



Comune
di Padova



NICOLETTA
PAIARO
Comune di
Padova
28.09.2026
09:34:44
GMT+02:00



I CICLI AFFRESCATI
DEL XIV SECOLO DI PADOVA

STRATEGIE PER LA VALUTAZIONE DELL'IMPATTO PERCETTIVO E DEI VALORI SENSIBILI DEL CENTRO STORICO DI PADOVA

QUADERNI TECNICI: **QUADERNO 6**



GIUGNO 2026

Ordine degli Architetti
Pianificatori, Paisaggisti e
Conservatori Provincia di Venezia

MARISA
FANTIN
Architetto

Marisa Fantin
Ordine Architetti P.P.C. -
Provincia di Venezia
Architetto
23.09.2026 15:32:23
GMT+02:00

QUADERNO TECNICO N° 6

POSSIBILE USO DELLE ENERGIE RINNOVABILI CON SCHEDE TECNICHE

INDICE

INTRODUZIONE	2
Capitolo 1 - Uso delle fonti rinnovabili di energia in Centro Storico	2
1.1 Il regime autorizzativo nazionale per le tecnologie solari	3
1.1.1 Principali Norme di riferimento nazionale.....	3
1.1.2 La regolamentazione Comunale	5
1.2 Comunità Energetiche Rinnovabili e auto consumo a distanza.....	5
1.3 Schede esemplificative di tecnologie innovative per fotovoltaico	7
1.3.1 Pannelli Fotovoltaici.....	8
1.3.2 Tegole e coppi fotovoltaici.....	9
1.3.3 Coppi con celle fotovoltaiche non visibili	10
1.3.4 Vetri Fotovoltaici.....	12
1.4 Geotermia a bassa entalpia una possibile fonte rinnovabile per il Centro Storico	13
1.4.1 Impianti geotermici a circuito chiuso	17
Impianti geotermici a circuito chiuso orizzontale	18
1.5 Comunità Energetiche Rinnovabili e teleriscaldamento: due buone pratiche a impatto zero per ridurre le emissioni di CO2.....	19

INTRODUZIONE

Questo Quaderno approfondisce le modalità con cui è possibile ridurre l'impatto derivante dalla realizzazione di impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili negli edifici in Centro Storico. In relazione a questo si consiglia, prima di approfondire questo quaderno, di leggere con attenzione i primi tre quaderni prodotti.

Per meglio supportare chi si avvicina a questo tematismo sono state prodotte delle schede tecniche su possibili sistemi utilizzabili per la produzione di FER al posto di quelli più tradizionali. Quelli illustrati, ovviamente non coprono tutti quelli possibili, ma vogliono solo dare una esemplificazione di tipologie di impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili spesso poco conosciuti e quindi poco utilizzati.

Capitolo 1 - Uso delle fonti rinnovabili di energia in Centro Storico

Come precisato in premessa, il Comune di Padova persegue l'ambizioso obiettivo di azzerare le emissioni di CO₂ del proprio territorio entro il 2030, di qui la volontà di disciplinare e prevedere, lì dove possibile in relazione al regime di tutela, la produzione di FER anche nel Centro Storico.

L'ambito di riflessione di questo capitolo attiene principalmente all'impiego di tecnologie per la produzione di energia da fonti rinnovabili attraverso sistemi 'attivi', quali pannelli solari e sistemi geotermici, ma anche alla possibilità di favorire la riduzione di emissione di CO₂ attraverso soluzioni di tipo "passivo", quali schermature esterne, camini di ventilazione, ecc.

La riflessione è attinente non solo in relazione alla "ricaduta" diretta sulla qualità architettonica degli edifici dovuta all'utilizzo di queste tecnologie, ma anche relativamente ai potenziali impatti prodotti sul circostante contesto urbano.

Ai fini di queste linee guida appare opportuno dapprima accennare a cosa prevede, in relazione al regime autorizzativo, l'attuale normativa nazionale per poi entrare nel merito di quanto previsto dalle norme e dai regolamenti comunali per quanto riguarda il posizionamento di impianti solari, sicuramente la tecnologia di più semplice utilizzo al servizio di singole unità edilizie anche in Centro Storico.

A seguire si evidenzieranno, attraverso schede illustrative, alcune tecnologie più pertinenti e compatibili al loro uso in ambito di Centro Storico in specie su edifici di particolare valore storico monumentale.

1.1 Il regime autorizzativo nazionale per le tecnologie solari

È opportuno evidenziare preliminarmente come l'attuale orientamento giurisprudenziale riconosca, alla produzione di energia da fonti rinnovabili (FER) un rilevante interesse nazionale, ora inserito in costituzione (novella del Titolo V della Costituzione), conforme al diritto europeo e che a fronte di questo le motivazioni di un eventuale diniego alla realizzazione di un impianto FER devono essere particolarmente stringenti e motivate (vedi sentenza del TAR di Brescia n. 778/2024).

Nella sentenza del Consiglio di Stato n° 02808/2025 viene sottolineato come la normativa vigente mira a incentivare l'uso delle energie rinnovabili, contemperando l'interesse pubblico alla tutela del paesaggio con quello all'incremento della produzione energetica da fonti alternative. Il CdS ribadisce come la presenza di impianti fotovoltaici sui tetti non può più essere vista come un elemento di disturbo visivo e l'attenzione, quindi, deve concentrarsi su come i pannelli fotovoltaici vengono integrati sugli edifici e nel paesaggio circostante.

1.1.1 Principali Norme di riferimento nazionale

La principale norma di riferimento sui regimi autorizzativi è oggi rappresentata dal "Testo Unico sulle energie Rinnovabili: D.Lgs. 25 novembre 2024, n. 190, che disciplina i regimi amministrativi per la produzione di energia da fonti rinnovabili, per come anche modificato dal D.L. 175/2025 convertito in Legge 4/2026. Il nuovo testo aggiorna il D.Lgs. 190/2024 con modifiche strutturali e operative volte a rendere più coerente e semplificata la normativa sulle fonti rinnovabili.

