comune di
PRATO

Piano Energetico
Comunale di Prato

LINEE GUIDA PER IL PIANO D'AZIONE

Valutazione del potenziale energetico comunale da FER

Anno 2012

A cura di

IGEAM

Ecuba

Gruppo di Lavoro per la redazione del Piano Energetico Comunale

Marcello Antinucci (Responsabile Tecnico)
Daniele Pace
Alessio Di Paolo
Elena Cisco
Federico Fileni
Sophia Valenti
Simone Antinucci
Lorenzo Orlandi

INDICE

1 1. SCENARI EVOLUTIVI DEI CONSUMI ENERGETICI 4

1.1 La domanda di energia attesa 4

1.1.1 Analisi di dettaglio dello scenario del settore industriale di Prato 8

1.2 Scenari dell'offerta di energia 14

2 POTENZIALITA' DELLE FONTI DI ENERGIA RINNOVABILE 16

2.1 POTENZIALE ENERGETICO DA BIOMASSA 16

2.1.1 Premessa metodologica 16

2.1.2 Biomassa agricola 18

2.1.2.1 Stima della disponibilità potenziale annua 18

2.1.2.2 Stima del potenziale energetico annuo 24

2.1.3 Biomassa forestale 27

2.1.3.1 Stima della disponibilità potenziale annua 27

2.1.3.2 Stima del potenziale energetico annuo 34

2.2 POTENZIALE ENERGETICO DA FOTOVOLTAICO E SOLARE TERMICO 36

2.2.1 Potenziale totale fotovoltaico e solare termico 36

2.2.2 Potenziale installabile fotovoltaico e solare termico 40

2.2.2.1 Focus sostituzione coperture degli edifici industriali in amianto e installazione pannelli FV 42

2.2.3 Prospettive di penetrazione del fotovoltaico e disponibilità di incentivi 44

2.2.4 Prospettive di penetrazione del solare termico e disponibilità di incentivi 44

2.3 POTENZIALE DA ENERGIA EOLICA 45

2.4 POTENZIALE DA ENERGIA IDRAULICA 48

2.4.1 Inquadramento normativo 48

2.4.2 Previsioni 49

2.4.3 Strumenti ed incentivi 50

2.4.4 La situazione a Prato 50

2.4.4.1 Impianto di Cavalciotto in fase di realizzazione 51

2.4.4.2 Valutazione del potenziale energetico 51

2.4.4.3 Analisi ulteriori interventi sfruttamento energetico risorsa idraulica 52

2.5 POTENZIALE DA ENERGIA GEOTERMICA 63

2.5.1 Quadro di riferimento 63

2.5.1.1 Quadro normativo 63

2.5.2 Previsione di diffusione 64

2.5.2.1 La potenzialità tecnica 64

2.5.2.2 Valutazione del potenziale energetico 66

2.6 POTENZIALE DA EFFICIENZA ENERGETICA 67

2.7 STIMA DEL POTENZIALE TOTALE 69

2.8 Allegato I – Fattori di conversione 70

2.9 Allegato 2 - Fattori di Emissione 70

1. SCENARI EVOLUTIVI DEI CONSUMI ENERGETICI

Prima di analizzare il potenziale energetico che il territorio può esprimere si intende, preliminarmente, partire degli scenari evolutivi dei consumi energetici e delle emissioni climalteranti considerando le condizioni (fattori socio-economici e livello tecnologico) che possono determinare dei cambiamenti dal lato della domanda.

Nella presente analisi vengono considerati due orizzonti temporali: uno di **breve periodo (fino al 2016)** e uno di **lungo periodo (fino al 2020)** in quanto rappresentano un arco temporale che consente di effettuare, con una buona affidabilità, previsioni sugli andamenti energetici. Stime ad orizzonti temporali superiori potrebbero rivelarsi di scarsa affidabilità. In particolare i trend di sviluppo dei consumi sono stati di seguito costruiti come semplice estrapolazione degli andamenti storici degli ultimi anni, tenendo conto dell'influenza dei fattori socio-economici (in particolare l'andamento demografico) e dell'evoluzione tecnologica che presumibilmente caratterizzerà i prossimi anni.

1.1 La domanda di energia attesa

Per la definizione degli scenari della domanda di energia vengono utilizzate le assunzioni riportate nel Piano d'Azione Italiano per l'Efficienza Energetica 2011 (PAEE). L'analisi di scenario contenuta nel PAEE è coerente con l'evoluzione del sistema energetico, e permette, pertanto di garantire, attraverso modelli formali[1], la trasparenza e riproducibilità di ogni scenario.

Essendo il 2020 un anno di riferimento per i principali target comunitari e per gli impegni presi a livello nazionale, le valutazioni degli impatti del Piano su energia primaria ed emissioni di CO_2 sono state effettuate in questo orizzonte temporale. A tale scopo le misure previste dal Piano sono state estese fino al 2020, mantenendo invariate le ipotesi e le assunzioni alla base delle misure previste per il 2016 (ad es. penetrazione e tassi di sostituzione di apparecchiature più performanti, efficientamento degli impianti). L'estensione del PAEE 2011 al 2020 porta ad una riduzione di energia finale di circa 15.9 Mtep.

1 L'Unità Studi di ENEA effettua analisi e valutazioni del sistema energetico nazionale utilizzando modelli formali elaborati mediante la metodologia MARKAL-TIMES. MARKAL e TIMES sono generatori di modelli di equilibrio economico parziale sviluppati dal gruppo di Analisi dei Sistemi delle Tecnologie Energetiche dell'Agenzia Internazionale dell'Energia ,(IEA-ETSAP). Gli scenari ENEA sono costruiti con una metodologia codificata, utilizzata per esempio dall'Agenzia Internazionale dell'Energia di Parigi nel suo rapporto ETP2010, e da molti altri gruppi di analisi in gran parte del mondo.

Tabella 1 Riduzioni dei consumi finali di energia attesi al 2016 e 2020

Settore	Riduzione di energia finale nel 2016		Riduzione di energia finale nel 2020		CO2 evitata nel 2020
	GWh/anno	Mtep/anno	GWh/anno	Mtep/anno	Mton
Residenziale	60027	5.16	77121	6.63	18.0
Terziario	24590	2.11	29698	2.55	9.45
Industria	20140	1.73	28678	2.47	7.20
Trasporti	21783	1.87	49175	4.23	10.35
Totale	**126540**	**10.88**	**184672**	**15.88**	**45.0**

Fonte: PAAE 2011

Le misure di miglioramento dell'efficienza energetica individuate nel PAEE nel settore residenziale si riferiscono a due categorie di intervento:

- prestazioni energetiche degli edifici (involucri ed impianti)
- consumi degli apparecchi (elettrodomestici e sorgenti luminose).

Le misure di miglioramento dell'efficienza nel **settore terziario** riguardano quattro categorie di intervento:

- prestazioni energetiche degli edifici
- condizionamento efficiente
- illuminazione pubblica e degli interni.

Come per il **residenziale**, tali misure derivano dal recepimento delle direttive sulla certificazione energetica degli edifici, sui i requisiti degli apparecchi correlati all'energia e sull'ecolabeling. L'estensione del Piano determina, nel settore, una riduzione di consumi di oltre 2,5 Mtep nel 2020. Il risparmio aggiuntivo rispetto al valore atteso al 2016 è di circa 0,45 Mtep, di cui oltre il 70% imputabile agli interventi su illuminazione e all'impiego di condizionatori efficienti, il restante alle misure per la riqualificazione edilizia / energetica di parte del parco edifici (ritenendo lo sforzo al 2016 già notevole, si è ipotizzato di intervenire nel 2020 soltanto su un ulteriore 10% di edifici tra scuole, edifici direzionali ed alberghi).

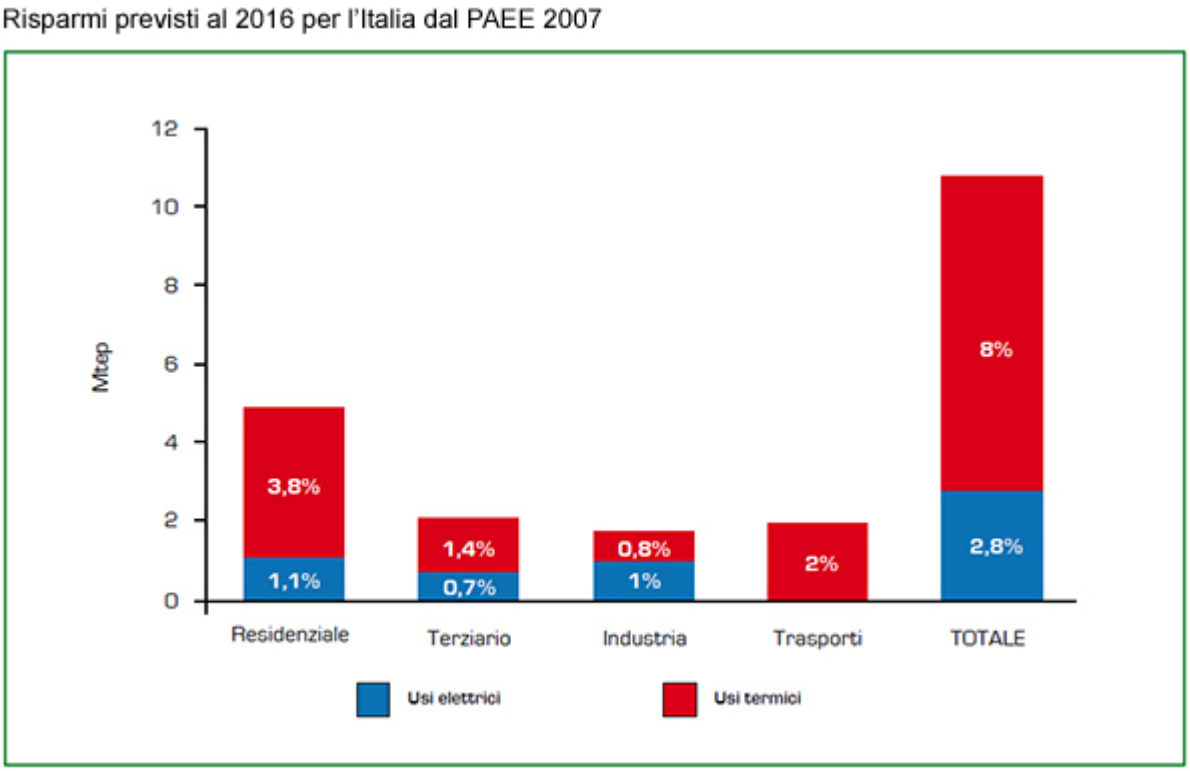
Nel **settore industriale**, le misure considerate nel Piano d'Azione interessano le seguenti categorie:

- illuminazione degli edifici e dei luoghi di lavoro
- motorizzazioni efficienti (Reg. 640/2009)
- azionamenti a velocità variabili
- cogenerazione ad alto rendimento
- refrigerazione
- sostituzione caldaie e recupero dei cascami termici.

L'estensione delle misure determina nel 2020 un risparmio di quasi 2,5 Mtep. La riduzione aggiuntiva rispetto al target 2016 (circa 0,7 Mtep) è imputabile per oltre il 15 % ad interventi su illuminazione, motori ed inverter su sistemi di pompaggi, per il 23% alla cogenerazione ad alto rendimento, per il restante alla misura "Impiego di compressione meccanica del vapore".

Il precedente PAEE del 2007 individuava al 2016 i seguenti scenari di risparmio ripartiti per usi termici ed usi elettrici.

Figura 1 –Risparmi previsti al 2016 per l'Italia dal PAEE 2007



Fonte: Energy Efficiency Report 2011

Partendo dalle premesse precedentemente riportate, valutando gli scenari descritti dal PAEE del 2011 e dal Energy Efficiency Report 2011[2] e considerando le principali soluzioni tecnologiche di efficienza energetica considerate "mature" e commercialmente disponibili, vengono di seguito descritti gli scenari della domanda di energia relativi al Comune di Prato.

2 Realizzato dall'Energy & Strategy Group, composto da docenti e ricercatori del Dipartimento di Ingegneria Gestionale e si avvale della collaborazione di altri Dipartimenti del Politecnico di Milano, in particolare del Dipartimento di Energia.

Tabella 2 - Scenari consumi finali di energia nel Comune di Prato attesi al 2016 e 2020[3]

Energia elettrica	**Scenario 2016**	*Risparmi % previsti PAEE*	**Scenario 2016 corretto con previsioni PAEE**	**Scenario 2020**	*Risparmi % previsti PAEE*	**Scenario 2020 corretto con previsioni PAEE**	**Ton CO_2 evitate al 2020**
Settore	**(Tep)**		**(Tep)**	**(Tep)**		**(Tep)**	
Industria	79.737	*2,9%*	**77.403**	82.975	*4,1%*	**79.604**	8.706
Domestico	39.853	*3,9%*	**38.303**	40.508	*4,9%*	**38.541**	5.081
Terziario	61.246	*3,5%*	**59.125**	62.251	*4,1%*	**59.719**	6.541
Consumi gas	**Scenario 2015**	Risparmi % previsti PAEE	**Scenario 2016 corretto con previsioni PAEE**	**Scenario 2020**	*Risparmi % previsti PAEE*	**Scenario 2020 corretto con previsioni PAEE**	
Settore	**(Tep)**		**(Tep)**	**(Tep)**		**(Tep)**	
Industria	94.087	2,3%	**91.923**	97.907	*3,2%*	**94.725**	7.620
Domestico e terziario	64.808	10,8%	**57.810**	66.299	*13,3%*	**57.499**	21.077
Prodotti petroliferi							
Settore	**(Tep)**		**(Tep)**	**(Tep)**		**(Tep)**	
Trasporti	100.285	4%	**95.954**	102.593	*9,5%*	**92.852**	30.003
Totale	**440.016**		**420.518**	**452.532**		**422.939**	**79.028**

Fonte: Elaborazione ATI su dati PAEE 2011 ed Efficiency Report 2011

I risparmi maggiori di energia (termica) nel settore domestico sono attesi dall'installazione di impianti di riscaldamento più efficienti ma anche attraverso il miglioramento delle performance energetiche degli edifici come prevedono le normative vigenti (a titolo esemplificativo vedi il D. Lgs. 311/2006 e la Direttiva 2010/31/CE EPBD2 avente come obiettivo principale l'aumento degli edifici ad energia "quasi zero").

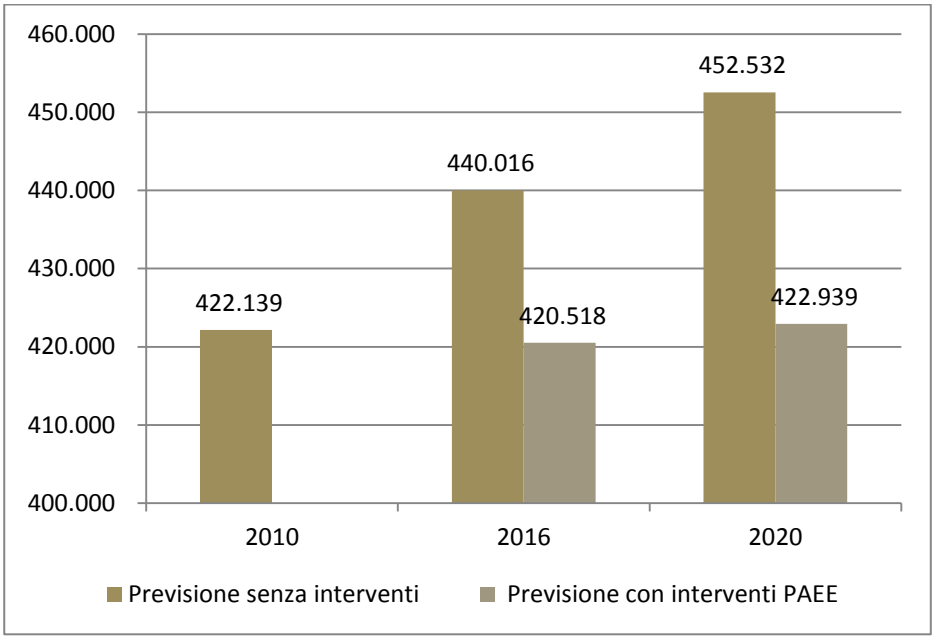
Nel settore industriale gli interventi che determineranno maggiori risparmi attesi sono quelli relativi alla refrigerazione, agli inverter su compressori, alla sostituzione caldaie e al recupero cascami termici. Il PAEE prevede inoltre anche una buona penetrazione della cogenerazione ad alto rendimento (per maggiori dettagli vedi il *§. 1.1.1)*.

In sintesi rispetto al 2010, che faceva registrare un consumo di circa 422.000 Tep[4], si stima nel 2020, complessivamente un aumento del 7% dei consumi del Comune di Prato con un consumo previsto di circa 452.000 Tep. Tale dato potrà ridursi fino a 423.000 Tep con la realizzazione gli interventi di efficientamento previsti dal PAEE 2011.

[3] **Nota metodologica:** Per il **calcolo dei consumi** al 2016 e al 2020 nei diversi settori e per vettore energetico, si è adottata la seguente metodologia. Per il settore domestico, terziario e trasporti è stato proiettato il consumo energetico comunale procapite del singolo settore per il numero degli abitanti stimati negli anni di riferimento (anno 2016= 194.595 ab. e anno 2020= 199.073 ab.). Per il solo settore industriale si è ipotizzato invece un aumento di domanda di energia parti all'1% annuo a partire dall'anno di riferimento 2010. Per la **definizione delle percentuali di risparmio** nei diversi settori si è fatto riferimento alle previsioni su scala nazionale del PAEE 2011. Tale percentuali di risparmio attese nei singoli settori sono stata applicate alle proiezione dei consumi per settore comunale attese al 2016 e al 2020, ripartendo i risparmi conseguibili in risparmi di energia elettrica e risparmi di energia termica.

4 Il dato non comprende i consumi di energia elettrica del settore agricolo.

Figura 2 – Scenari consumi energetici 2016 - 2020



Fonte: Elaborazione ATI

Gli scenari al 2016 e al 2020 tengono conto da una parte del trend della popolazione comunale, che costituisce il principale driver degli aumenti dei consumi energetici nel settore civile e dei trasporti, dall'altro della riduzione dei consumi nei diversi settori attribuibile all'applicazione futura di tecnologie ad efficienza energetica nei diversi settori considerati.

1.1.1 Analisi di dettaglio dello scenario del settore industriale di Prato

Stando alle ipotesi avanzate da Enea e indicate sul documento *Ricerca di sistema elettrico – Secondo anno di attività*, novembre 2011, gli scenari di evoluzione dei consumi energetici all'interno dei quali è plausibile si muovano i dati reali nei prossimi anni sono rappresentati da una ipotesi di *minima crescita* ed una di *massima crescita*.

Tenuto conto dell'elevata volatilità dei mercati che la crisi iniziata nel 2007-2008 ha evidenziato, è evidente che i due scenari rappresentano scenari tendenziali di medio lungo periodo, poiché situazioni contingenti e al momento imprevedibili potrebbero far oscillare da un anno all'altro i dati di produzione – e quindi di consumo energetico – in maniera anche assai diversa, specie in relazione a singole filiere produttive. Poiché al momento appare però assai difficile fare previsioni economiche di medio e lungo periodo e poiché anche prestigiosi centri di studi e analisi economiche non si sbilanciano in previsioni a più ampia scadenza, si è ritenuto opportuno attenersi ai due casi "scolastici" proposti nello studio, casi che peraltro rispecchiano assai bene la tendenza che l'economia italiana ha ricalcato negli ultimi due lustri.

- Lo scenario di minima crescita indica una crescita (negativa) del -1% annuo dal 2010 al 2020
- Lo scenario di massima crescita indica una crescita dell'1% annuo dal 2010 al 2020

Con tali ipotesi è pertanto possibile effettuare le proiezioni di consumo di energia al 2020, partendo dalla stima dei consumi per il settore industriale pratese nel 2010, senza applicare alcuna ulteriore ipotesi di riduzione dei consumi dovuta a interventi di efficientamento energetico.

Tabella 3 - Scenari consumi finali attesi al 2016 e 2020[5] settore industriale Comune di Prato

Consumo energia artigianato/industria	UM	2010	Scenario minimo		Scenario massimo	
			2016	2020	2016	2020
Energia elettrica	kWh	*401.689.840*	382.003.041	363.281.091	443.498.041	489.657.673
Gas metano	m3	*108.090.244*	102.792.746	97.754.879	119.340.363	131.761.404
Olio combustibile	t	*868*	825	785	958	1.058

Su tali scenari di base andranno innestate una serie di ipotesi di riduzione dei consumi energetici legate ad interventi di risparmio che le imprese produttive del territorio comunale potranno attuare sia per il fabbisogno di energia elettrica che di energia termica.

Le ipotesi di risparmio sono state dedotte sia dalla già citata *Ricerca di sistema elettrico* di Enea, sia dal *Rapporto annuale efficienza energetica 2010, Enea* che dalla *Ricerca sistema elettrico – Analisi di interventi di efficientamento 1° Macrolotto industriale di Prato* e possono così sintetizzarsi:

- Opportunità di ottimizzazione dei consumi nella produzione/distribuzione/utilizzo dell'aria compressa (generazione, trattamento, distribuzione, monitoraggio)
- Utilizzo motori elettrici ad elevata efficienza e adozione inverter
- Riutilizzo cascami energetici delle soluzioni calde di tintura
- Installazione impianti di cogenerazione

Di seguito si offre una ipotesi di quelle che potrebbero essere le ricadute in termini di risparmio energetico derivanti da tali azioni.

Ottimizzazione dei consumi nella produzione/distribuzione/utilizzo dell'aria compressa (generazione, trattamento, distribuzione, monitoraggio) e utilizzo motori elettrici ad alta efficienza e inverter

Secondo lo studio condotto dall'Università di Pavia e citato nella *Ricerca di sistema elettrico Enea*[6], si ipotizza che a partire dal 2010 saranno sostituiti circa i 2/3 delle macchina per la produzione di aria compressa. Lo studio ipotizza per il 2020 i seguenti risparmi derivanti da interventi su tali sistemi:

- generazione: 20%
- trattamento: 2%
- distribuzione di tipo concentrato: 5%
- monitoraggio: 1%

Come media pesata degli interventi si assume un risparmio medio del 15% sui consumi legati alla produzione e distribuzione di aria compressa.

[5] **Nota metodologica:** Per il **calcolo dei consumi** al 2016 e al 2020 nei diversi settori e per vettore energetico, si è adottata la seguente metodologia. Per il settore domestico, terziario e trasporti è stato proiettato il consumo energetico comunale procapite del singolo settore per il numero degli abitanti stimati negli anni di riferimento. Per il solo settore industriale si è ipotizzato invece un aumento di domanda di energia parti all'1% annuo a partire dall'anno di riferimento 2010. Per la **definizione delle percentuali di risparmio** nei diversi settori si è fatto riferimento alle previsioni su scala nazionale del PAEE 2011. Tale percentuali di risparmio attese nei singoli settori sono stata applicate alle proiezione dei consumi per settore comunale attese al 2016 e al 2020, ripartendo i risparmi conseguibili in risparmi di energia elettrica e risparmi di energia termica.

[6] Ricerca di sistema elettrico – Secondo anno di attività, novembre 2011, pag. 302

Lo studio dell'Università di Pavia stima che il consumo di energia elettrica legata alla produzione e distribuzione di aria compressa rappresenti circa il 20-30% del totale dell'energia consumata dalle aziende del settore.

Alcune statistiche dell'International Energy Agengy (IEA) relative all'anno 1996, tratte dal documento "Improving the Penetration of Energy-Efficient Motors and Drives" (SAVE II Programme 2000), danno invece una diversa ripartizione dei consumi di energia elettrica

Tabella 4 – Ripartizione consumi elettrici per settore industriale

Settore industriale	Consumo totale di energia elettrica (TWh)	Consumi motori elettrici (%)
Minerali non ferrosi	62,7	90,9
Carta, pasta di carta e stampa	106,8	75,1
Alimentare, bevande e tabacco	78,2	89,8
Industria chimica	164,5	71,9
Macchinari e metalli	98,3	51,7
Ferro e acciaio	81,6	66,3
Altre industrie	241,6	59,9
Totale	**833,6**	**69,0**

Fonte: Improving the penetration of energy-efficient motors and driver

Assumendo che il settore tessile rientri nella voce "*Altre industrie*" è lecito ipotizzare che per il settore tessile il consumo di energia elettrica legato al funzionamento dei motori rappresenti una percentuale di circa il 60% del totale dell'energia elettrica consumata.

Considerando invece la ripartizione dei consumi in base alle tecnologie, il medesimo studio permette di calcolare i seguenti dati percentuali sul totale dei consumi del settore industria (69%):

- sistemi di pompaggio 15%
- sistemi di ventilazione 11%
- sistemi ad aria compressa 12%
- azionamenti elettrici 31% (trasportatori 2%, sistemi di compressione per impianti frigoriferi 5%, altri carichi motori elettrici 25%)

Ribaltando tali percentuali su una quota complessiva del 59,9% si ottengono le percentuali con le quali si ripartisce l'uso di energia elettrica per i motori all'interno del comparto delle imprese produttive che comprende anche il settore tessile:

- sistemi di pompaggio 13%
- sistemi di ventilazione 10%
- sistemi ad aria compressa 10%
- azionamenti elettrici 27%

La percentuale per aria compressa è pertanto assai più bassa rispetto alla forbice ipotizzata dall'Università di Pavia.

Pertanto i potenziali risparmio saranno verificati per entrambe le ipotesi.

Tabella 5 - Stima ripartizione dei consumi di energia elettrica

	IEA	Università Pavia
Sistemi di pompaggio	13%	13%
Sistemi di ventilazione	10%	10%
sistemi ad aria compressa	10%	20%
Azionamenti elettrici	27%	27%

Fonte: IEA – Università di Pavia

La seguente tabella riassume le percentuali di riduzione dei consumi elettrici ottenibili con interventi diretti sulla produzione di aria compressa e con la graduale sostituzione del parco motori esistenti con motori ad elevata efficienza e l'ausilio di inverter da parte del comparto industriale del comune di Prato. Considerata l'elevata concentrazione di aziende operanti nel settore tessile si è ritenuto poter assumere che le percentuali di distribuzione dei consumi di energia elettrica valide per il settore tessile potessero applicarsi *tout court* a tutto il comparto produttivo pratese.

Le ipotesi di risparmio percentuale sono state dedotte da le *Proposte di Confindustria per il Piano Straordinario di efficienza energetica 2010*.

