

9

ENERGIA

A cura di
Ing. Francesco Castellani
Ing. Nicola Faina

9.1. Premessa

Lo scenario ambientale degli ultimi decenni ha portato sempre di più le tematiche legate all'ambiente a confrontarsi in maniera piuttosto rigorosa con il problema dell'approvvigionamento energetico. Le emergenze maggiormente sentite (come la qualità dell'aria e il fenomeno dei cambiamenti climatici) sono infatti per lo più legate all'impiego dell'energia principalmente per trasporti, riscaldamento, generazione di energia elettrica per usi civili e industriali. L'accesso ai servizi energetici e a un'adeguata disponibilità di energia sono requisiti essenziali per lo sviluppo socio-economico, per migliorare la qualità della vita e per soddisfare i bisogni umani fondamentali. Il fatto che gli effetti negativi dei sistemi energetici possano compromettere la qualità della vita delle generazioni future rende però necessario l'impegno a compiere sforzi per assicurare che il sistema energetico mondiale evolva in modo sostenibile, sia dal punto di vista ambientale, sia da quello delle risorse finite, sia da quello socio-economico. Secondo l'Agenda 21 "l'energia è essenziale per lo sviluppo economico e sociale e per il miglioramento della qualità della vita. Tuttavia gran parte dell'energia nel mondo viene prodotta e consumata con modalità che non potranno essere sostenibili se la tecnologia rimarrà immutata e se le quantità globali cresceranno senza controllo". Il presente capitolo si propone di focalizzare le tematiche energetiche più attuali e maggiormente correlate con lo stato dell'ambiente del territorio della Comunità Montana dei Monti Martani e del Serano. Purtroppo, dati sui consumi e produzioni energetiche disaggregati ad un livello geografico tale da renderli significativi per il territorio in esame sono difficilmente reperibili. Pertanto verrà delineato uno scenario qualitativo dello stato energetico attuale e l'attenzione verrà concentrata soprattutto sulle prospettive di generazione di energia elettrica da fonti rinnovabili, che sono strettamente collegate con l'ambiente tipicamente rurale e costituiscono una potenziale grande risorsa per il territorio in esame. Bisogna ricordare inoltre che le politiche di sviluppo sostenibile promosse, fra l'altro, da iniziative come Agenda 21 riconoscono come elemento fondamentale nella gestione sostenibile del sistema energetico un maggior sfruttamento delle fonti di energia rinnovabile ed una maggiore emancipazione dalle fonti di origine fossile.

9.2. Glossario

Energia: grandezza fisica definita generalmente come la capacità di compiere "lavoro". Pertanto quando parliamo di *energia* (termica, nucleare, ecc.) o di *fonti di energia* (carbone, petrolio, ecc.) facciamo in genere riferimento a entità in grado di liberare una certa quantità di energia e quindi di consentire l'effettuazione del relativo lavoro. L'energia può essere disponibile in diverse forme; in prima approssimazione si può pensare all'energia nei suoi due aspetti di "energia che produce lavoro" (energia cinetica ed energia potenziale) ed "energia calore". L'energia lavoro può trasformarsi integralmente in calore, mentre l'energia calore può trasformarsi solo parzialmente in lavoro e tanto meno quanto più bassa è la sua temperatura. Una grandezza che permette di misurare la convertibilità dell'energia è l'*exergia*, che è la quantità massima di una certa quantità di energia che, alle condizioni ambientali (ossia termodinamiche) date, può essere trasformata in altre forme di energia (ad esempio, calore ambientale). Il pianeta Terra può essere considerato come un unico grande sistema energetico che riceve l'energia solare, mentre riflette energia luminosa e irradia energia termica. Il flusso di energia rappresenta la principale risorsa rinnovabile. All'interno del suddetto sistema hanno luogo molte trasformazioni tra i diversi tipi di energia. Nel corso del tempo la Terra non acquista né perde energia ma si trova in uno stato di equilibrio energetico o omeostasi. Nel corso dei millenni l'uomo ha cercato di incanalare le fonti energetiche per soddisfare le proprie esigenze. La principale fonte di energia, il Sole, non può essere controllata. L'energia solare viene utilizzata nell'agricoltura, ma come risorsa energetica "passiva" per stimolare la fotosintesi. Sono state invece sviluppate molte altre forme di energia, la maggior parte delle quali basate sulla combustione della legna, del carbone, del gas naturale o del petrolio. Questi combustibili fossili sono risorse non rinnovabili e sono attualmente in corso delle ricerche, seppure su scala limitata, per scoprire e utilizzare fonti di energia alternativa.

Risorse energetiche: fonti potenziali di energia che non sono ancora state sfruttate come, ad esempio, il carbone presente nei giacimenti, il calore solare, l'energia eolica, l'energia geotermica, ecc.

Risorse non rinnovabili: ogni risorsa finita presente in natura che, relativamente alla scala cronologica del-

l'uomo, una volta esaurita non può essere rinnovata. La maggior parte delle risorse finite possono rinnovarsi solo in un intervallo di tempo geologico e tutti i combustibili fossili e le risorse minerarie rientrano in questa categoria. Negli ultimi anni, in cui l'esaurimento delle risorse è divenuto un fatto sempre più comune, il processo del riciclaggio ha ridotto la dipendenza delle risorse non rinnovabili ancora da estrarre.

Risorse rinnovabili: ogni prodotto che in teoria non può essere totalmente consumato grazie alla sua capacità di riprodursi (biologicamente) o di rigenerarsi (fisicamente). Le risorse rinnovabili appartengono alle fonti inesauribili (come l'energia solare), ad un importante ciclo fisico (come il ciclo idrologico), oppure ad un sistema biologico (come tutte le piante e gli animali che si riproducono). L'attività dell'uomo può ridurre le risorse rinnovabili quando la risorsa è sfruttata ad un ritmo maggiore rispetto a quello con cui è in grado di rinnovarsi. Il DL 79/99 considera come "fonti energetiche rinnovabili" il Sole, il vento, le risorse idriche, le risorse geotermiche, le maree, il moto ondoso e la trasformazione in energia elettrica dei prodotti vegetali o dei rifiuti organici e inorganici.

Fonti di energia: riserve potenziali di energia comprendenti sia i combustibili fossili che nucleari, l'energia solare, idrica, eolica, geotermica e da maree.

Energia eolica: energia prodotta da eliche e turbine ruotanti che trasformano l'energia cinetica posseduta dal vento. Esempi di macchine tradizionali attivati sono i mulini a vento e le pompe azionate dal vento.

Energia idroelettrica: energia elettrica generata da un flusso di acqua. Una cascata naturale fornisce energia sotto forma di acqua in movimento, che può essere usata per azionare una turbina idraulica. Questa turbina può essere accoppiata a un generatore per produrre energia elettrica.

Energia solare: energia elettromagnetica irradiata dal sole. La piccolissima parte di essa che arriva sulla Terra è indicata dalla "costante solare". La quantità totale di energia solare che arriva sulla Terra in un anno supera di molto il consumo totale di energia degli abitanti della terra. L'utilizzazione su larga scala dell'energia solare quale fonte energetica è ancora limitata ad una fase sperimentale e a progetti di ricerca. Su scala inferiore, l'energia solare è stata utilizzata con successo per riscaldare l'acqua per uso domestico attraverso i pannelli solari, per caricare le batterie in luoghi lontani dalle linee elettriche, per far funzionare le cellule fotoelettriche e per fornire, a bordo dei satelliti la potenza necessaria alle apparecchiature.

Energia geotermica: energia ottenuta dal calore presente nell'interno della Terra. Sono state identificate due fonti principali di energia geotermica:

1) lo sfruttamento dell'acqua calda e del vapore nelle aree di attività vulcanica e tettonica;

2) in alcune zone del mondo dove i giacimenti di rocce calde, aride, intrusive e ignee sono situati vicino alla superficie, l'energia geotermica può essere sfruttata praticando dei fori nelle rocce calde e iniettando dell'acqua per creare vapore che può quindi essere utilizzato per generare elettricità. È necessario controllare attentamente l'emissione di gas tossici nocivi che vengono liberati dagli impianti geotermici.

Rendimento energetico: la quantità di lavoro eseguita o di profitto ottenuto per unità di risorsa energetica impiegata.

Consumo di energia: quantitativo di energia impiegato da un individuo o da un apparecchio.

Dissipazione di energia: perdita di energia, in genere causata da conversione in calore.

9.3. Problematiche generali

9.3.1. Panorama internazionale

A partire dalla Conferenza di Rio de Janeiro (1992) passando per il Protocollo di Kyoto (1997) per poi arrivare all'attuale Summit di Johannesburg (2002) molti obiettivi sono stati fissati per realizzare uno sviluppo sostenibile che dipende fortemente dalla sostenibilità delle politiche energetiche dei Paesi maggiormente industrializzati. Tali obiettivi sono in genere fissati in termini di:

- abbattimento delle quantità di emissioni inquinanti;
- differenziazione delle fonti di approvvigionamento energetico;
- risparmio energetico (riduzione domanda);
- incremento percentuale della quantità di energia da fonti rinnovabili.

Il primo, che può essere realizzato soprattutto attraverso il terzo e il quarto, rappresenta il principale obiettivo a livello ambientale.

Gli obiettivi fissati a livello internazionale sono poi stati interpretati dai governi dei singoli Paesi che hanno poi emanato leggi che favoriscono le azioni sopraccitate. Purtroppo in alcuni casi, come ad esempio in Italia, tali azioni programmatiche stentano a concretizzarsi e gli obiettivi prefissati sembrano ogni anno sempre più irraggiungibili.