Il D.Lgs. è entrato in vigore il 30/12/2024 e Regioni ed enti locali hanno avuto a disposizione 6 mesi (180 giorni) per adeguarsi alle nuove disposizioni (28 giugno 2025), potendo stabilire regole particolari per l'ulteriore semplificazione dei regimi amministrativi e/o nell'innalzamento delle soglie di potenza previste.

Il Dlgs 190/2024, di fatto pone fine alla frammentazione del panorama legislativo esistente in materia, ricondotto a un quadro normativo organico. Il decreto definisce i regimi amministrativi per la costruzione e l'esercizio degli impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili, per gli interventi di modifica, potenziamento, rifacimento totale o parziale degli stessi impianti, nonché per le opere connesse e le infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dei medesimi impianti.

Per la realizzazione degli interventi il D.lgs. 190/2024 individua **3 regimi amministrativi**:

1. **attività libera**;
2. **procedura abilitativa semplificata (PAS)**;
3. **autorizzazione unica (AU)**.

Gli **allegati A, B e C** al decreto, individuano gli interventi realizzabili, rispettivamente, secondo il regime dell'attività libera, della procedura semplificata e dell'autorizzazione unica. I progetti relativi agli interventi di cui agli allegati A e B non sono sottoposti alle

valutazioni ambientali di cui al titolo III della parte seconda del d.lgs. 152/2006. Rientrano nei regimi autorizzatori anche le **opere connesse e le infrastrutture indispensabili alla costruzione** e all'**esercizio degli impianti**, comprensive delle opere di **connessione alla rete** di distribuzione e alla rete di trasmissione nazionale necessarie all'immissione dell'energia prodotta dall'impianto.

Attività libera - L'art. 7 del **TU Rinnovabili** definisce il **regime di approvazione degli impianti rinnovabili** inquadrato come **attività edilizia libera** (art. 2 del DPR. 946-8667), ovvero **non subordinati all'acquisizione di permessi**, autorizzazioni o atti amministrativi di assenso e il soggetto proponente non è tenuto alla presentazione di alcuna comunicazione, certificazione, segnalazione o dichiarazione alle amministrazioni pubbliche. Gli **interventi in attività libera (allegato A)** devono risultare **compatibili con gli strumenti urbanistici** approvati e i **regolamenti edilizi** vigenti.

La disciplina di attività libera **non si applica agli interventi ricadenti sui beni tutelati** (ai sensi della parte II del codice dei beni culturali e del paesaggio), o in **aree naturali protette** come definite dalla Legge. quadro. sulle aree protette. (L. 960-7657), o dalle leggi regionali, o all'interno di siti della rete Natura2000, di cui alla direttiva 92/43/CEE. In questi casi, si applica il regime della **procedura abilitativa semplificata o PAS**.

Qualora gli interventi insistano su aree o immobili di notevole interesse pubblico, di cui all'art. 136 co. 1, lettere b) e c) del d.lgs. n. 42 del 2004, la realizzazione degli stessi è consentita previo rilascio dell'**autorizzazione dell'autorità preposta alla tutela del vincolo paesaggistico**, che si esprime entro il termine di trenta giorni dalla data di ricezione dell'istanza, previo parere vincolante della **Soprintendenza** competente, da rendere entro 20 giorni ai sensi dell'art. 146, comma 8, del dlgs 42/2004. Non è subordinata all'acquisizione dell'autorizzazione né ad alcun altro atto di assenso la realizzazione degli **interventi su impianti esistenti**, di cui all'allegato A, sezione II, lettere a), numeri 1) e 3), b), c), e) e l).

Tutti gli **interventi** che rientrano in regime di **attività libera** sono individuati dall'**allegato A** al decreto 190/2024, a cui si rimanda per un approfondimento e avere un quadro completo di tutti gli interventi previsti come attività libera.

Procedura abilitativa semplificata (PAS) - l'art. 8 del **Testo Unico Rinnovabili** definisce il **regime di approvazione** degli impianti che va sotto il nome di **Procedura Abilitativa Semplificata** o **PAS**. Introdotta dall'art. 2 del d.lgs. 84-8677. per i casi di intervento relativamente ad impianti a fonti rinnovabili contenuti nell'**allegato B** al presente decreto.

Il quadro completo di tutti gli **interventi previsti attraverso procedura abilitativa semplificata o PAS**, rimanda all'**allegato B** al **Dlgs 190/2024**, che individua tutti gli interventi assoggettati a procedura semplificata.

Occorre inoltre tenere presente, in relazione agli interventi di ristrutturazione importanti di primo e secondo livello di quanto previsto dal D.Lgs. 9 gennaio 2026, n. 5, che recepisce nell'ordinamento italiano la direttiva europea sulle rinnovabili del 2023 (RED III).

1.1.2 La regolamentazione Comunale

L'amministrazione Comunale, con una nota pubblicata il 13/02/2025 e successivamente aggiornamento il 03/02/2026, ha fornito indicazioni in merito all'applicazione del Testo Unico sulle rinnovabili:

<https://www.comune.padova.it/novita/notizie/nuova-disciplina-dei-regimi-amministrativi-la-produzione-di-energia-da-fonti> - <https://www.comune.padova.it/novita/notizie/produzione-di-energia-da-fonti-rinnovabili-nuova-disciplina>, evidenziando con questa la "Nuova disciplina dei regimi amministrativi per la produzione di energia da fonti rinnovabili".

In relazione al Centro Storico la nota precisa: *"Possono, quindi, all'interno della "Zona A" (Centro Storico) essere realizzati, in regime di "Attività edilizia libera", solo impianti solari fotovoltaici integrati su coperture.* Gli impianti devono risultare compatibili con gli strumenti urbanistici approvati e i regolamenti edilizi vigenti e non contrastanti con gli strumenti urbanistici adottati. Anche in regime di "Attività edilizia libera" devono essere rispettati i vincoli previsti da altre normative.