Tabella 6 – Scenari 2020 consumi settore industriale e potenziali risparmi

Crescita annua		Proiezione 2020	Risparmio	Risparmio al 2020
IPOTESI RIPARTIZIONE CONSUMI ELETTRICI MOTORI DELL'IEA				
Scenario di minima crescita –1%	Pompaggio	47.305.516	35%	16.556.931
	Ventilazione	34.690.712	35%	12.141.749
	Aria compressa	37.844.413	15%	5.676.662
	Azionamenti elettrici	97.764.733	15%	14.664.710
	Consumo elettrico industria	363.281.09		**49.040.052**
Scenario di massima crescita 1%	Pompaggio	57.779.473	35%	20.222.815
	Ventilazione	42.371.613	35%	14.830.065
	Aria compressa	46.223.578	15%	6.933.537
	Azionamenti elettrici	119.410.911	15%	17.911.637
	Consumo elettrico industria	**443.715.484**		**59.898.054**
IPOTESI RIPARTIZIONE CONSUMI ELETTRICI MOTORI DELL'UNIVERSITA' DI PAVIA				
Scenario di minima crescita –1%	Pompaggio	47.305.516	35%	16.556.931
	Ventilazione	34.690.712	35%	12.141.749
	Aria compressa	72.656.218	15%	10.898.433
	Azionamenti elettrici	97.764.733	15%	14.664.710
	Consumo elettrico industria	363.281.091		**54.261.822**
Scenario di massima crescita 1%	Pompaggio	57.779.473	35%	20.222.81
	Ventilazione	42.371.613	35%	14.830.065
	Aria compressa	88.743.097	15%	13.311.465

Crescita annua		Proiezione 2020	Risparmio	Risparmio al 2020
	Azionamenti elettrici	119.410.911	15%	17.911.637
	Consumo elettrico industria	**443.715.484**		**66.275.981**

Fonte: Proposte di Confindustria per il Piano Straordinario di efficienza energetica 2010.

Riassumendo, le proiezioni dei consumi di energia elettrica del comparto industriale pratese nel medio lungo periodo sono riportate nella seguente tabella dove, per evidenti ragioni, i valori sono stati arrotondati.

Tabella 7 – Scenari 2020 consumi settore industriale e potenziali risparmi

	UM	2010	2016	2020
Consumo EE industria Minimo	MWh	401.690	334.000	309.000
Consumo EE industria Massimo	MWh		408.000	383.000

La tabella evidenzia come tutti gli interventi previsti sull'efficientamento dei sistemi di produzione e distribuzione aria compressa nonché sui sistemi di ventilazione, pompaggio e sugli azionamenti elettrici siano in grado, nei due scenari, di determinare al 2020 una riduzione dei consumi assoluti di energia elettrica rispetto al 2010.

Riutilizzo cascami energetici delle soluzioni calde di tintura

L'ipotesi di intervento di efficientamento nasce dal fatto che il comparto produttivo del comune di Prato è caratterizzato da una massiccia presenza di aziende del settore tessile. Alcune di queste effettuano l'attività di tintura che richiede un significativo utilizzo di calore per riscaldare l'acqua sia del bagno di tintura che quella di risciacquo.

L'intervento proposto nello studio Enea[7] consiste nel riutilizzo del cascame termico dei bagni di tintura che potrebbero preriscaldare l'acqua di reintegro in ingresso alla caldaia, oppure l'acqua dei bagni di risciacquo prima che questa arrivi allo scambiatore con il vapore.

Le ipotesi di risparmio potenziale nascono dall'analisi di un paio di casi di aziende del Macrolotto di Prato che eseguono l'attività di tintura e che sono prese a modello per poter estrapolare un dato complessivo per le aziende del panel selezionato. Nei calcoli, senza ripercorrerne per intero ogni passaggio, si è ipotizzato un rendimento della caldaia di produzione pari al 90%, nonché la possibilità di recuperare un salto termico pari a circa 50°C (scambiatori in controcorrente). Inoltre, lo studio ha ipotizzato un processo di lavorazione per 210 giorni anno su tre cicli giornalieri di tintura, dei quali solo per gli ultimi due si ipotizza di poter usufruire del cascame energetico derivante dai cicli precedenti.

Nelle ipotesi di massima penetrazione dell'intervento si arriva a ipotizzare un saving pari a oltre 1.000.000 m^3 all'anno di metano, pari a circa 886 Tep/anno. Se si assume un tasso di penetrazione dell'intervento al 2020 pari al 50%, il risparmio atteso ammonterebbe a circa 500.000 Sm^3/anno pari a circa 443 Tep/anno

[7] Ricerca Sistema Elettrico – Analisi di interventi di efficientamento per il 1° Macrolotto industriale di Prato, Enea, 2009

La tabella che segue presenta la proiezione dei consumi energetici nei due scenari di minima e massima crescita.

Tabella 8 – Scenari consumi gas metano settore industriale 2016 e 2020 e potenziali risparmi

Consumo energia artigianato/industria	UM	2010	Scenario minimo		Scenario massimo	
			2016	2020	2016	2020
Gas metano, senza interventi	m^3	*108.090.244*	102.800.000	97.800.000	119.300.000	131.800.000
Gas metano, con interventi di saving			***102.550.000***	***97.300.000***	***119.050.000***	***131.300.000***

Installazione impianti di cogenerazione

Alcune delle aziende del comparto industriale pratese appartenenti alla filiera tessile sono caratterizzate da consistenti consumi di vapore, necessario in particolare nelle operazioni a caldo di tintura.

Affinché l'introduzione di un impianto di cogenerazione in luogo di una tradizionale caldaia per la produzione di vapore sia economicamente sostenibile è necessario che l'impianto resti in funzione per il maggior numero di ore all'anno e che, ovviamente, il calore prodotto sia tutto utilizzato e non disperso. Il dimensionamento del cogeneratore deve pertanto essere fatto sul fattore più critico, in particolare tenendo conto di quel livello di carico termico richiesto dalla utenze servite che rappresenta lo "zoccolo duro" al di sotto del quale, nelle ore di esercizio, il fabbisogno delle utenze non dovrebbe scendere.

La continuità di marcia dell'impianto è un altro fattore assai importante nella scelta del tipo di tecnologia: impianti a turbina che sfruttano il cascame termico dei gas caldi per produrre vapore mal sopportano interruzioni di marcia; al contrario, motori a combustione interna ben sopportano scenari caratterizzati da frequenti interruzioni.

È quindi evidente che la realizzazione di un impianto di cogenerazione parte da una imprescindibile analisi di fattibilità che preveda una attenta disamina del profilo dei consumi termici nell'arco della giornata e dell'anno solare. Pertanto, in questa sede appare difficile presentare uno scenario realistico che, partendo dai consumi del settore industriale, preveda un potenziale di diffusione della cogenerazione: ogni singola azienda rappresenta un caso a sé stante.

Lo studio condotto da Enea sul 1° Macrolotto di Prato non poteva tener conto dei benefici introdotti dai decreti del 4 agosto 2011 e del 5 settembre 2011 sulla Cogenerazione ad Alto Rendimento che possono rendere l'intervento legato all'introduzione di un CHP assai più appetibile.

Uno spunto significativo che emerge dallo studio è legato alla possibilità di realizzare dei cogeneratori il cui uso sia condiviso tra due o più soggetti vicini, meglio se confinanti. Se questo da un lato pone dei problemi relativi alla ripartizione dei costi di realizzazione ed esercizio nonché alla scelta dell'ubicazione dell'impianto e della rete di distribuzione dall'altro pone la necessità di costituire un consorzio tra le parti al quale intestare l'impianto per ripartirne le responsabilità amministrative tra le parti. Di contro, la presenza di più utenze potrebbe consentire di attenuare i picchi di richiesta termica e rendere l'impianto complessivamente più efficiente.

Il potenziale risparmio conseguibile con interventi di efficienza energetica nel settore industriale, qui riportato, supera le previsioni, riferite al contesto nazionale del PAEE 2011 (*vedi par. 1.1*). Verosimilmente lo scenario del PAEE è prudenziale rispetto alle assunzioni fatte per il Comune di Prato. Il potenziale qui riportato è un'ipotesi di **massimo risparmio conseguibile** che non considera vincoli di carattere economico, autorizzativo e cantierabilità di tutti gli interventi necessari per migliorare le performance energetiche delle aziende pratesi.

1.2 Scenari dell'offerta di energia

La definizione degli scenari dell'offerta di energia, in particolare da fonti energetiche rinnovabili, su scala comunale presenta alcune difficoltà.

Il *Piano Nazionale di Azione per le fonti rinnovabili* rappresenta un punto di partenza importante per individuare la crescita delle fonti rinnovabili in linea con gli obiettivi comunitari, ma soprattutto con le potenzialità del territorio nazionale.

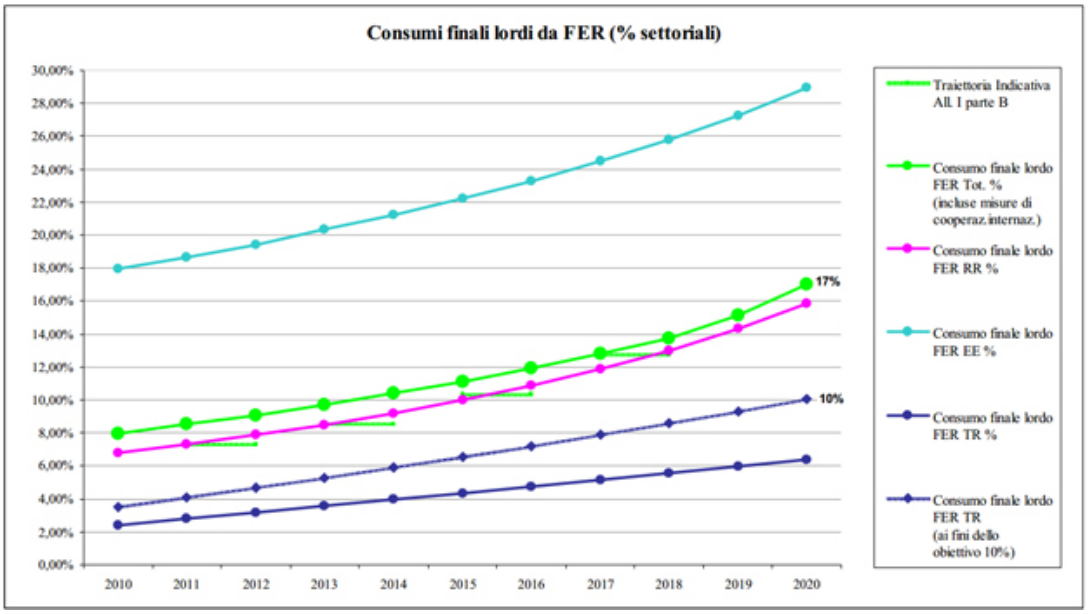
In generale però si osserva che, essendo lontani dalla grid parity per la maggior parte delle applicazioni, la diffusione delle fonti energetiche rinnovabili sarà fortemente dipendente, oltre che dalla causa endogena della disponibilità della fonte energetica su scala comunale, anche dai seguenti cause esogene:

- sistema di incentivazione assicurato,
- certezza delle regole su un orizzonte temporale esteso fino al 2020
- promozione delle tecnologie in grado di continuare a funzionare alla cessazione dell'incentivo

Per analizzare la possibile evoluzione delle FER nel territorio comunale si possono considerare due punti: da una parte l'obbligo nazionale di arrivare al 2020 ad una quota di energia da FER pari al 17% del consumo finale lordo di energia e il contributo atteso da ciascun settore (riscaldamento, raffrescamento, energia elettrica) e pari al 10% per quanto riguarda il settore trasporti, dall'altro il limite costituito dal potenziale territoriale.

Per definire il contributo percentuale di ciascun settore al raggiungimento degli obiettivi nazionali si riportano le ipotesi di scenario presenti nel *Piano di azione nazionale per le energie rinnovabili.*

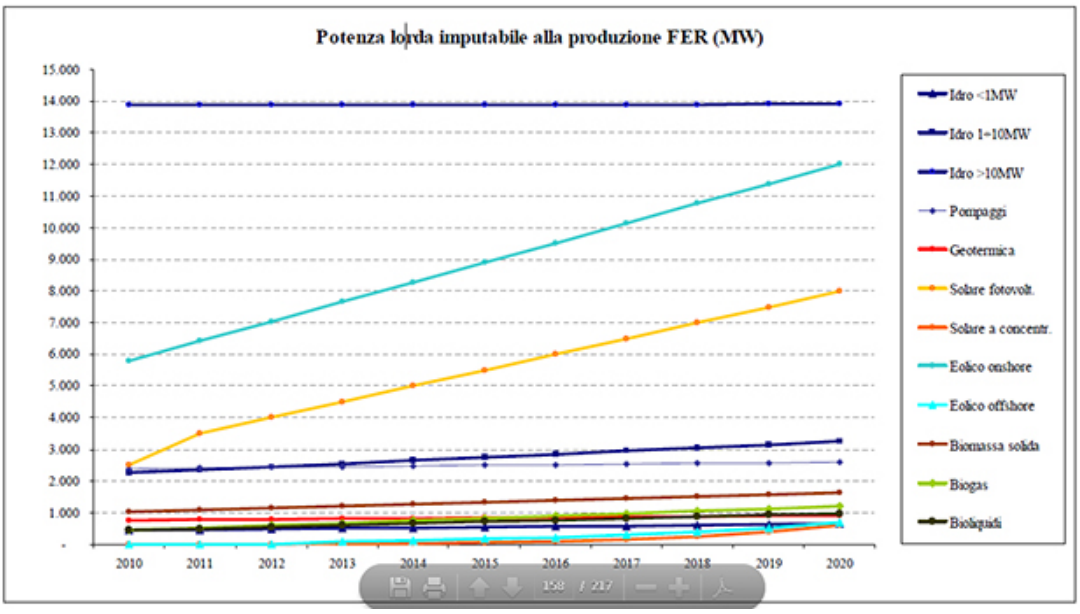
Figura 3 – Consumi finali lordi da FER (% settoriali)



Fonte: Piano di azione nazionale per le energie rinnovabili

Gli scenari rappresentati in figura riguardanti lo sviluppo delle FER, sia in termini percentuale sia di potenza installata attesa al 2020, devono necessariamente essere letti e rimodulati in base alle analisi del potenziale energetico da fonte rinnovabile presente nel comunale pratese di seguito descritto (*Cfr. cap. 2*).

Figura 4 – Consumi finali lordi da FER (% settoriali)



Fonte: Piano di azione nazionale per le energie rinnovabili

Rispetto alle previsioni del Piano d'azione FER è opportuno fare alcune precisazioni che riguardano il fotovoltaico e il solare termico. Si ritiene, alla luce del recente "V Conto Energia", le previsioni di aumento del fotovoltaico potrebbero essere riviste, soprattutto del fotovoltaico nel settore industriale (*vedi §. 2.2.3*). Per quanto riguarda invece il solare termico nuovo impulso potrebbe derivare dal conto energia termico disciplinato dal *DLgs 28/2012* (*vedi §. 2.2.4*).

2 POTENZIALITA' DELLE FONTI DI ENERGIA RINNOVABILE

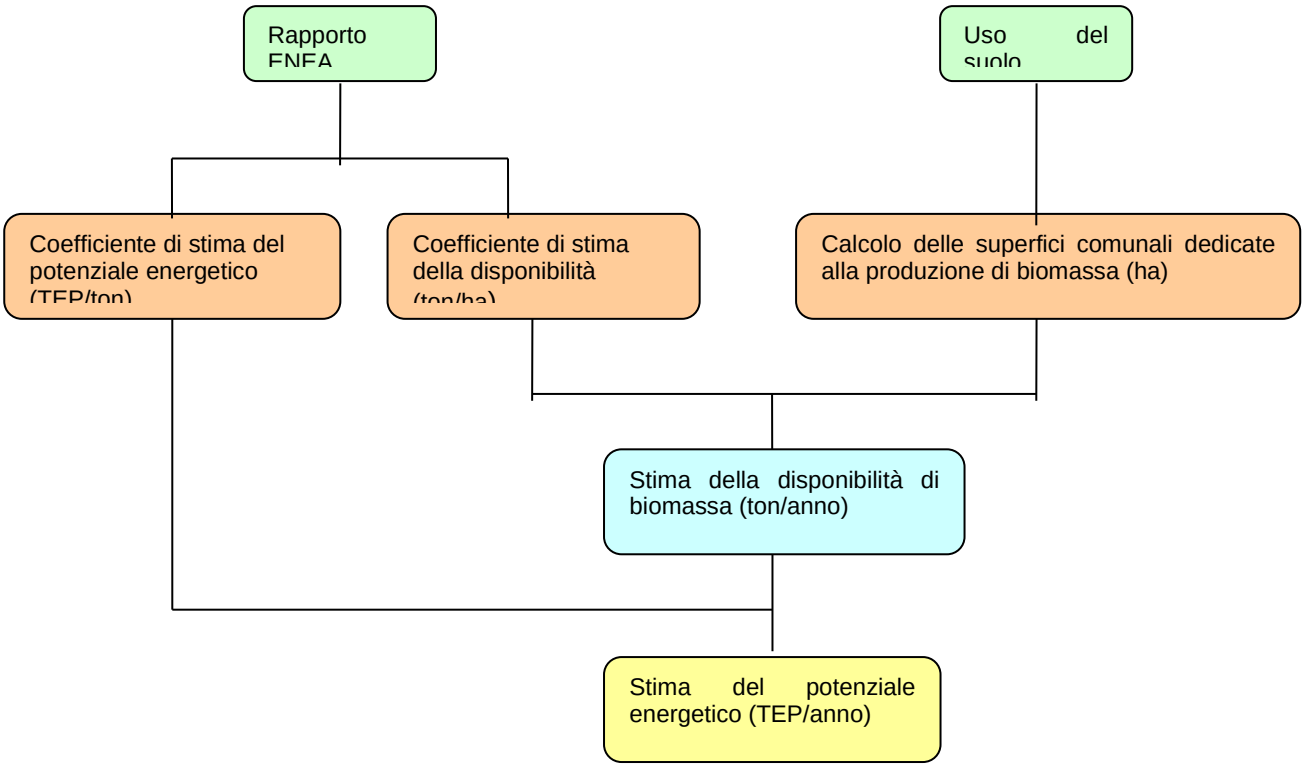
2.1 POTENZIALE ENERGETICO DA BIOMASSA

2.1.1 Premessa metodologica

Sull'analisi di contesto precedentemente analizzata si inserisce la stima del potenziale energetico da biomassa del Comune di Prato. Tale stima si basa principalmente su una ricerca che ENEA[8] ha condotto a partire dal 2008, in collaborazione con il Ministero dello Sviluppo Economico e altri enti di ricerca, finalizzata a creare un unico contenitore nazionale della disponibilità potenziale della biomassa. Il censimento condotto da ENEA ha portato alla definizione a livello provinciale e regionale della biomassa annua potenzialmente disponibile, suddivisa per categorie e tipologie, e del suo potenziale energetico.

A partire dai parametri provinciali e regionali contenuti in tale ricerca sono stati elaborati dei coefficienti che, incrociati con l'informazione desunta dall'uso del suolo a scala comunale, hanno permesso la stima della disponibilità di biomassa e del potenziale energetico ottenibile nel territorio comunale di Prato.

Il diagramma riportato di seguito rappresenta in maniera schematica il percorso metodologico utilizzato per la stima del potenziale energetico.



[8] Accordo di Programma MSE – ENEA – Tema di ricerca 5.2.5.5 "Censimento potenziale energetico biomasse, metodo indagine, atlante Biomasse su WEB-GIS", anno 2009.

Per la stima del potenziale energetico da biomassa presente nel territorio comunale di Prato sono state considerate solo le categorie di biomassa riconducibili al settore forestale e agricolo, tralasciando le colture energetiche erbacee per mancanza di dati ed informazioni su scala comunale e su scala territoriale più ampia.

Il procedimento di stima è stato effettuato utilizzando il software ArcMap 9.2 che ha permesso il calcolo e la rappresentazione, attraverso carte tematiche e di sintesi, dei seguenti aspetti:

disponibilità potenziale di biomassa

potenziale energetico ricavabile.

Disponibilità potenziale annua di biomassa

Le carte della disponibilità potenziale annua di biomassa mostrano la distribuzione spaziale delle aree di approvvigionamento delle diverse categorie residuali considerate, ordinate a seconda dei valori di disponibilità di biomassa stimata. La perimetrazione di tali superfici deriva dalle informazioni di uso del suolo contenute nel database del nuovo Piano Strutturale del Comune di Prato.

Potenziale energetico annuo da biomassa

Mentre per la disponibilità di biomassa sono state elaborate carte tematiche rappresentanti la distribuzione puntuale delle particelle di terreno interessate dai residui considerati nella stima, nel caso del potenziale energetico si è scelto di effettuare un'analisi spaziale utile a restituire una caratterizzazione energetica di tutto il territorio comunale di Prato.

L'analisi spaziale mira a determinare, attraverso metodi statistici, il valore del potenziale energetico su tutta l'area in esame, al fine di individuare i così detti *bacini energetici*, ovvero quelle zone dove si concentrano i valori più elevati di potenziale energetico. Tali aree risultano essere, dunque, quelle più idonee ad interventi di sfruttamento di biomassa per fini energetici.

Per conseguire tale obiettivo si è scelto come modello di interpolazione dei dati il cosiddetto modello di *kriging*, ossia un modello di regressione utilizzato nell'ambito dell'analisi spaziale che permette di interpolare una grandezza nello spazio, minimizzando l'errore quadratico medio. Conoscendo il valore di una grandezza in alcuni punti dello spazio è possibile determinare il valore di grandezza in altri punti per i quali non esistono misure. Nel modello di *kriging* questa interpolazione spaziale si basa sull'assunto che la grandezza in oggetto vari nello spazio con continuità.

La classificazione del potenziale energetico in cinque classi, come mostrato nelle carte, è il risultato dell'applicazione del metodo dei Natural breaks. Tale metodo si basa sulla tecnica di ottimizzazione di Jenks[9] e si costruisce massimizzando le differenze tra le classi e minimizzando le differenze all'interno delle classi. In questo modo le classi vengono calcolate sulla base delle discontinuità più significative nella distribuzione di frequenza e coincidono con i raggruppamenti naturalmente presenti nei dati.

[9] Jenks, George F. 1967. "The Data Model Concept in Statistical Mapping", International Yearbook of Cartography 7: 186-190

Nelle sezioni che seguiranno verranno trattate separatamente le metodologie utilizzate per la stima della biomassa agricola e della biomassa forestale.

2.1.2 Biomassa agricola

Per quanto riguarda la biomassa agricola sono state stimate la quantità potenziali annue e la potenziale resa energetica annua di scarti agricoli suddivisi in residui *arborei* ed *erbacei.*

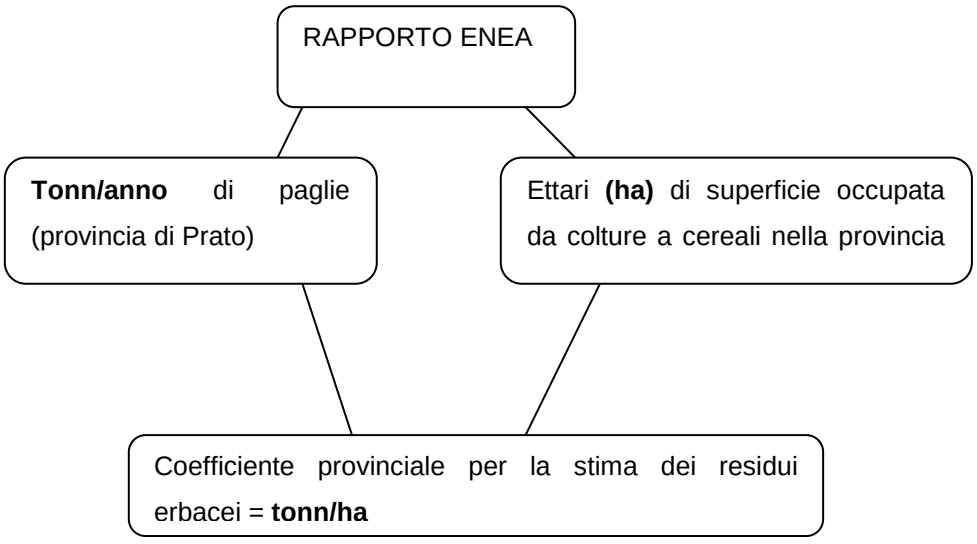
La quantità di residui agricoli su base provinciale è stata calcolata da ENEA attraverso metodi di stima basati sulla conoscenza del rapporto esistente tra produzioni principali e il residuo associato. La massa di residui, infatti, è stata valutata a partire da dati statistici relativi alle produzioni agricole, rilevati sul campo, confrontati ed integrati con dati bibliografici sul rapporto tra quantità di residui per unità di prodotto (rapporto sottoprodotto/prodotto). Si evidenzia che nel calcolo della disponibilità provinciale di residui è stato considerato anche il contenuto medio in acqua del sottoprodotto principale al recupero, al fine di determinare la quantità potenziale di tonnellate di sostanza secca, che presenta una migliore resa energetica rispetto alla sostanza contenente umidità.

2.1.2.1 Stima della disponibilità potenziale annua

Residui erbacei

I residui erbacei sono costituiti dai sottoprodotti di colture a seminativi di cereali (quali frumento tenero e duro, orzo, riso, avena, segale,mais) categorizzati, in genere, come paglie.

La stima della disponibilità di residui erbacei nel comune di Prato è stata effettuata a partire da un coefficiente provinciale ricavato dai dati ENEA e calcolato come segue:



Tale coefficiente, risultante dal rapporto tra la quantità annua di paglia e la superficie occupata dalle colture cerealicole, esprime la disponibilità, in termini di sostanza secca, di paglia per ettaro di superficie.

Tabella 9 – Calcolo del coefficiente provinciale per le paglie

Tipologia di residuo agricolo	Tonnellate/ anno	Superficie (ha)	Coefficiente per la stima ton/ha
PAGLIE**	4.982	1.081	4,6

** Frumento tenero, frumento duro, orzo, avena, mais, sorgo

Fonte: elaborazione ATI su dati Enea

Il passo successivo consiste nel calcolo della superficie comunale dedicata alle colture a cereali.

I valori di tali superfici comunali sono state estrapolate, tramite elaborazione GIS, dallo shapefile sull'uso del suolo del 2008, fornito dall'Amministrazione comunale, e facente parte della banca dati del Piano Strutturale comunale.

Dal momento che l'informazione d'uso del suolo comunale non distingue tra i seminativi quelli a cereali e non, mentre il censimento condotto da ENEA considera esclusivamente i residui da cereali, si è fatto ricorso ad una proporzione per stimare gli ettari di terreno comunale coltivato a cerali, consentendo l'utilizzo del coefficiente provinciale ricavato per i residui erbacei coerentemente con l'informazione di uso del suolo a livello comunale.