9.3.2. Le prospettive di sfruttamento delle fonti rinnovabili

Lo scenario internazionale descritto in precedenza ha spostato sempre di più l'attenzione dell'industria dell'energia verso le fonti rinnovabili. Questo fatto si è tradotto poi in un grande sforzo da parte del mondo

industriale nella ricerca delle migliori forme di sfruttamento che consentano di realizzare investimenti fortemente remunerativi. In quest'ottica tutti i livelli delle Amministrazioni sono chiamati a programmare lo sviluppo territoriale delle forme di sfruttamento di tali fonti; tuttavia per fare questo è necessaria una forte armonia fra le varie figure istituzionali interessate ed il supporto di tecnici competenti che possano fornire il bagaglio culturale necessario per effettuare le scelte più opportune dal punto di vista dell'ambiente. Per poter comprendere le prospettive e, soprattutto, le opportunità di sfruttamento delle fonti di energia rinnovabile è necessaria una profonda conoscenza tecnica delle soluzioni impiantistiche e dell'ambiente in cui si va ad inserirle. In prima approssimazione la compatibilità ambientale dei sistemi di produzione di energia si misura soprattutto quantificando le emissioni in atmosfera prodotte per unità di energia (kWh) generata; questo è dovuto al fatto che gli impatti maggiori sull'ambiente dovuti alla produzione di energia elettrica si hanno soprattutto sulla qualità dell'aria in termini di emissioni inquinanti ed emissioni di gas-serra. La **tabella 9.1** mostra le quantità dei principali inquinanti emesse in g/kWh utilizzando le attuali (e future) soluzioni impiantistiche per lo sfruttamento delle principali fonti di energia rinnovabile. Come si può notare anche per forme come l'eolico e il solare, per le quali non è prevista l'emissione di inquinanti nel periodo di esercizio dell'impianto, vanno comunque considerate, nell'ambito del ciclo di vita completo del sistema energetico, le emissioni connesse con le attività di costruzione, installazione e smaltimento dell'impianto. Nella **tabella 9.2** sono riportate per gli stessi inquinan-

ti le quantità prodotte (g/kWh) producendo energia elettrica da fonte fossile. Dal punto di vista ambientale è quindi evidente (specialmente per l'energia eolica e solare) il grosso beneficio nella produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili in sostituzione delle fonti fossili. Gli ostacoli principali allo sviluppo di tali fonti sono i seguenti:

- n scarsa disponibilità e forte dispersione delle fonti energetiche;
- n necessità di sfruttamento locale;
- n elevato costo di alcune soluzioni tecnologiche.

Per quanto riguarda i costi di produzione possiamo dire che, in uno scenario che prevede un forte incremento dello sfruttamento delle fonti rinnovabili, l'aumento dei volumi di produzione consentirà di diminuire i costi come si può vedere nella **figura 9.1**. Quantificando in moneta i "costi ambientali" connessi con le emissioni inquinanti, sicuramente le fonti rinnovabili si dimostrano fortemente competitive come si può notare nella **figura 9.2**.

9.3.3. Situazione in Italia

9.3.3.1. Sviluppo del potenziale eolico

A livello internazionale, la tecnologia eolica ha conseguito eccellenti livelli di diffusione ed economicità, con costi interni dell'energia competitivi in buone condizioni di ventosità. In Italia, dopo un periodo di stasi, si è avviato il processo di diffusione, soprattutto grazie al provvedimento CIP 6/1992, ed ora si prevede un forte sviluppo dello sfruttamento di tale forma di energia in seguito alla liberalizzazione del mercato elettrico (DL 16 marzo 1999, n. 79) ed alla costituzione del merca-

Tabella 9.1 Emissioni inquinanti (g/kWh) dovute alla produzione di energia da fonti rinnovabili

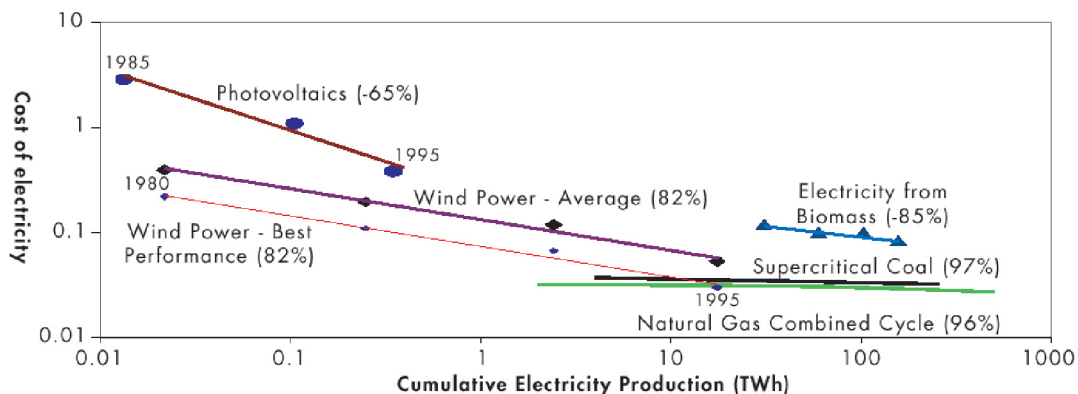
		CO ₂	SO ₂	NO _x
Energia da biomasse	Tecnologia attuale	17-27	0,07-0,16	1,1-2,5
	Tecnologia futura	15-18	0,06-0,08	0,35-0,51
Idroelettrico	Mini	9	0,03	0,07
	Grande scala	3,6-11,6	0,009-0,024	0,003-0,006
Solare	FV	98-167	0,2-0,34	0,18-0,3
	Termico	26-38	0,13-0,27	0,06-0,13
Eolico		7-9	0,02-0,09	0,02-0,06
Geotermico		79	0,02	0,28

Fonte: IEA (International Energy Agency)

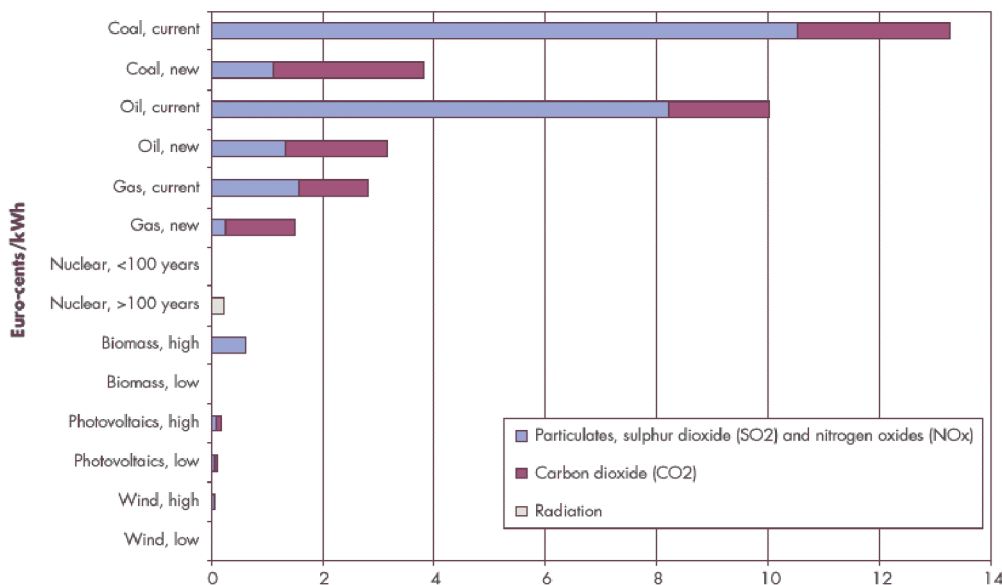
Tabella 9.2 Emissioni inquinanti (g/kWh) dovute alla produzione di energia da fonti fossili

	CO ₂	SO ₂	NO _x
Carbone	955	11,08	4,03
Petrolio	818	14,02	4
Gas	430	-	0,05
Diesel	772	1,06	12,03

Fonte: IEA (International Energy Agency)

Figura 9.1 Costo (euro) della produzione di energia da fonti rinnovabili

Fonte: IEA (International Energy Agency)

Figura 9.2 Costo "ambientale" della produzione di energia da diverse fonti

Fonte: IEA (International Energy Agency)

to dei "certificati verdi". Oltre ai circa 740 MW delle prime 6 graduatorie, il provvedimento CIP 6/1992 vede richieste non accettate, relative alle graduatorie 7-9, per ulteriori circa 1.500 MW di impianti. Gli impianti proposti sono, per lo più, ubicati in siti del crinale appenninico centro-meridionale e, in misura minore, in prossimità di coste. Si ritiene dunque che una buona parte delle installazioni potrebbe essere di questo tipo. Il contributo invece ottenibile dall'eolico *off-shore* è sicuramente contenuto, in considerazione della densità degli insediamenti umani e del pregio ambientale delle coste italiane. Nel caso in cui si rinvenissero siti idonei – da un punto di vista anemologico e di compatibilità ambientale – in numero sufficiente, la potenza installabile potrebbe giungere anche a 3.000 MW. In ogni caso, lo sviluppo industriale dell'energia eolica deve essere accompagnato da attività di studio preliminare di supporto alla programmazione su base territoriale ed alla conseguente attività progettuale.

9.3.3.2. Sviluppo del potenziale idroelettrico

La produzione di energia elettrica da fonte idraulica ha raggiunto, sia in Italia che a livello internazionale, buoni livelli di diffusione ed economicità, con costi interni dell'energia prodotta competitivi per il grande idroelettrico e vicini alla competitività per la piccola idraulica. A fine 1997 si registrava una potenza installata di circa 14.000 MW di impianti con potenza superiore a 10 MW e circa 2.200 MW di impianti con potenza inferiore o uguale a 10 MW (di questi ultimi, circa 400 MW hanno potenza inferiore a 1 MW, ricadendo nella tipologia della microidraulica). I programmi in corso, essenzialmente inclusi nelle prime 6 graduatorie del provvedimento CIP 6/1992, fanno prevedere uno sviluppo nei prossimi anni, fino a circa 14.300 MW per la prima tipologia di impianti e circa 2.400 MW per la seconda tipologia. Sussistono poi richieste per ulteriori circa 500 MW di im-

pianti idroelettrici, dopo le prime 6 graduatorie del CIP 6/1992. In alcune regioni sono già stati individuati progetti per oltre 300 MW. Ulteriori contributi possono derivare da idonei interventi di ripotenziamento degli impianti esistenti, incoraggiati dalle disposizioni del DLgs 79/1999, sempreché se ne verifichi la fattibilità economica e la compatibilità ambientale e sociale. Va inoltre effettuato un censimento degli impianti dismessi nei decenni scorsi, verificando la sussistenza delle condizioni tecniche, economiche e ambientali per il ripristino o recupero. Interessante, infine, può risultare una ricognizione del potenziale di microidraulica che, secondo alcuni studiosi, ammonterebbe a diverse centinaia di MW e potrebbe coinvolgere anche i soggetti gestori di bacini idrici; tale potenziale potrà essere sfruttato anche grazie a soluzioni tecnologiche innovative. Tale scenario fa ritenere che entro il 2008-2012, pur in un quadro di progressivo esaurimento delle disponibilità non sfruttate di tale fonte, sia possibile giungere a una potenza complessiva di circa 18.000 MW, dei quali 3.000 MW di impianti di potenza inferiore ai 10 MW. Opportune attività di studio potranno accompagnare la diffusione di impianti mini-idroelettrici al fine di poter avvicinare l'ambizioso obiettivo di sfruttamento integrale della risorsa.

