
8 Tecniche

Per procedere con l'individuazione delle soluzioni possibili per l'obiettivo di riduzione delle emissioni del Patto dei Sindaci, sono state individuate le tecniche attraverso le quali definire una modalità di attuazione per il Piano Energetico. Le tecniche individuate sono principalmente divise in tre categorie:

- **Tecniche di risparmio energetico:** la riduzione delle emissioni è data da misure che sono in grado di ridurre i consumi energetici mantenendo lo stesso output del sistema;
- **Tecniche di produzione di energia da fonte rinnovabile:** in questo caso la riduzione di anidride carbonica si ottiene tramite la produzione dello stesso quantitativo di energia ma da fonti rinnovabili, cioè fonti a emissioni nulle o non significative;
- **Tecniche di cattura di CO₂:** la riduzione di emissioni non è dovuta alla mancata produzione di energia o alla produzione da fonti non inquinanti, ma all'utilizzo di tecniche che fungono da pozzi di assorbimento per l'anidride carbonica (e.g. ambienti boschivi).

In particolare, in base a questa distinzione, sono state individuate le seguenti tecniche utilizzabili

- Tecniche di risparmio energetico:
 - **Cogenerazione e tele-riscaldamento:** produzione combinata di energia elettrica ed energia termica, unita a reti per la distribuzione del calore se richieste;
 - **Riqualificazione energetica degli edifici:** opere di ristrutturazione degli edifici (e.g. coibentazione, doppi vetri, ecc.) con conseguente miglioramento della Classe Energetica [10];
- Produzione di energia da fonti rinnovabili (Green Energy), quali:
 - **Energia da biomasse:** produzione di energia termica e/o elettrica tramite trattamento di rifiuti organici o coltivazione dedicata di colture non alimentari finalizzate alla produzione di energia;
 - **Energia eolica:** produzione di energia elettrica tramite lo sfruttamento di pale eoliche;
 - **Energia geotermica:** produzione di energia termica indirizzabile per il riscaldamento domestico o produzione di energia elettrica da fonti di acqua calda dal sottosuolo (e.g. geyser);
 - **Energia idroelettrica:** produzione di energia elettrica tramite turbine idrauliche che sfruttano il moto dell'acqua;
 - **Energia solare fotovoltaica:** produzione di energia elettrica da energia solare con l'utilizzo di pannelli solari fotovoltaici;
 - **Energia solare termica:** produzione di energia termica da energia solare con l'utilizzo di pannelli solari termici;
- Pozzi di CO₂:
 - **Aree verdi:** sequestro di anidride carbonica conseguente alla piantumazione di alberi in aree verdi.

In base alle caratteristiche del territorio comunale, unite all'esigenza di una forte scalabilità della tecnica in esame che consenta la produzione o il risparmio di un quantitativo significativo di energia che porta alla riduzione di emissioni, è necessario effettuare una prima scrematura delle tecniche individuate, isolando quelle meno adatte al raggiungimento dell'obiettivo finale.

In particolare, tra le tecniche di produzione di energia da fonti rinnovabili, l'energia eolica, geotermica ed idroelettrica, in base alle peculiarità del territorio comunale, o allo stato dell'arte della tecnologia stessa, presentano alcune difficoltà:

- **Energia eolica:** in base alla mappa del vento della zona del comune di Cesena (Figura 8.1 - Mappa del vento del Comune di Cesena), è possibile notare che Cesena si trova in una zona in cui i venti medi non superano i 4 o 5 m/s, in altre parole non adatti a ottenere una producibilità energetica sufficiente sfruttando impianti di pale eoliche. Inoltre, gli impianti ad asse orizzontale sono molto rumorosi, e difficilmente installabili in ambiente urbano, mentre gli impianti ad asse verticale presentano l'inconveniente di rendimenti più bassi e della necessità di avviamento assistito (con crescita del costo di installazione). Per questo motivo l'energia eolica non è stata presa in considerazione come tecnica scalabile utile per il raggiungimento dell'obiettivo a livello comunale; ciò non esclude che all'interno del territorio esistano zone in cui la forza del vento è maggiore rispetto alla media stimata, e nei cui singoli casi non sia da precludere lo sfruttamento di impianti eolici;
- **Energia geotermica:** dal punto di vista dello sfruttamento dell'energia termica da sottosuolo, questa tecnica viene inclusa tra le possibili opere di riqualificazione energetica degli edifici. Relativamente invece alla produzione di energia elettrica sfruttando sorgenti di acqua ad alta pressione provenienti dal sottosuolo, il territorio comunale non ha alcuna sorgente geotermica sfruttabile; per questo motivo, questa tecnica, non potendo contribuire all'obiettivo finale, non sarà analizzata nel dettaglio;
- **Energia idroelettrica:** in questo caso sono stati analizzati i dati relativi alla funzionalità fluviale del fiume Savio (Figura 8.2 - Dati del fiume Savio), che in ordine di portata e lunghezza è uno dei più grandi del territorio del Comune di Cesena. È possibile notare dalla figura come l'indice di funzionalità fluviale, che traduce le informazioni sul regime idraulico e sulla struttura dell'alveo, è molto basso esattamente nei pressi del territorio cesenate, a indicazione della scarsa efficienza che avrebbero impianti idroelettrici; considerando inoltre la scarsa presenza di fiumi nel territorio, e la bassa producibilità energetica degli impianti stessi, nemmeno l'energia idroelettrica è stata presa in considerazione a livello di sistema, poiché è una tecnica non scalabile all'interno del territorio di riferimento; anche in questo caso, però, analogamente a quanto riportato per l'energia eolica, non se ne preclude a priori l'utilizzo, perché è possibile esistano casi particolari in cui è fattibile sfruttare impianti idroelettrici ottenendo un buon rendimento.