Gli interventi "non integrati" (la definizione di "integrazione" è contenuta nelle linee guida del GSE del 2009) *sono assoggettati alla "Procedura Abilitativa Semplificata".*

1.2 Comunità Energetiche Rinnovabili e auto consumo a distanza

In relazione all'utilizzo di fonti rinnovabili per edifici in Centro Storico, una possibile soluzione percorribile e che annulla ogni tipo di impatto, è data dal corretto e conveniente utilizzo di quanto previsto dal Decreto CACER (D.M. 414/2023), in particolare relativamente all'autoconsumo individuale a distanza.

Questa soluzione permette a un singolo cliente finale di produrre energia rinnovabile in un luogo e consumarla in un altro, consentendo di superare il requisito della prossimità fisica tra impianto di produzione e punto di consumo.

L'autoconsumo a distanza è una configurazione che prevede la presenza di un solo cliente finale che condivide l'energia prodotta da impianti a fonti rinnovabili (ubicati in aree nella sua piena disponibilità) per autoconsumarla virtualmente nei punti di prelievo di cui è titolare.

Il TIAD distingue due tipologie principali per questa figura:

1. autoconsumatore a distanza con linea diretta: l'impianto di produzione e l'unità di consumo sono collegati da una linea elettrica diretta di lunghezza non superiore a 10 km;

2. autoconsumatore a distanza che utilizza la rete di distribuzione: l'energia non viaggia fisicamente da un posto all'altro tramite un cavo privato, ma utilizza la rete elettrica nazionale. Il sistema calcola virtualmente ogni ora la quota immessa in rete dall'impianto e quella prelevata dai vari contatori intestati al cliente.

Il requisito fondamentale è che tutti i punti di connessione (sia quelli di prelievo che quelli di produzione) devono essere sottesi alla medesima cabina primaria. Per accedere agli incentivi previsti dal Decreto CACER, gli impianti a fonti rinnovabili devono rispettare i seguenti requisiti:

- Potenza massima: 1 MW per singolo impianto (per impianti superiori a 1 MW viene riconosciuto solo il contributo di valorizzazione ARERA, ma non la tariffa incentivante).
- Entrata in esercizio: a partire dal 16 dicembre 2021.
- Tipologia di intervento: nuova costruzione o potenziamento di impianti esistenti.
- Componenti: per il fotovoltaico è richiesto l'uso esclusivo di componenti di nuova costruzione.
- Principio DNSH: rispetto del principio Do No Significant Harm (non arrecare danno significativo all'ambiente).

È inoltre possibile dotare gli impianti di sistemi di accumulo per massimizzare l'energia condivisa. La configurazione di autoconsumatore a distanza accede a un sistema di benefici economici molto vantaggioso, erogato dal GSE per una durata di 20 anni.

I contributi spettanti sull'energia elettrica condivisa e autoconsumata si dividono in due voci principali:

1. Tariffa Premio (Incentivo GSE): pari a circa 120 euro per Megawattora (MWh) sull'energia condivisa incentivabile.
2. Corrispettivo di valorizzazione (ARERA): un rimborso di alcune componenti tariffarie di trasmissione e distribuzione, che vale circa 11,90 euro per MWh sull'energia autoconsumata.

Inoltre, l'incentivo è esentasse ed è cumulabile con la detrazione IRPEF del 50% sulle spese di installazione dell'impianto.

1.3 Schede esemplificative di tecnologie innovative per fotovoltaico

A seguire per evidenziare soluzioni tipologiche innovative di impianti fotovoltaici, ritenute più congruenti al loro uso nel Centro Storico, specie su edifici di particolare valore storico-architettonico.

Ai fini di questa linea guida e delle schede a seguire, si ritiene utile riportare quanto previsto nel R.E. all'ART. 89: IMPIANTI PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI A SERVIZIO DEGLI EDIFICI.

"2 bis. Nelle ZTO A, e in zone a questa assimilabili, l'installazione di pannelli solari termici e fotovoltaici **su coperture inclinate** dovrà garantire i seguenti requisiti di dettaglio:

- rispettare eventuali prescrizioni dello strumento urbanistico in relazione alle classi di protezione degli edifici;
- la complanarità degli elementi, anche appoggiati, rispetto al piano di copertura;
- una disposizione regolare (quadrata o rettangolare) e congruente con la conformazione della falda;
- l'arretramento minimo, rispetto al filo esterno della facciata e al colmo, di m. 1,50 (da valutare in relazione al progetto della singola installazione); distanza minima dal confine m. 1,50;
- colorazione preferibilmente congruente con le tonalità della copertura."

Appare utile evidenziare come nella scelta di utilizzare impianti FV in Centro Storico sia necessario compilare la scheda tecnica per la valutazione degli impatti prodotta all'interno del documento "Strategie per la valutazione dell'impatto percettivo e dei valori sensibili del Centro Storico di Padova".

A seguire vengono indicati all'interno di schede tecniche, soluzioni di pannelli FV o di altre tecnologie per le rinnovabili, particolarmente adatte all'impiego nel Centro Storico.

1.3.1 Pannelli Fotovoltaici



Pannelli Fotovoltaici (FV) Colorati I pannelli FV colorati sono versioni personalizzabili dei tradizionali moduli solari, progettati per adattarsi alle esigenze relative al loro uso in edifici storici o in aree con vincoli paesaggistici, dove i pannelli solari standard risultano essere invasivi o in contrasto con l'ambiente circostante. Questi pannelli offrono la possibilità di scegliere in una gamma di colori, per una migliore integrazione con il contesto architettonico/paesaggistico in cui vengono installati: tegole storiche, coperture in cotto o con i colori delle facciate. Rispetto ai moduli fotovoltaici tradizionali, la colorazione può determinare una riduzione della quantità di radiazione solare assorbita e quindi della produzione elettrica. Oggi significativi miglioramenti tecnologici quali l'uso di speciali coloranti, l'uso di celle solari ad alta efficienza e rivestimenti che riflettono meglio la luce solare stanno riducendo questo divario. Pannelli FV colorati, più adatti per le ristrutturazioni in centri storici o in zone con vincoli paesaggistici, non solo si integrano esteticamente con le costruzioni storiche, ma offrono oggi anche prestazioni eccellenti. Altro elemento da tenere in conto, nell'uso di questi pannelli è sicuramente il loro costo che può variare significativamente a seconda di fattori, quali: il produttore, le dimensioni, il colore e le specifiche tecniche dei moduli. È utile comprendere queste variazioni per fare una scelta informata e valutare il ritorno dell'investimento a lungo termine. Tra gli elementi che concorrono ad aumentare il loro costo c'è sicuramente l'utilizzo di tecnologie avanzate, come le celle ad alta efficienza o i rivestimenti speciali. Infine, la scelta di pannelli FV colorati rappresenta oggi una soluzione eccellente per integrare l'energia solare con l'estetica degli edifici, storici.