9.3.3.3. Sviluppo della valorizzazione delle biomasse

Tra i molteplici usi "non alimentari" delle biomasse agricole e forestali, le filiere che appaiono strategicamente più interessanti sono soprattutto quelle che realizzano un uso energetico dei materiali:

- la produzione di "biocombustibili" e di additivi di origine vegetale per migliorare la qualità di carburanti e combustibili, soprattutto dal punto di vista ambientale;
- la produzione di energia termica con tecnologie di uso semplice ed affidabili per calore di processo, per usi civili (compreso il teleriscaldamento in aree montane);
- la produzione di energia elettrica e calore (cogenerazione) in impianti di dimensione anche maggiore, tendenzialmente per l'immissione in rete dell'energia elettrica;
- la digestione anaerobica di reflui agro-zootecnici ed agro-industriali.

Alle notevoli difficoltà tecniche e gestionali nel realizzare tali filiere (reperendo quantitativi di materiale che siano in grado di giustificare elevati investimenti) si contrappongono i notevoli vantaggi che derivano dal loro esercizio quali l'opportunità di produrre energia da fonte alternativa, l'opportunità di eliminare del materiale dal ciclo delle discariche, la possibilità di riutilizzare alcuni sottoprodotti, la ri-

duzione di emissioni di gas-serra e la possibilità di utilizzare la coltivazione di piante erbacee, arbustive e arboree per uso energetico anche quali mezzi di depurazione di siti contaminati. Purtroppo le soluzioni tecnologiche attualmente percorribili spesso prevedono costi di investimento tali da compromettere la competitività economica degli impianti di produzione di energia dalle biomasse. Gli strumenti legislativi che incentivano l'uso dell'energia rinnovabile e lo sviluppo di nuove soluzioni tecnologiche saranno dei presupposti fondamentali per la diffusione degli usi energetici delle biomasse. In ambito nazionale il "Programma nazionale per la valorizzazione delle biomasse agricole e forestali" si propone quindi di dare un essenziale contributo al raggiungimento degli obiettivi energetici ed ambientali prefissati, tramite un complesso organico di azioni in grado di stimolare concretamente iniziative pubbliche e private per la produzione e l'uso efficiente di biomasse agricole e forestali. La logica generale è quella di individuare le filiere che sono in grado di giungere in tempi ragionevolmente brevi a poter competere, quanto meno in situazioni ottimali, con i prodotti petroliferi, e di attivare tutte quelle azioni necessarie perché lo sviluppo abbia una dinamica costante e coerente.

9.3.3.4. Lo sviluppo del solare fotovoltaico

L'Italia ha sinora sostenuto un considerevole sforzo pubblico per alimentare il mercato degli impianti fotovoltaici. Tale sforzo ha riguardato, in buona parte, gli impianti di media-grande taglia (dell'ordine del centinaio di kW e fino a qualche MW) connessi alla rete elettrica. L'evoluzione della tecnologia, tuttavia, non è stata tale da sviluppare nuove opportunità per questo tipo di applicazione, la cui praticabilità riguarda il lungo periodo ed è subordinata ai risultati della ricerca, in termini di ampio incremento dell'efficienza dei componenti e riduzione dei costi. Al momento, infatti, il costo dell'energia elettrica da impianti fotovoltaici connessi a rete è elevato, e sembrano ristretti i margini di riduzione conseguibili con le sole economie di scala. Pertanto, al momento, non è opportuno fare altri grandi impianti con intervento pubblico. Nel breve periodo, l'impegno pubblico deve tuttavia continuare, e riguardare da un lato la ricerca e dall'altro, in modo più mirato, la promozione di quei settori di mercato nei quali siano possibili sinergie positive tra le caratteristiche tecniche e di modularità del fotovoltaico e le esigenze di altri settori di ampia ricettività potenziale. È questo il caso dell'integrazione del fotovoltaico nell'edilizia, ritenuto un connubio molto interessante da diversi Paesi – tra cui Giappone, Stati Uniti e Germania – per la possibilità di realizzare facciate, tetti o pensiline "fotovoltaiche". Gli obiettivi, dunque, più che di natura energetica, sono di sviluppo e promozione,



almeno sinché i costi non si saranno fortemente ridotti.

9.3.3.5. Lo sviluppo del solare termico

Il “solare termico” per la produzione di acqua calda sanitaria è ormai prossimo alla competitività in diverse applicazioni, soprattutto ove è in grado di sostituire non solo combustibile ma anche impianti convenzionali. È pertanto possibile conseguire un seppure contenuto apporto energetico promuovendo la crescita dell'industria del settore, la formazione e l'organizzazione di una rete diffusa di installatori - manutentori, nonché un'opportuna incentivazione del mercato. È quanto mai necessario promuovere la diffusione del solare termico, in quanto tale tecnologia, a livello internazionale sufficientemente matura, trova in Italia condizioni particolarmente favorevoli, quali l'esposizione climatica, l'idoneità della maggioranza degli edifici ad uso residenziale, la prevalenza nel riscaldamento dell'acqua sanitaria dell'uso dell'elettricità. Si ritiene possibile entro il 2010 l'installazione di circa 3 milioni di m² di pannelli, a partire da applicazioni nelle quali vi sia buon accoppiamento tra i profili della domanda e della disponibilità di calore e da iniziative di diffusione sul patrimonio edilizio pubblico. L'indicazione di questo obiettivo di sviluppo del mercato nazionale si basa sull'ipotesi di una crescita del tipo di quella avvenuta in Austria, che porterebbe ad un parco totale installato di circa 500.000 m² entro qualche anno, 1-1,5 milioni di m² al 2006 e 3 milioni di m² al 2008-2012. Per raggiungere questi obiettivi, è certamente necessaria una prima fase di iniziativa pubblica, avviando programmi riguardanti l'edilizia demaniale.

9.3.4. *Riferimenti normativi*

Di seguito si riportano i principali provvedimenti che costituiscono la normativa vigente in campo energetico:

- Deliberazione Autorità Energia Elettrica e Gas 5 giugno 2002 “Cessione di energia elettrica al mercato vincolato nell'anno 2000 - integrazione della disciplina dei contributi”;
- DM del Ministero delle Attività Produttive 30 maggio 2002 “Fissazione dei livelli di scorte obbligatorie di prodotti petroliferi da mantenere nel Paese”;
- Deliberazione dell'Autorità Energia Elettrica e Gas 15 maggio 2002 “Accesso prioritario ai nuovi terminali di gas naturale liquefatto”;
- L 9 aprile 2002, n. 55, “Conversione del DDL 7/2002 ‘misure urgenti per garantire la sicurezza del sistema elettrico nazionale’”;
- Decisione 2002/265/CE “Autorizzazione ad applicare aliquote di accisa differenziate ad alcuni carburanti contenenti biodiesel”;
- Deliberazione dell'Autorità Energia Elettrica e Gas 19 marzo 2002; DLgs 16 marzo 1999, n. 79, “Condizioni per il riconoscimento della produzione combinata di energia elettrica e calore come cogenerazione”;
- DM del Ministero delle Attività Produttive 26 marzo 2002 “Attuazione della Direttiva 2000/55/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, concernente i requisiti di efficienza energetica degli alimentatori per lampade fluorescenti”;
- Direttiva 2002/31/CE, “Etichettatura indicante il consumo di energia dei condizionatori d'aria per uso domestico”;
- DM del Ministero delle Attività Produttive 18 marzo 2002, “Modifiche e integrazioni al Decreto del Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, di concerto con il Ministero dell'Ambiente, 11 novembre 1999, concernente “Direttive per l'attuazione delle norme in materia di energia elettrica da fonti rinnovabili di cui ai commi 1, 2, 3 dell'articolo 11 del DLgs 79/1999”;
- DM del Ministero dell'Ambiente e Territorio 21 dicembre 2001, “Programma di diffusione delle fonti energetiche rinnovabili, efficienza energetica e mobilità sostenibile nelle aree naturali protette”;
- Direttiva 2001/77/CE, “Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio sulla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità”;
- DM del Ministero dell'Ambiente e Territorio 10 settembre 2001, “Finanziamenti a Enti pubblici per l'installazione di impianti solari termici per produzione di calore a bassa temperatura”;
- DM del Ministero dell'Industria 24 aprile 2001, “Individuazione degli obiettivi quantitativi per l'incremento dell'efficienza energetica negli usi finali. Gas naturale: obiettivi nazionali di risparmio energetico”;
- DM del Ministero dell'Ambiente 16 marzo 2001, “Programma Tetti fotovoltaici”;
- Deliberazione Autorità Energia Elettrica e Gas 6 dicembre 2000, n. 224, “Energia elettrica prodotta da impianti fotovoltaici con potenza nominale non superiore a 20 kW”;
- DM - Ambiente 4 dicembre 2000, “Progetto ‘Comune Solarizzato’”.
- DLgs 23 maggio 2000, n. 164, “Attuazione della direttiva n. 98/30/CE recante norme comuni per il mercato interno del gas naturale”;
- DM del Ministero dell'Industria 11 novembre 1999, “Direttive per l'attuazione delle norme in materia di energia elettrica da fonti rinnovabili di cui ai commi 1, 2, 3 dell'articolo 11 del DLgs 79/1999”;

- DLgs 16 marzo 1999, n. 79, "Attuazione direttiva 96/92/CE recante norme comuni per il recupero interno dell'energia elettrica";
- Direttiva 93/76/CEE, "Direttiva del Consiglio intesa a limitare le emissioni di biossidi di carbonio migliorando l'efficienza energetica (SAVE)";
- Direttiva 92/81/CEE, "Armonizzazione delle strutture delle accise sugli oli minerali";
- L 9 gennaio 1991, n. 10, "Attuazione del Piano energetico nazionale".

più energia di quella che produce e, soprattutto, che il valore aggiunto connesso alla bolletta energetica regionale è pari all'11% della stessa. Pertanto, poca occupazione è connessa al modello energetico umbro ed il ricorso a fonti territoriali, rinnovabili e non, è assolutamente marginale. Nelle **tabelle 9.3-9.5** sono riportate le tabelle relative alla bolletta energetica e ai consumi di energia per settore. Per quanto riguarda le emissioni inquinanti connesse con attività che prevedono l'utilizzo di energia la situazione è sintetizzata nella **tabella 9.6**.