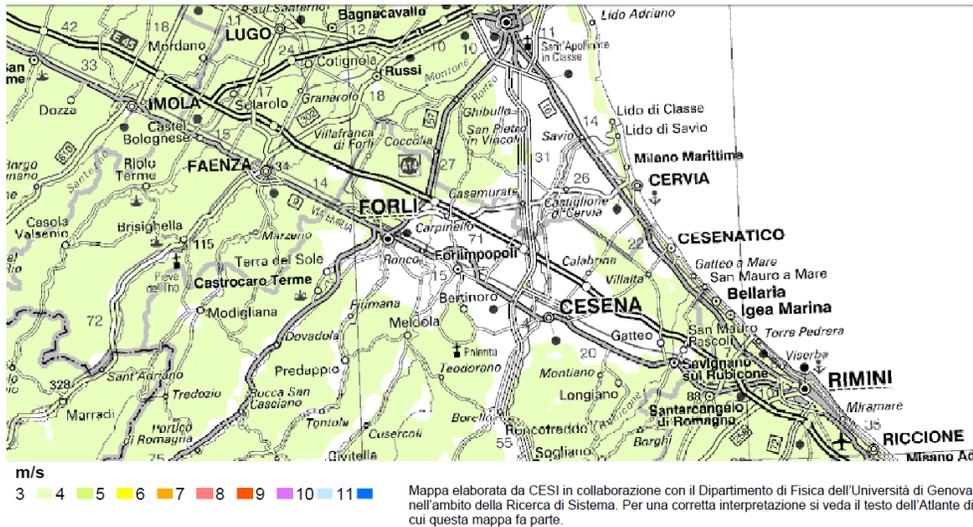


Figura 8.1 - Mappa del vento del Comune di Cesena [11]

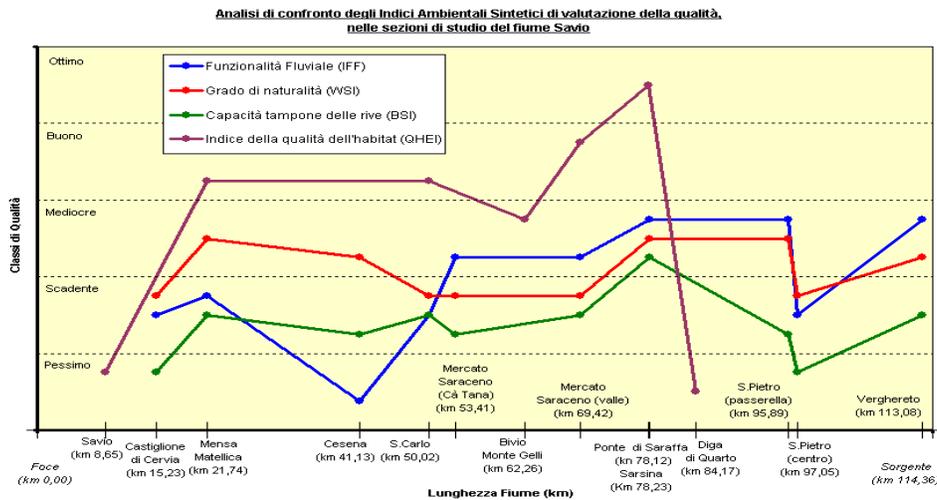


Figura 8.2 - Dati del fiume Savio[12]

Nel seguito verranno approfondite le tecniche restanti, indicando le caratteristiche tecnologiche che costituiscono lo stato dell'arte, e l'applicabilità al territorio del Comune di Cesena. Verrà usata quindi la metodologia descritta in precedenza per valutare ciascuna tecnica, ipotizzando di raggiungere l'obiettivo di riduzione delle emissioni tecnica solo mediante la tecnica in esame, in modo da:

- ricavare indicazioni sulla scalabilità della tecnica;
- effettuare confronti significativi fra tecniche diverse fissando un obiettivo comune.

Le schede realizzate hanno l'unico scopo di fornire un'indicazione di massima sulla tecniche considerate, completamente astratta e che non considera le caratteristiche e le potenzialità del territorio comunale; sono state realizzate con l'obiettivo di poter effettuare un confronto immediato

e visuale tra le diverse tecniche, indicandone i dati relativi così come sono stati estratti da letteratura, in modo da intuire in prima analisi le potenzialità di ciascuna di esse e quanto possono incidere sul raggiungimento dell'obiettivo finale. La contestualizzazione di queste, effettuata sulla base dei numeri del territorio (come l'energia consumata, l'area disponibile o i maggiori settori di consumo), sarà effettuata solo successivamente, nel momento in cui si procederà alla costruzione di dettaglio degli scenari, e in quel momento la scheda tecnica verrà adattata alla conformazione del territorio del Comune di Cesena.