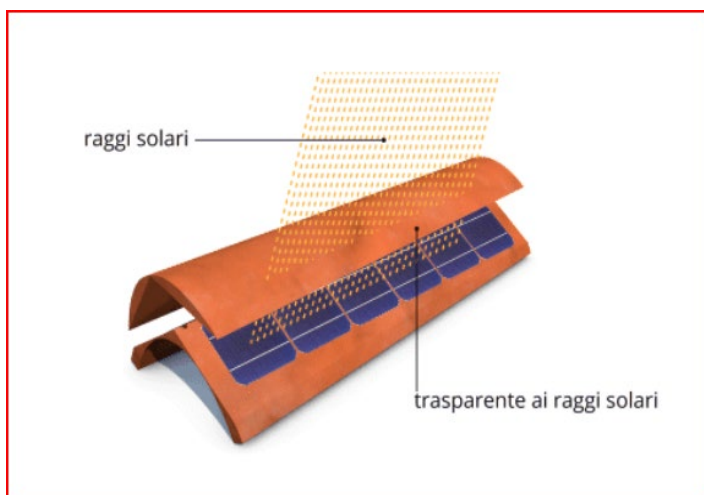
1.3.2 Tegole e coppi fotovoltaici



Tegole e coppi Fotovoltaici

Le tegole solari FV sono in grado di assolvere alla doppia funzione di protezione del tetto dalla pioggia e di generare energia elettrica. Il pannello FV nelle tegole solari è in grado di assorbire la radiazione solare, analogamente ai tradizionali moduli FV, integrandosi nel rivestimento del tetto. Le tegole solari sono realizzate in genere con una struttura in cotto o in ceramica con sovrapposta una cella FV; sono equiparabili alle normali tegole per il tetto, ma a differenza di queste ultime possono anche produrre energia elettrica. I sistemi di fissaggio dei pannelli FV sulle tegole non sono a vista e quindi sono quasi identiche a un normale tetto a tegole. Sul mercato è possibile trovare tegole FV e termiche capaci di fornire anche acqua calda. La loro posa non necessita di vasche e/o staffe di fissaggio, vengono perciò scongiurati tutti i problemi legati a infiltrazioni e ponti termici. Le tegole FV devono essere collegate in serie tra loro per produrre energia elettrica; possono coprire tutto il tetto o alcune parti, evitando così di posizionarle nelle parti del tetto che vanno in ombra. L'elettricità prodotta può essere immagazzinata in un sistema di accumulo per ottimizzare l'autoconsumo. Una singola tegola FV ha in genere una potenza di picco di 100 Wp, per ottenere un rendimento delle tegole FV adeguato al fabbisogno medio annuo di energia elettrica di una famiglia di quattro persone (circa 2.700 kWh) serve almeno un impianto di 3 kW, il quale sarà composto da 30 a 50 tegole con cella. Vengono prodotte con cromatismi diversi sia del supporto in cotto che delle celle FV per adattarsi al manto di tegole preesistente. I manti così realizzati non alterano le proprietà di volano termico tipiche del cotto e neppure quelle dei canali di deflusso. Scegliendo le tegole o i coppi FV, è utile selezionare modelli che permettano la sostituzione del pannello FV senza dover cambiare tutta la tegola. Il prezzo delle tegole FV è funzione di: modello, rendimento e dimensioni della tegola utilizzata. Per determinare il costo del sistema bisogna stabilire la potenza complessiva da installare, per poi valutare il numero di tegole necessarie in base alle loro misure e resa.

1.3.3 Coppi con celle fotovoltaiche non visibili



Coppi con celle FV non visibili

Per descrivere queste particolari tegole FV riprendiamo quanto indicato dal MIBACT (2015) nelle “Linee di indirizzo per il miglioramento dell’efficienza energetica nel patrimonio culturale. *“Architettura, centri e nuclei storici ed urbani: una prospettiva sicuramente interessante è offerta dai coppi in cui le celle di silicio sono completamente inglobate nel corpo degli stessi, essendo questi realizzati in composto polimerico caricato con polveri naturali, tale da risultare alla vista del tutto analogo al materiale tradizionale e di consentire al contempo ai raggi solari di filtrare attraverso la superficie esterna (come fosse trasparente) e raggiungere le celle fotovoltaiche. Tale tecnologia, applicabile anche ad altri elementi di finitura, è emersa peraltro nell’ambito dell’edizione 2010 del concorso di idee periodicamente promosso dall’Associazione Marevivo e da vari Enti e Amministrazioni, tra cui il MiBACT, ed è attualmente in fase di ottimizzazione e verifica con il supporto dell’ENEA. Il caricamento con polveri naturali dovrebbe consentire peraltro di ottenere i diversi caratteri cromatici tipici delle tradizioni costruttive locali in relazione alle argille disponibili nei vari ambiti territoriali regionali e sub-regionali, oltre che caratteristiche materiche analoghe a quelle dei normali elementi laterizi; prototipi sono stati realizzati anche riproducendo pietre da rivestimento, pannelli di intonaco e finanche elementi lignei, applicazioni che aprono tuttavia la riflessione attorno a taluni assunti del restauro, quali quello dell’autenticità e della riconoscibilità della materia.”* Oggi le tegole, dopo la fase sperimentale e, aumentata la loro efficienza, sono in produzione. Il loro funzionamento si basa sul principio della bassa densità molecolare, ciascun modulo è formato con un composto polimerico atossico e riciclabile, che viene appositamente lavorato per incentivare l’assorbimento dei fotoni. All’interno del modulo sono incorporate normali celle di silicio monocristallino. Sono autopulenti e disinfettanti, in quanto i loro materiali costituenti, quando il sole li colpisce, attraverso la fotocatalisi trasformano lo sporco