La metodologia di stima della superficie dei seminativi a cereali nel comune di Prato è articolata nelle seguenti fasi:

E' stata ricavata la percentuale di superficie a cereali nella Provincia (calcolata dai dati ENEA) rispetto alla superficie a seminativi (estrapolata dall'uso del suolo censito nel progetto Corine Land Cover, 2006) totale provinciale. Nella Provincia di Prato risulta, dunque, che i cereali occupano il 25% dei seminativi.

$$\frac{Sup.cereali*100}{Sup.tot.sem.} \equiv \frac{1081*100}{4404} = 25\%$$

Tale valore percentuale è stato applicato alla superficie a seminativi nel Comune di Prato (PS Prato) per estrapolare il valore di superficie a cereale comunale.

$$Sup.cereali \equiv 25\% \sup.sem. \equiv 3027.1*0.25 = 756.8$$

Tabella 10 – Superficie a cerali nel Comune di Prato

	Superficie (ha)
PAGLIE (seminativi a cereali)	756,8

Fonte: elaborazione ATI su dati uso del suolo comunale (PS Prato)

La superficie a cereali così stimata per il comune di Prato è stata poi moltiplicata per il coefficiente provinciale relativo alle paglie. Il risultato di tale operazione costituisce la stima della quantità di biomassa residuale erbacea potenzialmente disponibile all'anno.

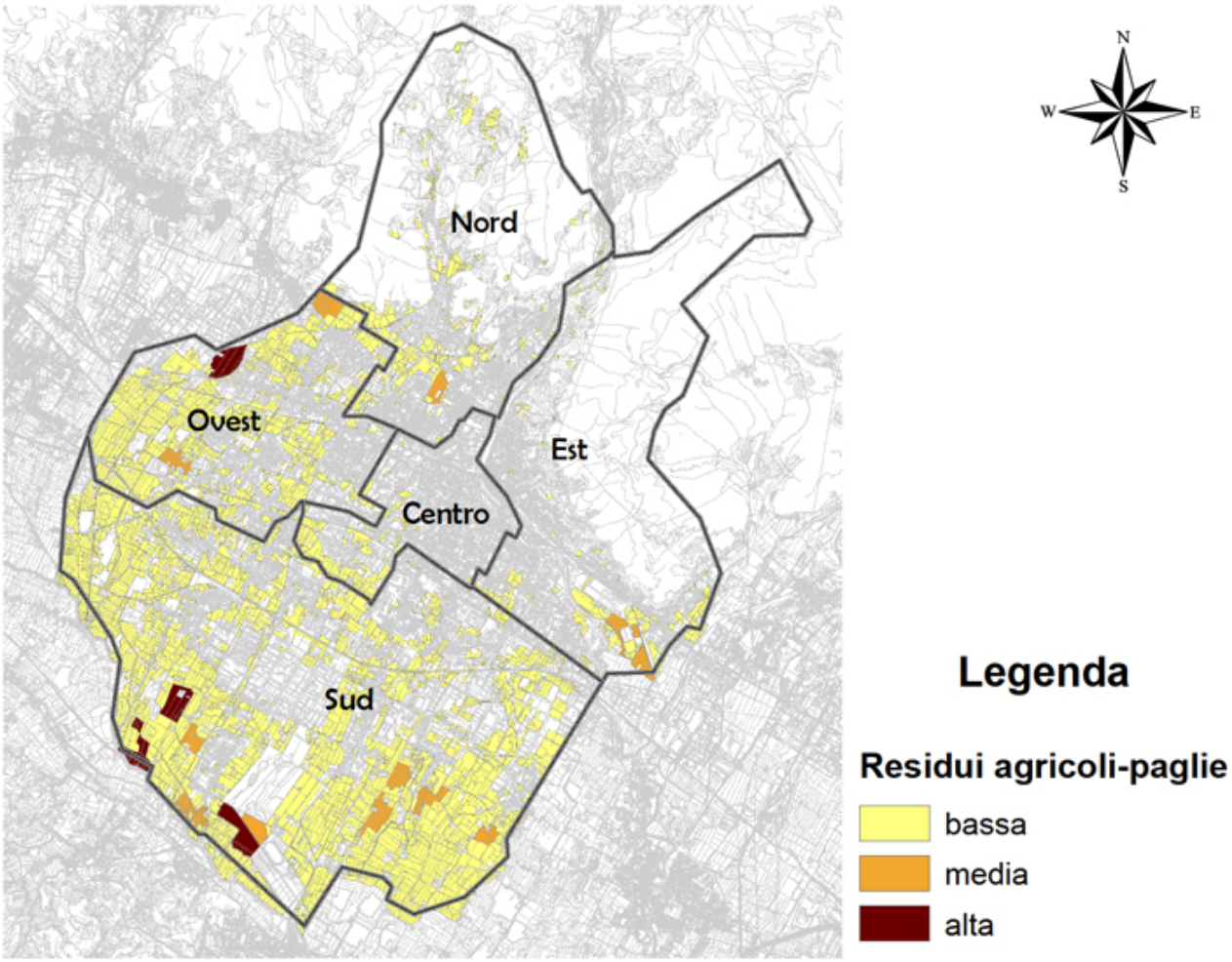
Tabella 11 – Tonnellate annue di paglie potenzialmente disponibili nel Comune di Prato

	Tonnellate potenziali annue
PAGLIE	3.488

Fonte: elaborazione ATI su dati Enea, CLC 2006 e uso del suolo comunale (PS Prato)

Il procedimento di calcolo esposto sopra è stato effettuato utilizzando il software GIS che ha permesso di integrare i valori stimati con l'informazione geografica. Ciò ha consentito la realizzazione di carte tematiche che mostrano la distribuzione spaziale nel territorio comunale della disponibilità di residui erbacei.

Figura 5 – Distribuzione della disponibilità potenziale annua dei residui agricoli erbacei nel Comune di Prato



Fonte: elaborazione ATI

bassa	**0,001 – 2,30**	**Ton/anno**
media	**2,31 – 4,61**	
alta	**4,62 – 7,00**	

Residui arborei

Il procedimento utilizzato per la stima di disponibilità di biomassa residuale arborea è analogo a quanto spiegato per i residui erbacei.

A partire dai dati ENEA, infatti, è stato calcolato un coefficiente provinciale che esprime le tonnellate di sostanza secca per unità di superficie. I risultati del calcolo del coefficiente sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 12 – Calcolo del coefficiente provinciale per le potature

Tipologia di residuo agricolo	Tonnellate/ anno	Superficie (ha)	Coefficiente per la stima ton/ha
POTATURE*	3.901	2.190	1,78

* Uva da vino e olive da olio

Fonte: elaborazione ATI su dati Enea

A differenza dei residui erbacei, per quanto riguarda le potature la corrispondenza con le relative classi di uso del suolo, a vite e a olivi, è facilmente riscontrabile. Nella stima dei residui agricoli si è deciso di non considerare il contributo dei frutteti dal momento che essi occupano solo lo 0.06% della superficie comunale.

Attraverso l'elaborazione GIS delle informazioni sull'uso del suolo comunale presenti nel database del Piano Strutturale di Prato, sono stati calcolati gli ettari di superficie classificati a vite e a olivi, riportati nella tabella seguente.

Tabella 13 – Superficie occupata da viti e da olivi nel Comune di Prato

	Superficie (ha)
POTATURE (viti e olivi)	414

Fonte: elaborazione ATI su dati uso del suolo comunale (PS Prato)

Gli ettari di superficie così ottenuti sono stati moltiplicati per il coefficiente provinciale calcolato per i residui arborei, dando come risultato le tonnellate potenziali annue disponibili nel Comune di Prato.

I risultati di tale moltiplicazione sono riportati nella tabella sottostante.

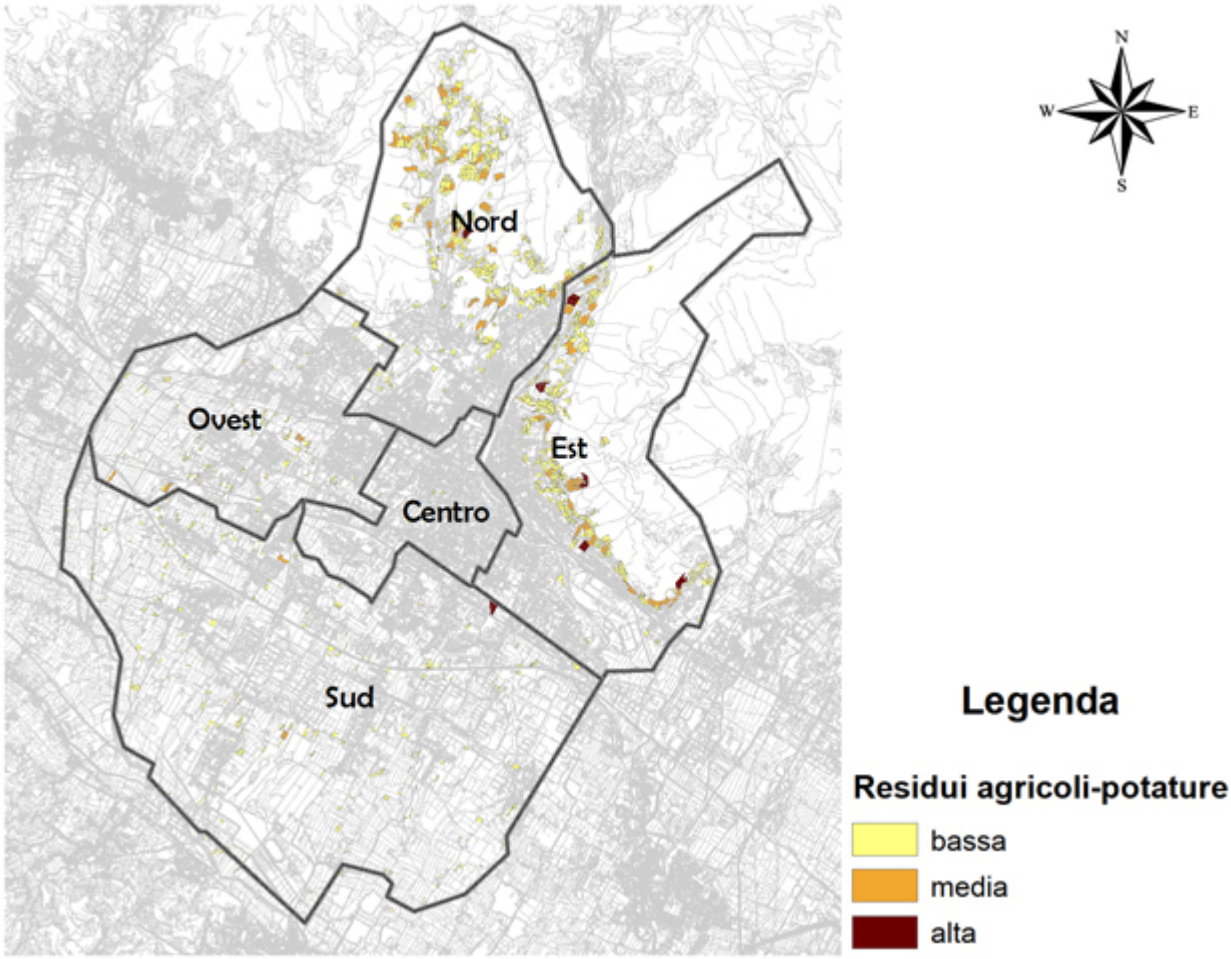
Tabella 14 – Disponibilità di residui arborei nel Comune di Prato (ton/anno)

	Tonnellate potenziali annue
POTATURE	738

Fonte: elaborazione ATI su dati Enea, CLC 2006 e uso del suolo comunale (PS Prato)

Di seguito si riporta la carta della disponibilità potenziale di residui arborei ottenuta mediante l'integrazione dei dati numerici con l'informazione geografica.

Figura 6 – Distribuzione della disponibilità potenziale annua dei residui arborei



Fonte: elaborazione ATI

bassa	**0,001 – 1,80**	**Ton/anno**
media	**1,81 – 3,60**	
alta	**3,61 – 5,40**	

Biomassa agricola totale

Dalla somma dei quantitativi stimati per i residui erbacei ed arborei è possibile ricavare la disponibilità potenziale annua di biomassa agricola caratterizzante il Comune di Prato.

Nella tabella sottostante si riportano le tonnellate potenziali annue di biomassa agricola stimate.

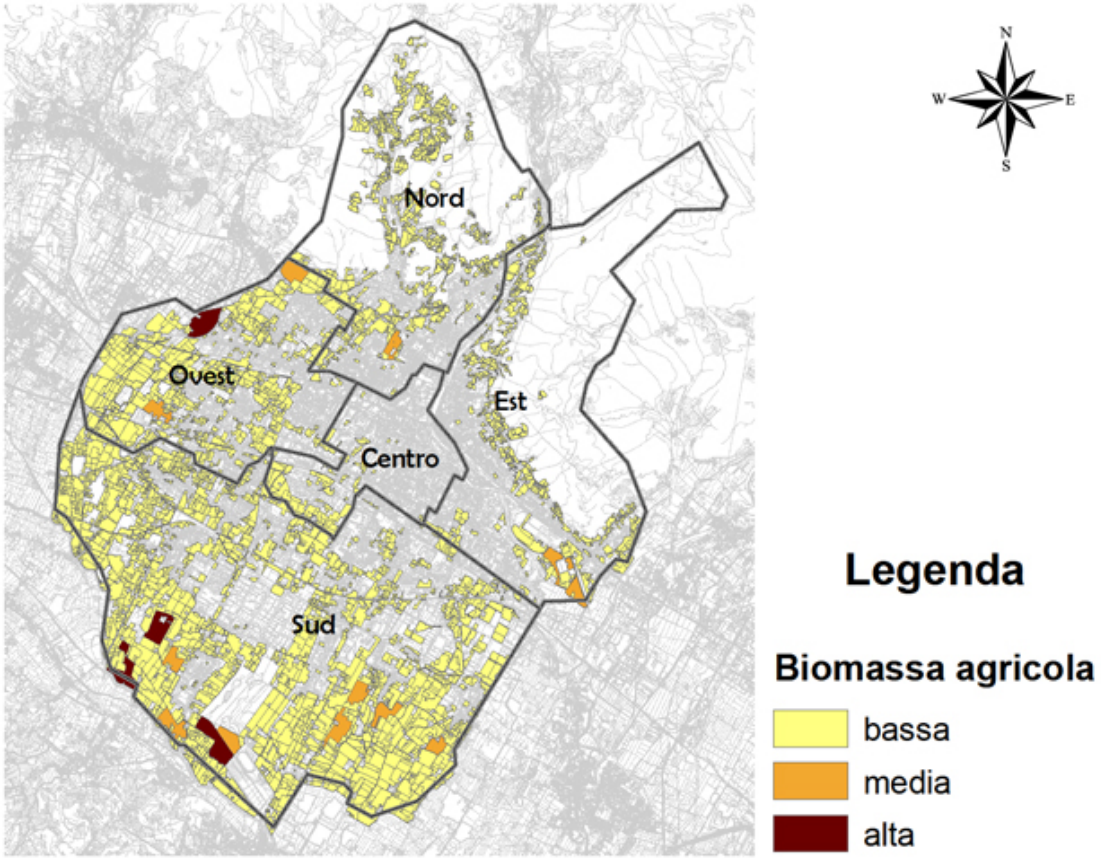
Tabella 15 – Disponibilità di residui agricoli nel Comune di Prato (ton/anno)

PAGLIE	POTATURE	BIOMASSA AGRICOLA TOTALE
3.488	738	4.226

Fonte: elaborazione ATI su dati Enea, CLC 2006 e uso del suolo comunale (PS Prato)

La carta riportata di seguito mostra la distribuzione spaziale delle superfici agricole, comprensive di seminativi, viti e oliveti, e le relative disponibilità potenziali annue di biomassa.

Figura 7 – Distribuzione della disponibilità potenziale annua di biomassa agricola nel Comune di Prato



Fonte: elaborazione ATI

bassa	**0,001 – 9,24**	**Ton/anno**
media	**9,25 – 18,47**	
alta	**18,48 – 27,71**	

2.1.2.2 Stima del potenziale energetico annuo

Come esposto nella premessa metodologica, il potenziale energetico annuo della biomassa agricola è stato stimato incrociando la disponibilità annua di residui agricoli stimata e un coefficiente regionale ottenuto dai dati ENEA.

Tale coefficiente esprime quanti TEP[10] annuali di energia sono potenzialmente ricavabili da una tonnellata di biomassa residuale erbacea e arborea.

Nella tabella sottostante si riportano i dati desunti dal censimento curato da ENEA e i valori dei coefficienti ottenuti per la biomassa agricola erbacea ed arborea.

Tabella 16 – Calcolo del coefficiente regionale per il potenziale energetico.

Tipo di residuo agricolo	Disponibilità annua (ton)	Potenziale energetico annuo (TEP/anno)	Coefficiente per la stima (TEP/ton)
PAGLIE	724.080	277.430	0,383
POTATURE	237.670	102.890	0,433

Fonte: elaborazione ATI su dati ENEA

Il potenziale energetico ricavabile da biomassa agricola è ottenuto applicando la seguente formula:

$$Potenz.energ.biomassa = Disp.annua.biomassa \times Coeff.regionale$$

I risultati sono riportati nella tabella sottostante.

Tabella 17 – Potenziale energetico annuo della biomassa agricola nel Comune di Prato

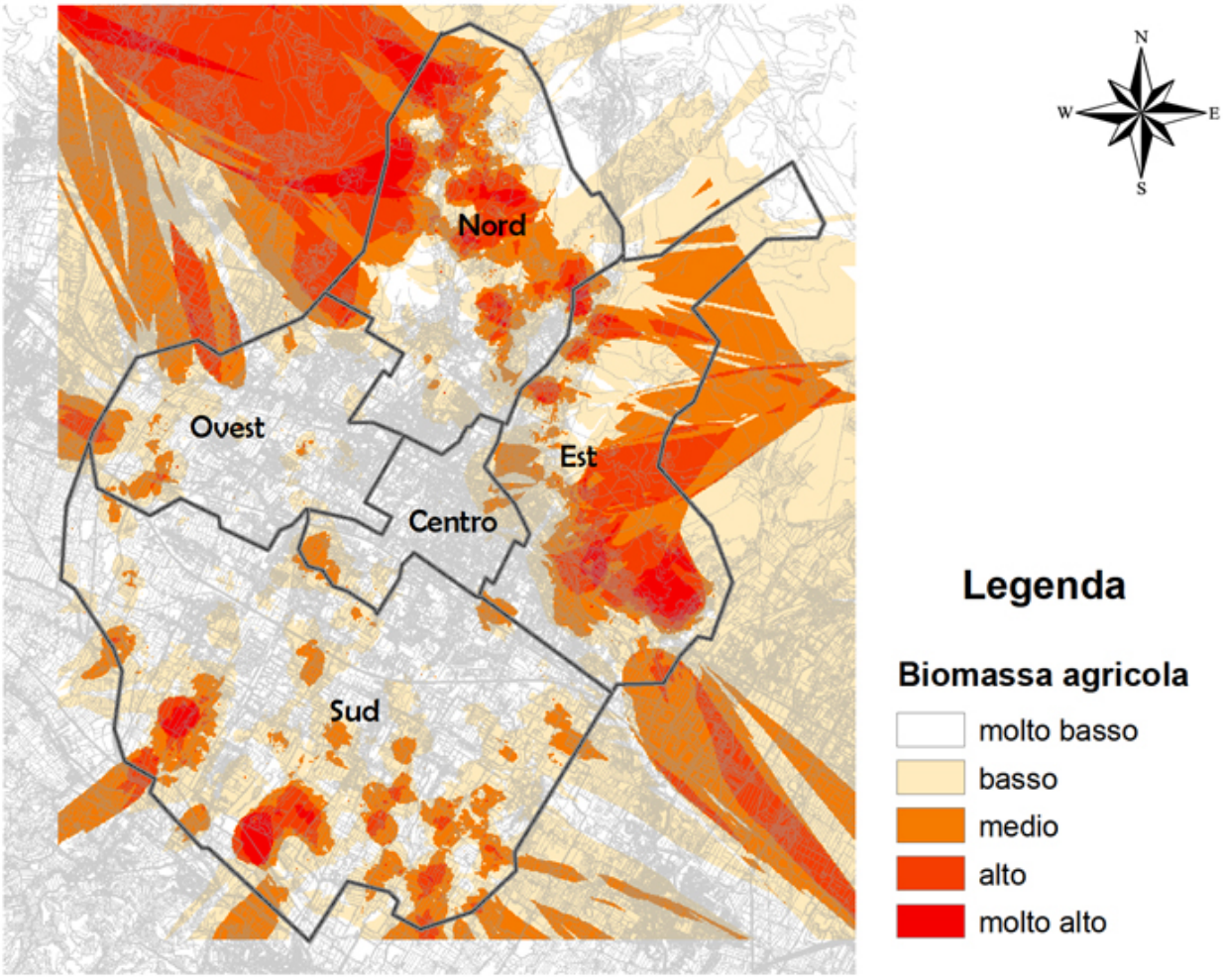
Tipo di residuo agricolo	Disponibilità annua stimata (ton)	Potenziale energetico annuo (TEP)
PAGLIE	3.488	1.336
POTATURE	738	319
TOTALE	4.226	1.655

Fonte: elaborazione ATI

Di seguito si riporta la distribuzione spaziale nel territorio comunale del potenziale energetico da biomassa agricola stimato.

[10] Il TEP (Tonnellate Equivalenti di Petrolio) è un'unità di misura energetica che rappresenta l'energia liberata dalla combustione di una tonnellata di petrolio. 1 TEP equivale a circa 42 GJ.

Figura 8 – Distribuzione spaziale del potenziale energetico annuo della biomassa agricola nel Comune di Prato (raster a maglia 20 x 20).



Fonte: elaborazione ATI

molto basso	0,001 – 0,12
basso	0,13 – 0,20
medio	0,21 – 0,28
alto	0,29 – 0,39
molto alto	0,40 – 2,00

Terreni a riposo

Il nuovo censimento dell'agricoltura dell'ISTAT (anno 2010) indica la presenza nel Comune di Prato di 765 ettari di terreni agricoli attualmente a riposo (set aside). pari a circa il 18% del totale della superficie agricola riguardante l'intero territorio comunale.

Il set aside è stato introdotto nella politica agricola comunitaria (PAC) con il Regolamento CEE n. 1094/88, con uno schema che inizialmente consisteva in un pagamento annuale per quei produttori che decidessero, per un periodo minimo di cinque anni, di ritirare dalla produzione una quota pari ad almeno il 15% della superficie a seminativi. Con questo regolamento venne introdotto per la prima volta il premio per la non produzione, ovvero un'indennità compensativa per la messa a riposo di una superficie coltivabile. Con la riforma MacSharry del 1992 la natura e lo scopo del set aside cambiarono radicalmente: il Regolamento del Consiglio n. 1765/92 introdusse l'obbligatorietà della messa a riposo annuale dei terreni, trasformando la misura in un vero e proprio strumento di controllo dell'offerta dei cereali.

Nel corso degli anni 2000, le politiche di sostegno al set-aside sono state oggetto di ripensamento, alla luce del mutato contesto agroalimentare mondiale caratterizzato da tendenze economiche globali caratterizzate da crescita dei prezzi in agricoltura. La rimodulazione dell'intervento intendeva mitigare la carenza di offerta sul mercato comunitario dei cereali, incrementando lo stock delle forniture e favorire una discesa dei prezzi dopo due stagioni consecutive di raccolti più bassi.

A seguito di questo, il 16 luglio 2007, la Commissione europea annunciò l'intenzione di pubblicare una proposta di riduzione delle richieste di set-aside fino all'azzeramento nel 2008, e la proposta fu formalmente adottata il 26 settembre 2007. Il 20 novembre 2008, la Commissione decise di abolire completamente il set-aside attraverso il processo di riforma delle politiche agrarie comuni, noto come CAP Health Check.

Al momento si attendono le direttive della Nuova PAC 2014-2020, preme comunque sottolineare che tali superfici potranno essere convertite a produzione agro-energetica; considerata di 16.000 kWh/ha la producibilità media annua, il risparmio energetico garantito potrebbe ammontare a 12.240 MWh/a.

2.1.3 Biomassa forestale

2.1.3.1 Stima della disponibilità potenziale annua

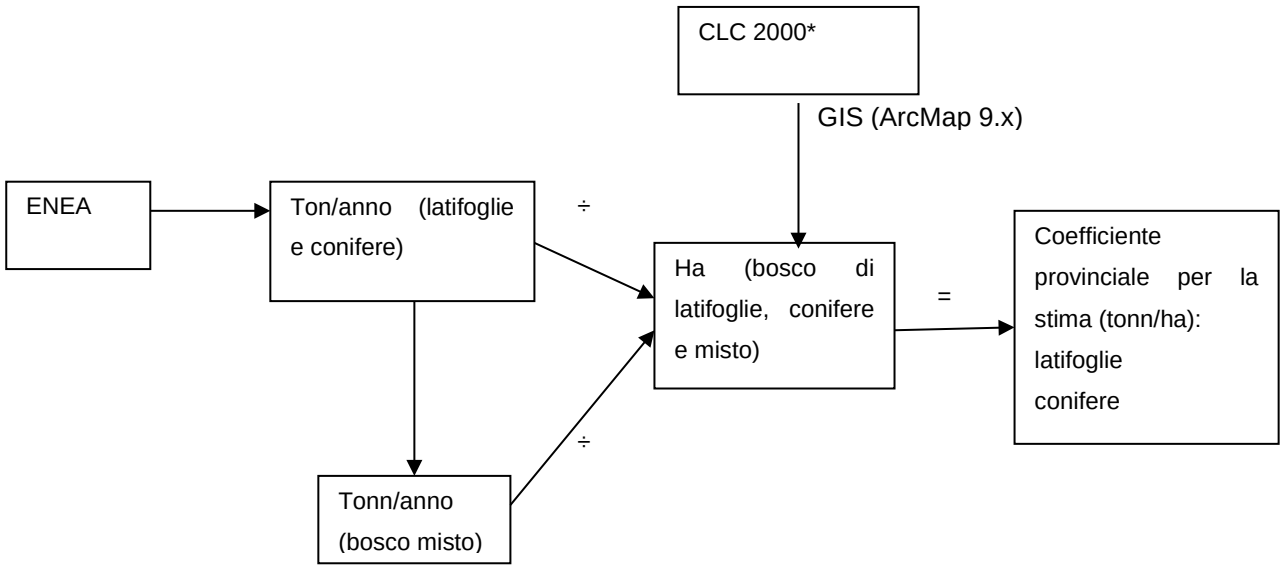
Analogamente alla stima effettuata per la biomassa agricola, la quantità di biomassa forestale potenzialmente disponibile nel territorio comunale è stata stimata a partire dal censimento su base provinciale realizzato da ENEA.