Nelle schede, inoltre, verrà riportato un valore specifico di producibilità energetica caratteristico della tecnica in esame; il valore viene riportato nella scheda così come estratto dalle specifiche tecnologiche relative, ma in fase di valutazione, per ottenere un valore uniforme e confrontabile tra le tecniche che producono o risparmiano energia elettrica o termica, è stato convertito nell'unità di misura relativa all'energia primaria prodotta o risparmiata (TEP, così come definito nel capitolo 16 Glossario e definizioni).

8.1 Cogenerazione

Si intende in questo caso, per tecnica cogenerativa, la produzione combinata di energia termica ed elettrica tramite turbine che sfruttano combustibili fossili; per questo motivo, la tecnica è da considerarsi nella categoria delle tecniche di efficienza energetica, ma non nella categoria di produzione da fonti rinnovabili²¹. In particolare, si suppone l'utilizzo impianti che, a oggi, presentano le caratteristiche operative riassunte in Tabella 8.1 - Scheda "Cogenerazione"; la stessa tabella presenta quindi la rappresentazione grafica della tecnica utilizzando la metodologia proposta in precedenza.

Cogenerazione	
Caratteristiche generali	<ul style="list-style-type: none">• È una tecnologia consolidata, utilizzata da tempo in ambito industriale;• Impianti in grado di innalzare l'efficienza totale del sistema dal 49% dei sistemi tradizionali al 75% [13];• Il metano in ingresso viene utilizzato al 50% per la produzione di energia termica, al 35% per la produzione di energia elettrica, e il rimanente viene disperso [13];
Costo stimato	<ul style="list-style-type: none">• Il costo medio è di 1.500 € per kWp elettrico installato [13];• Il costo considera la sola installazione dell'impianto, ed è privo di eventuali costi per interventi di ausilio necessari (e.g. sistema di distribuzione del calore per reti di teleriscaldamento);

²¹ Esiste ovviamente la possibilità di alimentare il cogeneratore con biomassa rinnovabile: tale opzione viene considerata nei paragrafi dedicati alle biomasse.

Densità energetica	<ul style="list-style-type: none"> La producibilità media degli impianti è di 8.000 kWh_e/mq [13]; La densità energetica codifica la producibilità energetica della tecnica per ciascun metro quadro di installazione;
Problematiche	<ul style="list-style-type: none"> Lo sfruttamento ottimale presenta benefici di scala e necessita di costanza della richiesta di calore (non adatto alla singola abitazione) ; Lo sfruttamento tramite impianti di teleriscaldamento presuppone la costruzione o l'esistenza dell'infrastruttura di supporto;
Vantaggi	<ul style="list-style-type: none"> L'efficienza della produzione combinata è superiore a quella ottenibile con impianti dedicati separati; Si raggiungono ottimi risultati di efficienza energetica anche con l'installazione di un numero contenuto di impianti ; La maturità della tecnologia di base incide positivamente abbassando i costi;
Rappresentazione grafica <i>Il segno sugli assi Efficienza Energetica, Rinnovabilità e Riduzione delle emissioni rappresenta la sufficienza così come definita in Tabella 7.2 - Codifica degli indicatori</i>	<p>The radar chart displays five indicators on its axes: Efficienza energetica (top), Rinnovabilità (right), Riduzione delle emissioni (bottom-right), Densità energetica (bottom), and Economicità (left). The scale ranges from 0,00 to 10,00. A blue shaded area represents the performance profile, with a red line indicating a specific target or current state. The values are approximately: Efficienza energetica (10,00), Rinnovabilità (5,00), Riduzione delle emissioni (5,00), Densità energetica (5,00), and Economicità (5,00).</p>
Misura dell'obiettivo	L'obiettivo di riduzione delle emissioni, ipotizzando l'uso esclusivo di questa tecnica, verrebbe raggiunto con l'installazione di 160 MWp, corrispondenti a circa 320 impianti di piccola taglia (375 kW)

Tabella 8.1 - Scheda "Cogenerazione"

È possibile notare come la tecnica assuma ottimi punteggi su tutti gli assi, ad esclusione di quello relativo alla rinnovabilità, in quanto, come detto, la tecnica non sfrutta fonti rinnovabili; ipotizzando di ottenere la sufficienza sull'asse di riduzione delle emissioni (che rappresenta l'obiettivo finale del Patto dei Sindaci), la tecnica riesce anche a superare la sufficienza sull'asse "Efficienza energetica", rispettando quindi la normativa 20-20-20 relativamente alle misure di risparmio energetico; buona è la smaltibilità dei componenti utilizzati per la costruzione degli impianti, ottima l'economicità, grazie all'alto potere di efficienza e la conseguente riduzione di emissioni di CO₂ rapportata al costo iniziale

contenuto; analogamente la densità energetica, grazie all'alta producibilità di energia per metro quadro.

8.2 Riqualificazione energetica

Sono state considerate in questo caso tutte le opere in grado di aumentare la classe energetica di un edificio, in particolare un'abitazione domestica, incidendo quindi positivamente sui consumi della costruzione; per questo motivo, anche in questo caso la tecnica fa parte della categoria delle tecniche di efficienza energetica. In Tabella 8.2 - Scheda "Riqualificazione energetica" vengono riportate le caratteristiche generali considerate; in seguito viene fornita la rappresentazione grafica della tecnica utilizzando la metodologia proposta.