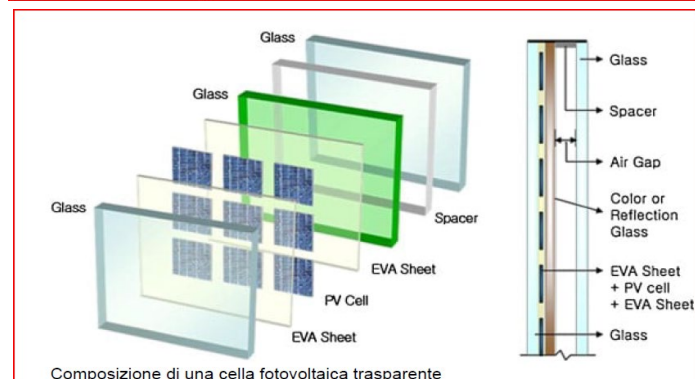
e l'inquinamento in sali inerti che vengono spazzati via dalla pioggia e dal vento.

A queste prime realizzazioni sono susseguite altre interessanti innovazioni, tra le quali si ritiene utile evidenziare le tegole FV prodotte attraverso un innovativo processo brevettato di stratifica a freddo. Queste tegole vengono realizzate in vetro per poi farle assumere, utilizzando una speciale vernice, l'aspetto visivo di un coppo tradizionale. Questa vernice non viene semplicemente applicata sulla superficie ma viene cotta insieme al vetro, diventando un corpo unico con esso. In particolare, questa vernice risulta essere trasparente alla luce solare e, questa proprietà fa sì che una volta applicate sul vetro, cellule fotovoltaiche di ultimissima generazione, di fatto invisibili quando ricoperte dalla vernice, queste riescono a produrre in maniera efficiente energia elettrica. Di fatto è possibile fare un revamping parziale del tetto, senza la necessità di sostituire tutti i coppi ma solo una porzione di essi, tenendo presente che con circa 40 metri quadrati di coppi si producono circa 4,5 kW di potenza installata. Il costo finale dell'intervento risulta essere maggiore rispetto ai pannelli tradizionali di circa il 30-35% in più. Altra utile annotazione da fare è relativa al fatto che queste tegole FV risultano essere molto più leggere di quelle tradizionali, per cui la realizzazione del tetto fotovoltaico non si traduce in un appesantimento strutturale, ma in un suo alleggerimento.

1.3.4 Vetri Fotovoltaici



Cella fotovoltaica trasparente



Composizione di una cella fotovoltaica trasparente



Vetri Fotovoltaici

È una tecnologia recente che consente di disporre di un fotovoltaico integrato nel vetro, realizzando di fatto una vetrata fotovoltaica. È una soluzione molto utile per fronteggiare situazioni nelle quali non è possibile sfruttare il tetto per la posa in opera dei pannelli FV (piani bassi di unità immobiliari, comunque irraggiati dal sole o lucernari). Il vetro trasparente lascia penetrare la luce ottenendo così il doppio vantaggio della produzione di energia elettrica e illuminazione delle sale. I vetri fotovoltaici sono formati da due lastre di vetro, tra le quali sono inseriti i materiali otticamente attivi, ossia celle fotovoltaiche in silicio amorfo, monocristallino o policristallino, in questo modo l'impatto visivo è nullo. Per la realizzazione di queste vetrate è utilizzata una speciale vernice di gel trasparente contenente silicio amorfo che viene applicato sulla superficie del singolo vetro o inserita nell'intercapedine di una vetrocamera e che trasforma i pannelli in semiconduttori, rendendoli al contempo trasparenti al punto tale da poterli utilizzare come finestre. A seconda di dove viene applicato il gel, i risultati in termini di produttività sono molto differenti; se applicato sulla superficie del vetro, la finestra fotovoltaica riesce a produrre fino a 100 Watt per metro quadrato; se applicato all'intercapedine, invece, riesce a produrre anche fino a 300 Watt al metro quadrato, ossia quasi il triplo. Esistono due tipologie di finestre fotovoltaiche:

- 1) finestre con vetri fotovoltaici semitrasparenti che lasciano passare una luce piuttosto scura e presentano una produzione elevata di energia elettrica, bloccando al contempo l'assorbimento del calore e dei raggi infrarossi da parte dei vetri;
- 2) finestre con vetri fotovoltaici trasparenti che garantiscono le stesse quantità di luce di una finestra tradizionale ma producendo elettricità attraverso l'assorbimento delle radiazioni solari.

Sul mercato si trovano vetri fotovoltaici cromogenici, una tecnologia di vetro fotovoltaico in grado di assumere un comportamento diverso in funzione di luce, temperatura e differenza di potenziale elettrico.

1.4 Geotermia a bassa entalpia una possibile fonte rinnovabile per il Centro Storico

Quando si parla di energia geotermica si fa riferimento al calore naturale presente nella profondità della terra, rappresentando una risorsa energetica preziosa in grado di ridurre significativamente l'impatto ambientale per promuovere una produzione energetica sostenibile e pulita. Esistono tre principali tipologie di geotermia:

- a) Alta entalpia, utilizzata per la produzione di energia elettrica in presenza di anomalie geologiche o vulcaniche, con temperature superiori ai 150 °C;
- b) Media entalpia, impiegata per il teleriscaldamento sfruttando acque termali tra 80 e 150 °C;
- c) Bassa entalpia, particolarmente adatta ad alcune applicazioni domestiche, sfrutta il sottosuolo come serbatoio termico, estraendo o cedendo calore in base alla stagione.

