

Ricerca di Sistema elettrico



AUREE.it: ottimizzazione e sviluppo – fase I (LA 2.8)

G. Cau, E. Loria, S. Pili, A. Plaisant, F. Poggi, F. Tedde, C. Frau



AUREE.it: ottimizzazione e sviluppo – fase I (LA 2.8)

G. Cau, E. Loria, S. Pili, A. Plaisant, F. Poggi, F. Tedde, C. Frau – Sotacarbo SpA

Giugno 2023

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica - ENEA
Piano Triennale di Realizzazione 2022-2024

Obiettivo: Decarbonizzazione

Progetto: *1.5 Edifici ad alta efficienza per la transizione energetica*

Linea di attività: *2.8 AUREE.it: ottimizzazione e sviluppo – fase I*

Responsabile del Progetto: Giovanni Puglisi, ENEA

Responsabile del Work Package: Giovanni Puglisi, ENEA

Responsabile Linea di Attività: Caterina Frau, SOTACARBO

Mese inizio previsto: 1

Mese inizio effettivo: 1

Mese fine previsto: 18

Mese fine effettivo: 18

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all’interno dell’Accordo di collaborazione “AUREE.it: ottimizzazione e sviluppo – fase I e fase IIa”

Responsabile scientifico ENEA: Giovanni Puglisi

Responsabile scientifico Co-beneficiario: Alessandro Orsini

Si ringrazia per la collaborazione alle attività svolte l’ing. A. Madeddu, che ha effettuato il lavoro di verifica sulle funzionalità delle procedure implementate su AUREE per l’individuazione dei bug presenti.

Indice

1	RISULTATI ATTESI	3
2	RISULTATI OTTENUTI.....	4
3	PRODOTTI ATTESI.....	13
4	PRODOTTI SVILUPPATI	14
5	ANALISI DEGLI SCOSTAMENTI SU ATTIVITÀ E RISULTATI	15
6	SINTESI DELLE ATTIVITÀ SVOLTE	17
7	DETTAGLIO DELLE ATTIVITÀ SVOLTE.....	18
8	CONTRIBUTO DELLE EVENTUALI CONSULENZE ALLE ATTIVITÀ SOPRA DESCRITTE.....	24
9	PUBBLICAZIONI SCIENTIFICHE.....	25
10	EVENTI DI DISSEMINAZIONE	26

1 Risultati attesi

I principali risultati attesi dallo sviluppo della linea di attività LA 2.8, come da capitolato, possono essere così riassunti:

- 1.1 Elaborazione di una metodologia preliminare per la stima del potenziale solare PV a scala di quartiere.
- 1.2 Implementazione sul portale AUREE degli strumenti necessari alla sensibilizzazione e alla diffusione di CER (Comunità Energetiche Rinnovabili) nel territorio comunale di Carbonia.
- 1.3 Individuazione di casi studio (almeno due edifici ad uso pubblico) e della sensoristica per la conduzione di campagne di monitoraggio IAQ.
- 1.4 Definizione dei parametri geofisici e geotecnici necessari allo studio di scenari di utilizzo della fonte geotermica a scala di quartiere.
- 1.5 Definizione delle modifiche da apportare all'applicativo web; definizione delle nuove sezioni (almeno 2 pagine) e di nuovi contenuti (almeno 6 articoli divulgativi su temi affini al progetto)

2 Risultati ottenuti

L'attività prevista nell'ambito della linea LA 2.8 del PTR 2022-24 è la naturale prosecuzione dello studio sviluppato nel progetto precedente ed è principalmente orientata al raffinamento delle procedure già implementate e allo sviluppo di nuovi contenuti e servizi offerti dal portale AUREE relativi al patrimonio edilizio residenziale e a quello pubblico, in modo tale che possa essere fruibile da cittadini, decisori e tecnici della pubblica amministrazione, imprese e tecnici del settore. L'attività svolta nella linea LA 2.8 costituisce la base propedeutica e necessaria alla successiva linea LA 2.9 e ha riguardato principalmente lo sviluppo teorico delle tematiche che verranno affrontate e implementate nel portale. Di seguito vengono presentati i risultati ottenuti per ciascuna delle attività sviluppate.

2.1 Elaborazione di una metodologia preliminare per la stima del potenziale solare PV a scala di quartiere.

Un confronto eseguito su numerosi lavori di letteratura sulla stima del potenziale solare su scala urbana è stato effettuato al fine di avere una visione sistematica in grado di fornire una base su cui fondare lo sviluppo metodologico proprio da associare alla metodologia già sviluppata nel PTR 2019-21 per il portale AUREE. Come desunto dall'analisi della letteratura sull'argomento, alcuni studi implementano modelli statistici e fisici per valutare il potenziale energetico da solare fotovoltaico, mentre le metodologie computazionali di learning machine sono utilizzate soprattutto negli ultimi anni grazie allo sviluppo delle tecnologie di calcolo. Tra i dati necessari costituenti la base per individuare il potenziale fotovoltaico ci sono quelli meteorologici. Altri dati di base sono quelli definiti statistici come popolazione, densità edilizia, dataset nazionale, informazioni censuarie e dataset dei comuni. È sicuramente da evidenziare che i risultati dei vari studi presentano tassi di errore che dipendono dalla metodologia, dall'accuratezza dei dati e dal metodo di convalida.

Sebbene esistano vari metodi per determinare il potenziale del fotovoltaico urbano, questi seguono spesso lo stesso percorso: in linea generale, infatti, gli studi tendono a trovare i sottopotenziali e determinare tramite questi il potenziale complessivo. Questa metodologia, definita gerarchica, si sviluppa in tre fasi e consente di definire il potenziale fisico, quello geografico e quello tecnico.

La metodologia per la stima del potenziale solare a scala urbana o di quartiere, attualmente in fase di sviluppo e che andrà a definirsi in modo completo nella linea LA 2.9, ha lo scopo di stimare il potenziale solare fotovoltaico (teorico, tecnico, sfruttabile) in un contesto urbano di quartiere, che possa essere integrato con l'approccio metodologico già sviluppato di AUREE.

A valle dei risultati della ricca indagine bibliografica condotta, la metodologia avrà un approccio gerarchico, schematicamente illustrato in fig. 2.1.

Una stima della disponibilità dei dati di base ci porta ad annoverare tra questi gli open data territoriali tipicamente disponibili nel contesto italiano e più nello specifico nella Regione Sardegna, a cui si possono sommare i risultati ottenibili con i tools e le procedure testate nel progetto AUREE.

In questa prima fase si è cercato di impostare una procedura all'interno dell'ambiente di lavoro QGIS che ospita anche le procedure desktop di AUREE e che sono in gran parte replicabili anche in ambiente WebGIS. Come è noto QGIS integra anche gli strumenti di processing di GRASS che comprende le routine del tool "r.sun" dedicato all'analisi dell'irraggiamento solare a scala territoriale e urbana in ambiente GIS. Si ipotizza l'utilizzo di questo strumento, ampiamente validato e utilizzato in diversi casi studio, come procedura principale che permetterà la determinazione del potenziale teorico del sistema fotovoltaico.

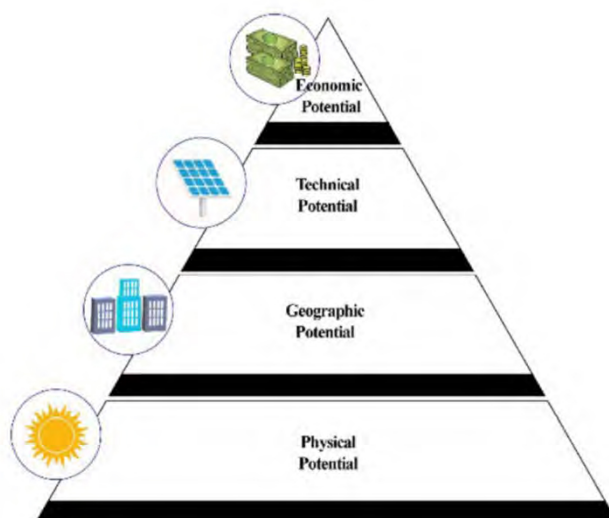


Figura 2.1 – Approccio metodologico gerarchico tramite la definizione dei subpotenziali.

L’idea alla base del presente studio si basa sullo sviluppo di tre tools dedicati rispettivamente a ricavare una stima del potenziale teorico (fisico), tecnico e sfruttabile. In fig. 2.2 è riportato lo schema impostato del framework metodologico e dei tre tools.

Il primo tool sarà basato sull’algoritmo GRASS nativo “r.sun.insoltime” già integrato in QGIS e capace di calcolare l’irraggiamento (globale, diretto, diffuso, riflesso) giornaliero di superfici variamente orientate e inclinate considerando l’ombreggiamento partendo da modelli di elevazione raster (DTM, DSM). Il tool applica iterativamente “r.sun.insoltime” per calcolare l’irraggiamento nel giorno mediano di ogni mese e utilizza i risultati per ricavare:

- i modelli raster (passo 1x1) dell’irraggiamento del giorno medio mensile;
- il valore cumulato per tutti i giorni del mese ed uno annuo;
- un parametro mensile di riduzione dell’apporto solare dovuto all’ombreggiamento.