Riqualificazione energetica degli edifici	
Caratteristiche generali	<ul style="list-style-type: none">• Interventi mirati alla riduzione del fabbisogno energetico di un edificio: aumento della coibentazione, doppi vetri, etc.• L'intervento mira al miglioramento della Classe Energetica [10] dell'edificio tramite opere di ristrutturazione parziale o totale;
Costo stimato	<ul style="list-style-type: none">• Il costo medio stimato degli interventi è di [14]<ul style="list-style-type: none">○ 100 € per mq nel caso di passaggio in Classe C;○ 160 € per mq nel caso di passaggio in Classe B;○ 300 € per mq nel caso di passaggio in Classe A;
Densità energetica	<ul style="list-style-type: none">• Dipendente dalla Classe Energetica finale dopo le opere di riqualificazione; ipotizzando di partire con edifici in Classe E²² (definita pari a 120 kWh_t/mq);<ul style="list-style-type: none">○ 50 kWh_t/mq supponendo il passaggio in Classe C (70 kWh_t/mq);○ 70 kWh_t/mq supponendo il passaggio in Classe B (50 kWh_t/mq);○ 90 kWh_t/mq supponendo il passaggio in Classe A (30 kWh_t/mq);
Problematiche	<ul style="list-style-type: none">• Gli interventi da realizzare sono in parte strutturali ;• Il costo per realizzare l'intervento in ristrutturazione è medio – alto;

²² Dato estratto dalla relazione sull'edificato fornita dal Comune di Cesena

	<ul style="list-style-type: none"> È necessario il coinvolgimento delle famiglie del territorio del comune di Cesena;
Vantaggi	<ul style="list-style-type: none"> Le opere di riqualificazione agiscono sul patrimonio già esistente senza necessità di occupazione di nuovo territorio; I benefici di risparmio energetico perdurano sul lungo termine; Aumento a lungo termine del valore del patrimonio immobiliare ;
Rappresentazione grafica <i>Il segno sugli assi Efficienza Energetica, Rinnovabilità e Riduzione delle emissioni rappresenta la sufficienza così come definita in Tabella 7.2 - Codifica degli indicatori</i>	<p>The radar chart displays five indicators on its axes. The 'Efficienza energetica' axis has a value of 10,00. The 'Rinnovabilità' axis has a value of 0,00. The 'Riduzione delle emissioni' axis has a value of 6,03. The 'Densità energetica' axis has a value of 1,23. The 'Economicità' axis has a value of 0,91. The chart also shows a score of 7,75 at the top and 0,00 at the bottom.</p>
Misura dell'obiettivo	<p>L'obiettivo di riduzione delle emissioni viene raggiunto (ipotizzando il passaggio in Classe C) con la riqualificazione di 15 kmq di edifici, che corrispondono a circa 188.000 appartamenti di 80 mq</p>

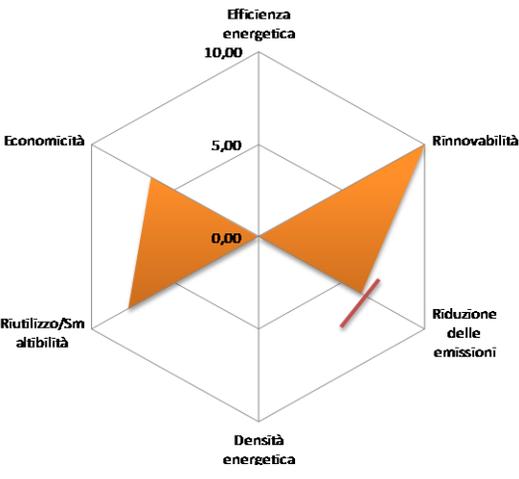
Tabella 8.2 - Scheda "Riqualificazione energetica"

È possibile notare come la tecnica assuma un ottimo punteggio sull'asse "Efficienza energetica", rispettando quindi la normativa 20-20-20 relativamente alle misure di risparmio energetico, buona anche la smaltibilità dei componenti; è basso invece il punteggio assunto sull'asse della densità energetica, poiché anche nel miglior caso il valore di risparmio energetico per metro quadro è piuttosto basso e ottenuto grazie ad un risparmio termico, a fronte di costi invece medio alti che incidono negativamente sul punteggio dell'economicità. È infine nullo il punteggio sull'asse della rinnovabilità in quanto non è una tecnica di produzione di energia da fonti rinnovabili.

8.3 Biomasse da scarto

Questa tecnica è stata presa in considerazione con l'obiettivo di valorizzare le biomasse da scarto del territorio comunale, considerando il potere energetico degli scarti agricoli sfruttati tramite impianti di cogenerazione, le cui potenzialità sono state indicate in uno studio effettuato da Federazione Coldiretti[15]. In Tabella 8.3 - Scheda "Biomasse da scarto" vengono riportate le caratteristiche generali i cui valori medi sono stati estratti dallo studio citato; viene fornita quindi la rappresentazione grafica della tecnica utilizzando la metodologia proposta.