La prima – a), è quella che sfrutta le anomalie geologiche o vulcanologiche per la grande produzione di energia elettrica che impiega vapori e acque con temperature anche superiori ai 150 °C. La seconda – b) adopera lo sfruttamento delle acque termali con temperature tra gli 80 e i 150 °C principalmente per scopi di teleriscaldamento. La terza – c), invece, è quella ideale per i fini domestici ed è relativa allo sfruttamento del sottosuolo come serbatoio termico dal quale estrarre calore a richiesta durante la stagione invernale ed al quale cederne durante la stagione estiva.

La definizione di geotermia a bassa entalpia a cui faremo riferimento è quella che deriva dalla definizione fornita dal D.lgs. 22/2010 in materia di fluidi estratti dal sottosuolo per la produzione di calore e/o elettricità: i fluidi sono a bassa entalpia quando si trovano a una temperatura minore di 90 °C.

Il geo-scambio è quell'insieme di principi, tecnologie e tecniche della geotermia a bassa o bassissima entalpia. Esso sfrutta il sottosuolo poco profondo (solitamente tra pochi metri e 150 metri) come serbatoio di calore e si basa sulla differenza termica tra la terra e l'atmosfera. In ambito domestico si sfruttano impianti a bassa entalpia, utilizzando appunto il sottosuolo poco profondo come serbatoio termico per riscaldare gli edifici, prelevando calore in inverno, e raffrescarli, cedendolo in estate. Questa forma energetica non richiede la necessità di sonde a grande profondità ed è potenzialmente utilizzabile in numerosi contesti, previa verifica delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche e degli aspetti autorizzativi.

L'utilizzo della geotermia a bassa entalpia tramite l'installazione di una pompa di calore geotermica garantisce un risparmio per la climatizzazione di un edificio, in quanto permette una riduzione dei consumi anche del 70% rispetto ai sistemi tradizionali. Tuttavia, gli impianti di questo tipo possono avere costi anche molto elevati, quindi è importante valutare attentamente l'effettiva convenienza dell'investimento.

L'installazione di un impianto geotermico richiede un investimento iniziale significativo e questo determina la necessità di una attenta valutazione dell'effettiva convenienza economica dell'investimento che, comunque ha un tempo di rientro molto veloce.

Aggiornamento normativo

Il MASE con il DL 02/04/2026 "sonde geotermiche" ha aggiornato il DM 30 settembre 2022 e adegua la disciplina delle piccole utilizzazioni locali di calore geotermico realizzate mediante sonde a circuito chiuso ai nuovi regimi amministrativi introdotti dal d.lgs. n. 190/2024. Il provvedimento ridefinisce le soglie di potenza e profondità che distinguono l'attività libera dalla PAS, stabilisce le prescrizioni tecniche per la progettazione, la perforazione e i materiali, e disciplina le qualificazioni professionali richieste.

Il decreto si applica alle piccole utilizzazioni locali di calore geotermico realizzate con sonde a circuito chiuso, rientranti negli allegati A (attività libera) e B (PAS) del d.lgs. n. 190/2024. Tali impianti non sono soggetti alla disciplina mineraria (R.D. n. 1443/1927) né all'art. 826 c.c., trattandosi di installazioni che non effettuano prelievo o immissione di fluidi geotermici nel sottosuolo. La realizzazione è consentita, in entrambi i regimi, solo su edifici esistenti purché non comporti modifiche di destinazione d'uso, interventi su parti strutturali o incremento di parametri urbanistici; per le nuove costruzioni occorre un previo titolo edilizio.

Regimi abilitativi: soglie e procedura

Attività libera: si applica agli impianti con potenza termica inferiore a 50 kW e sonde orizzontali fino a 2 metri o verticali fino a 80 metri di profondità. Il proponente trasmette il modello unico semplificato alla piattaforma SUER entro cinque giorni dall'entrata in esercizio.

PAS: si applica agli impianti con potenza termica inferiore a 500 kW e sonde orizzontali fino a 3 metri o verticali fino a 250 metri. La comunicazione avviene tramite modello unico PAS sulla piattaforma SUER prima dell'avvio dei lavori. Nelle more dell'operatività della piattaforma, la documentazione è trasmessa in modalità digitale attraverso gli strumenti dell'amministrazione competente.

Note tecniche

I sistemi geotermici a bassa entalpia sfruttano, per climatizzare un edificio, il calore presente nel primo strato del sottosuolo, con profondità compresa tra 1 e 200 m circa, prelevandolo attraverso un fluido vettore e una Pompa di Calore (PdC). Durante la stagione invernale (riscaldamento), l'edificio ha funzione di "pozzo caldo", mentre durante il periodo estivo, l'edificio rappresenta la "sorgente fredda" da cui viene estratto il calore. Contrariamente, il suolo agisce da "sorgente" di calore per la pompa di calore durante la modalità di riscaldamento, o da "pozzo" di calore in modalità di raffrescamento.

Rispetto alle PdC ad aria, le PdC geotermiche presentano il vantaggio che la temperatura del suolo a una certa profondità varia molto meno durante l'anno: a partire da una profondità di 20 m, la temperatura del suolo è quasi costante durante tutto l'anno, pari a circa alla temperatura media annuale dell'aria (10-16 °C), con un aumento di temperatura pari circa di 1°C ogni 33 m in più di profondità.

Questo significa che il suolo è più caldo in inverno e più fresco in estate rispetto all'aria, a vantaggio della prestazione della pompa di calore.

La prestazione di una PdC è infatti esprimibile tramite il rapporto tra il calore immesso o estratto dall'edificio (effetto utile) e il consumo di energia (spesa), noto come COP (coefficiente di prestazione), che per le pompe di calore geotermiche varia tra 3 e 6.

Gli impianti a pompa di calore geotermica si adattano a qualsiasi tipo di edificio, dal residenziale agli edifici pubblici.

Sono particolarmente indicati per le nuove costruzioni, dove rappresentano una soluzione efficiente e sostenibile. Negli edifici esistenti, invece, l'installazione è più complessa e richiede una valutazione da parte di un esperto per verificare fattibilità, costi ed efficacia del sistema.