Questi valori aggregati spazialmente sulla base dei poligoni delle coperture sono generalmente considerati il valore teorico del potenziale solare, ossia il totale dell’energia incidente disponibile nel centro urbano. Questa definizione considera però solo le coperture e non le facciate e inoltre non considera che, in taluni casi, i campi fotovoltaici sono realizzati su strutture appositamente realizzate allo scopo (come tettoie di parcheggi, nuovi edifici, serre solari, etc). Perciò per lo sviluppo della metodologia un passo importante sarà proprio l’individuazione di tutte le superfici atte a ospitare campi fotovoltaici.

Il secondo tool sarà impostato per calcolare il potenziale tecnico di ogni edificio combinando le superfici adibite a campo fotovoltaico, ricavate tramite la digitalizzazione delle stesse su mappa con i raster dell’irraggiamento solare, considerando i rendimenti standard delle principali tecnologie fotovoltaiche disponibili. Gli output del *tool_2* saranno i valori di produzione di energia elettrica giornaliera e mensile di ogni campo fotovoltaico, con anche una stima dei costi di installazione e dei kWp installati.

Il terzo tool sarà impostato per effettuare la combinazione su base spaziale della produzione dei campi fotovoltaici con i poligoni degli edifici risultati dalla procedura di AUREE. Ogni edificio potrà comprendere informazioni relative ai parametri geometrici e tipologici (la superficie utile, il numero di unità immobiliari, etc) e sulle prestazioni del sistema edificio – impianto, calcolate coerentemente con la normativa vigente (UNI TS 11300: 2008 – 2014) in tre configurazioni: probabile stato attuale; intervento di efficientamento leggero (light renovation), intervento di efficientamento pesante (deep renovation).

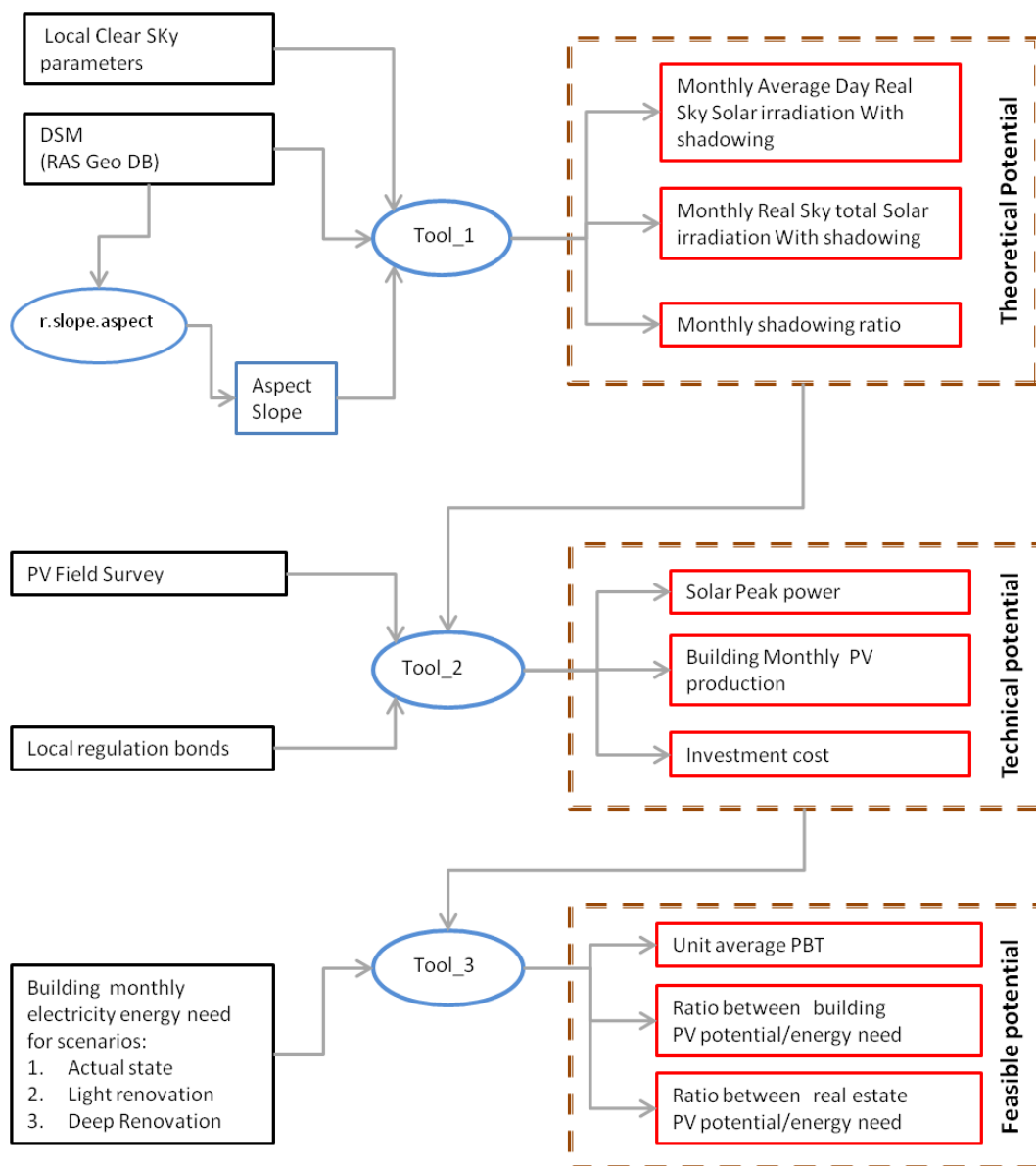


Figura 2.2 – Schema del framework metodologico in fase di sviluppo.

2.2 Implementazione sul portale AUREE degli strumenti necessari alla sensibilizzazione e alla diffusione di CER nel territorio comunale di Carbonia.

Nell'ambito delle attività riguardanti l'analisi dello scenario di diffusione delle CER è stata effettuata la ricognizione e l'analisi del quadro normativo comunitario e nazionale, dal decreto Milleproroghe del 2019 all'attuale attesa del nuovo decreto MASE, e alla normativa vigente della Regione Sardegna con particolare riferimento al Testo Unico in materia di energia di ottobre 2022 con il quale si mettono a disposizione dei fondi finanziari destinati alle comunità energetiche. È stato inoltre approfondito il discorso sulla compatibilità di tali finanziamenti regionali con quelli del PNRR e se contribuiscano o meno al raggiungimento del massimale per i contributi previsti in conto capitale.

Sono stati descritti alcuni esempi di CER già avviate e/o in fase di realizzazione nel territorio italiano (n. 19) e in Sardegna (n.10). Per ciascuna comunità, in base al materiale raccolto e allo step in cui si trova il progetto, sono stati evidenziati la finalità, il numero e la tipologia di membri della CER, la fonte rinnovabile

sfruttata, l'obiettivo previsto e le eventuali evoluzioni. Dalle esperienze sono stati infine evidenziati i benefici ambientali, sociali ed economici che ne derivano e le criticità che limitano la diffusione del modello energetico, prima tra tutti la lunga attesa per la nuova normativa.

Sono state individuate attività di coinvolgimento e strumenti tecnici utilizzabili e integrabili su auree.it al fine di sensibilizzare gli utenti sul tema delle CER. Sono stati elaborati, a partire dal progetto europeo Lightness, dei sondaggi da somministrare ai coordinatori dei siti pilota per lo sviluppo delle comunità energetiche, a diretto contatto con gli utenti finali della comunità, e alle imprese e organizzazioni coinvolte in modo diretto o indiretto allo sviluppo della CER.

Tutte queste attività effettuate nell'ambito della presente linea di attività, sono state necessarie per definire i contenuti da implementare sul portale AUREE, coerentemente con l'aggiornamento continuo della normativa sulle CER. L'implementazione di questa sezione sarà oggetto delle attività della linea LA 2.9, a seguito dell'emissione dell'ordine del servizio di aggiornamento, ottimizzazione, progettazione e realizzazione dei contenuti sul portale AUREE, emesso nel mese di giugno 2023, a chiusura delle attività della presente linea.

2.3 Individuazione di casi studio (almeno due edifici ad uso pubblico) e della sensoristica per la conduzione di campagne di monitoraggio IAQ.

Lo studio teorico sulla qualità dell'aria indoor ha permesso di raggiungere i seguenti risultati:

Individuazione di almeno due edifici ad uso pubblico per monitoraggio qualità aria e parametri microclimatici.

L'attività è stata propedeutica per la successiva campagna di monitoraggio che verrà condotta nella linea LA 2.9 (AUREE.it ottimizzazione e sviluppo – fase II/a).

Sono stati scelti come casi studio due edifici pubblici ubicati nel territorio del Comune di Carbonia: la scuola media Sebastiano Satta e il fabbricato ospitante gli uffici del Centro di Ricerche Sotacarbo.

La scelta di effettuare le campagne di misura della qualità dell'aria all'interno di questi edifici deriva da molteplici motivi. Gli edifici scolastici ricadono tra gli ambienti particolarmente rilevanti in termini di caratteristiche degli occupanti e di impatto a lungo termine della qualità dell'aria indoor. Le scuole sono infatti frequentate da soggetti potenzialmente fragili, in numero elevato e per prolungati periodi (circa mille ore all'anno per un alunno di scuola secondaria di primo grado). Gli edifici scolastici sono inoltre spesso inefficienti dal punto di vista energetico e privi di adeguati impianti per il ricambio e il trattamento dell'aria. Da studi di settore è emerso come una scarsa qualità dell'aria interna, un ambiente poco organizzato e insoddisfacente, abbiano ripercussioni negative sulla frequenza e sul rendimento scolastico, sul livello di comfort, sulla produttività degli insegnanti e siano strettamente correlati all'aumento delle assenze per malattie.