Biomasse da scarto

Caratteristiche generali	<ul style="list-style-type: none"> • Valorizzazione energetica di biomasse di scarto tramite combustione, digestione o gassificazione (pirolisi); • Può essere sfruttata tramite impianti di cogenerazione migliorando ulteriormente l'efficienza;
Costo stimato	<ul style="list-style-type: none"> • Sfruttando impianti di cogenerazione, il costo medio è pari a quello degli impianti di cogenerazione classici, ovvero 1.500 € per ogni kWp elettrico installato;
Densità energetica	<ul style="list-style-type: none"> • La producibilità media degli impianti considerando come fonti le sole biomasse da scarto è di 0,326 kWh_e/mq [15];
Problematiche	<ul style="list-style-type: none"> • Produzione limitata dalla quantità di rifiuti organici prodotta dal territorio; • È necessario il trattamento di una grande quantità di rifiuti per la produzione di limitate quantità di energia; • È necessaria l'individuazione di una modalità efficiente di raccolta dei rifiuti; • Alcune tecnologie di valorizzazione energetica hanno emissioni inquinanti più elevate;
Vantaggi	<ul style="list-style-type: none"> • Costituisce un aiuto nello smaltimento sostenibile dei rifiuti organici; • Intercettando gli scarti di filiere già presenti, non impatta negativamente sullo sfruttamento del suolo; • Possibilità di integrare la filiera con quella delle biomasse da colture dedicate; • È una fonte rinnovabile e gode di appositi incentivi statali;
Rappresentazione grafica <i>Il segno sugli assi Efficienza Energetica, Rinnovabilità e Riduzione delle emissioni rappresenta la sufficienza così come definita in Tabella 7.2 - Codifica degli indicatori</i>	
Misura dell'obiettivo	<ul style="list-style-type: none"> • L'obiettivo verrebbe raggiunto con la raccolta di biomasse da più di 3.000 kmq di area;

- Lo studio stabilisce che sull'intera provincia si potrebbero **produrre 5,5 ktep annui (1% dell'obiettivo di Cesena)**;

Tabella 8.3 - Scheda "Biomasse da scarto"

Dal grafico risulta evidente che la produzione di energia da biomasse assume un ottimo punteggio sull'asse della rinnovabilità, a indicazione del fatto che il quantitativo di energia rinnovabile necessario a questa tecnica per raggiungere l'obiettivo di riduzione delle emissioni è molto alto; dato confermato dal valore quasi nullo sull'asse della densità energetica. Di conseguenza, anche l'economicità assume un valore buono ma limitato dal grande quantitativo di materia prima necessario per la produzione di energia rinnovabile necessaria all'abbattimento delle emissioni.

8.4 Biomasse dedicate

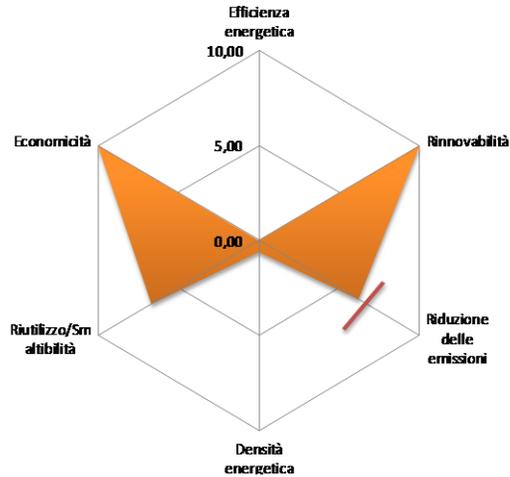
A differenza delle biomasse da scarto, si considera in questo caso la coltivazione dedicata di colture non alimentari per la produzione di energia tramite impianti di cogenerazione; non sfruttando gli scarti, come nel caso precedente, ma colture ad hoc, il potere energetico aumenta, e di conseguenza aumenta il potenziale della tecnica per il raggiungimento dell'obiettivo finale di riduzione delle emissioni. I risultati sono mostrati in Tabella 8.4 - Scheda "Biomasse dedicate".

Biomasse dedicate	
Caratteristiche generali	<ul style="list-style-type: none"> • Valorizzazione energetica di biomasse da colture dedicate (energy crops) tramite combustione, digestione o gassificazione (pirolisi); • Può essere sfruttata tramite impianti di cogenerazione, migliorando ulteriormente l'efficienza;
Costo stimato	<ul style="list-style-type: none"> • Sfruttando impianti di cogenerazione, il costo medio è pari a quello degli impianti di cogenerazione classici, ovvero 1.500 € per ogni kWp elettrico installato; • Si aggiunge il costo medio di 600 € per ogni ettaro piantumato [16];
Densità energetica	<ul style="list-style-type: none"> • La producibilità media degli impianti considerando come fonte le biomasse dedicate è di 2,65 kWh_e/mq [16];
Problematiche	<ul style="list-style-type: none"> • Necessita di ampie aree con coltivazioni dedicate di tipo non alimentare; • Le rese energetiche per ettaro sono più basse del fotovoltaico; • Data la bassa densità energetica, le fasi di coltivazione, lavorazione, raccolta e trasporto possono incidere negativamente sul bilancio di CO₂; • Alcune tecnologie di valorizzazione energetica hanno emissioni inquinanti più elevate;
Vantaggi	<ul style="list-style-type: none"> • Costo di conversione colturale contenuto; • Possibilità di integrare la filiera con quella delle biomasse da scarti e residui;

- È una fonte rinnovabile e gode di appositi incentivi statali;

Rappresentazione grafica

Il segno sugli assi Efficienza Energetica, Rinnovabilità e Riduzione delle emissioni rappresenta la sufficienza così come definita in Tabella 7.2 - Codifica degli indicatori



Misura dell'obiettivo

- L'obiettivo verrebbe raggiunto con la raccolta di biomasse da **più di 70 kmq di area**;

Tabella 8.4 - Scheda "Biomasse dedicate"

Il comportamento di questa tecnica sui diversi assi, è molto simile a quanto indicato per le biomasse da scarto, trattandosi, in linea generale, della stessa fonte; grazie alle colture dedicate, però, migliora la densità energetica (come confermato dal dato relativo alla misura dell'obiettivo) e di conseguenza il valore dell'indicatore di economicità, arrivando a ottimi livelli.