9.4. Scenario regionale di riferimento

Lo scenario regionale di riferimento può essere sintetizzato dai dati relativi al Piano Energetico Regionale della Regione Umbria in fase di elaborazione. In particolare bisogna osservare che l'Umbria consuma

9.5. Scenario locale

9.5.1. Consumi

Volendo concentrare l'attenzione sui consumi di energia elettrica, vista la carenza dei dati al riguardo, in questa sede i dati sui consumi elettrici per i singoli

Tabella 9.3 Bolletta per i consumi di energia elettrica (1997)

Categoria	Settore Area di attività	GWh	Costo* (£/Kwh)	Tariffe ENEL (£/Kwh)	Tassa erariale (£/Kwh)	Tassa locale (£/Kwh)	Costo E.E. (£/a i.i.) (milioni)	Tassa erariale (£/a) (milioni)	Tassa locale (£/a) (milioni)
Agricoltura	Umbria	85	205	131	20	20	17.442,0	1.700	1.700
	Provincia PG	74	205	131	20	20	15.184,8	1.480	1.480
	Provincia TR	11	205	131	20	20	2.257,2	220	220
Industria	Umbria	3.292	192	120	20	20	632.064	65.840	65.840
	Provincia PG	1.097	192	120	20	20	210.624	21.940	21.940
	Provincia TR	2.195	192	120	20	20	421.440	43.900	43.900
Residenziale	Umbria	796	246	165	20	20	195.816	15.920	15.920
	Provincia PG	575	246	165	20	20	141.450	11.500	11.500
	Provincia TR	221	246	165	20	20	54.366	4.420	4.420
Trasporti	Umbria	100	192	120	20	20	19.200	2.000	2.000
	Provincia PG	67	192	120	20	20	12.864	1.340	1.340
	Provincia TR	33	192	120	20	20	6.336	660	660
	di cui Ferrovie dello Stato	86	192	120	20	20	16.512	1.720	1.720
Terziario e Servizi Pubblici	Umbria	671	209	134	20	20	140.104,8	13.420	13.420
	Provincia PG	497	209	134	20	20	103.773,6	9.940	9.940
	Provincia TR	174	209	134	20	20	36.331,2	3.480	3.480
	Comunicazioni	31	209	134	20	20	6.742,8	620	620
	Commercio	209	209	134	20	20	43.639,2	4.180	4.180
	Alberghi, ristoranti e bar	111	209	134	20	20	23.176,8	2.220	2.220
	Credito e assicurazioni	25	209	134	20	20	5.220,0	500	500
	Altro	120	209	134	20	20	25.056,0	2.400	2.400
	Pubblica Amministrazione	52	209	134	20	20	10.857,6	1.040	1.040
	Illuminazione pubblica	74	209	134	20	20	15.451,2	1.480	1.480
	Altri servizi pubblici	49	209	134	20	20	10.231,2	980	980
TOTALE		4.944					1.004.626,8	98.880	98.880

Il prezzo di vendita dell'energia elettrica è dato dalla somma di vari fattori.

* costo energia elettrica = (tariffa ENEL + tassa erariale + tassa locale) + IVA.

Tabella 9.4 Utenze energetiche (1997) bolletta energetica umbra
per l'acquisto dei combustibili liquidi solidi gassosi (1997)

Utente	Provincia	Tipologia	Combustibile	Consumo di combustibile		
						Tep
Agricoltura	PG	Autotrazione	Gasolio	56.336	t	60.843
		Autotrazione	Metano	200.000	Nmc	164
	TR	Autotrazione	Gasolio	9.492	t	10.251
Industria	PG	processo	Gasolio	37.072	t	40.038
		processo	GPL	361	t	397
		processo	Olio combustibile	22.850	t	22.393
		processo	Coke	29.484	t	20.639
		processo	Carbon fossile	149.335	t	110.508
		processo	Biomassa	46.000	t	16.220
		processo	Metano	154.264.634	Nmc	126.550
		TR	processo	Gasolio	28.403	t
	TR	processo	GPL	180	t	198
	TR	processo	Olio combustibile	36.714	t	35.980
	TR	processo	Metano	307.836.585	Nmc	252.532
	Trasporti	PG	Autotrazione	Benzina super	102.623	t
Autotrazione			Benziana verde	93.393	t	112.072
Autotrazione			Gasolio	164.994	t	178.193
Autotrazione			GPL	39.291	t	43.220
Autotrazione			Metano	11.235.366	Nmc	9.217
TR		Autotrazione	Benzina super	40.541	t	48.649
		Autotrazione	Benziana verde	38.015	t	45.618
		Autotrazione	Gasolio	75.194	t	81.210
		Autotrazione	GPL	19.266	t	21.193
		Autotrazione	Metano	3.318.293	Nmc	2.722
Residenziale	PG	riscaldamento	Gasolio	16.256	t	17.556
		riscaldamento	GPL	6.442	t	7.086
		riscaldamento	Kerosene	208	t	229
		riscaldamento	Biomassa	107.360	t	37.576
		riscaldamento	Metano	209.535.366	Nmc	171.891
	TR	riscaldamento	Gasolio	2.427	t	2.621
		riscaldamento	GPL	4.565	t	5.022
		riscaldamento	Kerosene	527	t	580
		riscaldamento	biomassa	53.680	t	18.788
Terziario	PG	riscaldamento	Metano	33.514.634	Nmc	27.494
		riscaldamento	Gasolio	3.333	t	3.600
	TR	riscaldamento	Metano	15.802.439	Nmc	12.963
		riscaldamento	Gasolio	1.667	t	1.800
Totale utenze Umbria						1.738.609
Costi sostenuti per l'acquisto di energia elettrica						425.184
Totale Umbria						2.163.793

(segue)

Tabella 9.4 Utenze energetiche (1997) bolletta energetica umbra
per l'acquisto dei combustibili liquidi solidi gassosi (1997)

Utente	Provincia	Tipologia	Combustibile	Costo utente (£/a)	Tassa erariale (£/a)	Tassa locale (£/a)
Agricoltura	PG	Autotrazione	Gasolio	48.556.362.434	15.693.630.952	
		Autotrazione	Metano	165.783.915	42.319.361	2.110.000
	TR	Autotrazione	Gasolio	7.574.919.165	2.644.107.143	
Industria	PG	processo	Gasolio	15.093.690.476		
		processo	GPL	180.454.545	680.571	
		processo	Olio combustibile	8.214.575.000	4.250.100.000	
		processo	Coke	2.565.904.865	190.211.643	
		processo	Carbon fossile	13.738.832.432	1.018.465.622	
		processo	Biomassa	2.838.500.000		
		processo	Metano	108.030.616.761	5.335.389.644	1.627.491.890
	TR	processo	Gasolio	11.563.988.095		
		processo	GPL	90.000.000	339.429	
		processo	Olio combustibile	13.198.785.714	6.828.857.143	
		processo	Metano	215.576.151.740	10.646.822.188	3.247.675.976
Trasporti	PG	Autotrazione	Benzina super	266.957.179.054	155.320.540.541	
		Autotrazione	Benziana verde	232.221.261.261	132.391.360.360	
		Autotrazione	Gasolio	285.792.344.577	153.404.688.051	
		Autotrazione	GPL	50.516.883.117	30.927.558.442	
		Autotrazione	Metano			118.533.110
	TR	Autotrazione	Benzina super	105.460.951.577	61.359.099.099	
		Autotrazione	Benziana verde	94.523.783.784	53.888.831.081	
		Autotrazione	Gasolio	130.247.519.841	69.912.929.894	
		Autotrazione	GPL	24.771.038.961	15.165.380.519	
		Autotrazione	Metano			35.007.988
Residenziale	PG	riscaldamento	Gasolio	27.673.148.148	15.113.796.296	
		riscaldamento	GPL	6.589.059.740	3.386.555.844	
		riscaldamento	Kerosene	264.780.405	168.520.083	
		riscaldamento	Biomassa	4.671.610.811	346.308.541	
		riscaldamento	Metano	288.082.454.561	99.421.387.645	2.210.598.110
	TR	riscaldamento	Gasolio	4.131.426.367	2.256.394.400	
		riscaldamento	GPL	4.669.807.792	2.400.124.675	
		riscaldamento	Kerosene	669.600.225	426.168.564	
		riscaldamento	Biomassa	2.335.805.405	173.154.270	
		riscaldamento	Metano	64.984.080.770	22.426.938.478	498.654.756
Terziario	PG	riscaldamento	Metano	45.694.850.373,74	15.902.191.115	353.579.390
		riscaldamento	Gasolio	5.674.603.174,60	3.099.206.349	
	TR	riscaldamento	Metano	21.545.516.015,68	7.498.020.249	166.715.732
		riscaldamento	Gasolio	2.837.301.587	1.549.603.175	
Totale utenze Umbria				2.117.703.572.693	893.189.681.368	8.260.366.951
Costi sostenuti per l'acquisto di energia elettrica				1.004.626.800.000	98.880.000.000	98.880.000.000
Totale Umbria				3.122.330.372.693	992.069.681.368	107.140.366.951

Legenda:

Il **Costo utente** rappresenta la spesa sostenuta dagli utenti umbri per l'acquisto dei combustibili (Costo utente = Prezzo di vendita del combustibile * Quantità di combustibile utilizzato).

Prezzo di vendita del combustibile (£/Tep) = (Costo combustibile + Tassa locale + Tassa erariale) + IVA.

La **Tassa erariale** è la tassa concorrente alla determinazione del prezzo del combustibile fissata in base all'utilizzo

La **Tassa locale** è la tassa concorrente alla determinazione del prezzo del combustibile.

Fonte: ISIRIM (Istituto Superiore di Ricerca e Formazione sui Materiali Speciali per Tecnologie Avanzate).

Tabella 9.5 Consumi energetici regionali

Umbria	Gwh	4944
	ab.	835488
	kWh/ab	5917.5
	sup	8456
	kWh/kmq	584673.6

Fonte: ENEA (2000).