Così come nelle scuole anche negli edifici adibiti ad uso ufficio ci sono diversi spazi in cui più lavoratori trascorrono molte ore della giornata. Anche in questo caso la scelta di monitorare questa tipologia di edificio ha molteplici ragioni di seguito indicate.

1. La salute e il benessere dei dipendenti: l'aria di scarsa qualità può infatti contenere sostanze inquinanti come polveri, sostanze chimiche e allergeni. L'esposizione prolungata a tali sostanze può causare problemi respiratori, allergie, mal di testa, affaticamento e altri disturbi che influiscono sulla salute dei dipendenti portando ad un aumento dell'assenteismo.
2. Le prestazioni lavorative: un'inadeguata qualità dell'aria può influire negativamente sulle prestazioni cognitive e sulla produttività. Studi di settore hanno dimostrato che un'aria di buona

qualità con livelli adeguati di ossigeno e bassi livelli di inquinanti, può migliorare la concentrazione, l'attenzione e le capacità cognitive degli individui.

Per entrambe le strutture il monitoraggio della IAQ e delle condizioni microclimatiche consentirà sia di individuare la potenziale presenza di inquinanti specifici negli edifici, sia di valutare il comfort termico, al fine di garantire ambienti salubri e confortevoli, rappresentando il punto di partenza per qualsiasi intervento di miglioramento.

Individuazione della sensoristica per la conduzione di campagne di monitoraggio sulla IAQ.

L'individuazione della sensoristica da utilizzare per il monitoraggio della qualità dell'aria interna rappresenta un aspetto cruciale per garantire ambienti sani e confortevoli per le persone che ne usufruiscono. I dati raccolti possono infatti essere adoperati per adottare misure correttive come, ad esempio, l'implementazione di sistemi di ventilazione adeguati e la scelta di opportuni materiali da costruzione o arredo. Questo studio ha permesso di individuare le tipologie di sensori disponibili in commercio per la misurazione dei principali inquinanti dispersi nell'aria degli ambienti confinati, valutandone i pro e i contro. A questo studio preliminare seguirà, nella LA 2.9, l'individuazione e l'acquisto dei sistemi di monitoraggio più idonei per l'attività sperimentale prevista.

In generale è possibile distinguere tra sensori di I, II e III livello che si differenziano per costo, semplicità tecnologica e affidabilità dei risultati.

I sensori di I livello sono dispositivi low-cost, compatti e di facile utilizzo che, acquisendo i dati in tempo reale, determinano l'andamento degli inquinanti di interesse, fornendo al contempo informazioni ed indicazioni su possibili situazioni critiche. Le principali limitazioni connesse all'utilizzo di questi strumenti sono la bassa selettività a fronte di matrici complesse di inquinanti e la necessità di calibrazione e comparazione con sistemi di misura di riferimento al fine di fornire indicazioni quantitative affidabili. Questi dispositivi permettono lo sviluppo di sistemi di monitoraggio distribuiti ed integrabili con sistemi di ventilazione smart HVAC (Heatig, Ventilation and Air Conditioning), facilitando il controllo della IAQ in edifici caratterizzati da numerosi spazi comuni e densamente popolati, quali scuole e uffici, nei quali tale indagine risulta particolarmente complessa. In virtù delle caratteristiche sopra citate molti di questi sistemi sono idonei ad essere utilizzati per azionare in modo retroattivo gli impianti di ventilazione e/o filtraggio dell'aria permettendone un utilizzo ottimale secondo le reali necessità.

Tra i principali sensori di I livello per il monitoraggio della IAQ si individuano:

- Sensori di CO₂. I più diffusi sono quelli che sfruttano la tecnologia ad Infrarosso Senza Dispersione (NDIR), affidabili sul lungo periodo e da calibrare periodicamente esponendoli ad aria outdoor.
- Sensore di tipo ottico per la misura del particolato. Tale sistema consente la rilevazione delle particelle di polvere sfruttando l'effetto della diffrazione del fascio laser presente al suo interno. Caratterizzato da una minore precisione per i PM₁₀ e sensibile alla presenza di elevati tenori di umidità.
- Sensore Radon. Basato sulla rilevazione e sul conteggio delle particelle alfa provenienti dal decadimento del radon. Permette di rilevare la quantità di radon presente nell'aria di un ambiente e segnalare il livello di rischio o attuare sistemi di ventilazione meccanica per il ricambio dell'aria. Tra i sensori a radon più comuni vi sono: la camera a ionizzazione con funzionamento in pulsata, i sensori a stato solido e la cella a scintillazione).
- Sensore di temperatura e umidità relativa. Sono disponibili in commercio svariate tipologie di sensori con performance comparabili e integrabili in sistemi per la IAQ.
- Sensori a fotoionizzazione in miniatura (PID), elettrochimici (EC) e a semiconduttori di ossido di metallo (MOX). Generalmente utilizzati per la rilevazione di inquinanti gassosi come monossido di carbonio (CO), biossido di azoto (NO₂), ozono (O₃) e composti organici volatili (TVOC). I sensori EC e MOX sono quelli più adoperati per la misura degli inquinanti gassosi. Questi ultimi sono caratterizzati da basso costo ma di contro sono sensibili ai cambiamenti di temperatura e umidità. I

sensori PID possono invece offrire un elevato livello di precisione, ma il loro svantaggio principale è rappresentato dall'elevato costo e dall'incapacità di rilevare sostanze caratterizzate da un elevato potenziale di ionizzazione.

I sensori di II e III livello sono strumenti certificati, dal costo elevato che offrono elevata precisione del dato, a fronte di una notevole complessità di utilizzo che richiede tarature frequenti e l'ausilio di un operatore con competenze specialistiche. Molti di questi sensori non si adattano per essere utilizzati alla retroazione in tempo reale e al controllo di sistemi di ventilazione o filtraggio dell'aria in quanto la misura degli inquinanti avviene in modo indiretto, tramite campionamenti in loco e successiva analisi presso laboratori analitici. Questa tipologia di sensore trova applicazione soprattutto nelle fasi di valutazione iniziale della qualità dell'aria indoor e viene utilizzata al fine di pianificare gli interventi di riqualifica e nelle revisioni periodiche per la valutazione e la gestione del funzionamento degli impianti aeraulici installati. In fig.2.3 si riporta un elenco degli strumenti di misura di II e III livello generalmente utilizzati per il monitoraggio dei principali inquinanti indoor.

Inquinante	Principio di misura
VOC	Campionatori attivi : il prelievo dell'aria si attua mediante l'uso di pompe con flusso di aspirazione opportunamente calibrato e con tubi/fiale riempiti con specifici materiali adsorbenti generalmente in carbone attivo, gel silice ricoperti con reattivi e/o stabilizzanti, oppure sistemi di tipo polimerico. In commercio esistono vari tipi di tubi/fiale di varie dimensioni che contengono quantità variabile di materiale adsorbente con capacità di carico diversa, da adoperare in funzione del livello medio di concentrazione ambientale indoor atteso. L'ingombro di tali sistemi è minimo, tuttavia occorre considerare l'impatto acustico della pompa che spesso non è trascurabile, anche se possono essere alloggiare in apposite custodie insonorizzanti, mentre quello visivo è molto limitato. Possono inoltre necessitare di allaccio alla rete elettrica.
	Campionatori passivi : ovvero sistemi basati sul fenomeno della diffusione dei gas; in questo caso si utilizzano cartucce o dispositivi costituiti da specifici materiali adsorbenti generalmente in carbone attivo e gel silice ricoperti con reattivi e/o stabilizzanti. L'ingombro di tali sistemi è trascurabile e l'impatto acustico è nullo mentre quello visivo è molto limitato; non necessitano di allaccio alla rete elettrica; tuttavia hanno lo svantaggio di richiedere tempi lunghi di campionamento;
	Strumenti a misura diretta : dotati di rilevatore a ionizzazione di fiamma (FID) o fotoionizzazione (PID) adoperati per effettuare accertamenti indicativi tramite analisi di screening, con la finalità di valutare la concentrazione totale dei COV nell'ambiente oggetto di studio preliminare. Tali strumenti permettono di acquisire l'andamento emissivo delle sorgenti, fornendo utili informazioni per la definizione del tipo di campionamento e di analisi da effettuarsi con le metodiche di riferimento.
Formaldeide	Campionamento attivo : per monitoraggio a breve termine, effettuato con cartucce chemiadsorbenti, adoperando la cromatografia liquida ad alta pressione (HPLC) ed impiegando fiale di gel di silice rivestite con con 2,4-dinitrofenilidrazina (DNPH).
	Campionamento diffusivo : per monitoraggio a lungo termine, si utilizza un campionatore diffusivo contenente una cartuccia rivestita con DNPH e l'analisi viene condotta con HPLC.
	Analizzatori a celle elettrochimiche : forniscono un'immediata indicazione dei livelli di contaminante aerodisperso attraverso un sensore elettrochimico; sono strumenti di facile impiego che consentono anche un monitoraggio continuo dell'inquinante; misurano inoltre i dati di umidità relativa e di temperatura.
	Metodi per test di screening : impiegano delle fiale colorimetriche a lettura diretta; possono dare informazioni istantanee sulla necessità di eseguire ulteriori misure.
Radon	Sistemi passivi : rilevatori a tracce nucleari (dosimetri); rilevatori a elettretre.
	Sistemi attivi : rilevatori a gas (camera di ionizzazione); rilevatori a scintillazione (Celle di Lucas); rilevatori a semiconduttore (Silicio).
PM ₁₀ e PM _{2,5}	Campionatori attivi : campionatori equipaggiati con una testa di prelievo selettiva rispondenti alla norma UNI EN 12341, in grado di selezionare per impatto inerziale la frazione dimensionale d'interesse. Il campione di aria aspirata attraverso la testa di prelievo viene raccolto su filtri costituiti da un substrato poroso in fibra di vetro, quarzo o politetrafluoroetilene (PTFE) e la concentrazione del PM ₁₀ o del PM _{2,5} viene determinata per via gravimetrica. L'ingombro fisico e l'impatto acustico di tali campionatori spesso non sono trascurabili e possono necessitare di allaccio alla rete elettrica.
	Strumenti automatici : adoperati per avere un'indicazione qualitativa sul livello di concentrazione di PM ₁₀ e di PM _{2,5} . Sono dispositivi ad alta risoluzione temporale che misurano il diametro ottico in luogo di quello aerodinamico ed effettuano sia la fase di campionamento sia quella successiva di misura della concentrazione. Tali strumenti forniscono talvolta anche il conteggio numerico delle particelle (es. Numero di particelle/cm ³). Questo tipo di rilevazione può risultare particolarmente vantaggiosa per lo studio dell'andamento spazio-temporale del PM nell'ambiente oggetto di studio. L'ingombro fisico e l'impatto acustico di tali dispositivi spesso non sono trascurabili per questo devono essere scelti campionatori silenziosi, possono inoltre necessitare di allaccio alla rete elettrica.