8.5 Solare fotovoltaico

Nella considerazione dell'applicabilità della tecnica solare fotovoltaica (generazione di energia elettrica da energia solare), è stata considerata la tecnologia che, allo stato dell'arte, è la più matura (sfruttamento di pannelli fotovoltaici costruiti in silicio); nonostante la tecnica sia in netta fase di evoluzione, con conseguente crescita dei rendimenti, i valori di riferimento fanno riferimento allo stato dell'arte attuale dei piani in silicio, poiché sarebbe complesso stimare un'evoluzione realistica della tecnologia di costruzione. Le caratteristiche considerate sono riassunte in Tabella 8.5 - Scheda "Solare fotovoltaico".

Solare fotovoltaico

Caratteristiche generali

- Produzione di energia elettrica tramite pannelli fotovoltaici e inverter connessi alla rete elettrica;
- La tecnologia dei pannelli piani in silicio è ormai consolidata e il mercato offre soluzioni per ogni tipo di installazione (tetti, facciate, pensiline);
- Si considera l'irraggiamento medio del territorio del Comune di Cesena, pari a 1.400 kWh/kWp[17] e un rendimento medio dei pannelli pari al 13% (valor medio dei pannelli in commercio);

Costo stimato	<ul style="list-style-type: none"> In base al valore medio dei pannelli attualmente in commercio, il costo medio considerato di un impianto, compreso di inverter, è di 3.500 € per kWp elettrico installato;
Densità energetica	<ul style="list-style-type: none"> In base alle supposizioni sull'irraggiamento e sull'efficienza dei pannelli, la producibilità energetica risulta essere pari a 126 kWh_e/mq
Problematiche	<ul style="list-style-type: none"> L'attuale efficienza dei pannelli è bassa, di conseguenza l'area necessaria per l'installazione è elevata e va ricavata o sull'edificato esistente (tetti) o con impianti terrestri (pensiline di ombreggiamento parcheggi); Il costo molto elevato delle materie prime (silicio) si riflette negativamente sul costo dell'impianto, che risulta ancora molto elevato; Impianti costruiti con particolari materiali (es. CdTe) presentano a fine vita (20-30 anni in media) la problematica di smaltimento del pannello;
Vantaggi	<ul style="list-style-type: none"> È una fonte rinnovabile e attualmente gode di appositi incentivi statali L'energia elettrica prodotta può essere facilmente trasportata e scambiata sull'attuale rete di distribuzione; Porta ad una forte riduzione delle emissioni in quanto la generazione di energia elettrica da fonti tradizionali ha emissioni di CO₂ elevate;
Rappresentazione grafica <i>Il segno sugli assi Efficienza Energetica, Rinnovabilità e Riduzione delle emissioni rappresenta la sufficienza così come definita in Tabella 7.2 - Codifica degli indicatori</i>	<p>The radar chart displays five indicators on its axes. The values are: Efficienza energetica (10,00), Rinnovabilità (10,00), Riduzione delle emissioni (6,14), Densità energetica (2,22), and Economicità (7,45). There are also two other data points: Riutilizzo/Smaltibilità (1,66) and another indicator (0,00). A green shaded area connects the points for Efficienza energetica, Rinnovabilità, and Riduzione delle emissioni. A red line is drawn across the chart, passing through the 6,14 point on the 'Riduzione delle emissioni' axis.</p>
Misura dell'obiettivo	L'obiettivo viene raggiunto con l'installazione di 4 kmq di pannelli , che corrispondono a circa 180.000 tetti di 90 mq (considerando vincoli di orientazione della falda e di ombreggiatura)

Tabella 8.5 - Scheda "Solare fotovoltaico"

Essendo il fotovoltaico una fonte rinnovabile come le biomasse, non assume punteggio sull'asse dell'efficienza energetica; ottimo invece il comportamento sull'asse della rinnovabilità, questo grazie al fatto che la tecnica produce energia elettrica rinnovabile, e quindi offre la possibilità di produrre in maniera pulita un'energia che, prodotta dai tradizionali combustibili fossili, avrebbe un alto potere

inquinante. I materiali di cui è composta sono riciclabili abbastanza semplicemente, per cui buono è il giudizio di smaltibilità; assume invece un punteggio scarso sull'asse della densità energetica, in quanto sono necessarie ampie aree di installazione per la produzione di un quantitativo di energia sufficiente per raggiungere l'obiettivo finale, e sull'asse dell'economicità, a causa dei costi iniziali medio – alti.

