (pari a quelli diretti) e indotti (quasi il doppio rispetto a quelli diretti). Le posizioni lavorative legate all'efficientamento energetico degli edifici possono arrivare sino a 60.000 posti di lavoro al 2050. In conclusione, sommando le figure richieste nell'ambito della produzione e dell'efficientamento energetico degli edifici si stimano sino a 54.000 figure richieste al 2030 e oltre 110.000 figure al 2050. In questo contesto, è fondamentale ricordare l'importanza della formazione scolastica, universitaria e professionale, con attenzione particolare ai programmi di *Lifelong learning* della popolazione attiva con finalità di *up-skilling* e *re-skilling* dei lavoratori impegnati in settori che dovranno essere abbandonati a causa della transizione energetica. Infine, è importante ricordare lo stretto legame tra elettrificazione dei consumi finali e produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili per favorire la transizione energetica. Infatti, la sola elettrificazione dei consumi non è sufficiente a raggiungere una riduzione delle emissioni e garantire il benessere socio-economico stimato dallo studio.

Box 4: risultati

1. L'energia elettrica è un elemento fondamentale per la transizione energetica:

- è la forma di energia che può essere prodotta da fonti rinnovabili e dunque con emissioni nulle;
- può essere prodotta (e dunque usata) in maniera distribuita nel territorio;
- per gli usi domestici, per il settore dei servizi, e per tutte quelle attività produttive che richiedono temperature operative inferiori ai 200°C, i dispositivi elettrici presentano rendimenti maggiori rispetto agli omologhi alimentati da fonti fossili. Maggiore efficienza porta a minori consumi e dunque un maggiore risparmio per famiglie e imprese;
- favorisce la creazione di comunità energetiche rinnovabili che permettono il coinvolgimento convinto e solidale della popolazione nelle politiche ambientali, anche grazie alle politiche di inclusione sociale che esse finanziano, e un'integrazione virtuosa con le reti di distribuzione che può garantire affidabilità ed economicità facendo leva sulla resilienza e l'elevata qualità del servizio garantita dai DSO – Distribution System Operators.²⁵

2. Le opportunità derivanti da una transizione energetica basata su elettricità rin-

²⁵ Energy Communities Customer-Centered, Market-Driven, Welfare-Enhancing? Academic Press July, 2022, <https://doi.org/10.1016/C2021-0-01002-6>

novabile distribuita in modo efficiente da reti intelligenti, sono numerose, sostanziali e chiaramente determinabili su solide basi scientifiche. Il progetto *BIRDIE-S* ha mostrato i seguenti benefici:

- **ambientali:** l'elettrificazione dei consumi in combinazione con le fonti rinnovabili permette una riduzione dell'inquinamento atmosferico, acustico e marittimo (le emissioni di CO₂ si riducono di un valore compreso tra il 40% e il 70%, il particolato tra il 30% e il 50%), e costituisce nella lotta al cambiamento climatico a livello globale e insulare elemento imprescindibile della strategia di mitigazione degli impatti su persone e sul pianeta²⁶;
- **sociali:** l'occupazione globale nel settore energetico è aumentata al di sopra dei livelli pre-pandemia, guidata dall'aumento delle assunzioni nel settore dell'energia pulita e delle reti²⁷, e in questo quadro la Sardegna ha un'opportunità importante per invertire il fenomeno dell'emigrazione giovanile qualificata. La progettazione, l'installazione, il controllo, la gestione delle fonti rinnovabili richiede figure professionali altamente qualificate e si stima una richiesta al 2030 circa 38.000 addetti e 57.000 al 2050 cui si aggiungeranno le figure professionali indispensabili lungo tutta la catena del valore dalla trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica sino al consumo, facendo leva su un sistema di formazione secondaria, professionale e universitaria in grado di accompagnare la transizione energetica anche con la realizzazione di hub di innovazione tecnologica;
- **economici:** una maggiore efficienza dei processi comporta minori consumi e minori costi per gli utenti finali. Tale risparmio, come confermato dalle analisi di sensitività nel rapporto, può essere incrementato producendo energia tramite fonti rinnovabili, assicurando peraltro un disaccoppiamento dalla fornitura di commodities di origine fossile e dai conseguenti rischi di mercato in termini di volatilità e rischi geopolitici in termini di indisponibilità. Inoltre, una migliore qualità dell'aria comporta una riduzione delle malattie respiratorie e quindi una riduzione della spesa sanitaria (circa 800 milioni di €).