Figura 2.3 - Strumenti di misura di II e III livello per il monitoraggio dei principali inquinanti indoor.

Tuttavia, alcune grandezze, come temperatura, umidità relativa, pressione atmosferica e anidride carbonica, si adattano più di altre ad essere determinate con strumenti a basso costo e questo in funzione delle principali caratteristiche distintive dei sensori quali taratura, sensibilità e selettività.

In generale uno dei principali problemi degli strumenti di misura è la taratura, che consiste nel confrontare il segnale di un sensore con quello di uno strumento di riferimento. Si tratta di un'operazione fondamentale, che va effettuata secondo intervalli di tempo stabiliti e che garantisce la corretta funzionalità dello strumento e di conseguenza l'attendibilità della misura. Molti sensori low-cost non possono essere tarati dall'utente e vengono spesso forniti con una dichiarazione di conformità prodotta dal costruttore e a volte, se si desidera effettuare una taratura successiva, può risultare più costosa del valore dello stesso strumento. Sensori per la misura di temperatura, umidità relativa, pressione atmosferica e anidride carbonica possono essere gestiti dall'utente a costo quasi zero.

L'utilizzo di sensori a basso costo per la misurazione di parametri come i composti organici volatili e la formaldeide presenta invece alcune criticità. Il problema principale riguarda la misurazione di quantità molto piccole con sensori poco sensibili. Ad esempio, molti sensori commerciali ed economici per la misurazione della formaldeide hanno un campo di misura compreso tra 0 a 5 ppm. Tuttavia, il valore di 5 ppm per un ambiente indoor è estremamente elevato e non si trova comunemente all'interno di un'aula scolastica o di un ufficio. Infatti, il limite consentito di formaldeide in un ambiente indoor è di 0.01 ppm, e per rilevarlo con precisione, il sensore dovrebbe essere sensibile a concentrazioni di almeno 0.05 ppm (100 volte inferiori al fondo scala). Pertanto, la sensibilità rappresenta uno dei principali problemi di questi sensori, così come la selettività, che è la capacità di isolare il segnale della sostanza ricercata da quello generato da altre sostanze o condizioni fisiche differenti (T, UR, P), che alterano il segnale causando un errore sulla misura.

2.4 Definizione dei parametri geofisici e geotecnici necessari allo studio di scenari di utilizzo della fonte geotermica a scala di quartiere.

L'attività ha riguardato lo studio della disponibilità locale della fonte geotermica attraverso la caratterizzazione idrogeologica dell'area territoriale del comune di Carbonia al fine di individuare i parametri e i dati necessari per valutare il possibile sfruttamento della risorsa.

Infatti, per progettare sistemi in grado di fornire energia termica è necessario acquisire informazioni di carattere geologico, idrogeologico e termico. In particolare, è necessario determinare il valore di temperatura del sottosuolo, le conducibilità e diffusività termiche delle rocce caratterizzanti il sottosuolo, il livello dell'acqua di falda e le caratteristiche dell'acquifero. Il grado di approfondimento a cui vanno spinte le indagini a carattere geologico è funzione della taglia del progetto e della complessità geologica ed idrogeologica intrinseca del settore in cui ci si trova ad operare. La consultazione delle carte geologiche e dei dati stratigrafici di pozzi e sondaggi va effettuata ai fini di una corretta ricostruzione dei parametri del sottosuolo.

A grandi linee la successione stratigrafica dell'area di studio compresa nel territorio del Comune di Carbonia mette in evidenza la presenza della serie cambriana paleozoica nel settore di nord ovest, della successione sedimentaria eocenica e della copertura vulcanica oligo-miocenica che caratterizza il distretto vulcanico del Sulcis. Infine, il ciclo sedimentario pliocenico-quadernario copre in discordanza tutti i depositi descritti finora. Sono distinguibili due principali unità deposizionali separate da superfici di erosione corrispondenti a fasi di incisione e terrazzamento, di età comprese tra il Pleistocene medio e l'Olocene.

Sono numerosi gli studi sui fenomeni idrotermali presenti sul territorio della Sardegna. È stato approfondito lo studio bibliografico delle potenzialità geotermiche concentrando l'attenzione sul territorio del Sulcis.

Dalle elaborazioni portate avanti nei diversi studi è stato ricavato un ampio set di informazioni tra le quali, ad esempio, la distribuzione delle temperature alla profondità di 1.000 e 2.000 m la quale mostra

l'esistenza di una diffusa anomalia termica che interessa per tutta la sua lunghezza la cosiddetta "fossa sarda". Anche il Sulcis ricade all'interno delle aree di interesse. Per questo territorio, infatti, uno studio dettagliato del 1981 ha evidenziato ben 16 manifestazioni termali delle quali 15 sorgenti ed un pozzo, con temperature maggiori di 20°C.

Lo studio effettuato di recente si basa sui dati acquisiti dalle misurazioni provenienti da 28 pozzi artesiani di profondità compresa tra i 20 e i 100 m situati nel comune di Carbonia. I pozzi sono stati individuati attingendo dalla banca dati dell'ISPRA (n.3 pozzi situati in località Bacu Abis e Cortoghiana) e tramite ricerca in situ. Al fine di poter avere il maggior numero di informazioni possibili di ogni pozzo sono stati misurati i seguenti parametri: soggiacenza, temperatura, pH, Eh, conducibilità, solidi disciolti (TDS) e resistività.

Sui pozzi di maggiore interesse individuati nella fase precedente, con temperature maggiore di 21 °C, sono state effettuate delle ulteriori analisi al fine di studiare parametri di particolare interesse per la caratterizzazione dell'acquifero al fine della ricerca geotermica. Le analisi comprendono la determinazione dell'ossigeno disciolto, la determinazione degli isotopi, la composizione chimica principale, la determinazione degli elementi in tracce.

I risultati ottenuti riportati nel dettaglio nel paragrafo 4 del report allegato, sono in linea con quanto atteso, poiché gli studi effettuati evidenziano la presenza di un termalismo (acque ipotermali) nell'area oggetto di studio e pertanto sembrerebbero esserci condizioni favorevoli allo sfruttamento della risorsa geotermica a bassa entalpia.

2.5 Definizione delle modifiche da apportare all'applicativo web; definizione delle nuove sezioni (almeno 2 pagine) e di nuovi contenuti (almeno 6 articoli divulgativi su temi affini al progetto).