Nel caso della biomassa forestale, ENEA ha stimato la quota di biomassa legnosa (espressa in ton/anno di sostanza secca), suddivisa nella parte derivante da boschi a prevalenza di latifoglie e a prevalenza di conifere, annualmente prodotta nel territorio provinciale che può essere utilizzata in modo sostenibile, cioè entro i limiti della naturale rinnovabilità della risorsa. Per quantificare questo aspetto, la stima ha tenuto in considerazione:

l'entità della superficie forestale presente nell'unità territoriale esaminata, ripartita per forme di governo (fustaia e ceduo) e specie dominanti;

i valori di incremento legnoso attribuibili alle differenti forme di governo e specie dominanti dell'area esaminata.

Il diagramma riportato sotto mostra i procedimenti metodologici che hanno condotto al calcolo dei coefficienti provinciali per la stima di disponibilità di biomassa forestale a livello comunale.



* Per il calcolo della superficie si è utilizzata l'informazione della Corine Land Cover 2000 in quanto è la stessa fonte utilizzata da ENEA.

Nella tabella seguente si riportano i quantitativi stimati per la Provincia e i valori risultanti dei coefficienti. Si sottolinea che nel censimento di ENEA non è specificato il contributo di biomassa legnosa derivante da fisionomie di bosco misto. Pertanto, tale quota a livello provinciale è stata stimata calcolando la media tra le tonnellate annue potenziali di legno derivante da boschi di latifoglie e da boschi di conifere.

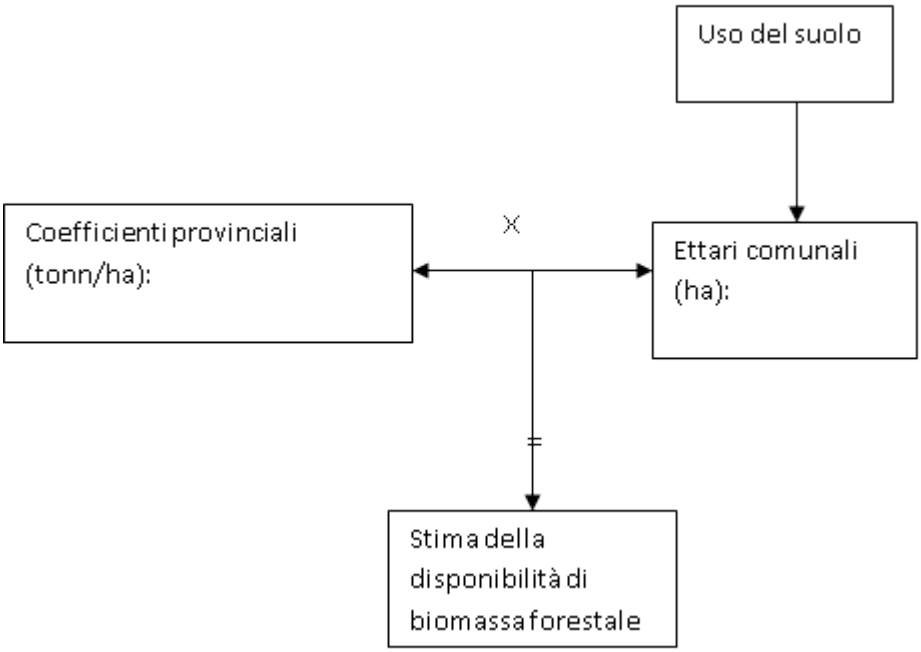
Tabella 18 – Calcolo del coefficiente provinciale per la biomassa forestale

Fisionomia di bosco	Tonnellate/ anno	Superficie (ha) (ricavata da CLC 2000)	Coefficiente per la stima ton/ha
LATIFOGLIE	5.761	14.463	0.3983
CONIFERE	570	1.160	0.49
MISTO*	3.165,5	4.744	0,66

***** Media tra conifere e latifoglie

Fonte: elaborazione ATI su dati Enea e CLC 2000

Il potenziale energetico da biomassa forestale è stato stimato moltiplicando il coefficiente provinciale per gli ettari di superficie comunale occupati dalle tre fisionomia di bosco. Tali superfici sono state calcolate su base GIS a partire dall'informazione sull'uso del suolo facente parte del database del Piano Strutturale di Prato.
Il diagramma sottostante mostra il passaggio metodologico che conduce alla stima delle tonnellate annua di biomassa forestale potenzialmente disponibili nel Comune di Prato.



Nella tabella seguente si riportano le tonnellate annue di residui forestali derivati da bosco a latifoglie, a conifere e misto.

Tabella 19 –Disponibilità annua di residui forestali nel territorio comunale di Prato

Fisionomia di bosco	Superficie (ha) (calcolata su uso del suolo 2008 PS Prato)	Coefficiente per la stima ton/ha	Tonnellate/ anno
LATIFOGLIE	1.135	0.3983	452
CONIFERE	311	0.49	153
MISTO	132	0,66	87
TOTALE	1.578	-	692

Fonte: elaborazione ATI su dati uso del suolo (PS Prato), ENEA e CLC 2000

E' importante evidenziare che la disponibilità annua di biomassa legnosa, stimata sia a livello provinciale da ENEA sia a livello comunale in questa sede, rappresenta la disponibilità al lordo delle limitazioni. Non sono state considerate infatti eventuali restrizioni al prelievo di materiale legnoso in quei boschi ricadenti in aree protette.

BOX: approfondimento "restrizioni tagli boschivi" nell'ANPIL "Monti della Calvana"

Di seguito si riportano, per completezza di indagine, degli estratti del **Regolamento per la gestione dell'area naturale protetta di interesse locale "I Monti della Calvana**"(Approvato con deliberazione n.27/CC del 28.03.2011) nei quali sono indicate le principali restrizioni al taglio boschivo nell'area naturale protetta.

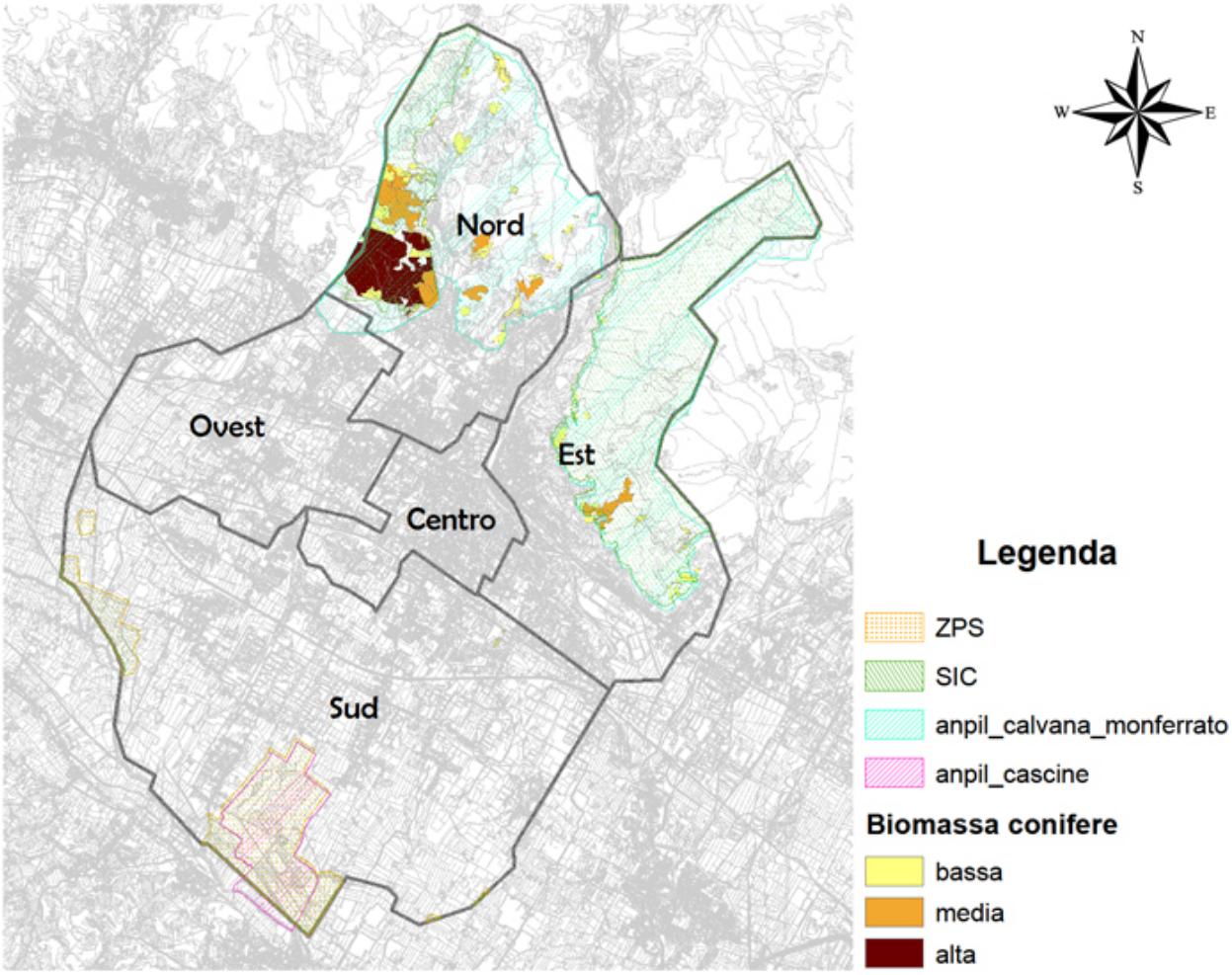
Articolo 13 - Attività selvicolturali
4. In caso di richieste di autorizzazioni per intervento di taglio di bosco queste devono essere effettuate con criteriselvicolturali conformi a quanto disposto in allegato alla deliberazione di Giunta della Regione Toscana 05 luglio2004, n. 644

Inoltre, Così come sancito dall'art. 10.4 iii) delle NTA del Piano di Sviluppo delle Aree Protette della Provincia di Prato, i Comuni di Prato, di Vaiano e di Cantagallo adeguano il Regolamento dell'ANPIL, per ciò che attiene agli aspetti della tutela della biodiversità, ai contenuti ed alle previsioni del **Piano di Gestione del SIR "La Calvana"**, redatto ai sensi dell'art. 3 della Legge Regionale 6 aprile 2000 n. 56 e della D.G.R. Toscana 644/2004, approvato con Deliberazione del Consiglio Provinciale n. 83 del 12 dicembre 2007
Il PdG del SIR definisce nel piano degli interventi:

Intervento REGOLAMENTAZIONE DELLA GESTIONE SELVICOLTURALE PER LA TUTELA DEI BOSCHI DI INTERESSE NATURALISTICO E IL CONTENIMENTO DELLE SPECIE FORESTALI ALLOCTONE
Istituzione del divieto di taglio nei carpineti (boschi di carpino bianco), nella faggeta e nei boschi circostanti ai robinieti (entro 100 m dal confine di questi ultimi), mediante specifica norma nel regolamento dell'ANPIL o mediante classificazione dei boschi di cui sopra come "boschi speciali", con relativa regolamentazione ai sensi della normativa vigente. La norma dovrà riguardare anche i boschi entro 50 m dal fondo degli impluvi (quindi fasce di 100 m) dove è segnalata la salamandrina, da almeno 100 m a monte della stazione di presenza più a monte di ciascun corso d'acqua fino al confine (a valle) del SIR; in questa sede vengono individuati solo i tratti potenzialmente interessati dalla presenza della salamandrina, per la definizione delle aree effettivamente interessate dall'azione si rimanda alla conclusione (fine 2007) delle indagini sugli Anfibi attualmente in corso. I boschi di ontano del Rio Buti (cod. 91E0) sono tutelati per la presenza della salamandrina.

Le carte che seguono mostrano la distribuzione nel territorio comunale della disponibilità di biomassa legnosa a seconda della fisionomia di bosco di provenienza. Nelle carte sono state sovrapposte, inoltre, le aree protette al fine di rendere visibile la correlazione tra le aree dove è presente una produttività potenziale di biomassa legnosa e le zone dove è presente una forma di tutela del patrimonio forestale - boschivo.

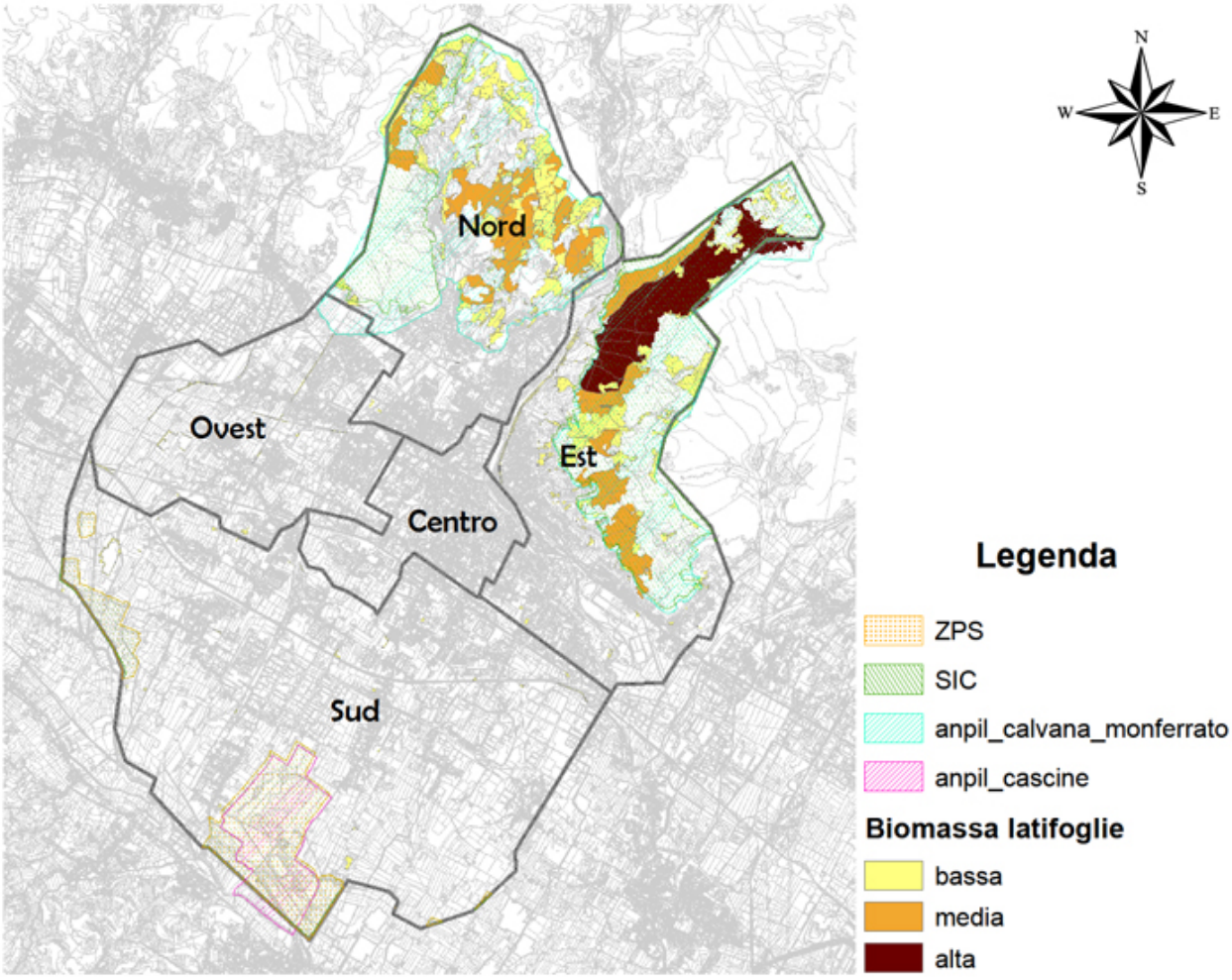
Figura 9 – Disponibilità potenziale annua di residui forestali derivanti da boschi di conifere nel Comune di Prato



Fonte: elaborazione ATI

bassa	**0,001 – 2,25**	**Ton/anno**
media	**2,26 – 11,58**	
alta	**11,59 – 57,77**	

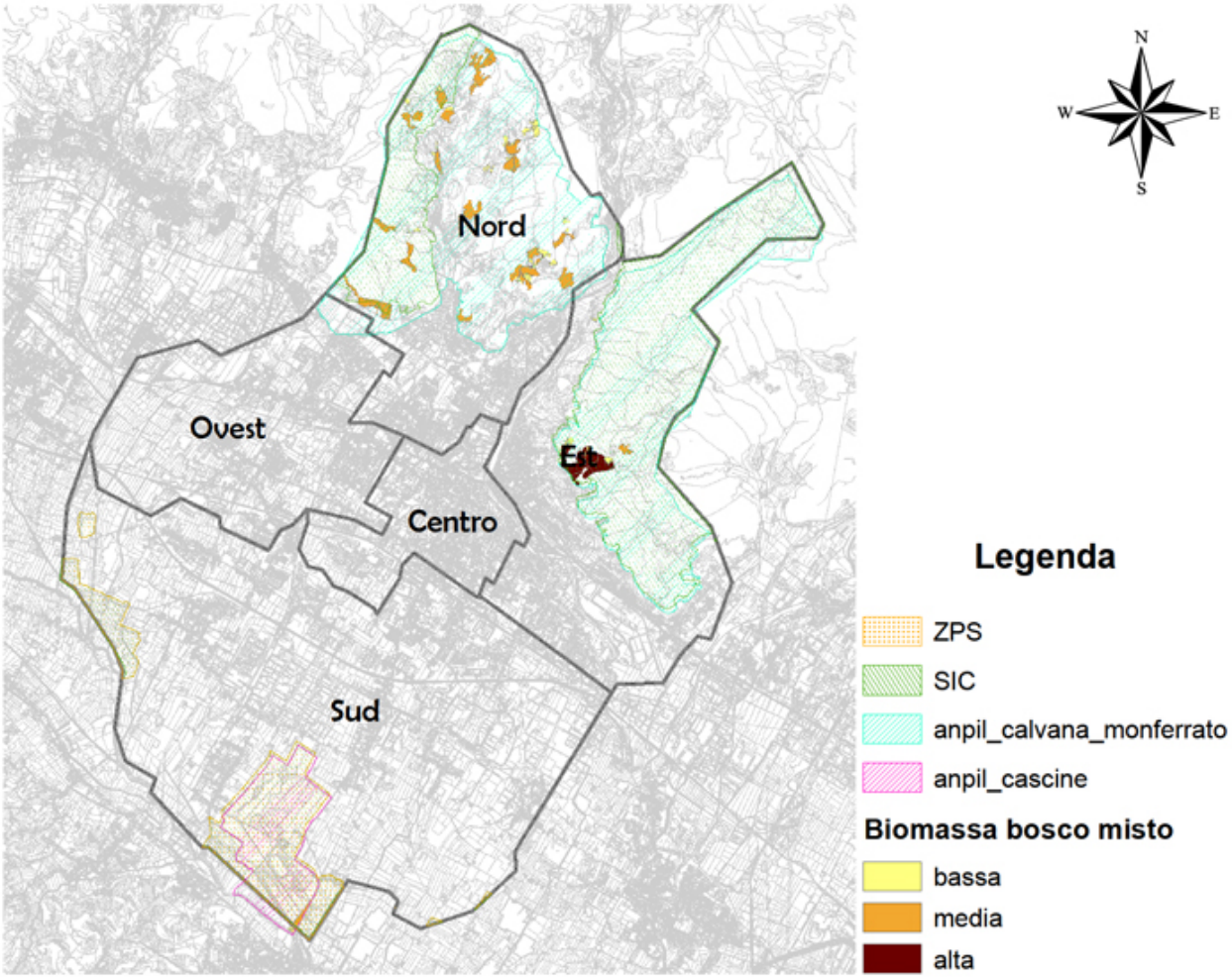
Figura 10 – Disponibilità potenziale annua di residui forestali derivanti da boschi di latifoglie nel Comune di Prato



Fonte: elaborazione ATI

bassa	**0,001 – 3,96**	**Ton/anno**
media	**3,97 – 17,96**	
alta	**17,97 – 57,52**	

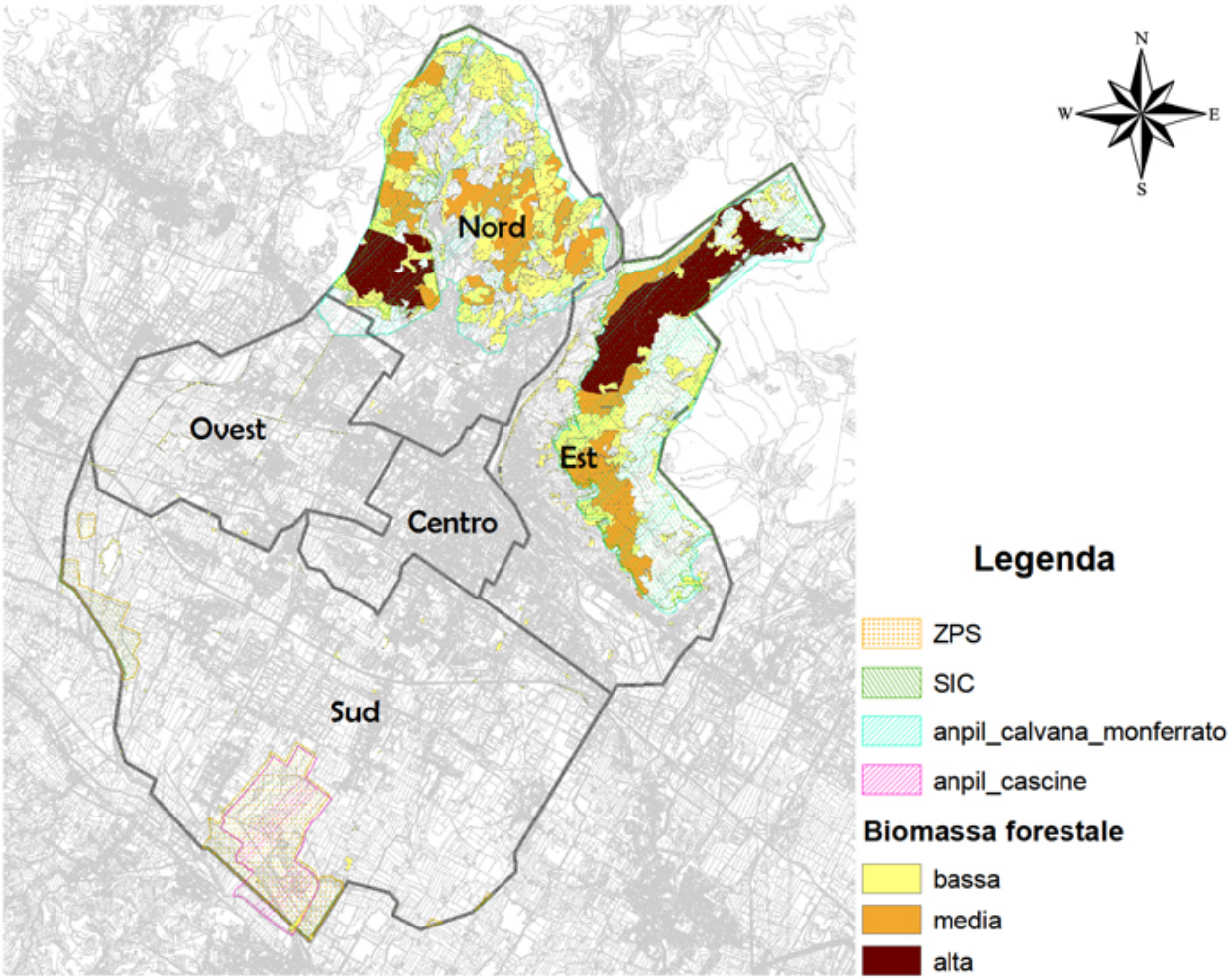
Figura 11 – Disponibilità potenziale annua di residui forestali derivanti da boschi misti nel Comune di Prato



Fonte: elaborazione ATI

bassa	**0,001 – 0,57**	**Ton/anno**
media	**0,58 – 2,49**	
alta	**2,50 – 10,96**	

Figura 12 – Disponibilità potenziale annua di biomassa forestale complessiva nel Comune di Prato



Fonte: elaborazione ATI

bassa	**0,001 – 3,97**	**Ton/anno**
media	**3,98 – 17,97**	
alta	**17,98 – 57,80**	

Dalla lettura delle carte sopra riportate risulta evidente come le zone caratterizzate da disponibilità di residui forestali ricadano in aree sottoposte a tutela ambientale e dunque la quantità di biomassa effettivamente disponibile per la produzione di energia rinnovabile potrebbe essere minore rispetto a quella stimata in questa sede.

La cartografia sopra riportata mostra che tutta la biomassa forestale ricade nelle circoscrizione nord e ed est. La prima è caratterizzata da una maggiore disponibilità di residui derivati da boschi di conifere, mentre la seconda da residui derivati da boschi di latifoglie .

2.1.3.2 Stima del potenziale energetico annuo

Come per la biomassa agricola, il potenziale energetico annuo della biomassa forestale è stato stimato incrociando la disponibilità annua di residui forestali e un coefficiente regionale ottenuto dai dati ENEA, espressione di quanti TEP annuali di energia sono potenzialmente ricavabili da una tonnellata di biomassa residuale forestale.

Nella tabella sottostante si riportano i dati desunti dal censimento curato da ENEA e i valori dei coefficienti ottenuti per la biomassa agricola erbacea ed arborea.

Tabella 20 – Calcolo del coefficiente regionale per il potenziale energetico

Tipo di residuo agricolo	Disponibilità annua (ton)	Potenziale energetico annuo (TEP)	Coefficiente per la stima (TEP/ton)
Forestale	365.070	158.040	0,433

Fonte: elaborazione ATI su dati ENEA

Il potenziale energetico ricavabile da biomassa forestale è ottenuto applicando la seguente formula:

$$Potenz.energ.biomassa = Disp.annua.biomassa \times Coeff.regionale$$

Il risultati sono riportati nella tabella sottostante.