3. È possibile produrre energia verde assicurando un'installazione razionale degli impianti fotovoltaici ed eolici tesa a valorizzare il territorio e assicurarne la sostenibilità. Le stime di *BIRDIE-S* vedono una crescita della domanda di energia elettrica compresa tra il 14% e il 90% e la diminuzione di combustibili fossili compresa tra il 22% e il 75% (rispetto ai consumi attuali). È dunque necessaria la presenza di fonti rinnovabili nel territorio per alimentare in maniera verde e sostenibile questa domanda. La Sardegna ha una superficie di 24.000 km² e gli impianti fotovoltaici

²⁶ State of Climate Services Report – Energy, World Meteorological Organization, October 2022

²⁷ World Energy Employment Report – IEA, September 2022

installati, considerando lo scenario con la più alta crescita dei consumi di energia elettrica (circa 16 TWh al 2050), occuperebbero un'area pari allo 0,3% del territorio. Peraltro, parte di questi impianti potranno essere agrivoltaici, con l'obiettivo di favorire colture e attività zootecniche negli spazi sotto e fra le fila dei pannelli.

4. È necessario diffondere la conoscenza delle potenzialità attuali o prospettiche delle tecnologie elettriche integrando analisi tecnico-economiche spesso parziali o incomplete, come ad esempio nel caso delle pompe di calore - macchine ad altissima efficienza in grado di garantire buon comfort se inserite in impianti termici adeguatamente progettati (non sono elettrodomestici!), i cui costi sono largamente compensati dal recupero di efficienza nel periodo di vita dell'impianto, come dimostrato dai dati analitici presentati nel rapporto, basati sulla valutazione dei costi in conto capitale e operativi. Le stesse considerazioni valgono per la mobilità elettrica, il cui costo di acquisto dei veicoli è considerato oggi erroneamente il maggior ostacolo alla diffusione perché non considera i costi di possesso e gestione del mezzo (TCO) in molti casi inferiori di quelli di un veicolo dello stesso segmento e non valuta che il TCO potrebbe essere ulteriormente ridotto con la partecipazione al mercato dei servizi di dispacciamento e il riuso delle batterie a fine vita in particolare nel trasporto pubblico locale (TCRO).

5. Per accelerare il percorso di transizione è indispensabile, in Sardegna come nel resto del Paese, semplificare le procedure di autorizzazione per gli impianti rinnovabili, facilitare gli interventi sulle infrastrutture energetiche, promuovere la gestione della domanda, la diffusione di soluzioni per la flessibilità, supportata da sistemi di accumulo. Sul lato dei consumi, per promuovere la decarbonizzazione nei trasporti, si propone una semplificazione delle procedure per la realizzazione di infrastrutture di ricarica, oltre che un'ottimizzazione dei tempi di connessione alla rete, anche nell'ottica di partecipazione dei servizi di rete; rafforzare la collaborazione tra tutti gli attori della mobilità elettrica, promuovere l'interoperabilità, e favorire l'elettrificazione del trasporto pubblico locale. Per il settore industriale, si propone di sfruttare i quadri giuridici per sostenere il passaggio tecnologico verso soluzioni più efficienti ed ecologiche, la creazione di laboratori di trasferimento tecnologico per soluzioni di elettrificazione diretta e indiretta, e favorire i sistemi di demand-response. Infine, nell'ambito degli edifici, lo studio propone di definire l'eliminazione graduale delle caldaie a combustibile fossile - tramite un quadro giusto, stabile e trasparente per quanto riguarda le pompe di calore - e creare, come raccomandato dal Parlamento Europeo, uno sportello unico per sostenere i cittadini nel rinnovamento degli edifici²⁸.