Il portale auree.it, oltreché essere il contenitore dei risultati principali del progetto, è anche uno strumento di comunicazione per la disseminazione della conoscenza e il coinvolgimento degli stakeholders. In particolare, la linea LA 2.8 rappresenta la base teorica propedeutica per l'implementazione e lo sviluppo di nuovi servizi e contenuti. Sono state definite le modifiche da apportare all'applicativo web sulla base delle criticità emerse dalla fase di testing e sperimentazione condotta nell'ultima annualità del PTR 2019-2021 e sono stati proposti nuovi servizi e funzionalità. Lo studio effettuato ha portato ai seguenti risultati:

1. *Revisione e controllo dei contenuti pubblicati e della grafica del portale.* Questa attività ha permesso di evidenziare alcune anomalie presenti nella versione beta di auree.it da correggere e migliorare nella successiva LA 2.9.
2. *Suggerimenti per il miglioramento dei contenuti nell'ottica user-friendly.* Questa attività ha permesso di individuare soluzioni per l'adeguamento del portale alla navigazione di un utente generico senza particolari requisiti tecnici e conoscenze specifiche. L'obiettivo sarà assicurare l'accessibilità delle informazioni a tutti i livelli di utenza e non solo ai tecnici dell'argomento, facilitando l'usabilità delle informazioni contenute al fine di agevolare anche il contatto con le imprese e i professionisti del settore e con le pubbliche amministrazioni. La mappatura e l'analisi dei siti e portali web simili ad auree.it ha consentito di confrontare le funzionalità del sito con quelle di siti simili e di progettare dei miglioramenti del portale.
3. *Progettazione delle pagine "Imprese", "Normativa", "Monitoraggio IAQ" e "Comunità energetiche".* Questa attività ha consentito di definire la struttura e i contenuti delle nuove sezioni (almeno 2). La sezione "imprese" conterrà un modulo applicativo per consentire alle imprese registrate di condividere i propri lavori, progetti (best practice) sul portale. Ciascun progetto sarà riportato su mappa e georeferenziato. Anche gli altri utenti registrati, che hanno installato nuovi impianti o effettuato lavori di ristrutturazione nel loro edificio o appartamento, avranno la possibilità di condividere e visualizzare su mappa gli interventi effettuati, con indicazioni delle società che hanno eseguito i lavori, così da invogliare e fornire supporto agli utenti che stanno progettando interventi di riqualificazione.

La pagina “Normativa” sarà accessibile come voce di menù a comparsa nell’header della home page e conterrà le seguenti sottosezioni: normativa comunale, regionale, nazionale ed europea.

La sezione “Monitoraggio IAQ” riporterà i dati sulle misurazioni condotte per il monitoraggio IAQ e microclimatico di due edifici pubblici di Carbonia.

La pagina “Comunità energetiche” sarà accessibile dal menù a comparsa nell’header della home page. La pagina ospiterà diversi tipi di contenuti (mappe, norme, news, etc) o link a essi e un blog che permetta l’interazione tra l’utente e i tecnici Sotacarbo sul tema CER, così da fornire un servizio di informazione e divulgazione al cittadino. La pagina dovrà ospitare anche i risultati derivanti dall’applicazione della metodologia di stima del potenziale fotovoltaico, che verrà sviluppata durante l’attività di ricerca.

4. *Sviluppo di contenuti per la sezione notizie* (6 articoli divulgativi). Sono stati redatti e per ora pubblicati sul portale aziendale 6 articoli sulle seguenti tematiche, attinenti al tema dell’efficienza energetica ed efficientamento degli edifici: Legge 15/2022 “Disposizioni in materia di energia e modifiche alla legge regionale n. 9 del 2006”, bonus edilizi e risparmio energetico, pompe geotermiche per la climatizzazione degli edifici, nuova direttiva “case green”, ultimo rapporto dell’IEA Energy Efficiency 2022, la fine dello scambio sul posto.
5. *Rianalisi del questionario energetico già implementato*. L’attività ha consentito di estendere il questionario con un sondaggio rivolto ai vari stakeholders del settore residenziale e pubblico al fine di indagarne la conoscenza e la sensibilità sulle energie rinnovabili, sull’efficienza energetica, sull’impatto ambientale e sull’innovazione tecnologica. L’attività di rianalisi del questionario permetterà la revisione delle procedure per la generazione di ipotesi di retrofit con integrazione di FER, attività da svolgersi nella LA 2.9.

Nelle fasi successive del progetto (Fase II a/b), verrà rilasciata la versione aggiornata del portale con accesso libero per le varie tipologie di stakeholders. Il portale verrà arricchito di altri contenuti, oltre a quelli individuati nel corso di questa prima fase del progetto e oggetto del presente rapporto tecnico. In particolare, verranno condivisi su apposite sezioni e/o interfacce:

- I risultati dell’analisi per la stima del potenziale solare tramite layer tematici relativi alla disponibilità della risorsa solare per un caso studio (Bacu Abis, area urbana di quartiere di Carbonia);
- Gli strumenti per il testing del portale come mezzo per svolgere attività di coinvolgimento e sensibilizzazione sul tema delle Comunità Energetiche Rinnovabili;
- Lo studio tipologico del patrimonio edilizio, sia pubblico che privato della città di Carbonia, estendendo il rilievo e la mappatura all’intero centro abitato e alle frazioni di Bacu Abis e Cortoghiana;
- I risultati del modello di un sistema geotermico a bassa entalpia in un centro urbano e della caratterizzazione idrogeologica dell’area territoriale del comune di Carbonia, in modo da definire uno scenario di sfruttamento della risorsa geotermica;
- I risultati di un modello energetico, integrato con l’UBEM già sviluppato nel PTR 2019-2021, che tenga conto anche dei differenti profili d’uso associati all’edificio per le utenze residenziali e pubbliche.

3 Prodotti attesi

I prodotti attesi sono il presente documento di sintesi e il rapporto tecnico “AUREE.it: ottimizzazione e sviluppo – fase I. Allegato 1 – Dettaglio attività svolte LA 2.8” nel quale sono riportate in modo più esteso le attività condotte nell’ambito della suddetta linea di attività.

Non ci sono prodotti hardware/software attesi per la LA 2.8.

4 Prodotti sviluppati

Sono stati prodotti il presente documento di sintesi e il rapporto tecnico “AUREE.it: ottimizzazione e sviluppo – fase I. Allegato 1 – Dettaglio attività svolte LA 2.8” nel quale sono riportate in modo più esteso le attività condotte nell’ambito della suddetta linea di attività.

Non ci sono prodotti hardware/software attesi per la LA 2.8.

5 Analisi degli scostamenti su attività e risultati

5.1 Parte tecnica

Nell'ambito della prevista attività "Implementazione sul portale AUREE degli strumenti necessari alla sensibilizzazione e alla diffusione di CER nel territorio comunale di Carbonia", si fa presente che poiché l'ordine per il relativo supporto informatico è stato emesso nel mese di giugno 2023 (a chiusura della presente LA 2.8), l'implementazione sul portale AUREE verrà eseguita nell'ambito della linea LA 2.9.

5.2 Parte economica

Per quanto concerne i costi del I SAL del progetto, relativo alla linea LA 2.8, le spese registrate a consuntivo sono riepilogate nella tab. 5.1 dove, tra parentesi, si confrontano i valori di preventivo.

Tabella 5.1 – Riepilogo costi relativi alla linea LA 2.8.

Sigla	Denominazione Linee attività	Periodo Riferimento	Ore di personale SOTACARBO	Personale (A)	Strumenti e attrezzature (B)	Costi di esercizio (C)	Acquisizione di competenze (D)	Collaborazioni di beneficiari (U)	TOTALE
LA 2.8	AUREE.it: ottimizzazione e sviluppo – fase I	(18 mesi)	7670 (7670)	245,16 (252,74)	2,141 (2,142)	5,355 (22,858)	0 (0)	0 (0)	252,657 (277,740)

in base al documento "Criteri di valutazione dei Piani triennali di realizzazione"

(A) include il costo del personale, sia dipendente che non dipendente

(B) include le attrezzature e le strumentazioni inventariabili, ad esclusivo uso del progetto e/o in quota di ammortamento

(C) include materiali e forniture, spese per informazione, pubblicità e diffusione

(D) include le attività con contenuto di ricerca commissionate a terzi, i.e. consulenze, acquisizioni di competenze tecniche, brevetti

(E) include le spese di trasporto, vitto e alloggio del personale in missione

(U) include le collaborazioni con istituzioni universitarie

Si riporta di seguito un dettaglio degli scostamenti rilevati, rispetto al progetto approvato.

- Ore di Personale:

Nessuna variazione.

- Costi Personale (A):

Nella tab. 5.2 si riportano gli scostamenti dei costi del personale impegnato nel progetto.

Tabella 5.2 – Scostamento dei costi del personale impegnato nel progetto.

Sigla	DENOMINAZIONE OBIETTIVI	Personale (A) PREVENTIVO €	Personale (A) CONSUNTIVO €	Variazione (€)	GIUSTIFICAZIONI
LA 2.8	AUREE.it: ottimizzazione e sviluppo – fase I	252,740	245,160	7,58	Lo scostamento è dovuto ad una differenza tra il calcolo del costo orario eseguito a preventivo e quello a consuntivo.

- **Strumenti e attrezzature (B):**

Nella tab. 5.3 si riportano gli scostamenti registrati alla voce strumenti e attrezzature (B).

Tabella 5.3 – Scostamenti registrati alla voce strumenti e attrezzature (B)

Sigla	DESCRIZIONE COSTI STRUMENTAZIONI E ATTREZZATURE	Costo PREVENTIVO (€)	Costo CONSUNTIVO (€)	Variazione di costo	GIUSTIFICAZIONI
LA 2.8	Canone annuale software della Logical soft per le analisi energetiche degli edifici.	2.142,00	2.141,74	- 0,26	Nessuno scostamento
TOTALE LA		2.142,00	2.141,74	- 0,26	Nessuno scostamento

- **Costi di esercizio (C):**

Nella tab. 5.4 si riportano gli scostamenti registrati alla voce costi di esercizio (C).