8.6 Solare termico

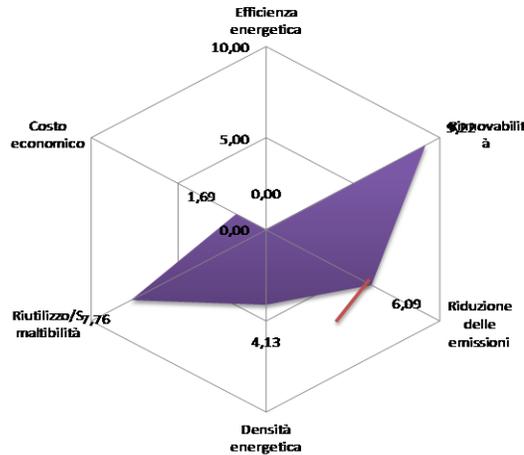
Analogamente a quanto indicato per l'altra tecnologia solare (fotovoltaica), la tecnica solare termica è fortemente influenzata dall'irraggiamento del sole nel territorio comunale; la differenza rispetto al solare fotovoltaico, consiste nel fatto che il solare termico è una tecnologia, a oggi, molto più matura, e che offre un vasto panorama di soluzioni personalizzabili. Inoltre, i rendimenti dei pannelli di conversione da energia solare a energia termica hanno rendimenti molto più alti degli equivalenti pannelli di trasformazione fotovoltaica. Le caratteristiche proprie di questa tecnica sono riassunte in Tabella 8.6 - Scheda "Solare termico".

Solare termico	
Caratteristiche generali	<ul style="list-style-type: none"> • Produzione di calore tramite pannelli solari termici principalmente per acqua calda sanitaria; • La tecnologia dei pannelli solari termici è oramai consolidata e il mercato offre soluzioni ad alta efficienza (e.g. tubi evacuati) ; • Oltre che in ambito civile, può essere impiegato in ambito industriale per generare calore di processo a media temperatura (e.g. essiccazione); • Si considera l'irraggiamento medio del territorio del Comune di Cesena, pari a 1.400 kWh/kWp[17] e un rendimento medio dei pannelli pari al 70% (valor medio delle soluzioni in commercio);
Costo stimato	<ul style="list-style-type: none"> • In base al valore medio dei pannelli attualmente in commercio, il costo medio considerato di un impianto è di 1.700 € per kWp termico installato, al netto di eventuali interventi ausiliari di collegamento all'impianto termico preesistente;
Densità energetica	<ul style="list-style-type: none"> • In base alle supposizioni sull'irraggiamento e sull'efficienza dei pannelli, la producibilità energetica risulta essere pari a 672 kWh/mq;
Problematiche	<ul style="list-style-type: none"> • L'energia termica prodotta deve essere immediatamente utilizzata in loco (es. acqua calda sanitaria), ciò riduce la possibilità di sfruttamento dell'impianto; • Anche se molto appetibile, l'integrazione del riscaldamento invernale non è praticabile, a causa dello scarso irraggiamento;
Vantaggi	<ul style="list-style-type: none"> • Se correttamente dimensionato può portare vantaggi anche in ambito domestico, arrivando a coprire l'intero fabbisogno di acqua calda sanitaria durante l'estate;

- È una fonte rinnovabile e gode di appositi incentivi statali;

Rappresentazione grafica

Il segno sugli assi Efficienza Energetica, Rinnovabilità e Riduzione delle emissioni rappresenta la sufficienza così come definita in Tabella 7.2 - Codifica degli indicatori



Misura dell'obiettivo

L'obiettivo viene raggiunto con l'installazione di **1,7 kmq di pannelli**, che corrispondono a **circa 74.000 tetti di 90 mq** (considerando vincoli di orientazione della falda e di ombreggiatura)

Tabella 8.6 - Scheda "Solare termico"

I valori dei diversi indicatori sono simili a quelli ottenuti per la tecnica solare fotovoltaica; grazie però alla nettamente superiore efficienza dei pannelli solari termici rispetto a quelli fotovoltaici, si nota un valore più alto (quasi raddoppiato) sull'indice di densità energetica, che ridimensiona infatti anche la misura dell'obiettivo. Pur avendo un costo iniziale inferiore a quello della tecnica fotovoltaica, però, la tecnica assume un punteggio equivalente sull'asse dell'economicità; questo è dovuto al fatto che la tecnica in esame produce energia termica, che, rispetto all'energia elettrica, se convertita in energia primaria (capitolo 16 - Glossario e definizioni), ha un potenziale molto inferiore di riduzione delle emissioni.

8.7 Aree verdi

L'ultima tecnica considerata ricade nella categoria che identifica i possibili interventi di realizzazione di pozzi di CO₂, cioè aree in grado di provvedere al solo sequestro di anidride carbonica senza operare risparmio energetico o produzione da fonti rinnovabili. In quest'ottica è stata considerata come possibile tecnica la piantumazione di aree verdi all'interno del territorio comunale; i valori indicati in Tabella 8.7 - Scheda "Aree verdi" sono valori medi sull'intero arco di vita di alberi piantumabili in parchi di aree urbane. Sono stati inoltre estratti alcuni valori energetici ipotizzando di utilizzare il fogliame e tutte le biomasse prodotte dall'area verde per la produzione di energia tramite la loro combustione.