Gli scambiatori di calore al suolo si dividono in tre categorie:

- Scambio diretto;
- Circuito chiuso;
- Circuito aperto.

A seconda del tipo di impianto, il circuito del refrigerante della pompa di calore può essere a diretto contatto con il suolo (scambio diretto), o può far circolare un fluido contenente acqua e additivi antigelo (circuito chiuso), o può operare lo scambio termico sull'acqua di falda (circuito aperto).

Scambio diretto

Nel caso dello scambio diretto, lo scambio termico avviene con il terreno. Il refrigerante esce dalla pompa di calore, circola in una tubazione a diretto contatto con il terreno, scambia calore con esso e ritorna alla pompa di calore. Questo tipo di impianto è molto efficiente, ma richiede un controllo di qualità maggiore sui tubi, poiché il gas refrigerante potrebbe fuoriuscire anche da piccole crepe. Inoltre, il materiale dei tubi (rame) deve essere protetto dalla corrosione in suoli acidi. Questi impianti possono presentare prestazioni più elevate rispetto a quelli a circuito chiuso. Inoltre, non bisogna dimenticare che questo tipo di impianto è proibito in alcuni paesi, perché presentano il rischio di fuoriuscita di lubrificante del compressore della PdC.

Circuito aperto

Nel caso di un circuito aperto, l'interazione termica avviene con acqua di falda (la cui temperatura oscilla tutto l'anno tra gli 8 e i 12 °C) o, più raramente, con acqua proveniente da corpi idrici superficiali come fiumi o laghi. L'acqua prelevata può essere reimpressa nello stesso corpo idrico superficiale oppure nello stesso acquifero da cui è stata prelevata. Prelievo e reimmissione avvengono tramite trincee drenanti o pozzi, ed è importante che i due punti di presa/resa siano realizzati a una distanza adeguata a evitare la cortocircuitazione termica. Quest'ultima si verifica quando l'acqua, termicamente alterata dal pozzo di reimmissione termica (detta anche "plume termico"), raggiunge il pozzo di prelievo. Svantaggio principale di questa configurazione è la possibilità che si formino cricche e incrostazioni, che possono accorciare la vita utile dell'impianto: sono pertanto sconsigliati in presenza di acqua con alti contenuti di sali disciolti.

Circuito chiuso

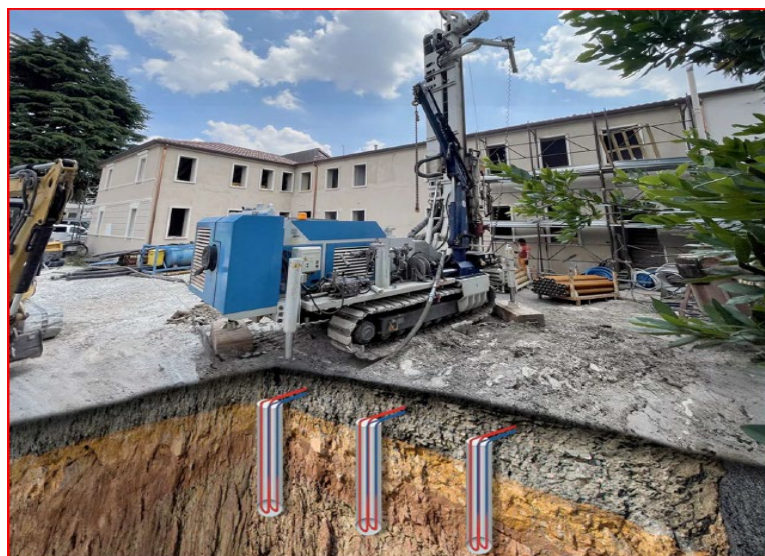
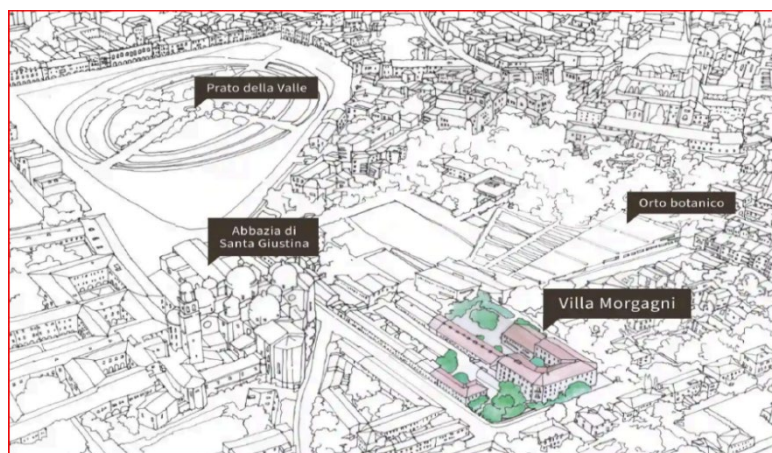
Gli impianti geotermici a circuito chiuso sono i più diffusi e possono essere classificati sulla base del posizionamento e della tipologia degli elementi di scambio termico nel terreno.

- Circuito chiuso orizzontale:
- Circuito chiuso verticale (sonde geotermiche).

Teleriscaldamento a servizio del Centro Storico

L'amministrazione di Padova, in accordo con l'università di Padova, sta valutando la possibilità di realizzare un impianto geotermico a servizio anche del Centro Storico, tramite una apposita rete di teleriscaldamento, ipotizzabile attraverso la realizzazione di pozzi open loop nei parchi e nei lotti non urbanizzati presenti all'interno o al margine del centro stesso (es. parco Fistomba). Se questo progetto verrà realizzato, una volta verificato con attenzione come e dove portare la rete di teleriscaldamento, gli edifici del Centro Storico potrebbero essere allacciati senza più la necessità di autoprodursi l'energia necessaria alla climatizzazione ambiente e alla produzione di acqua calda, rendendo la città storica molto più efficiente ed abbassando la quantità di CO₂ dalla stessa prodotta.