Tabella 5.4 – Scostamenti registrati alla voce costi di esercizio (C)

Sigla	DESCRIZIONE COSTI ESERCIZIO	Costo PREVENTIVO (€)	Costo CONSUNTIVO (€)	Variazione di costo	GIUSTIFICAZIONI
LA 2.8	Centralina microclimatica	5.858,26	5.355,00	- 503,26	Lo scostamento è dovuto al ribasso ottenuto durante l'affidamento.
LA 2.8	Servizio di aggiornamento e ottimizzazione, progettazione e realizzazione nuovi contenuti e servizi della piattaforma informatica AUREE (Acconto)	7.000,00	0	- 7.000,00	Lo scostamento è dovuto alla ritardata emissione dell'ordine (avvenuta nel mese di giugno 2023)
LA 2.8	Canone mantenimento portale AUREE (anno 2022 e 2023)	10.000,00	0	- 10.000,00	Lo scostamento è dovuto alla ritardata emissione dell'ordine (avvenuta nel mese di giugno 2023)
TOTALE LA 2.8		22.858,26	5.355,00	- 17.503,26	Lo scostamento è dovuto alle motivazioni sopra esposte.

6 Sintesi delle attività svolte

La linea è stata sviluppata in cinque sottotemi:

Basi per un approccio metodologico per la stima del potenziale solare

È stata condotta una ricca revisione della letteratura e di approcci metodologici alla scala urbana. È stata definita una metodologia propria *ongoing*.

Comunità Energetiche Rinnovabili

Si sono analizzati quadro normativo e strumenti finanziari, casi reali di CER e simulatori, evidenziando criticità e punti di forza.

Qualità dell'aria indoor

Si è approfondito il tema su inquinanti, fonti e sensoristica in commercio, analizzati casi studio e individuati i parametri chiave per il monitoraggio in scuole e uffici.

Studio sulla disponibilità locale della fonte geotermica

Si è effettuata la caratterizzazione idrogeologica dell'area di Carbonia per determinare parametri e dati necessari a valutare lo sfruttamento della risorsa.

Ottimizzazione e affinamento dei contenuti di *AUREE.it*

L'attività ha riguardato proposte di ottimizzazione, progettazione di sezioni e sviluppo di contenuti.

7 Dettaglio delle attività svolte

Nei successivi paragrafi vengono presentate nel dettaglio le attività svolte, con riferimento ai vari sottotemi in cui è stata sviluppata la linea LA 2.8 e ai risultati attesi. Per una descrizione più approfondita si rimanda al report esteso (AUREE.it: ottimizzazione e sviluppo – fase I. Allegato 1 – Dettaglio attività svolte LA 2.8).

7.1 Basi per un approccio metodologico per la stima del potenziale solare

La stima del potenziale solare da fonte rinnovabile fornisce una misura della possibilità degli ambienti urbani a essere considerati come produttori di energia elettrica. I fattori chiave che permettono lo sviluppo di una metodologia per la stima del potenziale solare in scala urbana o di quartiere dipendono fortemente dalle dimensioni dell'area studiata e dalla disponibilità dei dati, per cui l'uso di un unico approccio metodologico non è possibile quando si abbiano scale diverse.

L'attività condotta nella LA 2.8 ha avuto come obiettivo una ricca revisione dei lavori di letteratura nazionale e internazionale al fine di determinare i diversi fattori chiave e individuare le fonti di dati principali. Inoltre, sono stati studiati diversi approcci metodologici per determinare il potenziale solare su scala urbana al fine di creare una conoscenza di base consolidata.

L'attenzione si è concentrata sull'uso di strumenti GIS, che permettono di trattare e visualizzare in modo veloce le numerose variabili in gioco.

Nella maggior parte degli studi esaminati si arriva a determinare il potenziale solare complessivo tramite la definizione di sottopotenziali: il potenziale fisico, il potenziale geografico e il potenziale tecnico, a cui si aggiungono considerazioni di tipo economico. Un approccio di questo genere segue la metodologia definita come gerarchica. Essendo la metodologia per la valutazione del potenziale teorico ormai consolidata, lo stesso non si può affermare per quanto riguarda lo studio delle metodologie volte all'individuazione del potenziale tecnico ed economico. Infatti, questi aspetti non sempre vengono affrontati o risolti. Si ritiene quindi necessario un approfondimento dell'argomento che introduca nuove variabili e che sviluppi nuovi scenari volti allo studio di fattibilità tecnica ed economica per l'installazione delle tecnologie di trasformazione del potenziale teorico in potenziale sfruttabile.

La conoscenza di base sviluppata dall'analisi di letteratura ha portato a definire una metodologia per la stima del potenziale solare a scala urbana o di quartiere, attualmente in fase di sviluppo, e che andrà a definirsi in modo completo nella LA 2.9, applicabile in un contesto urbano regionale, che possa essere integrata con l'approccio metodologico già sviluppato di AUREE. L'approccio impostato è di tipo gerarchico: l'idea si basa sullo sviluppo in ambiente QGIS, che ospita anche le procedure desktop di AUREE, di tre tools dedicati rispettivamente a ricavare una stima del potenziale teorico (fisico), tecnico e sfruttabile. È stato definito quindi un possibile framework metodologico, identificando i dati di base necessari e disponibili per l'impostazione.

7.2 Le comunità energetiche

L'UE ha imposto al 2030 tre obiettivi principali nella lotta al cambiamento climatico: la riduzione del 40% delle emissioni di gas serra rispetto al 1990, il raggiungimento del 32% di penetrazione delle fonti energetiche rinnovabili nei consumi di energia e la riduzione del 32,5% dei consumi come obiettivo per l'efficienza energetica. Il 30 novembre 2016 la Commissione Europea ha pubblicato il Clean Energy Package for all Europeans, nel quale è stato inserito il concetto di Comunità Energetica Rinnovabile (CER). La CER è un soggetto giuridico non profit a cui possono aderire volontariamente persone fisiche, piccole e medie imprese, pubbliche amministrazioni o altro, con l'obiettivo di produrre, consumare e gestire localmente energia elettrica da FER. Nelle Comunità si parla di: prosumer quando il soggetto ha un impianto di produzione di energia rinnovabile, collegato al proprio contatore, con il quale copre il suo fabbisogno elettrico e cede l'esubero alla comunità; consumer è il soggetto che non possiede un impianto ma consuma l'energia condivisa all'interno della comunità; titolare di lastrico/tetto è il soggetto che possiede una copertura e la rende disponibile alla CER per installare impianti fotovoltaici per produrre energia e

conddividerla all'interno della stessa; finanziatore è il soggetto interessato all'investimento per lo sviluppo della comunità energetica; producer è il soggetto esterno alla CER che mette a disposizione i propri impianti di produzione da FER. Il lavoro svolto si propone di raccontare il percorso della normativa a livello nazionale, dal decreto Milleproroghe del 2019 all'attuale attesa del nuovo decreto MASE e a livello regionale. È stata analizzata la normativa vigente della Regione Sardegna, in particolare il Testo Unico in materia di energia, con il quale si mettono a disposizione dei comuni della Sardegna 14 milioni di euro destinati alle comunità energetiche e al reddito energetico per dare respiro alle famiglie in difficoltà a causa dell'aumento dei prezzi dell'energia e all'impossibilità di dotarsi autonomamente di sistemi ad energia rinnovabile.

Le comunità attive oggi in Italia sono principalmente progetti sperimentali, che hanno l'obiettivo di individuare le best practices per condurre questi progetti a massimizzare i benefici. Nel lavoro sono raccontate alcune esperienze delle prime CER nate in Italia e in Sardegna.

Sono stati studiati e provati alcuni simulatori CER, reperibili online e utilizzabili gratuitamente, utili a valutare la sostenibilità economica, l'impatto ambientale e stimare gli incentivi economici del progetto.

Dall'analisi delle varie esperienze, si è potuto fare un focus circa il potenziale a lungo termine che tale modello energetico comporta in termini di benefici sociali, ambientali ed economici, e soprattutto gli aspetti migliorabili e che attualmente limitano la diffusione delle CER, a partire proprio dalla lunga attesa per la normativa che permetterebbe l'utilizzo di impianti fino a 1 MW e il collegamento alla cabina di AT.