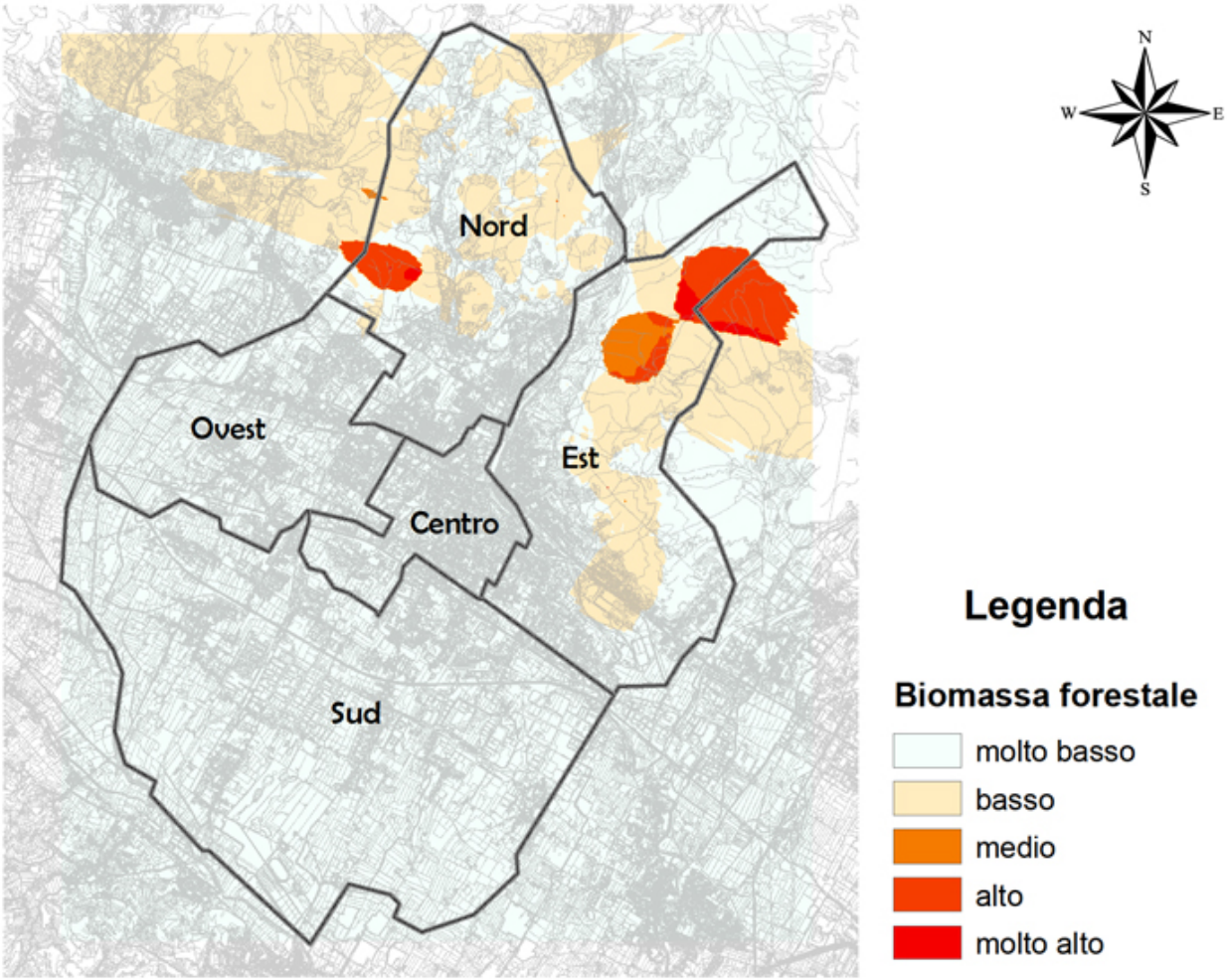
Tabella 21 – Potenziale energetico annuo della biomassa forestale nel Comune di Prato

Tipo di residuo agricolo	Disponibilità annua(ton)	Potenziale energetico annuo (TEP)
Forestale	692	299.6

Fonte: elaborazione ATI

Di seguito si riporta la carta della distribuzione spaziale nel Comune di Prato del potenziale energetico da biomassa forestale.

Figura 13 - Distribuzione spaziale del potenziale energetico annuo della biomassa forestale nel Comune di Prato (raster a maglia 20 x 20).



Fonte: elaborazione ATI

molto basso	0,001 – 0,20
basso	0,21 – 0,98
medio	0,99 – 1,87
alto	1,88 – 2,46
molto alto	2,47 – 25,07

2.2 POTENZIALE ENERGETICO DA FOTOVOLTAICO E SOLARE TERMICO

Il potenziale energetico comunale producibile da impianti fotovoltaici e collettori solari per il riscaldamento dell'acqua sanitaria è stato stimato a partire dall' individuazione delle superfici di captazione solare, situate sulle coperture degli edifici, più adatte all'installazione di pannelli solari.

L'analisi del potenziale fotovoltaico e solare termico è consistita in due fasi consequenziali: nella prima fase è stato calcolato il potenziale energetico totale caratteristico delle coperture di tutto l'edificato presente nel territorio comunale; nella seconda fase l'analisi è focalizzata sul potenziale verosimilmente installabile, ovvero il potenziale calcolato per edifici industriali e monofamiliari per i quali si presume ci siano possibilità concrete di intervento.

2.2.1 Potenziale totale fotovoltaico e solare termico

Il potenziale totale è stato calcolato a partire dalla definizione delle superfici di copertura di tutto l'edificato presente nel territorio comunale utili all'installazione di pannelli e collettori solari.

Attraverso l'applicazione GIS della procedura *Hillshading*[11] (Calcolo delle zone d'ombra), sono state individuate le superfici delle coperture degli edifici non in ombra ed esposte a valori d'intensità luminosa che consentono una produzione media annua di energia in linea con i valori di producibilità media annua caratteristica per il territorio di Prato (equivalente a 1100 kWh/kWp).

Per la stima delle superfici delle coperture degli edifici utili all'installazione di impianti fotovoltaici e solari termici sono state prese in considerazione le norme dettate dall'Allegato D6 al Regolamento Edilizio[12] che stabiliscono un limite del 30% della superficie all'utilizzo delle coperture delle seguenti tipologie di edifici:

- immobili ricadenti nella zona omogenea A;
- immobili che rappresentano beni culturali e paesaggistici;
- immobili ricadenti nel Sistema Ambientale V del Regolamento Urbanistico.

Inoltre, al fine di ottenere una stima della superficie utilizzabile il più possibile verosimile, si è proceduto come segue:

- è stato considerato adatto all'installazione il 50% della superficie irradiata di ogni edificio, in quanto non si conoscono le caratteristiche di ogni copertura;
- sono stati esclusi quegli edifici la cui copertura utilizzabile è risultata inferiore di 7 m2, e, dunque, non sufficiente all'installazione di impianti di almeno 1 kWp di potenza.

[11] La funzione Hillshade permette di ottenere gli ipotetici valori d'illuminazione per ogni cella del raster ottenendo la disposizione delle zone di ombra/luce sulla superficie topografica.

[12] Disciplina degli interventi per la realizzazione degli impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili (fotovoltaico – solare – termico - eolico) sul territorio edificato.

Di seguito si riportano le superfici delle coperture degli edifici utilizzabili per l'installazione di impianti fotovoltaici e solari-termici.

Tabella 22 – Superficie dei tetti degli edifici (espressa in m^2) utile all'installazione di pannelli solari

	Superficie utile in zone vincolate	Superficie utile in zone libere	TOTALE
centro	25.717	457.236	482.953
est	3.902	319.545	323.447
nord	2.953	376.055	379.008
ovest	949	604.517	605.466
sud	4.349	1.316.137	1.320.485
Totale	37.870	3.073.490	3.111.359

Fonte: elaborazione ATI

La superficie a copertura degli edifici adatta all'installazione di pannelli solari risulta pari a 3.111.359 m^2, corrispondenti al 31% della superficie totale edificata del Comune di Prato (10.150.431 m^2).

Di seguito si riportano separatamente i valori stimati del potenziale energetico prodotto da impianti fotovoltaici e da collettori solari. Si sottolinea che tali valori stimati quantificano forme alternative di energia, in quanto la superficie considerata sulla quale ipotizzare l'installazione dei due tipi di impianti è coincidente.

Potenziale energetico annuo da impianti fotovoltaici

La stima del potenziale energetico annuo comunale producibile da impianti fotovoltaici si basa sul presupposto che un impianto da 1 kWp di potenza necessiti di un'area pari a 7 m^2 e che produca 1100 kWh di energia elettrica.

Nella tabella seguente si riportano i kWh annui potenziali prodotti da impianti fotovoltaici installabili sulle coperture degli edifici e la potenza installabile (espressa in kWp) stimata.

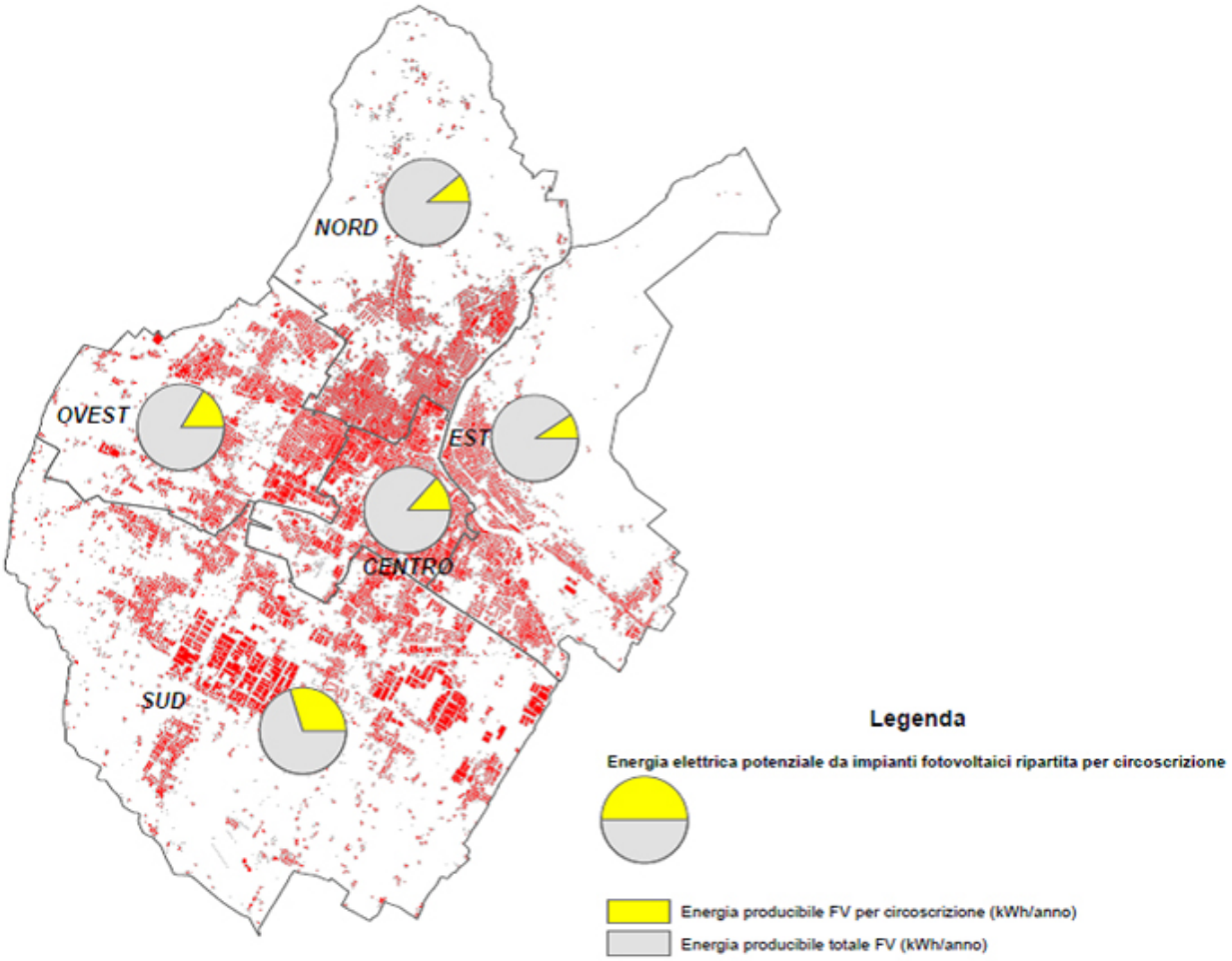
Tabella 23 – Energia potenziale prodotta da impianti fotovoltaici installati sulle coperture degli edifici e potenza installabile

	Produzione in zone vincolate (kWh/anno)	Produzione in Zone non soggette a vincoli	Totale	Potenza installabile (kWp)
centro	4.041.238	71.851.353	75.892.591	68.993
est	613.130	50.214.229	50.827.359	46.207
nord	464.081	59.094.292	59.558.373	54.144
ovest	149.166	94.995.569	95.144.735	86.495
sud	683.345	206.821.503	207.504.848	188.641
Totale	5.950.960	482.976.945	488.927.906	444.480

Fonte: elaborazione ATI

La mappa seguente rappresenta in forma grafica (colore rosso) gli edifici utilizzabili per l'installazione degli impianti FV. La carta, inoltre, riporta i diversi contributi di ciascuna circoscrizione alla produzione complessiva stimata per il Comune.

Figura 14 – Energia potenziale prodotta da impianti fotovoltaici installati sulle coperture degli edifici. Ripartizione per circoscrizione.



Fonte: elaborazione ATI

Potenziale energetico annuo da collettori solari per la produzione di acqua calda sanitaria

L'energia potenziale prodotta da collettori solari è quantificabile come energia risparmiata per riscaldare l'equivalente volume di acqua ed si esprime in TEP annui prodotti per m^2.[13]

[13] Per la stima di tale potenziale si è utilizzata la scheda tecnica n.8 – bis "Installazione di collettori solari per la produzione di acqua calda sanitaria" emanata dall'AEEG per il calcolo standardizzato del risparmio conseguibile ai fini dell'ottenimento dei TEE (certificati bianchi). In particolare, si è ipotizzato che gli impianti solari termici sostituiscano per il 50% i boiler elettrici e per il restante 50% le caldaie a gas.

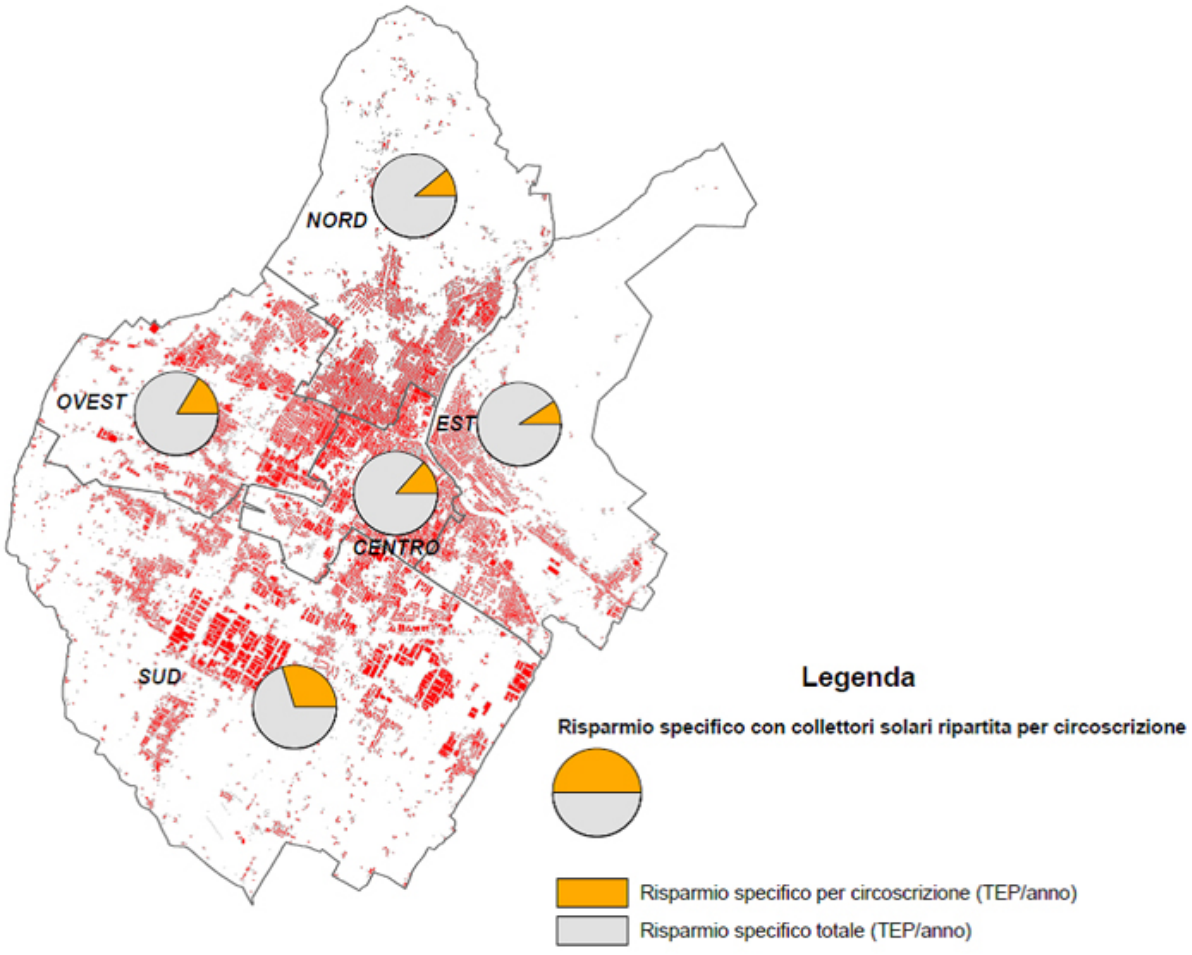
Tabella 24 – Potenziale energetico annuo prodotto da collettori solari collocati sulle coperture degli edifici.

	tep/anno		
	Zone vincolate	Zone libere	Totale
centro	2.057	36.579	38.636
est	312	25.564	25.876
nord	236	30.084	30.321
ovest	76	48.361	48.437
sud	348	105.291	105.639
Totale	3.030	245.879	248.909

Fonte: elaborazione ATI

La mappa seguente rappresenta la distribuzione spaziale del potenziale energetico prodotto da impianti solari termici installabili sulle coperture utili degli edifici. La carta, inoltre, riporta in forma grafica i diversi contributi di ciascuna circoscrizione alla produzione complessiva stimata per il Comune.

Figura 15 – Energia potenziale risparmiata con pannelli solari termici sulle coperture degli edifici. Ripartizione per circoscrizione.



Fonte: elaborazione ATI

2.2.2 Potenziale installabile fotovoltaico e solare termico

Di seguito l'analisi sarà focalizzata sulla potenzialità energetica ricavabile da fonte solare sulle coperture degli edifici ad uso industriale e ad uso residenziale monofamiliare[14].

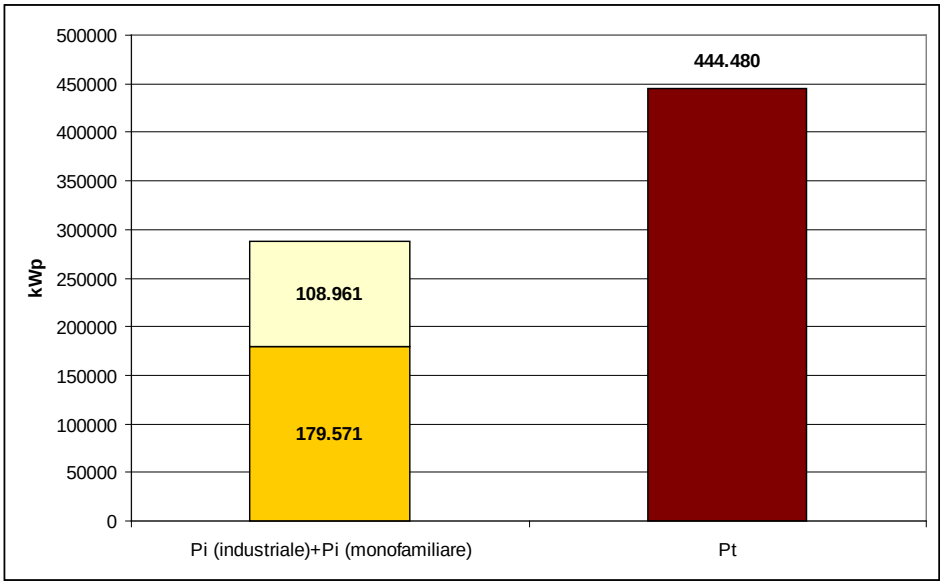
Nella tabella seguente si riportano i kWh annui producibili da impianti fotovoltaici e la potenza installabile (espressa in kWp) su edifici industriali e residenziali monofamiliari.

Tabella 25 – Potenziale energetico (fotovoltaico) delle coperture degli edifici industriali e monofamiliari

Tipologia edifici	Localizzazione	Superficie utile (m^2)	Produzione (kWh/anno)	Potenza totale installabile (kWp)
Industriali	centro	122.716	19.283.925	17.531
	est	16.996	2.670.807	2.428
	nord	55.507	8.722.515	7.930
	ovest	220.314	34.620.802	31.473
	sud	841.462	132.229.750	120.209
	Tot Comune	**1.256.995**	**197.527.799**	**179.571**
Monofamiliari	centro	83.604	13.137.817	11.943
	est	62.878	9.880.825	8.983
	nord	61.000	9.585.714	8.714
	ovest	174.308	27.391.278	24.901
	sud	380.938	59.861.683	54.420
	Tot Comune	**762.728**	**119.857.318**	**108.961**

Fonte: elaborazione ATI

Figura 16 – Potenza totale e potenza installabile su edifici industriali e residenziali monofamiliari



Fonte: elaborazione ATI

[14] Data la mancanza di dati anagrafici georeferenziati sull'edificato, si è scelto, come parametro di selezione, l'altezza degli edifici. In particolare, la selezione è basata sul presupposto che in edifici di altezza inferiore a 5 metri risieda un solo nucleo familiare.

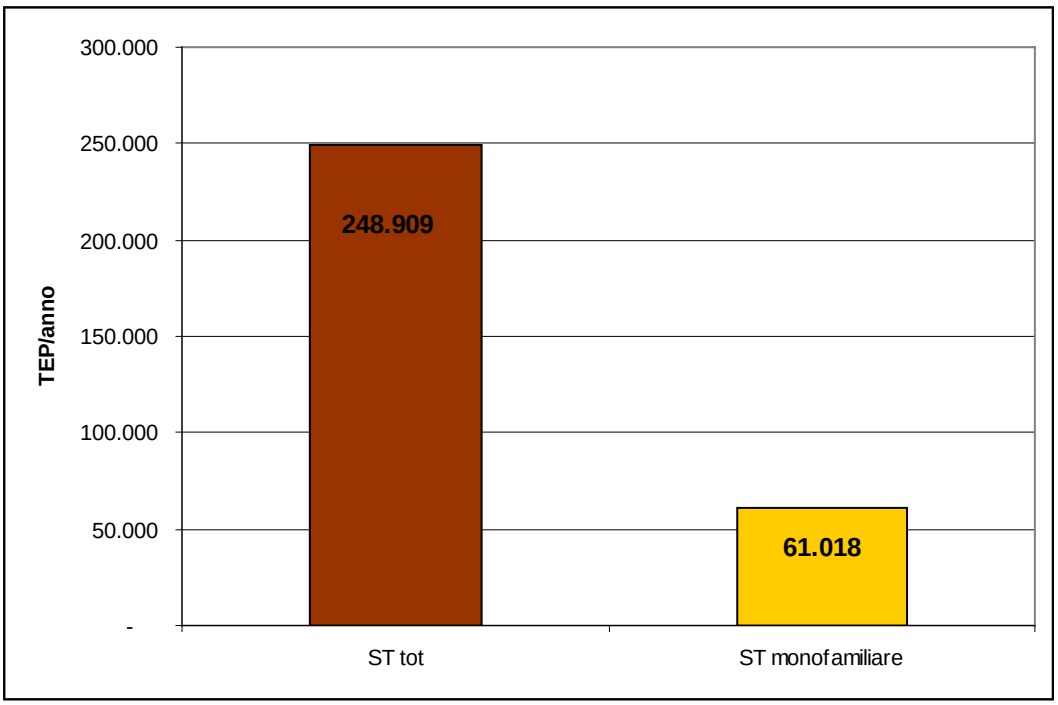
Nella tabella seguente sono stati calcolati i TEP risparmiati mediante l'installazione di collettori solari sugli edifici residenziali monofamiliari. Dal momento che la superficie da dedicare all'installazione di impianti fotovoltaici e di collettori solari è la medesima, si evidenzia che tali tecnologie sono da considerare come alternative e non simultaneamente installabili.

Tabella 26 – Potenziale solare termico installabile sulle coperture degli edifici residenziali monofamiliari

	TEP/anno
centro	6.688
est	5.030
nord	4.880
ovest	13.945
sud	30.475
Tot Comune	61.018

Fonte: elaborazione ATI

Figura 17 – Potenziale solare termico totale e potenziale installabile sugli edifici residenziali monofamiliari



Fonte: elaborazione ATI

2.2.2.1 Focus sostituzione coperture degli edifici industriali in amianto e installazione pannelli FV

Gli interventi di rimozione e sostituzione dell'eternit dalle coperture degli edifici industriali con pannelli fotovoltaici integrati, oltre ad apportare un miglioramento ambientale, rappresentano anche un investimento economico vantaggioso. Il "V Conto Energia" prevede, infatti, per questa tipologia d'impianti una tariffa incentivante maggiorata. Essendo però stato raggiunto il limite di costo indicativo cumulato annuo di 6,7 miliardi di euro, allo stato attuale gli impianti che possono accedere direttamente alle tariffe incentivanti sono quelli di potenza fino a 50 kW in sostituzione di coperture su cui è operata la completa rimozione dell'eternit o dell'amianto.

Partendo da queste premesse, è stata realizzata una stima della potenziale energetico da pannelli fotovoltaici installati in sostituzione delle coperture in eternit degli edifici industriali (è stata utilizzata per il calcolo la stessa metodologia descritta nel precedente paragrafo). La superficie potenziale è stata ricavata attraverso il riconoscimento visivo dei tetti in eternit a partire dall'ortofoto degli edifici industriali costruiti tra il 1960 e il 1980, periodo caratterizzato da un massiccio utilizzo di amianto e cemento nell'edilizia[15].

Inoltre, si è ritenuto opportuno distinguere le coperture in due categorie di cui in una, "eternit", sono raggruppatele superfici ritenute quasi certamente rivestite di eternit, nell'altra, "probabili eternit", le superfici che molto probabilmente lo sono, ma che a causa della difficoltà nel riconoscimento da ortofoto[16], non possono essere date per certe.