Tabella 9.6 Emissioni inquinanti: contributo percentuale per settore di attività

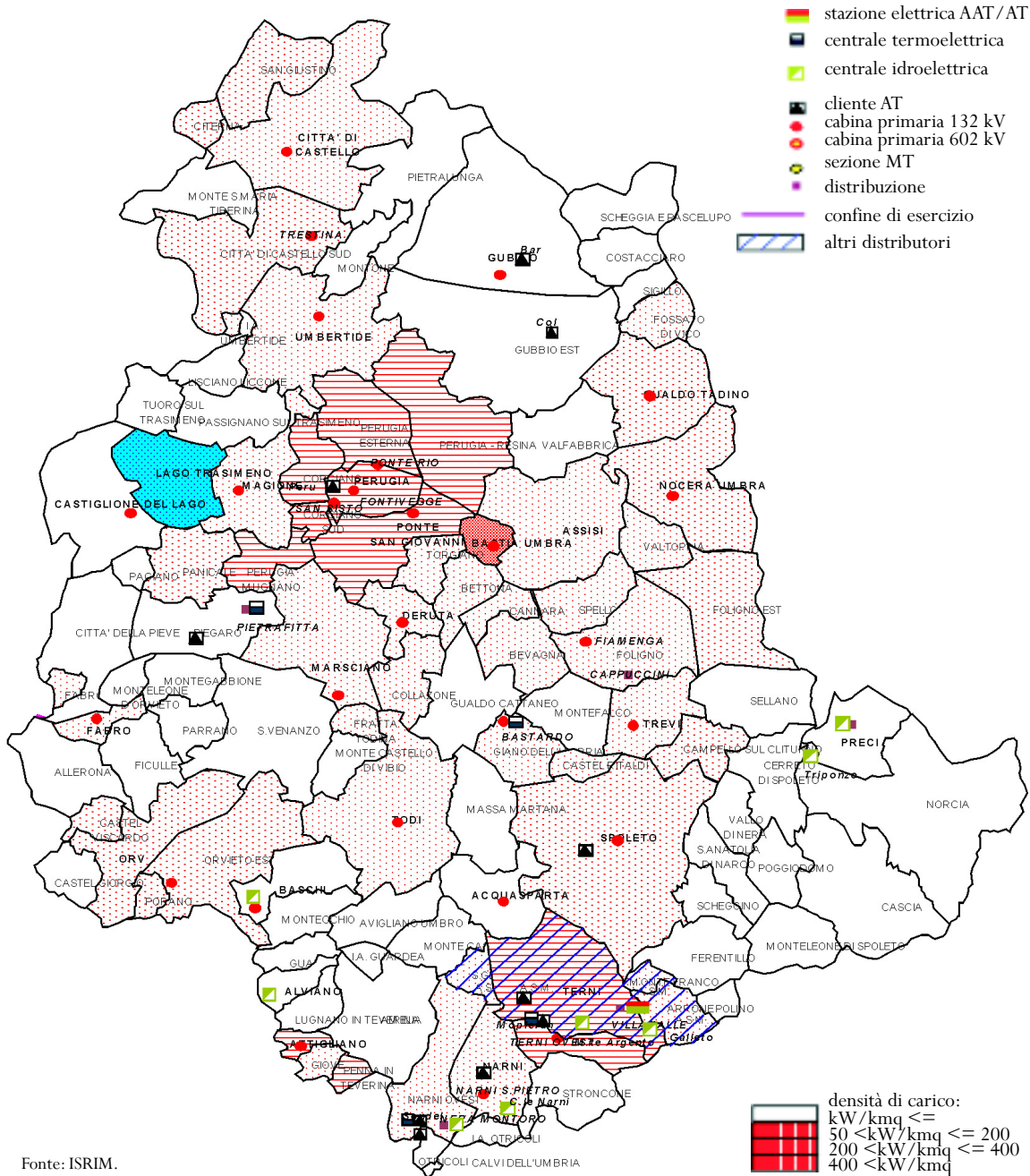
	% di inquinamento				% consumi energetici
	CO ₂	SO _x	NO _x	Polveri	
Agricoltura	4,3	9,1	11,3	14,3	3,6
Industria	37,6	59,5	15,7	23,0	43,4
Trasporti	39,9	26,2	65,5	55,6	31,1
Residenziale	15,7	5,0	7,0	6,9	17,0
Terziario e Servizi	2,5	0,2	0,5	0,2	4,9
TOTALE	100	100	100	100	100

Fonte: ENEA (2000).

comuni verranno desunti dalla mappa del carico elettrico (espressa in kW/kmq) sul territorio della regione Umbria relativa all'anno 1996 e riportata nella **figura 9.3**. Dalla mappa è stato possibile calcolare i

consumi medi per ogni comune del territorio della Comunità Montana dei Monti Martani e del Serano riportati nella **tabella 9.7**, da cui possiamo notare come i consumi di energia elettrica per abitante e

Figura 9.3 Mappa regionale del carico elettrico



Fonte: ISRIM.

Tabella 9.7 Stima dei consumi energetici elettrici nei comuni della Comunità Montana dei Monti Martani e del Serano

Comune	Superficie (kmq)	Abitanti	kW/kmq	kW	GWh	kWh/abiteante
Acquasparta	79,58	4.533	25	1.989,5	17,42802	3.844,699
Bevagna	56,1	4.614	125	7.012,5	61,4295	1.3313,72
Campello sul Clitunno	49,8	2.340	125	6.225,0	54,531	2.3303,85
Castel Ritaldi	22,5	2.751	125	2.812,5	24,6375	8.955,834
Giano	44,43	3.200	125	55.53,75	48,65085	15.203,39
Gualdo Cattaneo	96,79	6.000	25	24.19,75	21,19701	3.532,835
Massa Martana	78,1	3.500	25	1.952,5	17,1039	4.886,829
Montefalco	69,34	5.600	25	1.733,5	15,18546	2.711,689
Spoletto	349,63	38.400	125	43.703,7	382,8449	9.969,918
Trevi	71,16	7.500	125	8.895,0	77,9202	10.389,36
TOTALE	917,43	78.438			720,9283	

Valori medi:
kWh/ab = 9611.211984
kWh/kmq = 785812.8577

Fonte: elaborazione Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Ingegneria Industriale.

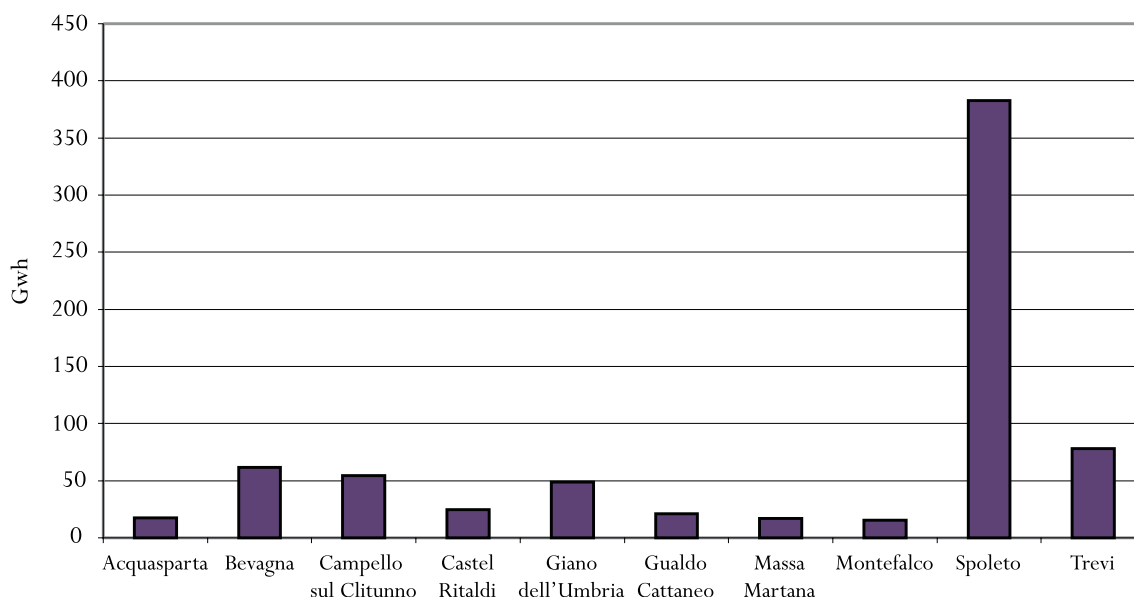
per unità di superficie siano superiori alla media regionale, tutto ciò dovuto, principalmente, alla presenza di diverse industrie concentrate nella Valle Umbra. Il comune caratterizzato dal maggiore consumo di energia elettrica è Spoleto (**fig. 9.4A**); in ogni caso bisogna osservare che per tale comune i consumi sono soprattutto legati al settore residenziale. Infatti il consumo annuo *pro capite* di energia elettrica è comunque minore rispetto a quello relativo a comuni (come Campello sul Clitunno o Trevi) dove il consumo di energia elettrica è per lo più dovuto alla presenza di attività industriali e/o artigianali come si può osservare dai grafici della **figura 9.4B**.

9.5.2. Produzione

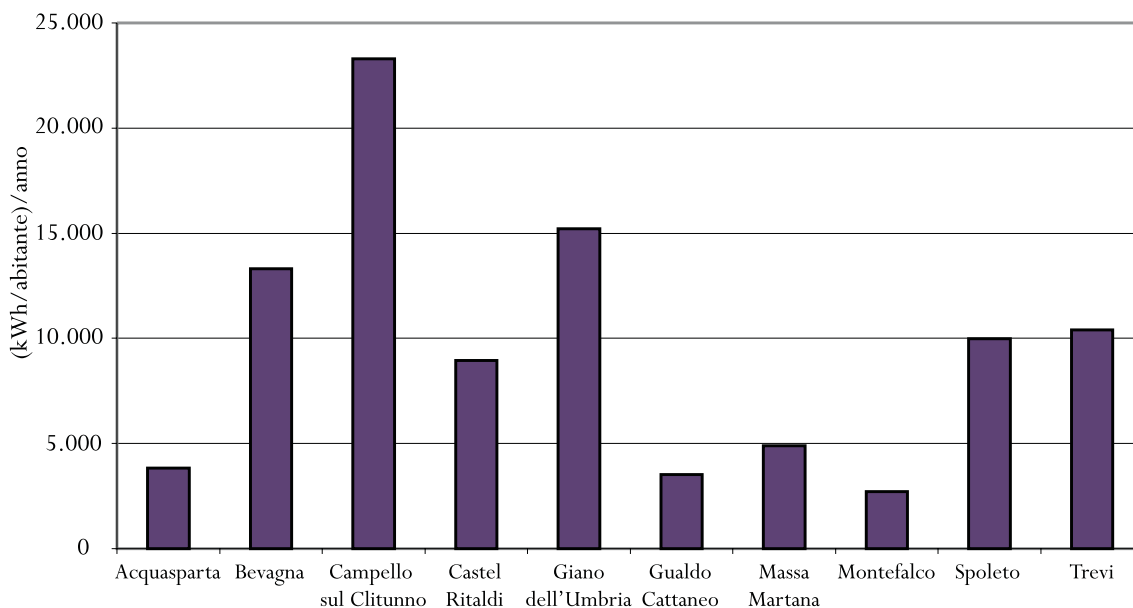
9.5.2.1. Produzione termoelettrica, centrale ENEL di Bastardo

La centrale termoelettrica di Bastardo, a 250 m s.l.m., è ubicata in prossimità della frazione Bastardo del comune di Giano dell'Umbria. Prevista in origine per il funzionamento a lignite è stata in seguito sempre esercitata ad olio combustibile (la prima messa in servizio è avvenuta nel 1967) fino alla riconversione a carbone nel 1988. Il ciclo termico è a surriscaldamento del vapore e a rigenerazione di calore dell'acqua alimento a 6 spillamenti. La potenza massima continua è di 82

Figura 9.4a Stima dei consumi energetici nei comuni della Comunità Montana dei Monti Martani e del Serano



Fonte: elaborazione Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Ingegneria Industriale.