7.3 La qualità dell'aria indoor

L'attività svolta analizza e approfondisce la tematica relativa alla qualità dell'aria indoor (IAQ) in ambienti di vita confinati quali scuole e uffici. L'importanza delle problematiche relative alla IAQ ha assunto negli anni sempre più rilevanza poiché la maggior parte della popolazione trascorre sino al 90% del proprio tempo in ambienti confinati, ove la qualità dell'aria che si respira può avere un impatto significativo sulla salute e sul benessere degli occupanti. **La prima parte dell'attività** ha riguardato lo studio della tematica della qualità dell'aria indoor, dei tipi di inquinanti e relative fonti. **La seconda parte** è stata incentrata sullo studio della sensoristica disponibile in commercio per la misurazione dei principali inquinanti dispersi nell'aria indoor, aspetto cruciale per garantire ambienti sani e confortevoli per le persone che ne usufruiscono. In generale è possibile distinguere tra sensori di I, II e III livello che si differenziano per costo, semplicità tecnologica e affidabilità dei risultati. In particolare, i **sensori di I livello** sono dispositivi low-cost, compatti e di facile utilizzo che determinano in tempo reale l'andamento degli inquinanti, fornendo al contempo informazioni su possibili situazioni critiche. Le principali limitazioni connesse al loro utilizzo sono la bassa selettività a fronte di matrici complesse di inquinanti e la necessità di calibrazione e comparazione con sistemi di misura di riferimento. Tali dispositivi permettono lo sviluppo di sistemi di monitoraggio distribuiti ed integrabili con sistemi di ventilazione smart, facilitando il controllo della IAQ in edifici caratterizzati da numerosi spazi comuni e densamente popolati. **I sensori di II e III livello** sono strumenti certificati, dal costo elevato che offrono elevata precisione del dato, a fronte di una notevole complessità di utilizzo che richiede tarature frequenti e l'ausilio di un operatore specializzato. Molti di questi sensori non sono idonei alla retroazione in tempo reale e al controllo di sistemi di ventilazione o filtraggio dell'aria in quanto la misura degli inquinanti avviene in modo indiretto, tramite campionamenti in loco e successiva analisi presso laboratori analitici. Questa tipologia di sensore trova applicazione soprattutto nelle fasi di valutazione iniziale della IAQ e viene utilizzata al fine di pianificare gli interventi di riqualifica e nelle revisioni periodiche per la valutazione e la gestione del funzionamento degli impianti aerulici installati. **L'ultima parte dell'attività** ha riguardato l'analisi della letteratura scientifica dei principali progetti di ricerca europei sulla problematica dell'inquinamento indoor che ha permesso di individuare i parametri chiave per il monitoraggio della IAQ in edifici quali scuole e uffici. Questo studio costituisce una baseline per la realizzazione di una serie di campagne di monitoraggio IAQ che verranno effettuate nella prossima LA 2.9 all'interno di due edifici pubblici ubicati nel territorio di Carbonia. Tale ricerca consentirà di identificare i potenziali problemi relativi all'inquinamento dell'aria indoor e di adottare le misure più appropriate per migliorare la IAQ negli edifici presi in considerazione.

7.4 Studio sulla disponibilità locale della fonte geotermica

L'obiettivo dell'attività è la mappatura e la caratterizzazione della potenziale risorsa geotermica a bassa temperatura nel comune di Carbonia (Sardegna SU). È stata svolta la prospezione geochemica di alcuni pozzi ricadenti nell'area di studio, per determinarne la temperatura del serbatoio, le caratteristiche chimiche del fluido profondo e per individuare l'origine dell'acqua di ricarica.

È stata condotta una campagna di misurazione della temperatura e altri dati di campo quali pH, Eh, TDS, conducibilità etc. sulle acque dei pozzi artesiani con profondità 20-100 metri. I pozzi sono stati individuati sulla base dei dati disponibili sul portale dell'ISPRA e tramite ricerca in sito.

La campagna di misurazioni ha avuto come scopo quello di dare un inquadramento delle potenzialità di utilizzo delle acque profonde come risorsa geotermica a bassa entalpia per utilizzi di riscaldamento e raffreddamento degli edifici. Sono state analizzate in sito le acque provenienti da 28 pozzi.

Da questi sono stati selezionati quelli aventi temperature maggiori o uguali ai 21 °C per svolgere su di essi una ulteriore campagna di campionamento. In tale campagna oltre ai dati precedentemente raccolti sono stati svolti diversi set di analisi chimiche quali anioni, cationi, metalli ed isotopi, per poter arrivare ad una maggiore caratterizzazione dal punto di vista geochemico. Si riportano di seguito l'areale di studio (fig. 7.1) e le tabelle (fig. 7.2 e 7.3) coi risultati ottenuti.

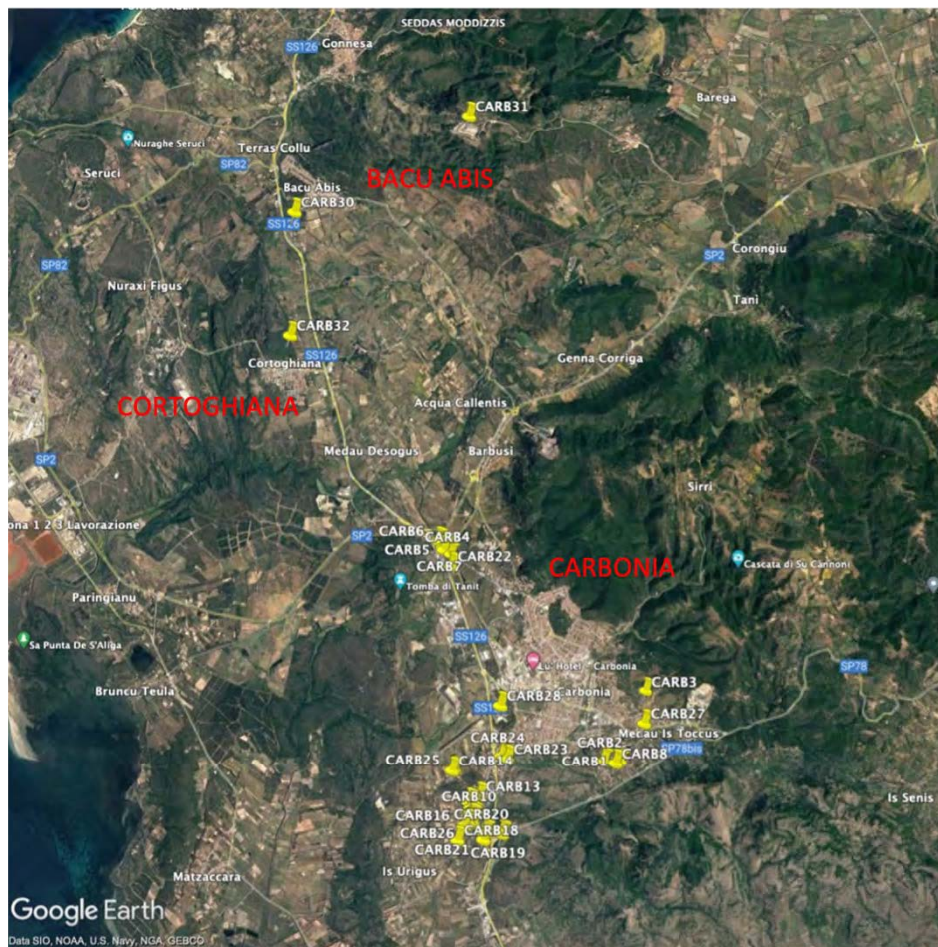


Figura 7.1 - Aree oggetto di studio, tra i comuni di Carbonia, e le frazioni di Bacu Abis e Cortoghiana

CODICE	COMUNE	TIPOLOGIA	PROFONDITÀ	SOGGIACENZA (M)	T (°C)	pH	Eh (mV)	COND (µS/cm)	TDS (mg/l)	Resistività Ω	NACL
CARB1	CARBONIA	POZZO PER ACQUA	120	15.5	23.7	8.12	67.4	2004	1028		1.045
CARB2	CARBONIA	POZZO PER ACQUA	120	7	19.7						
CARB3	CARBONIA	POZZO PER ACQUA	50	8.2	21.1	7.38	95.8	2200	1090		1.09
CARB4	CARBONIA	POZZO PER ACQUA	70	59.3	21.2	7.58	88.7	1.994	996	502.1	1.006
CARB5	CARBONIA	POZZO PER ACQUA	40	6.6	20.09	8.55	44.5	851	428	861	0.423
CARB6	CARBONIA	POZZO PER ACQUA	37	8	20.5	7.17	108.5	2330	1156	434	1.181
CARB7	CARBONIA	POZZO PER ACQUA	93	54.3	20.7	7.9	75.6	3970	1940	261	2.055
CARB8	CARBONIA	POZZO PER ACQUA	80	8	19.3	7.52	90	1.017	517	981.2	0.503
CARB9	CARBONIA	POZZO PER ACQUA	55	10.10	20						
CARB10	CARBONIA	POZZO PER ACQUA	40		21	7.23	108	2100	1055	476	1.046
CARB11	CARBONIA	POZZO PER ACQUA	48	8.5	20	6.9	121	2770	1403	361	1.4
CARB12	CARBONIA	POZZO PER ACQUA	64	6	19.6	7.43	95.6	1.926	978	647	0.952
CARB13	CARBONIA	POZZO PER ACQUA	40	12	19.9	7.08	114	2160	1075	463	1.088
CARB14	CARBONIA	POZZO PER ACQUA	47	9.90	19.5	6.57	141.9	1105	554	906.5	0.546
CARB15	CARBONIA	POZZO PER ACQUA	40	8.60	20.3	6.94	120.1	2510	1247	398	1.283
CARB16	CARBONIA	POZZO PER ACQUA	82	7.30	19.5	6.86	126	2710	1337	369	1.390
CARB17	CARBONIA	POZZO PER ACQUA	60	8	19.9	6.74	131.7	3180	1585	316	1.640
CARB18	CARBONIA	POZZO PER ACQUA	70	3.9	19.8	7.18	109.1	1469	752	667	0.754
CARB19	CARBONIA	POZZO PER ACQUA	100	11	20.7	6.55	140.3	1364	683	732	0.682
CARB20	CARBONIA	POZZO PER ACQUA	46	14.4	20.5	6.82	126.7	3210	1606	312	1.652
CARB21	CARBONIA	POZZO PER ACQUA	46	9.4	20.2	6.84	125.2	2520	1270	395	1.282
CARB22	CARBONIA	POZZO PER ACQUA	40	7.75	21.5	7.04	116.4	1800	898	556	0.905
CARB23	CARBONIA	POZZO PER ACQUA	55	16.8	21	7.12	112	2740	1356	375	1.404
CARB24	CARBONIA	POZZO PER ACQUA	51	20.1	21	7.4	97.9	3900	1997	253	2.085
CARB25	CARBONIA	POZZO PER ACQUA	60	11.8	20	6.57	140.3	1056	517	963	0.534
CARB26	CARBONIA	POZZO PER ACQUA	90	3.7	19.8	7.29	101	1690	850	590	0.853
CARB27	CARBONIA	POZZO PER ACQUA	28	1.5	20.03	7.42	96.3	1320	662	756	0.647
CARB28	CARBONIA	POZZO PER ACQUA	110	7.30	23.2	7.35	98.6	2430	1215	412	1.237
CARB29	CARBONIA	POZZO PER ACQUA	45	9.8	20.4						
CARB30	BACU ABIS	POZZO PER ACQUA	85								
CARB31	BACU ABIS	POZZO PER ACQUA	80								
CARB32	CORTOGHIANA	POZZO ACQUEDOTTISTICO	150								