Aree verdi

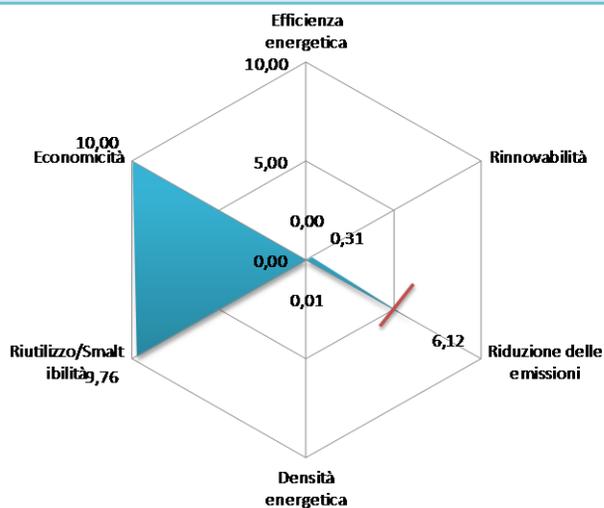
Caratteristiche generali

- Realizzazione di aree verdi nel territorio comunale allo scopo di sequestrare CO₂;
- Segue il principio dei "pozzi" di anidride carbonica, contrapposti alle

	<p>“fonti” dovute all’impiego di combustibili fossili;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pratica consolidata in Svizzera e nord Europa allo scopo di contabilizzare e valorizzare il patrimonio forestale, da considerarsi come una risorsa; • Il sequestro medio di CO₂ è pari a 100 tCO₂ per ettaro [18];
Costo stimato	<ul style="list-style-type: none"> • Il costo stimato medio è di 8.000 € per ogni ettaro piantumato (derivato dai costi attuali di installazioni di aree verdi in territorio urbano);
Densità energetica	<ul style="list-style-type: none"> • La combustione del legname e delle biomasse da scarto possono raggiungere una producibilità energetica pari 1,4 kWh_t per metro quadro [19]
Problematiche	<ul style="list-style-type: none"> • È una scarsa fonte di produzione di energia (ottenibile tramite valorizzazione energetica delle potature); • Necessita di ampi spazi da piantumazione ; • Può fornire solamente un piccolo contributo al raggiungimento dell’obiettivo finale;
Vantaggi	<ul style="list-style-type: none"> • Il costo iniziale è ridotto; • Il sequestro annuale di CO₂ cresce con l’invecchiamento delle piante; • Porta vantaggi indiretti quali il miglioramento della qualità dell’aria e della vivibilità urbana;

Rappresentazione grafica

Il segno sugli assi Efficienza Energetica, Rinnovabilità e Riduzione delle emissioni rappresenta la sufficienza così come definita in Tabella 7.2 - Codifica degli indicatori



Misura dell’obiettivo

L’obiettivo viene raggiunto con l’installazione di **2500 ha** di aree verdi che corrispondono a **più di 3.400 campi da calcio**

Tabella 8.7 - Scheda "Aree verdi"

La tecnica relativa alla piantumazione di aree verdi, a differenza delle altre, non mira né alla produzione di energia verde, né al risparmio energetico, per cui entrambi gli indicatori, al pari di quello della densità energetica, assumono valore nullo. È un'ottima tecnica in termini di riciclabilità (massima) ed economicità, grazie al contenuto costo iniziale. Date le sue caratteristiche, è una tecnica utilizzabile per fornire un contributo per l'obiettivo finale di riduzione delle emissioni. Lo svantaggio è costituito dalla grande estensione di territorio da piantumare per raggiungere riduzioni di emissioni significative.

8.8 Considerazioni finali sulle tecniche

Dalle schede relative alle diverse tecniche considerate, è possibile effettuare alcune considerazioni finali:

- La cogenerazione, se consideriamo la misura dell'obiettivo, soprattutto se confrontato con le altre tecniche, pur mostrando uno scenario estremo e inverosimile, mostra però come la tecnologia sia scalabile agevolmente sul territorio comunale;
- La riqualificazione energetica degli edifici, pur avendo costi elevati e valori sugli indicatori non particolarmente meritevoli, va considerata su un arco di tempo molto superiore ai 10 anni che ci separano dalla verifica dell'obiettivo finale, poiché agisce sul patrimonio edilizio con benefici sul valore dell'immobile a lungo termine;
- Le biomasse, pur avendo necessità di una grande estensione per le coltivazioni o la raccolta degli scarti, ha il vantaggio di poter essere di ausilio nel processo di raccolta dei rifiuti (nel caso delle biomasse da scarto) o della riqualificazione di aree non adatte alla coltivazione agricola (nel caso delle biomasse dedicate);
- Le tecniche solari (fotovoltaica e termica) hanno buoni rendimenti e una buona applicabilità sul territorio; in particolare il solare termico può arrivare a coprire tutti i fabbisogni domestici di acqua calda sanitaria. È necessario considerare però che, a oggi, l'area occupata da pannelli fotovoltaici non può essere utilizzata per l'installazione di soluzioni solari termiche, essendo mutualmente esclusive;
- La piantumazione di aree verdi è una tecnica utile per completare uno scenario in cui vengono utilizzate in prevalenza tecniche di risparmio energetico o di produzione di energia da fonti rinnovabili, ma richiede ampie estensioni piantumate per incidere significativamente sull'obiettivo.