Figura 9.4b Consumi di energia elettrica per abitante nei comuni della Comunità Montana dei Monti Martani e del Serano

Fonte: elaborazione Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Ingegneria Industriale.

Tabella 9.8a Consumi di combustibili ed energia elettrica prodotta dalle centrali termoelettriche umbre

Impianto	MW	Località	Combustibile	Consumo di combustibile		
				(.000)		TEP
Sondel	44	Nera Montoro (TR)	Metano	97.500	mc	79.984
	12,5		Off-gas	10.500	mc	8.614
Montell Italia	25	Terni	Olio combustibile	48.338	kg	47.371
	6		Metano	14.191	mc	11.642
Alcantara	5	Narni (TR)	Vapore			-
Autoproduttori diesel	1,5	Terni	Gasolio	321,498	kg	347
ENEL	68	Bastardo (PG)	Carbone	446.648	kg	313.406
			Gasolio	1.710	kg	1.847
		Pietrafitta (PG)	Olio combustibile	4.395	kg	4.307
			Carbone	18.157	kg	10.416
			Lignite	175.735	kg	115.159
ENEL		Pietrafitta (PG)	Gasolio	1.000	kg	1.080
Coop. Produttori Tabacco	0,536	Collazzone (PG)	Metano	378,3	mc	310
Nestlè	1,9	Perugia	Olio combustibile	433,5	kg	0
Cartiere Trevi	2,3	Trevi (PG)	Metano	2.615,3	mc	4.327
Autoproduttori diesel	16,05	Perugia	Gasolio	3.286,6	kg	3.550
TOTALE						602.359

(segue)

MW per ciascuna sezione mentre la potenza nominale è di 75 MW. Il sistema di refrigerazione è ad acqua in ciclo chiuso con torri di raffreddamento; le perdite del sistema vengono reintegrate con l'acqua del fiume Timia. A breve è previsto l'aggiornamento dell'impianto con un *revamping* che aumenterà sia il rendimento che la potenza nominale dell'impianto. Come si può osservare dalla **tabella 9.8** il rendimento dell'impianto è di poco superiore al rendimento medio delle centrali termoelettriche umbre.

9.5.2.2. Autoproduttori

Nella **tabella 9.9** sono elencati gli impianti termoelettrici in esercizio presso autoproduttori di energia elettrica. Ipotizzando per tali impianti uno sfruttamento medio di 6.000 ore/anno¹, si può prevedere

note

¹ Tali impianti sono infatti di proprietà di aziende che, per un rapido recupero dell'investimento, prevedono uno sfruttamento intenso della risorsa termoelettrica.

Tabella 9.8b Consumi di combustibili ed energia elettrica prodotta dalle centrali termoelettriche umbre

Impianto	MW	Località	Energia elettrica prodotta kwh/a (.000)	TEP	Rendimento*	Combustibile TEPu
Sondel	44	Nera Montoro (TR)	355.53	30.534,558	0,34464687	27.566
	12,5			0	-	2.969
Montell Italia	25	Terni	156.332	14.391,756	0,26	12.313
	6			0	-	3.026
Alcantara	5	Narni (TR)	11.014	947,204		
Autoproduttori diesel	1,5	Terni	1.434,1	123,331396	0,36	123
ENEL	68	Bastardo (PG)	1.108.549,3	95.335,2398	0,30	94.777
				0	-	558
		Pietrafitta (PG)	123.094	10.586	0,08	351
				0	-	849
				0	-	9.386
ENEL		Pietrafitta (PG)	2.806	241,359	0,22	241
Coop. Produttori Tabacco	0,536	Collazzone (PG)	1.100	94,6	0,30	95
Nestlé	1,9	Perugia		0	-	
Cartiere Trevi	2,3	Trevi (PG)	14.693,8	1.263,66696 72	0,29	1.264
Autoproduttori diesel	16,05	Perugia	8.996,2	773,672254	0,22	774
TOTALE				154.291		154.291
Rendimento medio**					0,29	0,26

* Il *Rendimento* è stato calcolato come rapporto tra l'energia elettrica prodotta e il combustibile utilizzato per la sua produzione.

** Il *Rendimento medio* è stato calcolato come media pesata dei rendimenti delle centrali termoelettriche umbre.

Fonte: ISRIM (Istituto Superiore di Ricerca e Formazione sui Materiali Speciali per Tecnologie Avanzate).

Tabella 9.9 Autoproduttori di energia elettrica nel territorio della Comunità Montana dei Monti Martani e del Serano

Località	Autoproduttore	Potenza (kW)	Impianto FM	Combustibile
Giano dell'Umbria	Piccionne Renzo & c.	200	Diesel	Gasolio
Gualdo Cattaneo	IPI	256	Diesel	Gasolio
	Flli Orazzi	192	Diesel	Gasolio
	Montepelato	320	Diesel	Gasolio
	R.B. Inerti	360	Diesel	Gasolio
	Sugaroni	100	Diesel	Gasolio
	Sece	400	Diesel	Gasolio
Spoleto	Umbria Olii	800	Turbina a gas	Metano
	Cartiere di Trevi	600	Turbina a gas	Metano
Trevi	ICP	40	Diesel	Gasolio
	Labor	120	Diesel	Gasolio
	Labor	68	Diesel	Gasolio
	Labor	176	Diesel	Gasolio
TOTALE		3.632		

Fonte: ENEA 2000.

re dunque una produzione annua pari a 21,792 GWh. Il totale di energia elettrica prodotta annualmente da fonte fossile sul territorio della Comunità Montana dei Monti Martani e del Serano è pari a 1.130,341 GWh.

9.5.2.3. Produzione idroelettrica

Il territorio della Comunità Montana dei Monti Martani e del Serano è dotato di un sistema idrico dove non si registra la presenza di grosse portate in corrisponden-

za di salti d'acqua; lo sfruttamento dell'energia idroelettrica si limita perciò a pochi casi di impianti *mini-hydro*. Nella **tabella 9.10** è riportato l'elenco delle centraline *mini-hydro* in esercizio sul territorio della Comunità Montana dei Monti Martani e del Serano.

Bisogna notare che, a livello di produzione di energia elettrica, le fonti di energia rinnovabili sono scarsamente sfruttate mentre è elevata la produzione termoelettrica soprattutto per la presenza della centrale di Bastardo.

Tabella 9.10 Produzione idroelettrica nel territorio della Comunità Montana dei Monti Martani e del Serano

Fiume	Città	Località	Qmax (l/s)	Qmed (l/s)	Salto (m)	kW
Clitunno	Trevi	Faustana	2.000	1.500	4,20	62,00
Naja	Acquasparta		100		6,33	6,21

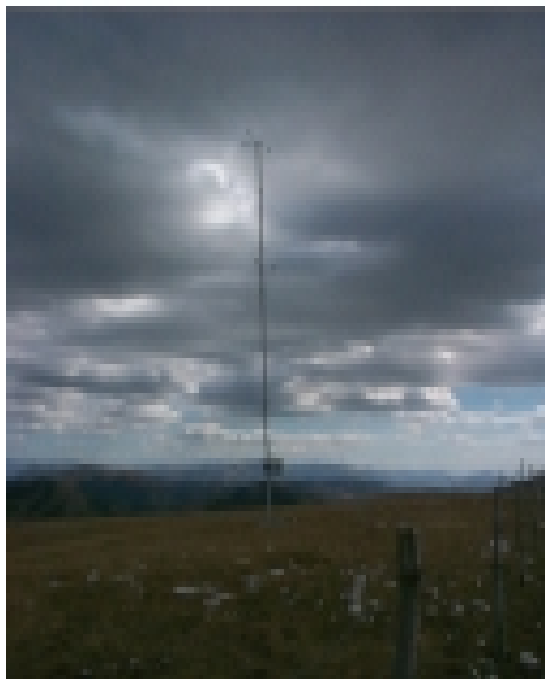
Fonte: ENEA 2000.

9.5.3. Prospettive di sfruttamento di energia da fonti rinnovabili

La zona in esame è caratterizzata per gran parte da territorio montano e con grado piuttosto elevato di eterogeneità e complessità orografica. L'obiettivo fondamentale di questo paragrafo è quello di analizzare le forme di energia rinnovabile per le quali esistono forti presupposti per lo sfruttamento (in primo luogo è significativo il potenziale energetico sfruttabile). Per alcune forme quali le biomasse e l'eolico possono inoltre essere fatte considerazioni più approfondite utili per valutare la compatibilità ambientale, l'inserimento paesaggistico, le potenzialità di sfruttamento, le ricadute occupazionali e tutti gli aspetti collegati con la realizzazione di un impianto di produzione di energia da fonte rinnovabile.