Nella tabella seguente si riportano i kWh annui potenziali prodotti da impianti fotovoltaici da installare in sostituzione delle coperture in eternit degli edifici industriali e la potenza installabile (espressa in kWp) stimata.

Tabella 27 – Potenziale energetico fotovoltaico delle coperture industriali in eternit

	Superficie utile coperture industriali (m^2)	Produzione (kWh/anno)[17]	Potenza totale installabile (kWp)
Eternit	126.233	19.836.658	18.033
Probabili eternit	78.441	12.326.374	11.206
TOTALE	204.674	32.163.032	29.239

Fonte: elaborazione ATI

Si stima che dall'installazione di impianti fotovoltaici in sostituzione delle coperture in eternit degli edifici industriali possano essere prodotti 19.836.658 kWh l'anno, che rappresentano il 10% circa del potenziale

15 Il metodo attraverso cui sono state riconosciute le superfici in eternit presenta inevitabilmente un elevato grado di approssimazione; per una valutazione puntuale si rendono necessarie delle specifiche verifiche in campo.

16 Fonte SIT Regione Toscana anno 2009

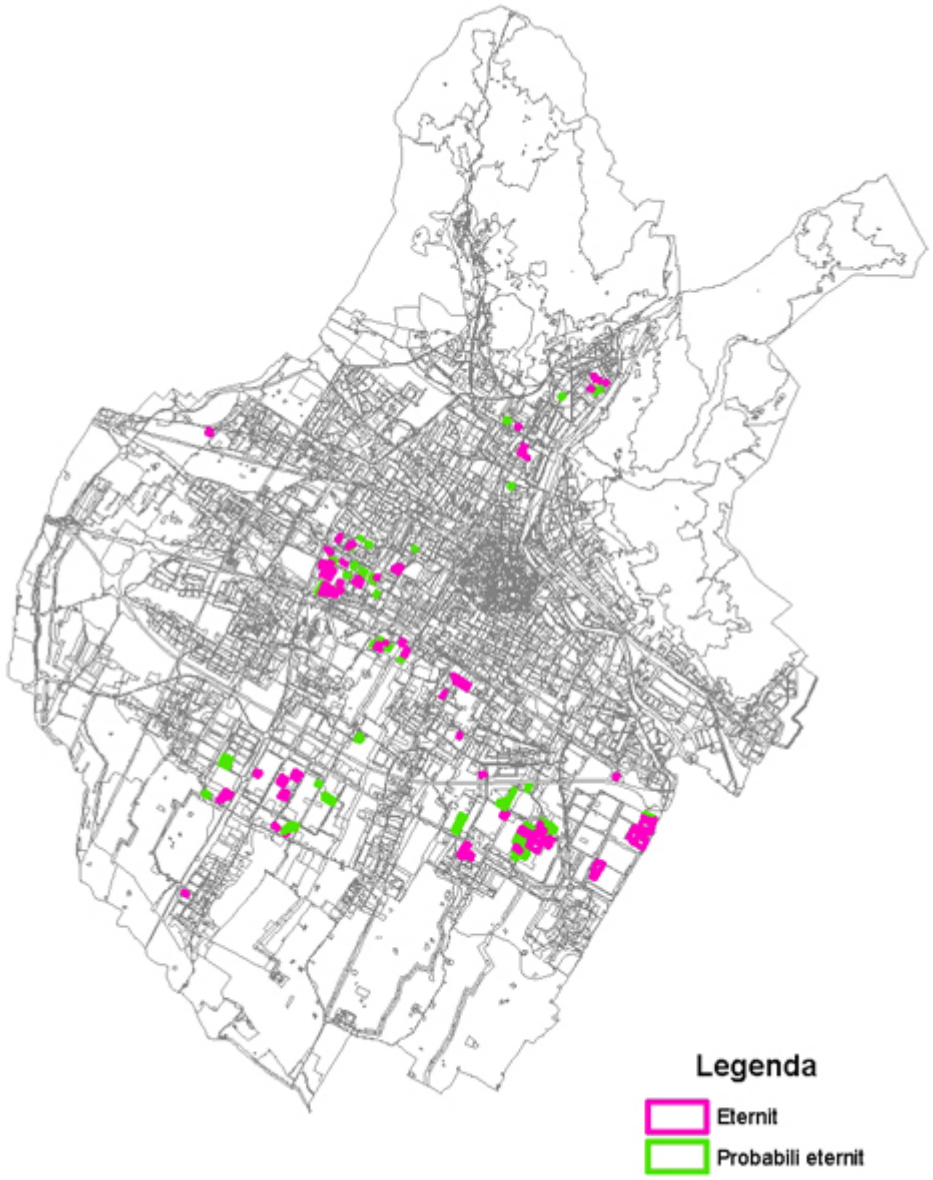
17 La stima si basa sul presupposto che un impianto da 1 kWp di potenza necessiti di un'area pari a 7 m^2 e che produca 1100 kWh di energia elettrica.

energetico fotovoltaico stimato complessivamente per gli edifici industriali dislocati nel territorio comunale (cfr tabella 17).

Tale potenziale annuo aumenterebbe a 32.163.032 kWh, pari al 16% circa del potenziale fotovoltaico industriale complessivo, nel caso in cui contribuiscano anche le coperture che sono state identificate come probabilmente in eternit.

La carte seguente mostra la distribuzione degli edifici industriali con coperture in eternit.

Figura 18 – Localizzazione delle coperture in eternit degli edifici industriali



Fonte: elaborazione ATI

2.2.3 Prospettive di penetrazione del fotovoltaico e disponibilità di incentivi

La principale incentivazione che ha determinato lo scenario del fotovoltaico fino al 2012 è il Conto Energia, giunto alla sua quinta versione con una disposizione governativa della scorsa primavera. . Essendo però stato raggiunto il limite di costo indicativo cumulato annuo di 6,7 miliardi di euro, allo stato attuale gli impianti che possono accedere direttamente alle tariffe incentivanti sono quelli di potenza fino a 50 kW in sostituzione di coperture su cui è operata la completa rimozione dell'eternit o dell'amianto.

Occorre a questo punto distinguere due diverse situazioni a seconda del settore domestico-residenziale ovvero produttivo:

1. Il mercato domestico potrà usufruire del credito fiscale per ristrutturazioni edilizie (50%) in vigore fino al 30/06/2013 e delle eventuali proroghe, nonché dello scambio sul posto[18]. La combinazione di queste due misure rende la convenienza economica degli impianti fotovoltaici simile a quella che si aveva con il Conto Energia;
2. Il mercato delle aziende, viceversa, non può usufruire del credito fiscale per ristrutturazioni edilizie che è riservato al settore residenziale e pertanto può basarsi solo sullo scambio sul posto. In queste condizioni si prevede un blocco del fotovoltaico nel settore produttivo

Si può pertanto ritenere che la diffusione del fotovoltaico nel settore residenziale potrebbe restare elevata nei prossimi anni e, pertanto, la quantità che potrebbe essere realizzata si avvicinerebbe al potenziale.

Al contrario, per quanto riguarda il settore produttivo, si può ritenere che la diffusione del fotovoltaico difficilmente potrà continuare al livello degli anni passati nei prossimi anni. Pertanto la quantità che potrebbe essere realizzata potrebbe essere molto inferiore al potenziale.

2.2.4 Prospettive di penetrazione del solare termico e disponibilità di incentivi

Con il Dlgs 28/2012 è stato per la prima volta deliberato un incentivo specifico per il solare termico, la cui regolamentazione è già disponibile in bozza (è alla Conferenza Stato Regioni alla data del 12/12/2012).

La struttura dell'incentivo in euro è basata sulla superficie dei collettori solari installati moltiplicata per un coefficiente che tiene conto dell'uso finale dell'impianto (acqua sanitaria o riscaldamento) e, probabilmente, della tipologia di collettore (senza vetro, piano vetrato o a tubi sottovuoto). Per impianti di modesto valore l'erogazione è in due anni, mentre per quelli più grandi è in cinque anni.

Si può pertanto ritenere che la diffusione del solare termico potrà crescere nei prossimi anni e, pertanto, la quantità che potrebbe essere realizzata si avvicinerebbe al potenziale.

[18] Col meccanismo dello scambio sul posto l'energia elettrica prodotta dal fotovoltaico ed immessa in rete perché non utilizzata viene valorizzata ad un prezzo molto vicino a quello di acquisto dell'energia elettrica dalla rete.

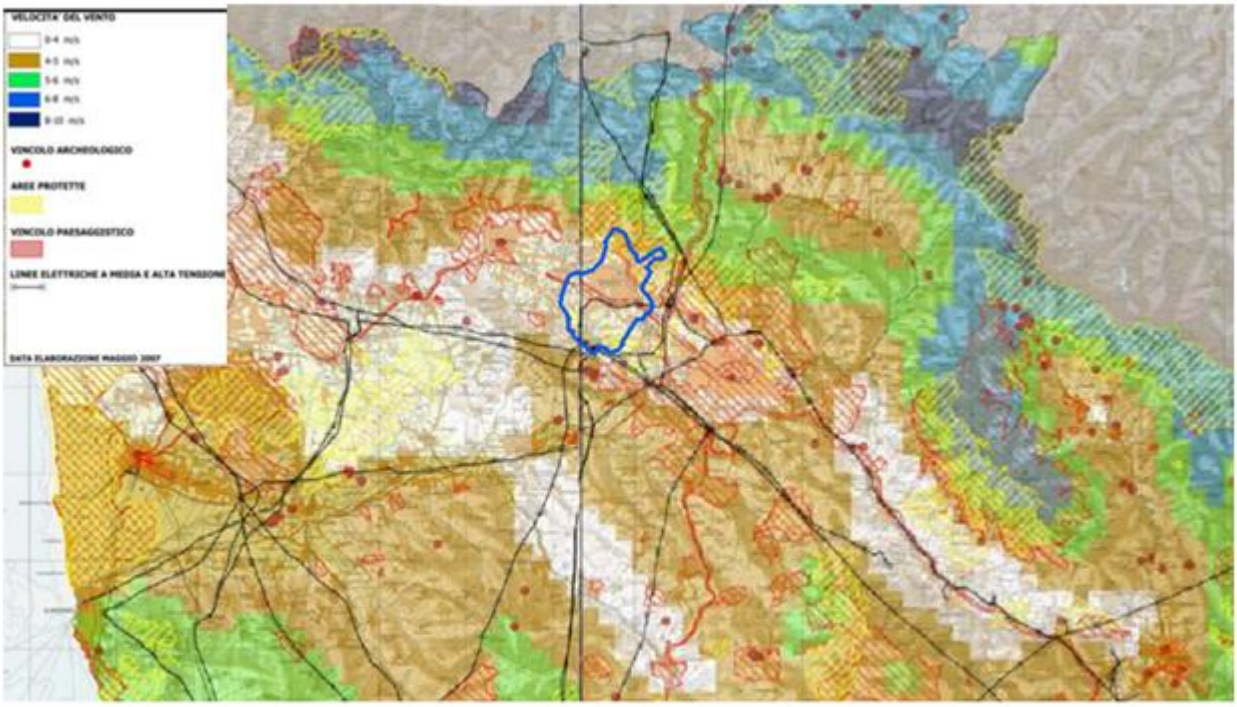
2.3 POTENZIALE DA ENERGIA EOLICA

Il Piano di Indirizzo Energetico Regionale (PIER) aveva previsto, a livello regionale, una potenza eolica installata al 2010 di 300 MW, in realtà l'eolico non supera i 45 MW (*Fonte dati: Rapporto statistico 2010, Impianti a fonti rinnovabili - GSE 2011*).

La previsione di massima di cui sopra, trovava giustificazione nella opportunità di favorire la realizzazione di un numero limitato (tra i 15 ed i 25) di parchi eolici di elevata potenza (tra i15 ed i 25 MW).

Da quanto emerge dalla carta relativa alla velocità del vento di seguito riportata, nel territorio del Comune di Prato è esclusa la possibilità di realizzare parchi eolici di elevata potenza (tra i 15 e i 25 MW con aerogeneratori di potenza 2 MW), così come indicato dal PIER. Infatti questi impianti erogano la potenza di progetto ad una velocità del vento di 12–14 m/s.

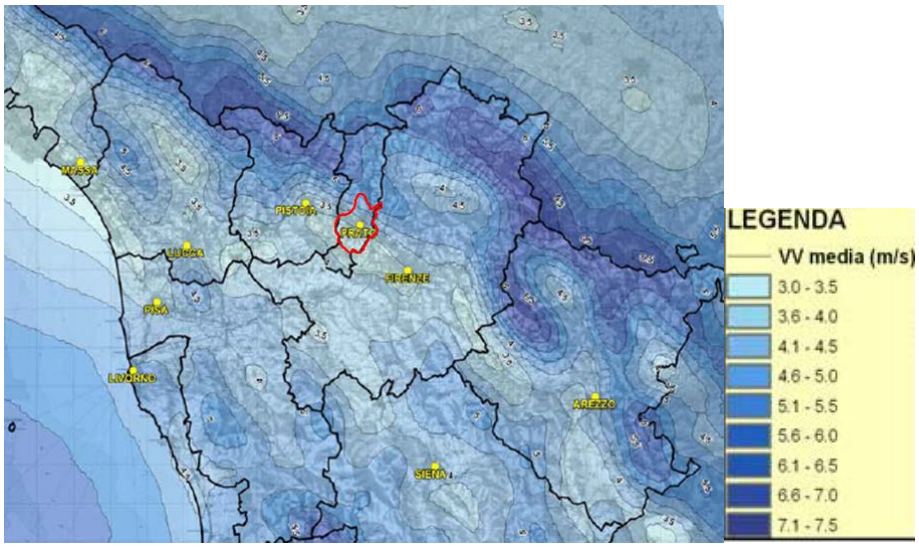
Figura 19 – Carta relativa alla velocità media del vento a 77m s.l.m. con vincoli archeologici e paesaggistici



Fonte PIER Piano di Indirizzo Energetico

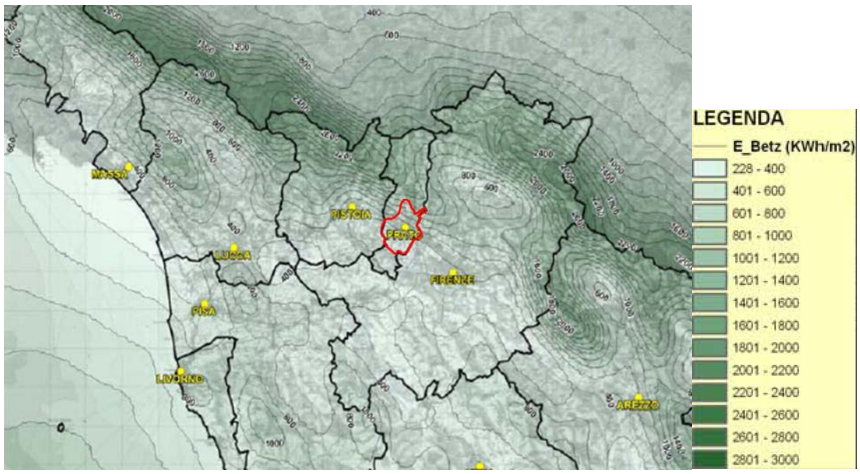
Le elaborazioni effettuate sul territorio comunale di Prato, in corrispondenza dei campi di vento, alla quota di 77 m dal suolo (altezza usuale dei mozzi di turbine di grande potenza) dimostrano una presenza di vento insufficiente con velocità media quasi mai superiore a 5 m/s. A questi regimi di vento corrispondono esigui valori di potenza erogata dalla macchina e in sostanza livello bassi di produzione di energia elettrica.

Figura 20 –– Mappa della velocità media del vento a 75 m sulla regione Toscana (anni 2004-2007).



Fonte Rapporto di valutazione del potenziale eolico del territorio della Toscana Estratto dal rapporto finale del progetto "WIND-GIS"

Figura 21– Mappa dell'energia annua specifica a 75 m sulla regione Toscana (anni 2004-2007).

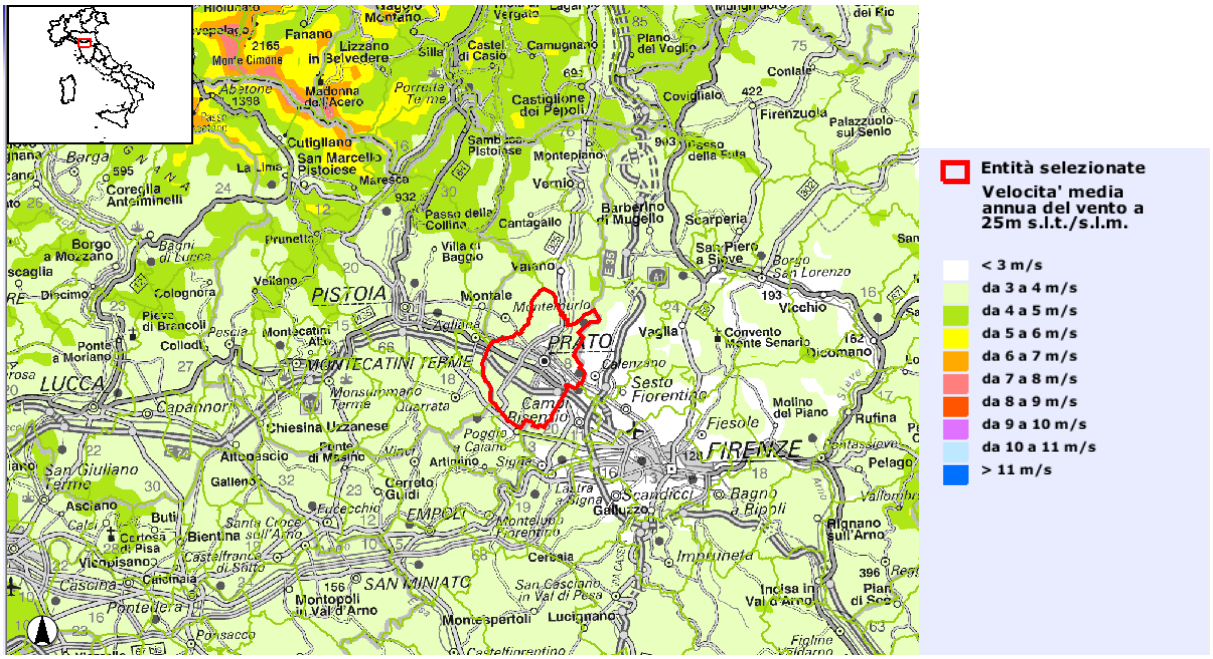


Fonte Rapporto di valutazione del potenziale eolico del territorio della Toscana Estratto dal rapporto finale del progetto "WIND-GIS"

Anche gli impianti **mini eolici** di potenza nominale fino a 5 kW, con pale di 3-4 metri di diametro, che possono funzionare collegati alla rete oppure con batterie autonome, hanno comunque bisogno di lavorare con velocità medie superiori a 5 m/sec.

La condizioni del vento del territorio comunale a 25 m s.l.m. (altezza di riferimento per questo genere di impianti) inducono ad escludere la possibilità di installare impianti mini eolici . La figura seguente mostra come la velocità media annua del vento anche a 25 m s.l.m. è generalmente da 3 a 4 m/s, e nella zona S/E anche inferiore a 3 m/s.

Figura 22– Mappa della velocità media del vento a 25 m



Fonte Atlante eolico italiano (RSE)

In conclusione in base a quanto detto e in relazione ai dati disponibili si esclude la possibilità di installare nel territorio comunale di Prato grandi parchi eolici, rimandando a campagne anemometriche di dettaglio la valutazione tecnica economica relativa allo sfruttamento dell'energia eolica mediante piccoli impianti (mini eolico).

2.4 POTENZIALE DA ENERGIA IDRAULICA

Il Piano di Indirizzo Energetico Regionale (PIER) al punto 3.3.4 “Energia idroelettrica” costruisce il quadro dello sviluppo in regione dell’utilizzo di energia idroelettrica, a partire dallo stato di attuazione del Piano Energetico Regionale (PER) 2000. Si riportano nel seguito ampi stralci di questa pianificazione.

Partendo da una situazione, al 1997, di 294 MW, la previsione al 2010 è stata fissata a 364 MW. Nel 2004 la potenza installata era di 354,6 MW. Ad oggi la potenza installata è diminuita, attestandosi a di 317 MW, poiché parte dei vecchi impianti è stata dismessa.

Come rilevato dal PER 2000, “la produzione elettrica da fonte idraulica ha raggiunto, a livello nazionale e regionale, buoni livelli di diffusione ed economicità, vicini alla competitività anche per la piccola idraulica …” Peraltro “….le potenzialità idroelettriche residue della regione sono modeste. Infatti i siti ancora disponibili in Toscana per la realizzazione di grossi impianti, con un tempo di ritorno dell’investimento sufficientemente breve, sono già stati sfruttati; conseguentemente, gli impianti ancora da installare, possono essere unicamente di taglie ridotte (minihydro)”; pertanto “… va ricercata la collocazione degli impianti all’interno di sistemi di gestione integrata delle risorse idriche: un’opzione è quella degli impianti a recupero energetico inseriti nelle reti acquedottistiche. Il recupero energetico può intendersi sia come ottimizzazione dell’uso dell’energia utilizzata (motori idraulici per l’azionamento delle pompe per il sollevamento), che come produzione di energia elettrica”.

2.4.1 Inquadramento normativo

Le norme che disciplinano la materia sono:

- RD 1775/33 “Testo Unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici”, per quanto riguarda l’ottenimento, dalla Provincia, della concessione di derivazione delle acque pubbliche ad uso idroelettrico;
- Dlgs 387/2003, articolo 12, il quale prevede di norma l’autorizzazione unica;
- Dlgs 152/2006 e sue successive modifiche, anche per le norme generali sulla Valutazione di Impatto Ambientale;
- LR n. 79/98, sulle procedure di Valutazione di Impatto Ambientale
- LR 39/2005, articoli 12, 13 e 14, in materia di energia, in base alla quale: la competenza al rilascio dell’autorizzazione è della Provincia, laddove si debba ancora acquisire una concessione di derivazione d’acqua, il relativo procedimento ricomprende anche l’autorizzazione all’impianto,
- L. 244/2007 che, integrando il Dlgs 387/2003, sottopone a DIA edilizia l’installazione di impianti di potenza inferiore a 100 kW.

Da sottolineare, infine, la rilevanza delle problematiche connesse al rispetto ed alla salvaguardia della portata dei corsi d’acqua ed alla garanzia dei livelli di sicurezza adeguati rispetto ai fenomeni di dissesto idraulico e geomorfologico in atto o potenziali, di cui, rispettivamente al Progetto di Piano di Bacino Stralcio Bilancio Idrico, adottato nella seduta del Comitato Istituzionale del 28 febbraio 2008, Delibera n. 204 del 28 febbraio 2008, ed al PAI (Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico) (D.P.C.M. 6 maggio 2005).

Quindi gli impianti di produzione di energia elettrica da fonte idraulica sono soggetti ad autorizzazione unica di cui al D.Lgs. 387/2003, rilasciata dalla Provincia. Ai sensi della LR 39/2005, laddove si debba ancora acquisire una concessione di derivazione d'acqua, il relativo procedimento ricomprende anche l'autorizzazione all'impianto. L'autorizzazione unica non si applica agli impianti di potenza nominale inferiore a 100 kW. L'installazione di tale tipo di impianti è consentita con la presentazione di una DIA al Comune di competenza. Alla DIA si applicano le norme di cui alla LR.1/2005. La relazione di cui all'art. 84 della LR 1/2005 assevererà la conformità dell'intervento anche al PIER e ai suoi provvedimenti attuativi; a questo proposito vedi in particolare le successive indicazioni di "Semplificazione amministrativa". Qualora sia necessario acquisire autorizzazioni ambientali, paesaggistiche, di tutela del patrimonio storico-artistico, della salute o della pubblica incolumità, le stesse, come abitualmente avviene per le DIA edilizie, saranno acquisite e allegate alla stessa, "salvo che il comune provveda direttamente" (art. 84 della LR 1/2005 "Norme per il governo del territorio").

Va infine ricordato che, ai sensi della normativa vigente in materia di valutazione di impatto ambientale, per taluni impianti idroelettrici sono obbligatorie le relative procedura di "verifica di assoggettabilità" e procedura di V.I.A.

Semplificazione amministrativa

Per gli impianti soggetti a DIA il Comune potrà individuare, nei propri strumenti ex articolo 52 LR 1/2005 e nei propri regolamenti edilizi, condizioni sulle modalità di realizzazione, al fine di assicurare maggiore tutela al patrimonio territoriale, e rispettando, comunque, l'esigenza di ridurre gli oneri amministrativi a carico del cittadino.

Per gli impianti minihydro dovrà essere ricercata la massima semplificazione amministrativa, fatta salva la necessaria tutela del minimo deflusso vitale e la garanzia di una minima distanza tra impianti di presa e restituzione in alveo. Inoltre, tali semplificazioni amministrative non debbono determinare condizioni favorevoli al rilascio di concessioni di derivazione in serie.

Sulla scorta delle considerazioni fatte a proposito della limitate capacità di sviluppo della fonte idroelettrica, si ritiene appropriato qualificare come impianti minihydro quelli con una potenza non superiore a 3 MW.

2.4.2 Previsioni

Riprendendo ed ampliando le previsioni elaborate in sede di PER 2000, Il PIER 2008 ipotizza una possibilità di sviluppo in regione del minihydro, al 2020, non superiore ai 100 MW.

Tabella di sintesi

Potenzialità regionale	Valori quantitativi
Potenza impianti installati prima dell'entrata in vigore del PIER	MW 317,9
Potenza aggiuntiva prevista	MW 100
Potenza complessiva prevista	MW 417,9
Producibilità prevista	GWh 942

2.4.3 Strumenti ed incentivi

È auspicabile che le Province, attraverso il coinvolgimento degli enti competenti, compresi gli AATO, definiscano, laddove presenti, disposizioni in materia di rilascio di concessioni di derivazione di acqua pubblica ai fini di produzione di energia. Più in generale è sentita l'esigenza di disporre di una mappa a livello regionale delle zone maggiormente vocate ad accogliere tale tipo di impianti.

2.4.4 La situazione a Prato

Le caratteristiche idriche del Comune di Prato vedono il fiume Bisenzio come principale corpo idrico candidato ad un utilizzo dell'energia idraulica, con la specificità di realizzare centraline micro-idrauliche distribuite lungo il corso del corpo idrico. Dati forniti dalla Provincia di Prato indicano che nella Valle del Bisenzio sono in corso di autorizzazione 22 impianti "mini-hydro", la cui potenza complessiva (in parte già installata) ammonta a 1.660 kW.