1.4.1 Impianti geotermici a circuito chiuso



Impianti geotermici a circuito chiuso verticale (sonde geotermiche):

I tubi geotermici, posizionati verticalmente hanno profondità di perforazione da 20 a 200 mt. Le sonde possono avere configurazioni diverse: coassiale, U, doppia U ecc.. All'interno del foro, lo spazio attorno ai tubi viene riempito con un materiale con buona conducibilità termica (cls contenente inerti silicei e additivi chiamato grouting geotermico). Le sonde geotermiche sono spesso adottate quando lo spazio per un impianto a circuito chiuso orizzontale è limitato o quando non è disponibile una falda idrica per un impianto a circuito aperto. La potenza termica ottenibile da sonde verticali è anche funzione del tipo di terreno. **Nel Centro Storico di Padova** è stata già utilizzata questa tipologia di impianto nella ristrutturazione dell'ex casa di cura Morgagni, oggi trasformato in residence (progetto arch. Albano Salmaso). La ristrutturazione del complesso ha nell'efficienza energetica e nella sostenibilità dell'intervento i suoi punti di forza, oltre alla qualità dell'architettura che lo contraddistingue. Per la realizzazione dell'impianto sono stati realizzati fori profondi in cui è posata una tubazione a U all'interno della quale circola il fluido termovettore (acqua). Successivamente la cementazione del perforo ha ripristinato la continuità con il sottosuolo garantendo il contatto termico col terreno circostante. Ogni sonda geotermica interagisce con un volume rilevante di terreno, un ipotetico cilindro di diametro di 8-10 m e di altezza pari a 100 m, dal quale viene prelevata energia termica in inverno e nel quale viene restituita energia in fase estiva.

Impianti geotermici a circuito chiuso orizzontale



Impianti geotermici a circuito chiuso orizzontale:

Le tubazioni vengono disposte in una trincea orizzontale la cui profondità è maggiore rispetto a quella in cui potrebbe verificarsi il congelamento del terreno (in genere intorno a 1-3 m). La superficie esterna necessaria all'installazione delle sonde geotermiche orizzontali deve essere tra il 100% e il 150% della superficie da riscaldare per cui si può ipotizzare l'uso di questa tipologia di impianto solo quando c'è spazio sufficiente e il terreno è adatto. Questo sistema è vantaggioso per il riscaldamento domestico poiché offre una buona produttività e un notevole risparmio sui costi di realizzazione rispetto alle sonde verticali e, per questo è considerato uno dei sistemi più convenienti per impianti a bassa entalpia. Una tecnologia molto efficiente è quella che utilizza sonde geotermiche orizzontali a Foglia che costituiscono il modulo fondamentale per lo scambio di calore con il terreno e consentono di realizzare così l'impianto geotermico orizzontale. Le sonde vengono collegate alla pompa di calore geotermica per la climatizzazione ambiente e per la produzione di acqua calda sanitaria. Le sonde geotermiche a Foglia sono costituite da fitta serie di tubazioni in polipropilene, con un limitato interasse tra di loro e con dimensioni standard di circa 6 x 1 metri. La sonda geotermica orizzontale viene installata su area verde a 1,5 metri di profondità nel terreno in un letto di sabbia. Il contenuto del circuito dell'impianto geotermico orizzontale ad alta efficienza è composto da acqua e glicole, le percentuali di glicole variano a seconda delle condizioni di progetto. Il terreno deve essere esposto al sole e libero da costruzioni e alberi, ma può ospitare prato, cespugli e arbusti. Appare chiaro come questa tecnologia possa essere utilizzata in Centro Storico solo in presenza di giardini/aree verdi di sufficiente superficie

1.5 Comunità Energetiche Rinnovabili e teleriscaldamento: due buone pratiche a impatto zero per ridurre le emissioni di CO2

Volendo ridurre le emissioni di gas climalteranti in Centro Storico, tramite l'uso di rinnovabili, è possibile fare ricorso a due possibili soluzioni che lo consentono senza la necessità di prevedere impianti realizzati in loco, a seguire per evidenziarne le possibilità:

- Comunità Energetiche Rinnovabili – CER: Una CER è un insieme di cittadini, piccole e medie imprese, enti territoriali e autorità locali, incluse le amministrazioni comunali, le cooperative, gli enti di ricerca, gli enti religiosi, quelli del terzo settore e di protezione ambientale, che condividono virtualmente l'energia elettrica rinnovabile prodotta da impianti nella disponibilità di uno o più soggetti associatisi alla comunità. In una CER l'energia elettrica rinnovabile può essere condivisa tra i diversi soggetti produttori e consumatori, localizzati all'interno di un medesimo perimetro geografico (quello individuato dalla cabina primaria), grazie all'impiego della rete nazionale di distribuzione di energia elettrica, che rende possibile la condivisione virtuale di tale energia. Per usufruire dell'utilizzo di rinnovabili senza realizzare impianti in loco sono possibili due diverse modalità:
 1. Aderire a una CER attiva sulla cabina primaria del Centro Storico (a Padova è già stata attivata una CER a cui è possibile aderire da parte dei consumatori), in questo modo non solo si utilizzerebbe energia da fonte rinnovabile prodotta in loco, ma contemporaneamente si avrebbe diritto ad una parte dell'incentivo ottenuto dalla CER, proporzionale all'energia consumata;
 2. Autoconsumo a distanza: è stato già precedentemente descritto.
- Teleriscaldamento da geotermia a bassa entalpia: è l'accoppiamento di calore a bassa temperatura da fonte terrestre che viene trasformato, utilizzando la tecnologia a pompa di calore, a livelli di calore più alto e trasferita in teleriscaldamento ad utenze domestiche e/o civili, per la climatizzazione degli edifici collegati o per l'acqua calda sanitaria. Il Comune di Padova sta valutando la possibilità di attivare tale modalità di produzione e trasporto di acqua calda in aree limitrofe al Centro Storico. Se realizzato, questo consentirebbe di allacciarsi alla rete di teleriscaldamento senza necessità di produrre energia rinnovabile nel Centro Storico.