²⁸ The European House - Ambrosetti, Enel, Net zero e-conomy 2050, Settembre 2022

Conclusioni

L'incremento dell'efficienza energetica, il maggiore ricorso alle fonti rinnovabili e l'elettrificazione diretta o indiretta degli usi finali dell'energia sono le azioni delineate dalle strategie nazionali e internazionali per limitare i cambiamenti climatici grazie alla riduzione delle emissioni climalteranti derivanti in primo luogo dall'uso dei combustibili fossili. È evidente che queste azioni devono essere economicamente e socialmente sostenibili. La trasformazione delle attività non più compatibili con gli obiettivi della transizione energetica non deve infatti lasciare indietro nessuno, ma anzi favorire la nascita di economie che valorizzino il contesto culturale, economico e sociale del territorio, senza comprometterne l'uso e la bellezza. Il mutato scenario geopolitico ha acuito l'attenzione verso la sicurezza energetica e la stabilità dei prezzi dell'energia e fatto emergere ancora più forte la necessità di raggiungere più rapidamente gli obiettivi della transizione energetica quale risposta alla crisi energetica internazionale.

In questo contesto, la Sardegna, come ampiamente dimostrato dai risultati quantitativi del progetto *BIRDIE-S*, può accelerare nel percorso della transizione energetica e raggiungere, con ritorni, sociali e ambientali ed economici positivi, gli obiettivi di decarbonizzazione anche prima del 2050. L'isola presenta infatti delle caratteristiche infrastrutturali molto differenti rispetto alle altre regioni italiane ed è già caratterizzata da un'elevata propensione all'uso dell'energia elettrica come principale vettore energetico, favorita in questo da una eccezionale disponibilità di sole e vento alla base della produzione da fonte rinnovabile. Avanzare in questo percorso virtuoso, richiede una guida politica che sappia contemperare la necessità di salvaguardia del territorio e di prosperità per le persone. In questo contesto appare fondamentale l'inclusione e la condivisione delle scelte a livello territoriale dove la transizione energetica ha un ruolo fondamentale per favorire l'implementazione di nuovi modelli di sviluppo. Concretizzare in Sardegna l'attuazione della transizione energetica richiede una politica in grado di abilitare, accompagnare e valorizzare l'azione di cittadini, imprese ed istituzioni, partendo da investimenti in formazione e ricerca, favorendo lo sviluppo virtuoso di un ecosistema dell'innovazione.

BIRDIE-S ha dimostrato i benefici della elettrificazione verde nella produzione di calore, acqua sanitaria e cucina nel settore residenziale, le grandi prospettive nel settore terziario e del turismo, nei settori produttivi tipici del territorio, come l'industria agroalimentare