9.5.3.1. Risorse eoliche del territorio montano

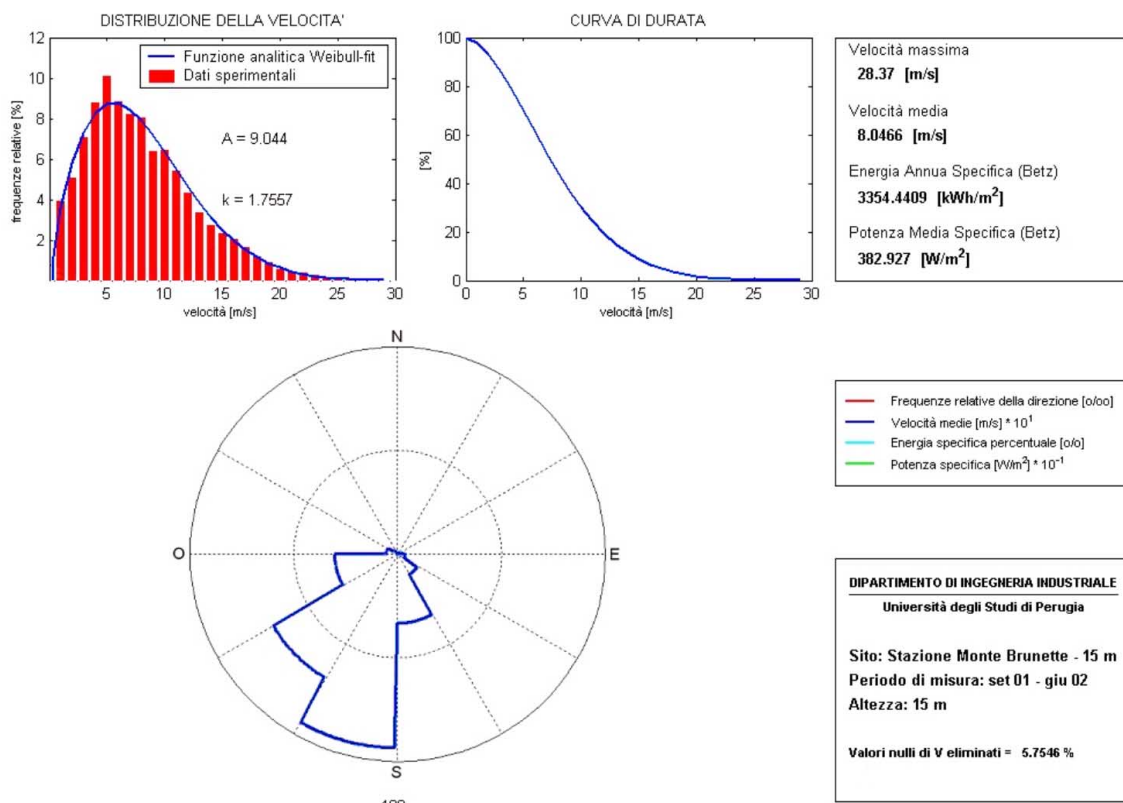
Il territorio montano oggetto di studio è sicuramente sede di un ragguardevole potenziale eolico che va comunque caratterizzato attraverso uno studio approfondito. L'*Atlante Eolico Europeo* infatti fornisce indicazioni poco esaustive e in alcuni casi imprecise per la Dorsale appenninica caratterizzandola come una zona dotata di un potenziale eolico modesto con zone di crinale in cui si realizzano però notevoli concentrazioni di energia. La complessità orografica delle zone appenniniche consiglia dunque uno studio più approfondito a livello locale; in alcuni casi infatti ricerche finalizzate alla valutazione del potenziale eolico di determinati siti hanno evidenziato zone con elevato potenziale non segnalate (perché non conosciute e non studiate) sulle mappe eoliche attualmente disponibili. A tal fine è stata condotta una campagna di rilievi sperimentali tramite l'installazione di una stazione anemometrica automatica, in grado di rilevare la direzione e la velocità del vento a diverse altezze dal suolo registrando automaticamente i dati relativi anche a periodi molto lunghi, sul monte Brunette (figg. 9.5-9.6). I valori di intensità del vento ci consentono di classificare l'area come una zona a potenziale eolico molto elevato come si può osservare dai grafici della **figura 9.7** che sintetizzano i dati anemologici rilevati. Secondo i livelli di intensità

Figura 9.5 Torre anemometrica sul monte Brunette

Fonte: elaborazione Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Ingegneria Industriale.

media del vento rilevati una macchina eolica da 2.000 kW sarebbe in grado di produrre annualmente circa 6.200 MWh. Sul territorio della Comunità Montana dei Monti Martani e del Serano insistono diverse aree proposte, nella fase di elaborazione dell'ultimo "Piano energetico regionale" della Regione Umbria, come aree potenzialmente idonee per lo sfruttamento del-

Figura 9.7 Caratteristiche anemologiche del monte Brunette



Fonte: elaborazione Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Ingegneria Industriale.

l'energia eolica. Per tali aree è stata anche valutata quella che si ritiene la massima potenza installabile; Nella **tabella 9.11** è riportato l'elenco dei siti eolici che ricadono nel territorio in studio. Come si può osservare la potenzialità eolica del territorio della Comunità Montana dei Monti Martani e del Serano è quasi pari al 20% di quella regionale. Potenzialmente, dunque, potrebbero essere installati circa 260 MW eolici che, in prima approssimazione, potrebbero produrre circa 520 GWh di energia rinnovabile.

9.5.3.2. Risorse idroelettriche del bacino idrico montano

La produzione di energia da fonte idraulica costituisce, in generale, una tecnologia che ha raggiunto buo-

ni livelli di diffusione ed economicità; la competitività economica di tale forma di energia è ormai assodata per gli impianti di grande taglia mentre è in fase di sviluppo per gli impianti di piccola taglia grazie anche al progresso tecnologico. Alcune analisi del potenziale energetico idroelettrico italiano, pur avendo rivelato un buon grado di sfruttamento di tale fonte, hanno evidenziato che tale risorse energetica non è ancora pienamente valorizzata. Uno sfruttamento più efficiente dell'energia idroelettrica potrà essere conseguito soprattutto con lo sviluppo di impianti di piccola taglia (*mini-hydro*) che sono in grado di sfruttare fonti energetiche più frazionate. Il territorio montano è chiaramente ricco di risorse idriche spesso però molto frazionate e di non facile sfruttamento ai fini idroelet-

Tabella 9.11 Siti eolici che ricadono nel territorio della Comunità Montana dei Monti Martani e del Serano

Località	Comune	Provincia	Accessibilità	Quota (m s.l.m.)	Potenza (MW)	% regionale
Monte Serano	Sellano, Trevi, Campello sul Clitunno	Perugia	Buona	1.150-1.430	56,78	4,11
Monte Cammoro	Campello sul Clitunno, Sellano	Perugia	Ottima	1.171-1.273	11,10	0,80
Monte Maggiore	Cerreto, Campello	Perugia	Mediocre	1.160-1.420	27,44	1,99
Monti Martani	Giano dell'Umbria - Massa Martana, Spoleto	Perugia, Terni	Ottima	700-1.094	98,00	7,10
Monte Patrico	Spoleto	Perugia	Ottima	1.000-1.337	44,00	3,19
Monte Acetella	Spoleto	Perugia	Buona	930-1.000	30,00	2,17
TOTALE					267,32	19,37

Fonte: Documento di presentazione del "Piano Energetico Regionale", Regione Umbria 2002.

trici con le tecnologie convenzionali; uno studio approfondito delle risorse attualmente utilizzate e di quelle potenziali ancora da sfruttare anche con l'impiego di tecnologie innovative, può essere utile alle Amministrazioni nell'intento di coordinare e programmare i possibili interventi al fine di renderne maggiormente efficiente l'utilizzo. Questo tipo di attività potrebbe portare ad uno sfruttamento più efficace e razionale di questa risorsa sul territorio della Comunità Montana dei Monti Martani e del Serano. In ogni caso, vista la limitatezza delle risorse idriche e dei salti d'acqua, l'apporto energetico non potrà che essere limitato. Un'idea innovativa da valutare è sicuramente lo sfruttamento dei salti d'acqua all'interno delle reti degli acquedotti.

9.5.3.3. Possibilità di sfruttamento delle biomasse di origine vegetale e dei reflui zootecnici

Nell'ambito delle iniziative conseguenti al Protocollo di Kyoto (accordo internazionale finalizzato alla riduzione delle emissioni inquinanti) il Ministero per le Politiche Agricole ha definito un "Programma nazionale per la valorizzazione delle biomasse agricole e forestali" per favorire lo sfruttamento di una forma di energia comunque rinnovabile che può essere utilizzata sia per la produzione di energia elettrica che termica, anche contemporanea (*cogenerazione*). Un territorio montano come quello oggetto di studio è sicuramente sede di attività agricole ed industriali che prevedono lo smaltimento di una certa quantità di biomasse di origine vegetale². Tale materiale è dotato di un potenziale energetico specifico interessante ma, specialmente quando deriva direttamente da attività agricole e forestali piuttosto che industriali, è spesso reperibile in forma piuttosto dispersa tanto che alcune volte viene addirittura smaltito o bruciato in situ. Un'attività di ricerca volta allo studio dei quantitativi disponibili, alla loro collocazione sul territorio ed agli eventuali costi di trasporto risulta sicuramente utile al fine di valutare il potenziale energetico totale che deriva da tutte le attività che prevedono lo smaltimento di biomasse vegetali. Nell'ambito dello studio delle possibilità di sfruttamento delle biomasse può essere presa in considerazione l'opportunità di produzione di biocombustibili di origine vegetale anche tramite il potenziamento di colture particolarmente adatte. Per quanto riguarda le filiere per lo sfruttamento delle biomasse vegetali e dei reflui zootecnici possono essere prese in considerazione soprattutto la filiera termica che preveda, in particolare, impianti per la produzione di calore connessi a piccole reti di teleriscaldamento.

note

² A tal fine si rimanda ai capitoli relativi all'agricoltura (3a) e alle foreste (5b).

9.5.3.4. Opportunità di sfruttamento dell'energia solare

L'energia solare costituisce una fonte di energia rinnovabile caratterizzata da una densità di potenza molto bassa; questo ovviamente comporta una scarsa competitività economica di tale forma di energia nei confronti di altre fonti rinnovabili. L'utilizzo della radiazione solare può essere finalizzato alla produzione di energia elettrica (solare fotovoltaico) oppure alla produzione di calore (solare termico). Nel primo caso i costi di investimento per la realizzazione sono talmente elevati che non è stato possibile diffondere a livello industriale tale tipologia di impianti; di recente sono state proposte dunque solo delle applicazioni di bassa potenza da integrare in edilizia (tetti fotovoltaici). Il solare termico per la produzione di acqua calda sanitaria è invece prossimo alla competitività in diverse applicazioni e costituisce una forma di energia realmente sfruttabile. Sul territorio della Comunità Montana dei Monti Martani e del Serano è sicuramente possibile sfruttare anche il potenziale energetico solare per la produzione di calore per acqua calda sanitaria. Uno sfruttamento più intenso sarebbe sicuramente stimolato con progetti di integrazione in edilizia di pannelli solari termici, partendo innanzi tutto dal settore dell'edilizia pubblica.