Figura 7.2 – Dati provenienti dai pozzi

Caratteristiche chimico-fisiche delle acque campionate e composizione chimica principale.

Campione	Tipo	Profondità m	T	EC	pH	ORP	O2	F	Cl	NO2	Br	NO3	PO4	SO4	HCO3	Na	NH4	K	Mg	Ca	IB
			°C	mS/cm		mV	mg/l														
CARB01	POZZO	120	20	2.58	7.56	98.00	3.6	0.1	693	<0.2	1.4	109	0.1	64	92	381	0.3	3.3	18	123	0.3
CARB03	POZZO	50	21	2.35	7.11	117.00	1.6	0.4	456	<0.2	1.2	<0.2	<0.1	158	560	286	0.3	8.6	65	148	0.2
CARB04	POZZO	70	21	2.84	7.35	106.00	3	0.3	578	<0.2	1.1	41	<0.1	378	330	422	0.2	8.2	74	111	-0.1
CARB22	POZZO	55	20.9	2.29	7.47	104.00	3.6	0.1	352	<0.2	0.8	34	<0.1	293	448	286	0.2	7	55	138	0.1
CARB23	POZZO	51	20.6	3.19	6.94	128.00	3	0.1	630	<0.2	1	113	0.6	290	570	377	0.3	12	107	193	0.2
CARB28	POZZO	110	23.2	2.91	7.15	118.00	2	0.3	132	<0.2	0.5	14	<0.1	1430	233	210	<0.1	56	113	354	0

Figura 7.3 – Caratteristiche chimico-fisiche delle acque

Le acque campionate tra novembre e dicembre 2022 hanno temperatura simile tra loro e variabile in un ristretto range intorno ai 21 °C (21.2 ± 0.9 °C). Valori della temperatura simili, intorno ai 20 °C (20.3 ± 0.3 °C), sono stati misurati anche nel periodo maggio-giugno 2022. Il valore della temperatura appare pertanto costante nel corso dell'anno considerato. L'approfondimento nel sottosuolo e i tempi di circolazione sotterranea sembrano pertanto sufficienti affinché le acque non risentano più della variabilità termica stagionale ma risultino in equilibrio termico con gli strati rocciosi relativamente più profondi, acquisendo in tal modo una debole termalità (acque ipotermali). In particolare, il campione CARB28 è, tra le acque campionate, quello con la temperatura più elevata (23.2 °C); la temperatura, le caratteristiche isotopiche e geochimiche fanno suggerire per tale campione un maggiore approfondimento nel sottosuolo con tempi di interazione acqua/roccia relativamente più lunghi rispetto agli altri campioni.

Il pozzo è stato nuovamente campionato a giugno 2023 e i risultati ottenuti sono mostrati nelle figg. 7.4 e 7.5.

Campione	Tipo	Località	profondità	soggiacenza	data camp.	data analisi IC	data analisi TLWI	T (field) °C	EC (field) mS/cm	EC (lab)	pH (field)	pH (lab)
CARB28	pozzo	Carbonia	110	6	25.11.2022	28.11.2022	06.12.2022	23.2	2.98	2.91	7.15	7.4
CARB28 SOTA1	pozzo	Carbonia	110	6.7	26.05.2023	30.05.2023	01.06.2023	23.5	2.39		7.22	
CARB28 SOTA2	pozzo	Carbonia	110	60	26.05.2023	30.05.2023	01.06.2023	24.0	2.36		7.10	

Figura 7.4 – Confronto risultati per il pozzo CARB28- 1

Campione	ORP	O2	F	Cl	NO2	Br	NO3	PO4	SO4	Alk	Na	NH4	K	Mg	Ca	Balance	δ2H	δ2H sd	δ18O	δ18O sd	δ17O	δ17O sd
	mV	mg/L													%	‰ vs VSMOW						
CARB28	118	2.0	0.3	132	<0.2	0.5	14	<0.1	1430	233	210	<0.1	56	113	354	0.0	-39.2	0.5	-6.79	0.08	-3.59	0.10
CARB28 SOTA1	111	4.6	0.3	75	<0.2	0.2	9.7	<0.1	1430	230	170	<0.1	54	107	370	0.6	-39.8	0.3	-7.02	0.04	-3.58	0.09
CARB28 SOTA2	120	4.8	0.3	75	<0.2	0.2	9.7	<0.1	1430	225	170	<0.1	54	107	370	0.6	-40.2	0.1	-7.17	0.06	-3.56	0.05

Figura 7.5 – Confronto risultati per il pozzo CARB28 - 2

7.5 Ottimizzazione e affinamento dei contenuti del portale AUREE

Nel PTR19-21 il progetto AUREE ha consentito di sviluppare e sperimentare uno strumento a supporto del miglioramento dell'efficienza energetica e del recupero del patrimonio edilizio a scala urbana. Lo strumento è basato su un portale webGIS che contiene specifiche interfacce volte a condividere la conoscenza del patrimonio edilizio e promuovere la partecipazione degli stakeholder locali. In questa prima fase del progetto triennale PTR22-24, a partire da un'analisi dello stato dell'arte condotta su siti web, portali e applicazioni simili ad auree.it, è stato proposto un aggiornamento del portale al fine di ottimizzarne i contenuti, semplificarne le interfacce e arricchirlo con nuove sezioni. Lo studio condotto consentirà di apporre delle migliorie alla piattaforma, così da sviluppare nella LA 2.9 una versione finale di più facile utilizzo e di più efficiente fruizione anche con lo sviluppo di nuovi servizi e funzionalità. Le attività di studio hanno riguardato: proposte di miglioramento della visualizzazione dei contenuti; progettazione della sezione dedicata alle imprese; pubblicazione di nuovi contenuti nella sezione Notizie; predisposizione delle nuove pagine Normativa, Monitoraggio IAQ e Comunità energetiche; rianalisi del questionario energetico. Il miglioramento della visualizzazione dei contenuti è finalizzato all' adeguamento del portale per l'accesso di un utente generico senza particolari conoscenze specifiche. L'obiettivo è quello di assicurare l'accessibilità delle informazioni a tutti i livelli di utenza, agevolando così il contatto con imprese, professionisti del settore e pubbliche amministrazioni. Il miglioramento della struttura e dei menù delle pagine con l'aggiunta di nuove sezioni e l'implementazione di nuove funzionalità incrementerà la potenzialità del portale a

rispondere adeguatamente alle richieste e alle esigenze degli utenti, stabilendo uno scambio di informazioni bidirezionale continuo. È previsto un potenziamento della sezione imprese con l'implementazione di un modulo applicativo che consenta alle imprese di registrarsi e condividere i propri lavori, progetti (best practice) al fine di invogliare a contattare il professionista di interesse. Anche gli utenti registrati, che hanno installato nuovi impianti o effettuato lavori di ristrutturazione nel loro edificio o appartamento, avranno la possibilità di condividere e visualizzare su mappa gli interventi effettuati. In questo modo si verrebbe a creare una rete di organizzazioni, enti locali, persone individuali, imprese che possono interagire con la mappa per recuperare informazioni su tipologie di impianti installati o lavori svolti.

Saranno proposte e implementate anche attività di coinvolgimento (questionari, sondaggi) e piattaforme digitali sviluppate ad hoc e rese disponibili tramite il portale auree.it al fine di informare e sensibilizzare l'utente sui temi delle comunità energetiche rinnovabili.

8 Contributo delle eventuali consulenze alle attività sopra descritte

Nella presente linea LA 2.8 non è stata portata avanti alcuna attività di consulenza esterna.

9 Pubblicazioni scientifiche

- Congiu, E.; Desogus, G.; Frau, C.; Gatto, G.; Pili, S. “Web-Based Management of Public Buildings: A Workflow Based on Integration of BIM and IoT Sensors with a Web–GIS Portal.” Buildings 2023, 13, 1327. <https://doi.org/10.3390/buildings13051327>

10 Eventi di disseminazione

Durante la linea di attività LA 2.8 non è stato svolto alcun evento di disseminazione.