(ad esempio i caseifici) e l'agricoltura, e in tutte le realtà produttive che fanno uso di calore a bassa-media temperatura e nei trasporti. La prospettiva di una filiera dell'idrogeno verde, che passa per la realizzazione di impianti dimostratori nel breve termine e la piena industrializzazione fra il 2030 e il 2050, è di grande interesse per la transizione virtuosa anche dei *settori-hard-to-abate*. Tali trasformazioni in Sardegna saranno abilitate da un incremento della capacità produttiva da fonti rinnovabili accompagnata dallo sviluppo di reti digitalizzate e resilienti, aumentando la valenza ambientale dell'elettrificazione. *BIRDIE-S* ha valutato il mix ottimale del parco di generazione che può portare alla sostanziale autosufficienza energetica della Sardegna e alla conseguente stabilità dei prezzi dell'energia grazie alle fonti rinnovabili e ai sistemi di accumulo con un'occupazione del suolo non superiore allo 0,3% del territorio. Al 2030, circa il 100% dell'energia elettrica sarà prodotta localmente da fonte rinnovabile e coprirà il 95% della domanda di energia elettrica con una piccola esportazione verso la rete nazionale. L'uso del vettore elettrico in queste condizioni consentirà una maggiore efficienza ed una riduzione dei consumi di combustibili fossili rispetto allo scenario inerziale basato sul modello energetico attuale stimabile pari al 25% al 2030 e al 67% al 2050 (scenario cautelativo) e superiore al 79% nell'ipotesi dell'uso dell'idrogeno verde nei settori *hard-to-abate*, e riduzioni delle emissioni totali di CO₂, NO_x, SO_x e particolato comprese tra il 30% e il 40% al 2030 e tra il 68% e il 77% nel 2050. Ridurre le emissioni in atmosfera porta benefici sociali: si riducono i casi di malattie legate al sistema respiratorio e la riduzione della spesa sanitaria regionale con un risparmio atteso di circa 800 milioni di euro cumulati al 2050 (rispetto alla spesa nel 2020). Efficientamento energetico, installazione, gestione e manutenzione delle fonti rinnovabili (inclusa la gestione delle reti intelligenti e dei mercati dei servizi ancillari locali e di sistema) avranno ricadute occupazionali positive stimabili a regime in 54.000 unità al 2030 e in 110.000 unità al 2050, ottenute considerando anche l'indotto per l'efficientamento del patrimonio costruito (il solo settore energetico presenta un saldo netto di posti di lavoro stimabile a regime in 18.000 unità di personale prevalentemente ad alta qualificazione e impegnato in lavori qualificati). L'elettrificazione e la transizione energetica possono quindi essere anche la risposta allo spopolamento delle zone interne con investimenti in scolarizzazione e *life-long learning* per la creazione di competenze spendibili nell'ambito della transizione energetica.

In conclusione, il progetto *BIRDIE-S*, realizzato dall'Università di Ca-

gliari, dal Politecnico di Torino e da Enel Foundation, dimostra che l'elettrificazione dei consumi può essere fin da subito un'azione vincente per la Sardegna e fornisce ai decisori politici dati e analisi oggettive di ausilio alla definizione ed alla implementazione delle politiche finalizzate al raggiungimento degli obiettivi della transizione energetica. Per accelerare il percorso di transizione è indispensabile, in Sardegna come nel resto del Paese, semplificare le procedure di autorizzazione per gli impianti rinnovabili, facilitare gli interventi sulle infrastrutture energetiche, promuovere la gestione della domanda, la diffusione di soluzioni per la flessibilità, supportata da sistemi di accumulo. Sul lato dei consumi, per promuovere la decarbonizzazione nei trasporti, si propone una semplificazione delle procedure per la realizzazione di infrastrutture di ricarica, oltre che un'ottimizzazione dei tempi di connessione alla rete, anche nell'ottica di partecipazione dei servizi di rete; rafforzare la collaborazione tra tutti gli attori della mobilità elettrica, promuovere l'interoperabilità, e favorire l'elettrificazione del trasporto pubblico locale. Per il settore industriale, si propone di sfruttare i quadri giuridici per sostenere il passaggio tecnologico verso soluzioni più efficienti ed ecologiche, la creazione di laboratori di trasferimento tecnologico per soluzioni di elettrificazione diretta e indiretta, e favorire i sistemi di demand-response. Infine, nell'ambito degli edifici, lo studio propone di definire l'eliminazione graduale delle caldaie a combustibile fossile - tramite un quadro giusto, stabile e trasparente per quanto riguarda le pompe di calore - e creare, come raccomandato anche dal Parlamento Europeo, uno sportello unico per sostenere i cittadini nel rinnovamento degli edifici.

Progetto grafico e realizzazione

VisiOnAir Studio

Stampato da

Cresci s.r.l

Numero di pagine: **40**

Numero di copie: **100**

Finito di stampare a **ottobre 2022**

Carta utilizzata: Fedrigoni X-Per White

Questa pubblicazione è stampata su carta FSC®



Fondazione Centro Studi Enel

00198 Roma, Viale Regina Margherita 137

Tax I.D. 97693340586

enel
Foundation