Esperienze pregresse

Dati tecnici di recenti installazioni sul Bisenzio (Provincia di Prato).

Centrale Madonna della Tosse, Santa Lucia, Comune di Prato (*inaugurata giugno 2011****).***

L'impianto idroelettrico ad acqua fluente di 89 kW di potenza produce elettricità sfrutta il dislivello per trasformare in energia cinetica il naturale fluire della corrente, trasmettendo forza meccanica dalla vite al generatore collegato alla rete nazionale di distribuzione di ENEL spa.

Caratteristiche	Dati quantitativi
Potenza installata	89 kW
Salto	3,8 mt.
Energia prodotta	420.000 kWh annui
Tonnellate di petrolio risparmiate (Tep)	79 t/anno
Portata massima derivabile	3,5 m^3/s

Centrale Meucci - Mercatale di Vernio – Comune di Vernio

Caratteristiche	Dati quantitativi
Potenza installata	54 kW
Salto	5,9 mt.
Energia prodotta	260.000 kWh annui
Tonnellate di petrolio risparmiate	49 t/anno
Portata massima derivabile	1,5 m^3/s

Centrale Terrigoli SUD - Località Terrigoli - Comune di Vernio - Prato

Caratteristiche	Dati quantitativi
Potenza installata	35,5 kW
Salto	2,70 mt.
Energia prodotta	240.000 kWh annui

Tonnellate di petrolio risparmiate	240 t/anno
Portata massima derivabile	3,5 m^3/s

Immagini della realizzazione della centrale di Terrigoli Sud, con turbina a vite (tipo coclea) installata a fianco della briglia (dati ed immagini sono riportati dal sito della società realizzatrice H2E (http://www.hduee.com/)

Il bacino a valle della briglia

La turbina idraulica in fase di installazione

La sistemazione definitiva dell'impianto

2.4.4.1 Impianto di Cavalciotto in fase di realizzazione

"La più grande, tra le mini centrali idroelettriche sarà realizzata lungo il Bisenzio, a Santa Lucia (Comune di Prato), all'interno delle antiche strutture della diga del **Cavalciotto**. Diga per altro ancora in perfettamente in funzione e che dopo la riqualificazione interna e delle paratie, l'installazione di due turbine - l'architettura esterna resterà identica a quella attuale - produrrà energia verde in grado di produrre circa un 1.350.000 kWh di energia elettrica. L'investimento del gruppo H2E sarà di 1.230.000 €, ai quali andranno aggiunti i 100.000 € che la società darà al Comune per il diritto di concessione per 25 anni dell'area nella quale nascerà l'impianto. La giunta comunale, dopo l'autorizzazione della Provincia arrivata mesi addietro, ha approvato la concessione che riguarda una parte di terreni comunali e una parte di terreni privati soggetti però all'obbligo di cessione al Comune.

2.4.4.2 Valutazione del potenziale energetico

Gli elementi raccolti in questa breve indagine mostrano che esiste un'attività intensa di realizzazione di centrali di micro-idraulica sul Bisenzio, una significativa parte dei quali siti in Comune di Prato.
In assenza di dati più precisi si può ipotizzare una stima del potenziale facendo le seguenti assunzioni.
Considerando la portata crescente del Bisenzio nel tratto più vicino a Prato, con la centrale della Madonna della Tosse da 420.000 kWh e quella del Cavalciotto da 1.350.000, si può assumere una produzione media pari alla media delle due centrali, cioè 885.000 kWh. Considerando che la lunghezza dell'asta del Bisenzio in

Comune di Prato è di 4 km circa, e che la presenza di briglie è limitata, si possono ipotizzare n. 4 impianti di questa taglia, per una produzione annua totale di 3.540.000 kWh, pari a t CO_2 eq. evitate.

2.4.4.3 Analisi ulteriori interventi sfruttamento energetico risorsa idraulica

Impianto di Baciacavallo

I liquami che confluiscono nell'impianto di Baciacavallo derivano in larga parte dalle lavorazioni industriali, in particolar modo da quelle tessili. Infatti solo il 20% del volume totale dei liquami trattati sono di provenienza civile. Il restante, circa 100.000 m^3 al giorno di media, provengono dalle attività industriali.

Gli scarichi dell'impianto vengono avviati, attraverso il Gora del Romito, nel Gora del Palasaccio che, una volta confluito nel torrente Ombrone, alimenta il fiume Bisenzio.

Una parte delle acque trattate dall'impianto stimabile in circa 1.500.000 m^3/anno viene avviata ad un post trattamento che ne consente il riutilizzo per scopi industriali.

Per il post-trattamento delle acque depurate il sistema dell'acquedotto industriale di Prato utilizza due impianti di affinamento, di cui uno di proprietà di G.I.D.A. collegato ad una ampia rete di distribuzione che si estende in tutta la città di Prato e sino a Montemurlo, ed uno privato a servizio di una limitata area industriale del distretto, quella corrispondente al cosiddetto Macrolotto Industriale 1.

Dal momento che l'impianto tratta mediamente circa 35.000.000 m^3/anno di reflui, quelli direttamente scaricati nel Gora del Palasaccio ammontano a circa 33.500.000 m^3/anno.

Tale disponibilità di acqua, sebbene il salto idraulico non sia che di qualche metro, permetterebbe la realizzazione di un impianto mini-idroelettrico per la produzione di energia.

Sullo stesso canale sono presenti n. 2 briglie ciascuna caratterizzata da un salto idraulico di circa 1,5 m. Questo permetterebbe la realizzazione di ulteriori n. 2 impianti idroelettrici in grado di sfruttare tali battenti.

La tabella che segue riassume le ipotesi progettuali di massima per n. 3 impianti idroelettrici da realizzarsi sul canale di restituzione che dall'impianto arriva al torrente Ombrone. I dimensionamenti sono stati fatti su un dato di portata media che tiene conto della disponibilità dei bacini di equalizzazione in ingresso

all'impianto che permettono, entro certi limiti, di uniformare la portata dell'acqua trattata. È quindi evidente che un dimensionamento della potenza delle turbine andrà fatto in modo assai più rigoroso per tener conto del reale andamento delle portate medie durante la giornata.

Tabella 28: Scheda intervento

	SINTESI IPOTESI PROGETTUALI DI MASSIMA		
	Acqua ingresso	35.000.000	m^3/a
	Acqua a trattamento affinamento	1.500.000	m^3/a
	Acqua scaricata	33.500.000	m^3/a
	Volume scaricato giornalmente	91.781	m^3/g
	Volume medio orario	3.824	m^3/h
	Portata massica media	1.062	*kg/s*
	Saldo idraulico uscita tratto intubato	1	*m*
	Potenza media disponibile	10,4	*kW*
	Saldo idraulico (prima briglia)	1,5	*m*
	Potenza media disponibile	15,6	*kW*
	Saldo idraulico (seconda briglia)	1,5	*m*
	Potenza media disponibile	15,6	*kW*
	Rendimento turbina	75%	
	Rendimento generatore	91%	
a	Costo specifico	4.000	*€/kW*
b	Costo complessivo	166.000	*€*
c	Costo specifico massimo	6.000	*€/kW*
d	Costo complessivo massimo	250.000	*€*
e	Energia prodotta	250.000	*kWh/anno*
f	Prezzo vendita energia (tariffa omnicomprensiva)	22	*c€/kWh*
g	Valore vendita energia	54.827	*€/anno*
h	Costo esercizio annuo	4%	*investimento iniziale*
i	Costo esercizio annuo (caso 1)	6.669	*€/anno*
l	Costo esercizio annuo (caso 2)	10.004	*€/anno*
m	Flusso di Cassa Netto FCN1 (g-i)	48.158	*€/anno*
n	Flusso di Cassa Netto FCN2 (g-l)	44.823	*€/anno*
	Emissioni evitate di CO_2	***120***	***t/anno***

Per quanto attiene alla sezione turbina, si è ipotizzato turbine tipo Kaplan, più adatte per impianti con piccoli salti idraulici e si è cautelativamente utilizzato un rendimento massimo del 91%.

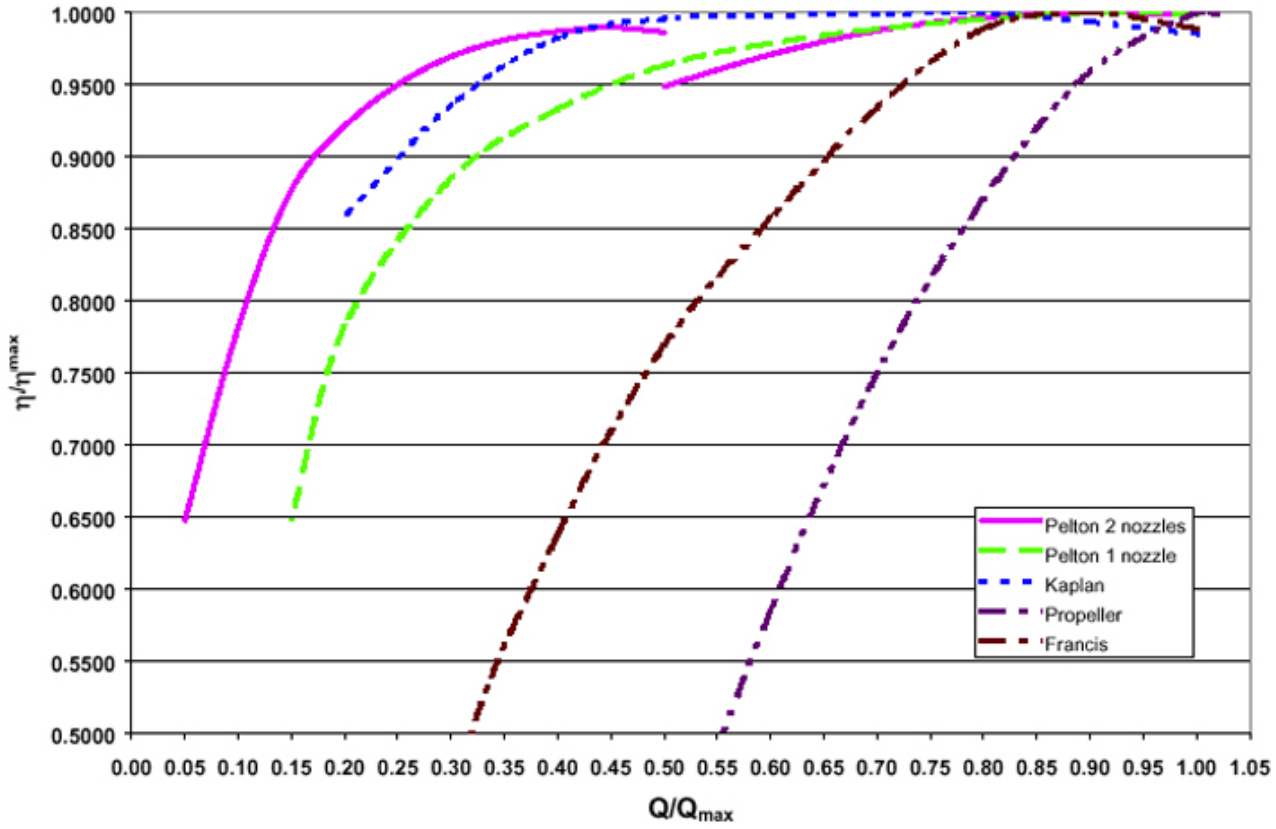
Tabella 29: Rendimenti tipici di piccole turbine

Tipo turbina	Massimo rendimento
Kaplan a singola regolazione	0,91
Kaplan a doppia regolazione	0,93
Francis	0,94
Pelton a “n” getti	0,90
Pelton a 1 getto	0,89
Turgo	0,85

Fonte: Guida alla realizzazione di un piccolo impianto idroelettrico, ESHA, 2007

Nelle ipotesi di fluttuazione della portata si è infine ipotizzato un rendimento medio della turbina pari al 75%.

Figura 23 Rendimenti tipici di piccole turbine



Fonte: Guida alla realizzazione di un piccolo impianto idroelettrico, ESHA, 2007

Per quanto attiene la sezione di generazione elettrica la tabella che segue riporta i valori tipici di rendimento in funzione delle potenza

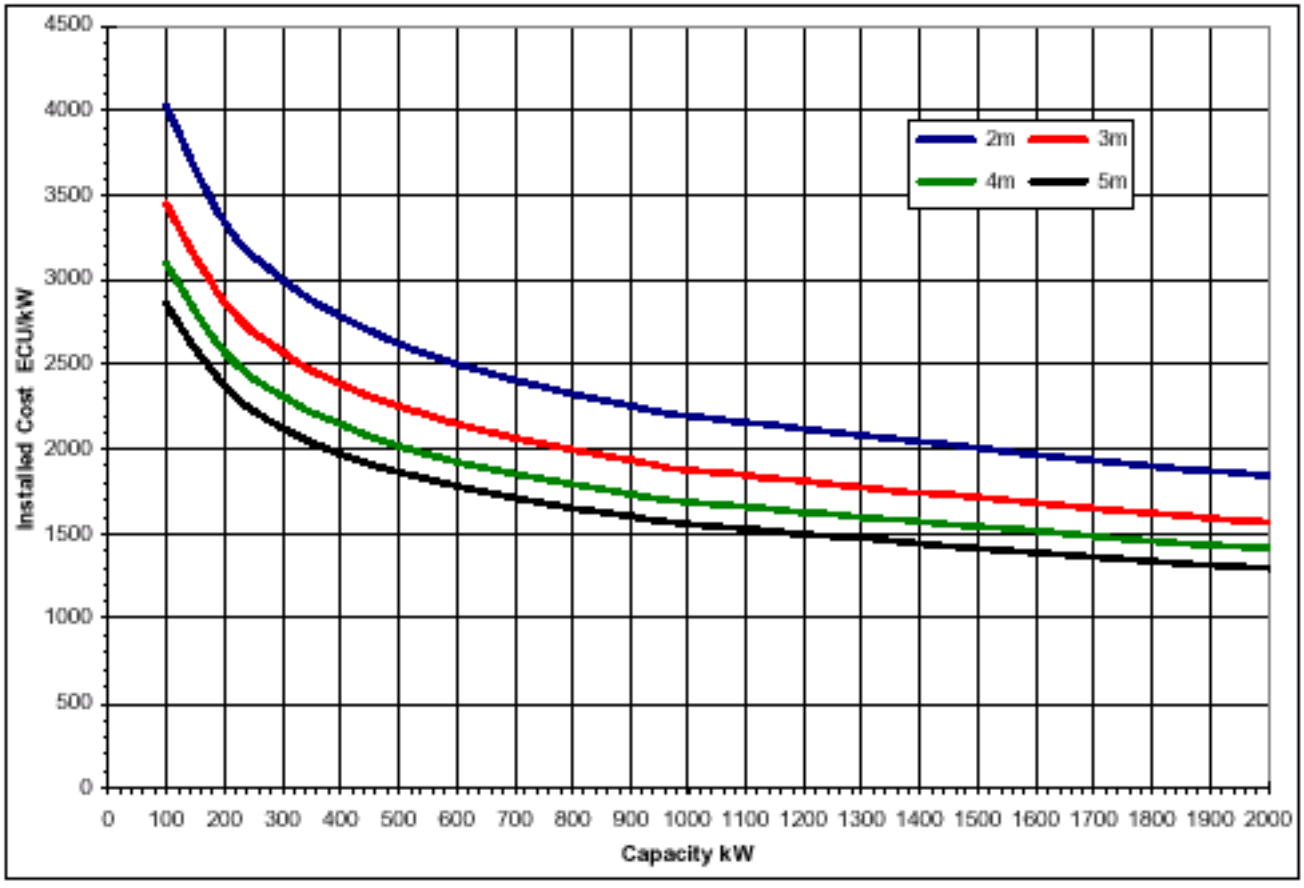
Tabella 30: Rendimenti tipici di piccole turbine

Potenza nominale [kW]	Massimo rendimento
10	0,910
50	0,940
100	0,950
250	0,955
500	0,960
1.000	0,970

Fonte: Guida alla realizzazione di un piccolo impianto idroelettrico, ESHA, 2007

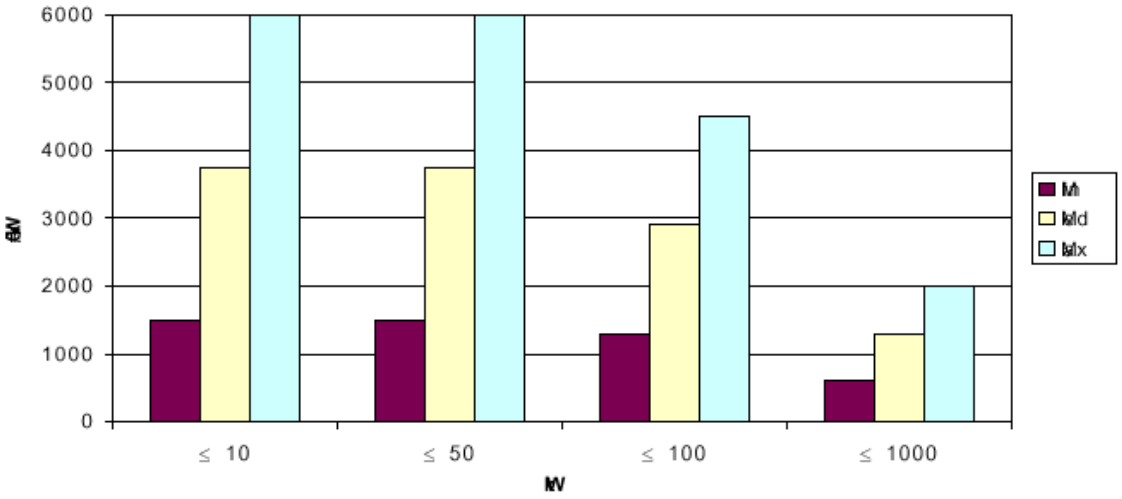
Le ipotesi di costo sono basate sulla forchetta di prezzi indicativamente fornita dallo studio "*Guida alla realizzazione di un piccolo impianto idroelettrico*" ESHA che, prendendo in esame due analisi, fornisce per impianti di piccola potenza una stima di costo di investimento chiavi in mano variabile tra i 4.000 ed i 6.000 €/kW di potenza.

Figura 24 Costi di investimento per capacità installata per specifici valori di salto



Fonte: Guida alla realizzazione di un piccolo impianto idroelettrico, ESHA, 2007

Figura 25 Costi di investimento chiavi in mano per le piccole centrali idroelettriche



Fonte: Guida alla realizzazione di un piccolo impianto idroelettrico, ESHA, 2007

Poiché l'impianto è a fonte rinnovabile si è ipotizzato di poter accedere alla **Tariffa Omnicomprensiva**, alternativa al meccanismo dei certificati verdi, su tutta la quota di energia prodotta.

La Tariffa Onnicomprensiva è differenziata per tipologia di fonte utilizzata, secondo i valori indicati dalla Tabella 31 allegata alla Legge Finanziaria 2008 è stata aggiornata dalla Legge 23/07/2009 n.99.

Tabella 31: La tariffa omnicomprensiva

N.	FONTE	TARIFFA (€cent/kWh)
1	Eolica per impianti di taglia inferiore a 200 kW	30
3	Geotermica	20
4	Moto ondoso e maremotrice	34
5	Idraulica diversa da quella del punto precedente	22
6	Biogas e biomasse, esclusi i biocombustibili liquidi ad eccezione degli oli vegetali puri tracciabili attraverso il sistema integrato di gestione e di controllo previsto dal regolamento (CE) n. 73/2009 del Consiglio, del 19 gennaio 2009	28
8	Gas di discarica, gas residuati dai processi di depurazione e biocombustibili liquidi ad eccezione degli oli vegetali puri tracciabili attraverso il sistema integrato di gestione e di controllo previsto dal regolamento (CE) n. 73/2009 del Consiglio, del 19 gennaio 2009	18

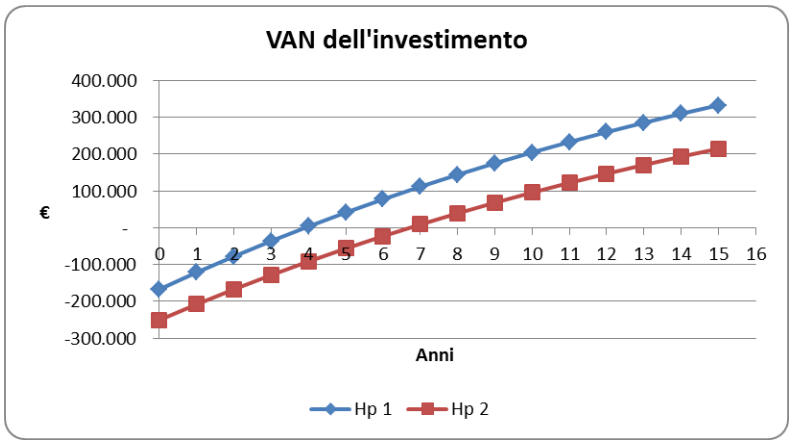
Il diagramma che segue riporta i valori del VAN per un orizzonte di vita di 15 anni, pari cioè alla durata dell'incentivo, nelle due ipotesi:

- ipotesi n. 1 ➔ costo specifico impianto 4.000 €/kW
- Ipotesi n. 2 ➔ costo specifico impianto 6.000 €/kW

Si è inoltre ipotizzato un tasso di interesse del 5%.

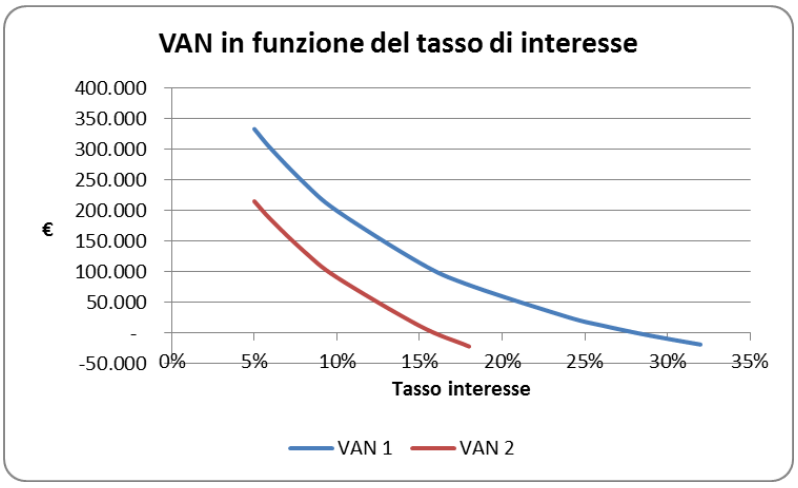
Il diagramma permette altresì di visualizzare il TRA, Tempo di Ritorno Attualizzato.

Figura 26 VAN dell'investimento – tasso al 5%



Il diagramma seguente riporta invece l'andamento del VAN in funzione del tasso di interesse e permette di stimare il TIR (Tasso Interno di Rendimento).

Figura 27 VAN dell'investimento a 15 anni in funzione del tasso di interesse



La tabella che segue riassume i principali indicatori economici.

Tabella 32: Indicatori economici dell'intervento

	Hp 1	Hp 2	UM
VAN (5%)	333.000	215.000	€
VAN (8%)	245.000	133.000	€
TRA (5%)	4	6/7	anni
TRA (8%)	4/5	7/8	anni
TIR	28%	16%	

Reti acquedottistiche

Publiacqua è la società che eroga il servizio per oltre 1.250.000 abitanti delle Provincie di Firenze, Prato, Pistoia e parte di Arezzo attraverso una rete di 7.000 Km di acquedotto la maggior parte dei quali sono alimentati dalle acque potabilizzate prelevate dal fiume Arno.

In particolare la Provincia di Prato è servita dai seguenti impianti:

- *Impianto potabilizzazione Agna*
- *Impianto di denitrificazione Baciacavallo (acquedotto industriale)*
- *Impianto di presa Cavalciotto*
- *Centrale Le Bartoline*

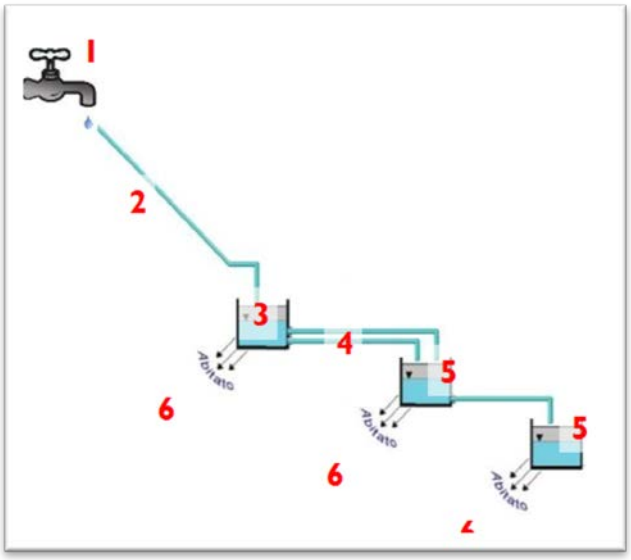
Impianto Agna

L'impianto di potabilizzazione Agna preleva l'acqua dal corso d'acqua Agna delle Conche, nei periodi di morbida del Torrente e serve la zona centro e sud del Comune di Montemurlo e parte della zona ovest del Comune di Prato. Attraverso un'opera di presa posta sul torrente Agna, l'acqua affluisce a questo impianto di potabilizzazione.

Il dislivello tra l'alveo di presa ed ambedue i comuni di Montemurlo e di Prato è di circa 100 m. Il prelievo annuo dal Torrente ammonta a circa 1.500.000 m^3 che, al fine di garantire il deflusso minimo vitale del corso d'acqua, si rendono disponibili nei periodi non siccitosi dell'anno.

Da un punto di vista teorico sarebbe disponibile una energia meccanica media che potrebbe rendersi disponibile per fini energetici

Figura 28 Schema rete acquedottistica



Opera di captazione in quota

1. Adduttrice maestra di fondo valle con pressioni elevate
2. Serbatoio ripartitore
3. Adduzione secondaria ai serbatoio di accumulo e compenso
4. Serbatoi di accumulo e compenso
5. Reti di distribuzione dei comuni

Il salto idraulico suggerirebbe l'installazione di turbine Francis, più idonee a dislivelli superiori ai 50 metri di quanto non lo siano le Kaplan ad elica. Il regime delle portate potrebbe rendere la scelta non così certa, soprattutto tenendo conto della minore variabilità del rendimento delle turbine Pelton in funzione della portata.