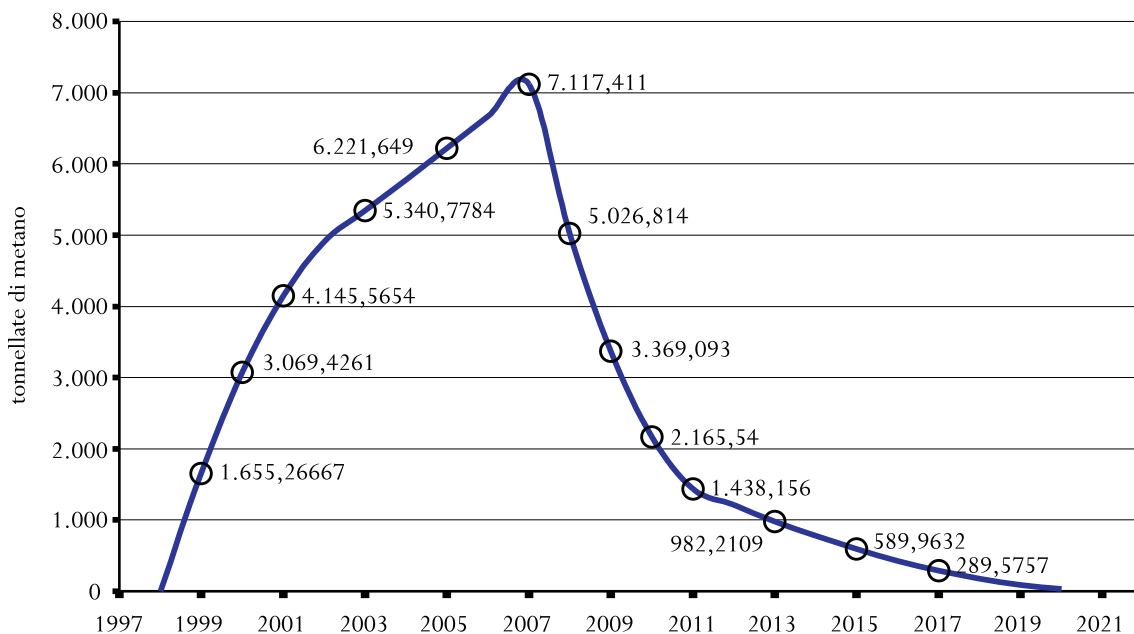
9.5.3.5. Opportunità di sfruttamento energetico dei rifiuti

Le opportunità di sfruttamento energetico dei rifiuti sul territorio della Comunità Montana dei Monti Martani e del Serano sono legate principalmente alle seguenti situazioni:

- possibilità di sfruttamento del biogas presso la discarica di Sant'Orsola nel comune di Castel Ritaldi;
- possibilità di produzione di CDR nell'impianto di Casone (Comune di Foligno) che tratta i rifiuti provenienti dalla maggior parte dei comuni della Comunità Montana dei Monti Martani e del Serano.

È chiaro che l'iniziativa di cui al primo punto è più legata al territorio in studio ma è opportuno citare anche l'iniziativa relativa al secondo punto poiché, nel caso in cui il CDR venga effettivamente utilizzato, avrebbe effetti anche sullo sfruttamento della discarica di Sant'Orsola. Per quanto riguarda lo sfruttamento del gas da discarica è già stato effettuato uno studio che ha valutato, partendo dalle reazioni chimiche che provocano la formazione del gas da discarica e le analisi del materiale conferito nella stessa, la quantità di gas che potrebbe essere estratta. Facendo riferimento (**fig. 9.8**) alla forte produzione prevista per i prossimi anni (6.200 t/anno circa) con un impianto di produzione di energia elettrica con rendi-

Figura 9.8 Stima della produzione di biogas presso la discarica di Sant'Orsola

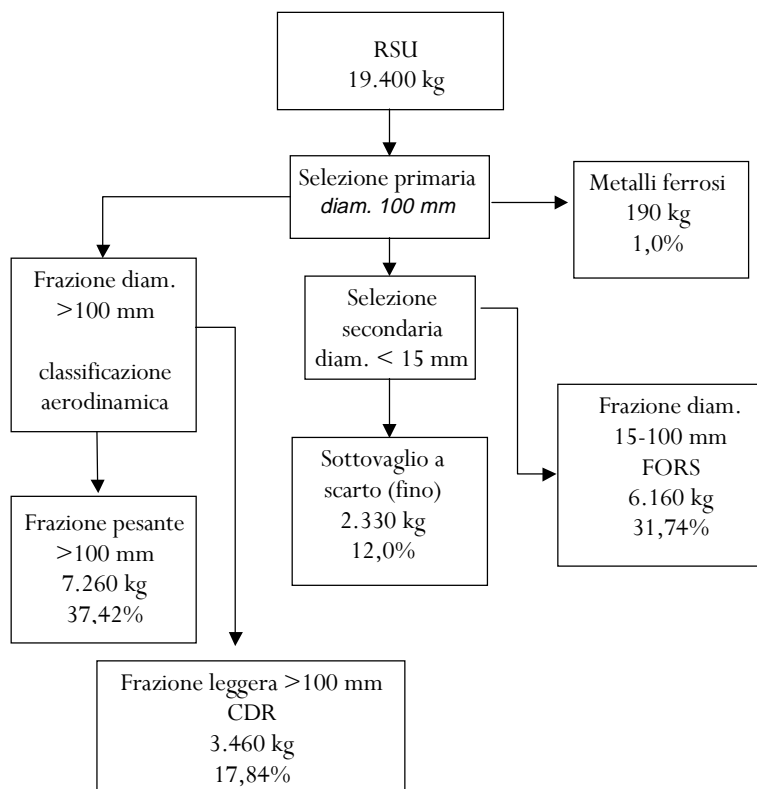


Fonte: RICICLA 2001, atti del congresso.

mento pari al 30% sarebbe possibile produrre più di 13 GWh/anno (con punte di oltre 25) di energia elettrica almeno fino al 2009. L'entità dell'investimento per il sistema di captazione del gas e la difficile scelta della potenza nominale dell'impianto (1,5-3 MW) consigliano uno studio più approfondito per valutare le condizioni per un reale sfruttamento della risorsa.

Per quanto riguarda la produzione di Combustibile da Rifiuti (CDR), così come definito dal DM 5 febbraio 1998, bisogna osservare che l'impianto di Casone (nel comune di Foligno) è dotato di un'apposita linea di produzione secondo lo schema della **figura 9.9**. Un recente studio ha valutato le potenzialità di produzione e l'effettiva rispondenza ai limiti

Figura 9.9 Schema relativo alla produzione di CDR presso l'impianto di Casone



normativi sia del CDR prodotto dalla linea dell'impianto sia di una miscela tra CDR e pneumatici triturati. I risultati hanno dimostrato che la linea è in grado di fornire CDR in quantità pari a circa il 17% in peso dei rifiuti conferiti all'impianto; lo sfruttamento di tale materiale porterebbe dei benefici sia in termini di produzione di energia elettrica che un aumento del ciclo di vita delle discariche presso le quali verrebbe conferita una quantità minore di materiale.

9.6. Problematiche emergenti

La principale problematica emergente è costituita dallo stato di un sistema energetico locale sicuramente poco sostenibile (in quanto è molto bassa la percentuale di energia rinnovabile prodotta ed utilizzata) e dotato di scarso dinamismo. L'esistenza di una grossa centrale termoelettrica sembra inibire iniziative imprenditoriali in campo energetico. Questo è dovuto anche alla scarsa formazione-informazione in questo campo e a un atteggiamento a volte ostile nei confronti di nuove tecnologie.

BIBLIOGRAFIA e DOCUMENTAZIONE

Ariemma A., Sesto E., Bigotti R., Caridi N., 1994
Sfruttamento del potenziale eolico dell'Alto Appennino, Pagine di Ricerca ENEL.

CIPE, 1999
Libro Bianco per la valorizzazione energetica delle fonti rinnovabili, 1999.

Spera D.A., 1994
Wind Turbine Technology: Fundamental Concepts of Wind Turbine Engineering, American Society of Mechanical Engineers.

ENEA, 1985
Metodologie di Risparmio Energetico, 1985.

WEA, 1998
Wind energy in Europe - The facts, 1998.

ISES, 1992
Energia dal sole, Leonardo Periodici.

Cuffie W.A., Beckman, 1978
L'energia solare nelle applicazioni termiche.

Tabella 9.12 Riepilogo indicatori DPSIR

Nome indicatore	Descrizione ed unità di misura	D	P	S	I	R	Tipologia indicatore
							Ring Core
Consumo di energia	GWh/anno		P				Core
Percentuale di energia consumata prodotta da risorse rinnovabili	%		P			R	Core
Consumi di energia elettrica per uso domestico pro capite	Kwh/abitante		P				Core
Consumi di energia per settore di utenza	M ³ per abitante o industria o altro		P				Core
Consumi di energia suddivisi per fonte	Milioni di tpe/anno		P				Ring
Consumo di energia a persona	kWh/persona/anno		P				Ring
Consumi di carburante (trazione e riscaldamento)	Tep/abitante		P				Ring
Impianti a rischio di incidente rilevante (siti "Seveso")	N./km ²		P				Ring
Presenza di aziende a rischio industriale (DPR 175/88)	N. e tipologia per area		P	S			Ring
Metanizzazione	Abitazioni servite / abitazioni totali			S		R	Core
Capacità installata in energia eolica in Kw	Kw			S		R	Core
Promozione risparmio e energie rinnovabili	N. iniziative					R	Core

(segue)

El-Wakil M. M., 1985
Power Plant Technology, McGraw-Hill, New York.

Marionni M., Bordichini P., Castellani F., Lunghi P.,
Paglialonga M., 2001
*Studio tramite modello matematico della produzione di
biogas. Studio applicato alla discarica controllata di prima
categoria di Sant'Orsola a servizio dell'ATO 3 Umbria*,
Ricicla.

Sportolari M., Bordichini P., Marionni M., Castellani F.,
Lunghi P., 1995
*L' impianto di Foligno per la produzione di frazione secca e
CDR*, Ricicla.

Barra O.A., 1981
La conversione fototermica dell'Energia solare.

Rosenberg P., 1993
The alternative energy handbook, University Press
1993.

ENEA, 2000
*Proposta per il "Piano Energetico Regionale" della Regione
Umbria*.

Riso National Laboratory, 1991
European Wind Atlas.

Regione Umbria - ISRIM, 1999.
Studio di Piano energetico.

Jiandong T. et al., 1996
Mini Hydropower, Wiley & Sons.

Ohta T., 1994
Energy technology: sources, systems and frontier conversion,
Pergamon Press.

• **Documentazione consultata in Internet**

Sito Internet del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del
Territorio: www.minambiente.it.

segue Tabella 9.12 Riepilogo indicatori DPSIR

Nome indicatore	Contenuto informativo	Tendenza	Stato dati	Tipologia dati	Riferimento relazione
	Qualità buona ☺ Qualità media ☹ Qualità scadente ☹ Nessun contenuto informativo ∅	In crescita ↑↑ In calo ↓↓ Stabile ↔	Completi ☐ Incompleti ☐ Assenti ☐	Puntuali Comunali Sovracomunali Provinciali Regionali	
Consumo di energia	☹		☐	Comunale	
Percentuale di energia consumata prodotta da risorse rinnovabili	☹		☐	Comunale	
Consumi di energia elettrica per uso domestico pro capite			☐		
Consumi di energia per settore di utenza			☐		
Consumi di energia suddivisi per fonte			☐		
Consumo di energia a persona	☹		☐	Comunale	
Consumi di carburante (trazione e riscaldamento)			☐		
Impianti a rischio di incidente rilevante (siti "Seveso")			☐		
Presenza di aziende a rischio industriale (DPR 175/88)			☐		
Metanizzazione			☐		
Capacità installata in energia eolica in Kw	☺		☐	Comunale	
Promozione risparmio e energie rinnovabili			☐		