Inoltre l'estrema variabilità riscontrata nei mesi estivi e, di contro, la sempre maggiore frequenza di fenomeni piovosi estremi concentrati in brevi periodi, rende necessaria un'analisi più accurata dei dati. Pertanto l'ipotesi dell'uso della turbina Francis è puramente indicativo

La tabella che segue riassume le ipotesi progettuali di massima per un impianto idroelettrico da realizzarsi a valle del condotto di adduzione che dall'alveo di presa arriva ai bacini di accumulo a fondovalle.

Si è ipotizzato che il salto idraulico di circa 100 m tenga già conto delle perdite di carico; il dislivello è in effetti superiore di almeno il 10% rispetto al valore utilizzato nei conteggi.

Il dimensionamento è stato fatto su un dato di portata media stimato su un periodo di esercizio pari a 9 mesi. Tale dato è pertanto suscettibile di variazioni in quanto occorre una precisa analisi dell'andamento del flusso stagionale ma lo si è comunque ricavato per ottenere una indicazione sull'ordine di grandezza della potenza della turbina.

Tabella 33: Scheda intervento

	SINTESI IPOTESI PROGETTUALI DI MASSIMA		
	Acqua disponibile	1.500.000	m3/anno
	Mesi anno	9	mesi/anno
	Giorni presa	270	g/anno
	Volume medio prelevato giornalmente	5.556	m3/g
	Portata media	64	kg/s
	Salto idraulico	100	m
	Potenza media disponibile	63,1	kW
	Rendimento medio turbina *Francis*	65%	
	Rendimento generatore asincrono	93%	
a	Costo specifico	4.000	€/kW
b	Costo complessivo	252.315	€
c	Costo specifico massimo	6.000	€/kW
d	Costo complessivo massimo	378.472	€
e	Energia prodotta	247.089	kWh/anno
f	Prezzo vendita energia (tariffa omnicomprensiva)	22	c€/kWh
g	Valore vendita energia	54.360	€/anno
h	Costo esercizio annuo	4%	investimento iniziale
i	Costo esercizio annuo (caso 1)	10.093	€/anno
l	Costo esercizio annuo (caso 2)	15.139	€/anno
m	FCN1 (g-i)	44.267	€/anno
n	FCN2 (g-l)	39.221	€/anno
	Emissioni evitate di CO2	***119***	***t/anno***

La tabella che segue giustifica l'ipotesi sul rendimento massimo della turbina che, tenendo conto della significativa variabilità dello stesso in funzione della portata, è stato ridotto al 65%

Tabella 34: Rendimenti tipici di piccole turbine

Tipo turbina	Massimo rendimento
Kaplan a singola regolazione	0,91
Kaplan a doppia regolazione	0,93
Francis	0,94
Pelton a "n" getti	0,90
Pelton a 1 getto	0,89
Turgo	0,85

Fonte: Guida alla realizzazione di un piccolo impianto idroelettrico, ESHA, 2007

Per quanto attiene la sezione di generazione elettrica la tabella che segue riporta i valori tipici di rendimento in funzione delle potenza.

Tabella 35: Rendimenti tipici di piccole turbine

Potenza nominale [kW]	Massimo rendimento
10	0,910
50	0,940
100	0,950
250	0,955
500	0,960
1.000	0,970

Fonte: Guida alla realizzazione di un piccolo impianto idroelettrico, ESHA, 2007

Le ipotesi di costo sono basate sulla forchetta di prezzi indicativamente fornita dallo studio "*Guida alla realizzazione di un piccolo impianto idroelettrico*" ESHA, che pone il costo di investimento per piccoli impianti variabile tra i 4.000 ed i 6000 €.

Poiché l'impianto è a fonte rinnovabile si inoltre è ipotizzato di poter accedere alla **Tariffa Omnicomprensiva**, alternativa al meccanismo dei certificati verdi, su tutta la quota di energia prodotta, pari a 22 c€/kWh.

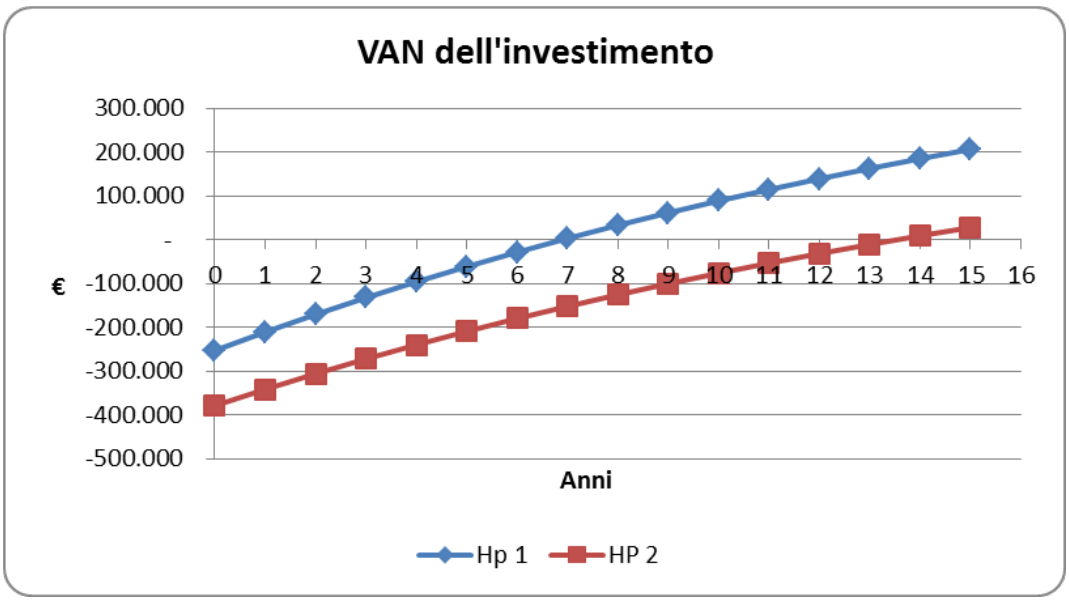
Il diagramma che segue riporta i valori del VAN per un orizzonte di vita di 15 anni, pari cioè alla durata dell'incentivo, nelle due ipotesi:

- ipotesi n. 1 ➔ costo specifico impianto 4.000 €/kW
- Ipotesi n. 2 ➔ costo specifico impianto 6.000 €/kW

Si è inoltre ipotizzato un tasso di interesse del 5%.

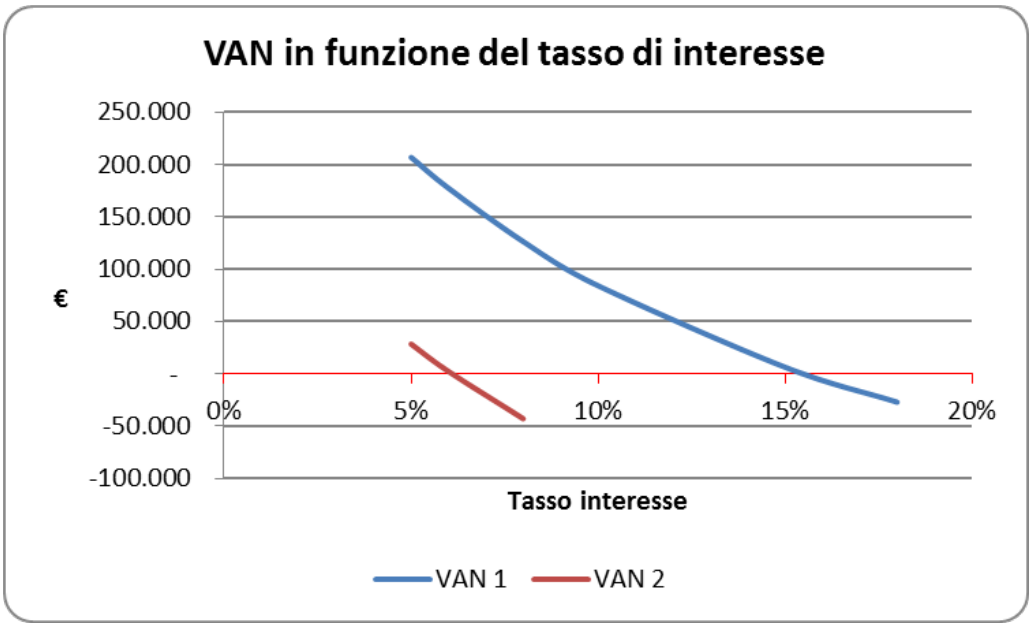
Il diagramma permette altresì di visualizzare il TRA, Tempo di Ritorno Attualizzato.

Figura 29 VAN dell'investimento – tasso al 5%



Il diagramma seguente riporta invece l'andamento del VAN in funzione del tasso di interesse e permette di stimare il TIR (Tasso Interno di Rendimento)

Figura 30 VAN dell'investimento a 15 anni in funzione del tasso di interesse



La tabella che segue riassume i principali indicatori economici.

Tabella 36: Indicatori economici dell'intervento

	Hp 1	Hp 2	UM
VAN (5%)	207.000	28.000	€
TRA (5%)	6/7	13/14	anni
TIR	15,5%	6%	

Altri impianti nel territorio di Prato

Per quanto riguarda gli altri impianti di adduzione presenti nel territorio di Prato vale quanto segue.

La deviazione del Bisenzio in località Cavalciotto è già stato oggetto di un progetto di sfruttamento dell'energia idraulica con la realizzazione di un impianto idroelettrico che sfrutta il salto artificiale del corso d'acqua.

Per quanto riguarda la centrale Le Bartoline, presso Calenzano, sebbene la portata prelevata dal torrente Marina sia interessante per un eventuale sfruttamento ai fini energetici, il dislivello disponibile dal sito di presa a quello di distribuzione risulta assai limitato e distribuito su una notevole lunghezza.

2.5 POTENZIALE DA ENERGIA GEOTERMICA

Il Piano di Indirizzo Energetico Regionale (PIER) al punto 3.3.6 Bassa e media entalpia presenta un quadro sommario delle prospettive di utilizzo di questa fonte geotermica, che nel seguito viene ampiamente ripreso.

2.5.1 Quadro di riferimento

Il territorio del Comune di Prato non è segnalato tra le aree della Regione Toscana aventi un potenziale di risorse geotermiche ad alta o media temperatura, pertanto si analizza solo il potenziale da energia geotermica a bassa entalpia (con utilizzo di pompe di calore geotermiche). La Regione Toscana mostra sensibile interesse per le applicazioni geotermiche bassa entalpia, in parallelo al suo prioritario interesse per quelle a media (produzione di calore ad usi civili) ed alta (produzione di energia elettrica). Il fabbisogno termico della Regione Toscana, sia civile che industriale, ammontava, nel 2001, a circa 20.000 GWh/anno, ed una considerevole parte può essere soddisfatta con l'uso diretto del calore geotermico a media e bassa temperatura.

Le tecnologie **a bassa entalpia** sono classificabili in tre variabili impiantistiche:

- Impianti di climatizzazione (riscaldamento e raffrescamento e produzione di ACS) a mezzo di sonde geotermiche a circuito chiuso e pompe di calore;
- Impianti di climatizzazione (riscaldamento e raffrescamento e produzione di ACS) con prelievo di fluido (acqua di falda) a circuito aperto e pompe di calore;
- Impianti di teleriscaldamento con prelievo di fluidi geotermici coadiuvati, se del caso, da caldaie di integrazione e riserva.

La Regione Toscana predisporrà una carta geologica delle zone maggiormente indiziate di manifestazioni.

2.5.1.1 Quadro normativo

La risorsa geotermica nella sua generalità è regolata della legge 896/1986 che differenzia la risorsa in base alla sua potenzialità e profondità di rinvenimento. In particolare, definisce **risorse geotermiche di interesse locale** quelle economicamente utilizzabili per la realizzazione di un progetto geotermico di potenza inferiore a 20.000 kilowatt termici ottenibili dal solo fluido geotermico alla **temperatura convenzionale dei reflui di 25 gradi centigradi**. Questa tipologia è soggetta allo stesso iter procedurale della risorse ad alta temperatura che sono utilizzate per la produzione di energia elettrica. Sussistono anche adempimenti in materia di valutazione di impatto ambientale (D.Lgs. 152/2006). Per favorire lo sviluppo di questa tipologia di

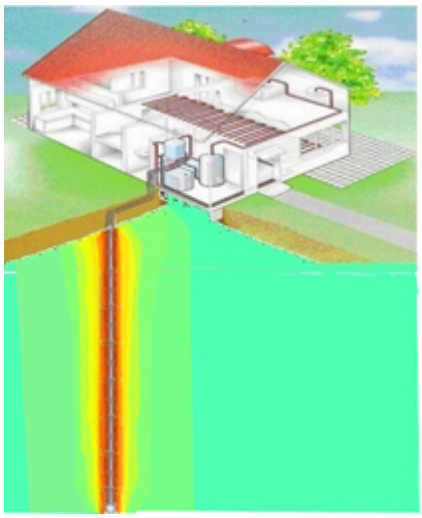
impianti è pertanto necessario un intervento normativo rivolto ad introdurre elementi di semplificazione delle procedure.

Sono, invece, considerate piccole utilizzazioni locali le utilizzazioni di acque calde geotermiche reperibili a profondità inferiori a 400 metri con potenza termica complessiva non superiore a **2.000 kilowatt** termici, che seguono iter procedurali semplificati rispetto alla precedente tipologia ma pur sempre complessi.

Infine, l'uso diretto del calore senza prelievo di fluido, ovvero con l'impiego di **sonde geotermiche verticali e/o orizzontali a circuito chiuso e pompa di calore**, è regolamentato dall'art. 15 della L.R. 39/2005.

2.5.2 Previsione di diffusione

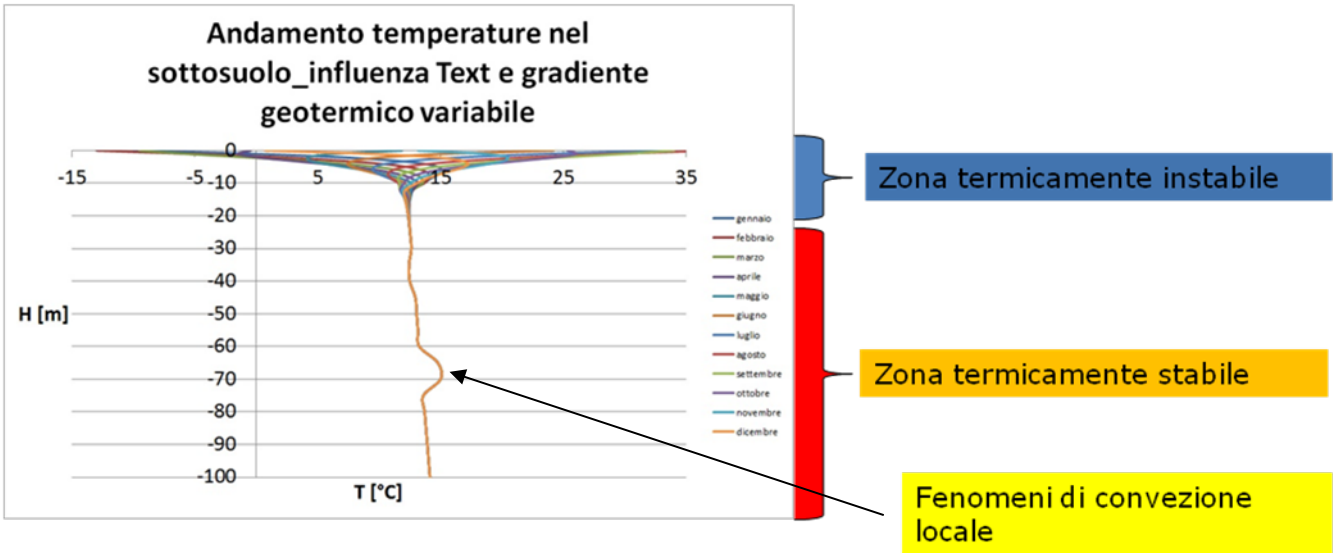
La scarsa diffusione di tale tipo di impianti, pur in presenza di una potenzialità notevole, non consente di effettuare previsioni dettagliate di sviluppo. Per tale motivo si assume, al 2020, una previsione di risparmio a livello regionale di circa 18 KTep. Gli impianti di climatizzazione per unità abitative mono e plurifamiliari possono avere, del resto, una considerevole diffusione solo con una forte azione di promozione e divulgazione.



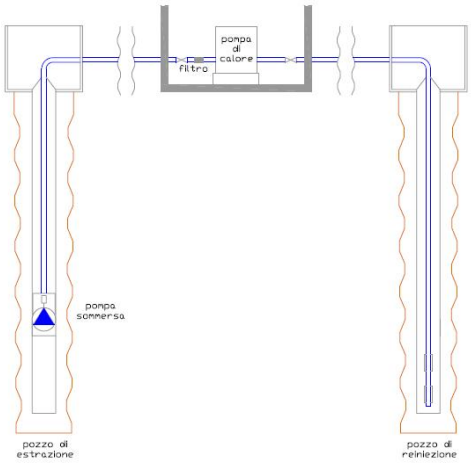
Un impianto di climatizzazione (riscaldamento e raffrescamento e produzione di acqua calda sanitaria) a mezzo di sonde geotermiche e pompe di calore a circuito chiuso consente una riduzione dei consumi energetici di circa il 49% ed una riduzione di emissioni di CO_2 di circa il 40% rispetto ad un impianto tradizionale con caldaia a gas e raffrescamento separato. Più complesso appare lo sviluppo dell'utilizzo nel campo industriale ove le risorse a media temperatura risulterebbero più appetibili. Le sopraccitate difficoltà connesse alla normativa vigente, rendono tuttavia difficile lo sviluppo, almeno nell'immediato.

2.5.2.1 La potenzialità tecnica

Come illustrato nella figura sotto riportata, l'utilizzo delle risorse geotermiche a bassa entalpia richiede da un lato la disponibilità di terreno per effettuare la perforazione del pozzo geotermico, a fianco dell'abitazione. Questo limita la potenzialità tecnica di utilizzo ad edifici mono- o bi-familiari, usualmente dotati di un area anche se limitata, a verde a fianco della costruzione. Il secondo requisito è di avere un impianto di emissione del calore a bassa temperatura (come i pannelli radianti a pavimento o parete), per non penalizzare il rendimento della pompa di calore.



Questi due vincoli impongono di limitare la stima della potenzialità tecnica ad edifici abitativi mono o bi-familiari, e di ridurre ulteriormente la percentuale di possibile penetrazione per considerare gli edifici aventi un sistema di riscaldamento a bassa temperatura (edifici di nuova o recente costruzione) o che possono essere sottoposti ad una ristrutturazione per sostituire l'impianto tradizionale con questa soluzione (un impianto radiante a pavimento ora si può anche installare a secco).



Le temperature del terreno, nella zona termicamente stabile, sono di 10-15 °C (vedi figura precedente), per cui la miscela acqua e glicole fluisce dal pozzo geotermico alla pompa di calore ad una temperatura attorno a 0°C. Al contrario, utilizzando l'acqua di falda a 15-20°C, come mostrato nella figura a fianco, si utilizza una temperatura dell'acqua nel circuito secondario, tra scambiatore di calore (non mostrato in figura, ma necessario per sicurezza rispetto alla tutela dell'acqua di falda) e pompa di calore attorno ai 10°C.

2.5.2.2 Valutazione del potenziale energetico

La stima del potenziale energetico da geotermia a bassa entalpia si basa sulle seguenti assunzioni.

Famiglie del Comune di Prato	73.910	anno 2008
Abitazioni in Comune di Prato (dato del censimento)	67.181	anno 2001
Stima con correzione con numero piani (altezza inferiore a 7 m)	12%	
Percentuale tecnica di penetrazione*	10%	
Potenza media	10	kW
E.P. medio	150	kWh/m^2 anno
Superficie media abitazioni	100	m^2
Energia termica annua richiesta dalle abitazioni coinvolte	12.092.580	kWh/anno

** La percentuale tecnica di penetrazione è la percentuale di possibile applicazione della tecnologia che considera edifici abitativi mono o bi-familiari, aventi un sistema di riscaldamento a bassa temperatura (edifici di nuova o recente costruzione) o che possono essere sottoposti ad una ristrutturazione per sostituire l'impianto tradizionale con questa soluzione*

Sulla base di queste assunzioni è stata calcolato il potenziale in termini di potenza totale delle installazioni al 2020:

Potenza totale	8	MW

Ed il potenziale in termini di energia risparmiata e CO_2 evitata al 2020:

% Energia fossile evitata	49%	
Energia fossile annua risparmiata	5.925	MWh/anno
CO_2 evitata	960	t

2.6 POTENZIALE DA EFFICIENZA ENERGETICA

Il potenziale da efficienza energetica al 2020 per il Comune di Prato è suddiviso in due settori distinti:

- **potenziale per ristrutturazione di edifici esistenti**
- **potenziale da miglio prestazione rispetto alla normativa vigente degli edifici di nuova costruzione**

Il primo è stimabile sulla base della variazione di EP da quello medio esistente (stimato in 250 kWh /m^2 anno, considerando in particolare il parco edilizio degli anni ’60 e ’70) a quello ipotizzabile come obiettivo, che può essere identificato in una classe B (50 kWh/m2 anno).

Abitazioni in Comune di Prato (dato del censimento)	67.181	anno 2001
Percentuale tecnica di penetrazione (1,5 % all'anno)	15%	
E.P. medio situazione attuale	250	kWh/mq anno
E.P. medio situazione al 2020	50	kWh/mq anno
% Energia fossile evitata	80%	
Superficie media	100	mq
Energia termica annua richiesta	251.929	MWh/anno
Energia fossile annua risparmiata	201.543	MWh/anno
Co_2 evitata	41.316	t

Il secondo, relativo all’edilizia di nuova costruzione, è stimabile considerando una quota media dell’1,5 % annuo di nuove costruzioni rispetto al parco esistente, considerando che il tasso medio di crescita della popolazione, sulla base dell’andamento 1976-2009, è stato dello 0,6% annuo e che il patrimonio è molto datato, con le famiglie tendenti a avere un numero di componenti decrescente.

Il miglioramento auspicato nella E.P. rispetto al limite di legge è stato semplificato considerando una riduzione da una classe C (70 kWh/m^2 anno) ad una classe A (30 kWh/m^2 anno).

Abitazioni in Comune di Prato (dato del censimento)	67.181	anno 2001
Percentuale di nuove costruzioni (1% all'anno)	10%	
E.P. medio a norma 2008	70	kWh/mq anno
E.P. medio situazione al 2020	30	kWh/mq anno
% Energia fossile evitata	57%	
Superficie media	100	mq
Energia termica annua richiesta	47.027	MWh/anno
Energia fossile annua risparmiata	26.872	MWh/anno
Co_2 evitata	5.509	t

Il miglioramento è conseguenza di interventi sull’involucro edilizio e sugli impianti termici, ma trascurando i benefici legati all’utilizzo di fonti energetiche rinnovabili, che sono contabilizzate separatamente.

Il potenziale risparmio conseguibile con interventi di efficienza energetica nel settore residenziale, qui riportato, supera le previsioni, riferite al contesto nazionale del PAEE 2011 (*vedi par. 1.1*). Verosimilmente lo scenario del PAEE è prudenziale rispetto alle assunzioni fatte per il Comune di Prato. Il potenziale qui riportato è un’ipotesi di **massimo risparmio conseguibile** che non considera vincoli di carattere economico,

autorizzativo e cantierabilità di tutti gli interventi necessari per migliorare le performance energetiche del patrimonio edilizio comunale.

Interventi di efficienza dell'amministrazione comunale

Il Comune di Prato ha intrapreso inoltre un'attività di manutenzione straordinaria per tutti i ventiquattro cimiteri comunali che, nel triennio 2010-2013, prevede la completa sostituzione dei lampioni per l'illuminazione dei viali e degli apparecchi di illuminazione delle gallerie votive e degli uffici con apparecchi adatti per sorgenti luminose a led.

Il totale degli apparecchi da sostituire, distribuiti nei vari cimiteri in proporzione alle dimensioni degli stessi. è pari a :

- n° 44 lampioni per illuminazione esterna di viali e pertinenze (30 W)
- n° 560 apparecchi luminosi per illuminazione interna (20 W)

L'intervento attualmente realizzato al 50%, si concluderà nel 2013 e consentirà a regime un RISPARMIO LORDO DI ENERGIA PRIMARIA pari a circa 18 tep/anno e una RIDUZIONE DI ANIDRIDE CARBONICA EMESSA pari a circa 52 tCO_2e/anno *(Fonte: Comune di Prato – Servizi Cimiteriali).*

2.7 STIMA DEL POTENZIALE TOTALE

Sommando tutti i contributi delle varie fonti ed usi finali, si ottiene un quadro complessivo del potenziale **massimo** di riduzione delle emissioni di gas serra al 2020. Tale potenziale massimo sarà il dato di input per individuare le aioni del Piano d'Azione del PEC.

	Emiss.CO_2 evitate t CO_2 eq
Solare fotovoltaico industriale	463.920
Solare fotovoltaico residenziale monofamiliare	281.499
Solare termico	65.275
Biomasse forestali	321
Biomasse agricole	1.770
Eolico	0
Mini hydro	2.805
Geotermia bassa entalpia	960
Efficienza energetica edifici esistenti	41.316
Efficienza energetica edifici nuovi	5.509
Efficienza energetica settore industriale	28.691
Efficienza Energetica illuminazione votiva	52
TOTALE	892.118

2.8 Allegato I – Fattori di conversione

EQUIVALENTE ENERGETICO DI ALCUNI PRODOTTI COMBUSTIBILI (Valori indicativi espressi in tep primari per unità fisica di prodotto)	
Prodotto	**Equivalenza in tep**
Combustibili liquidi	
Gasolio	1 t = 1,08 tep
Olio combustibile	1 t = 0,98 tep
Gas di petrolio liquefatti (GPL)	1 t = 1,10 tep
Benzine	1 t = 1,20 tep
Combustibili solidi	
Carbon fossile	1 t = 0,74 tep
Carbone di legna	1 t = 0,75 tep
Antracite e prodotti antracinosi	1 t = 0,70 tep
Legna da ardere	1 t = 0,45 tep
Lignite	1 t = 0,25 tep
Combustibili gassosi	
Gas naturale	1000 Nm^3 = 0,82 tep

Fonte: Circolare del Ministero dell'Industria del Commercio e dell'Artigianato del 2 Marzo 1992 n. 219/F

Nota: per il calcolo delle tonnellate equivalenti di petrolio si è adottato il valore fissato nella delibera EEN 3/08 della AEEG, pari a 0,187 tep/MWh elettrico

2.9 Allegato 2 - Fattori di Emissione

Combustibile	Valore	U.M.
Gas naturale	0,202	t CO_2/MWh_t
Benzina per motori	0,249	t CO_2/MWh_t
Gasolio, diesel	0,267	t CO_2/MWh_t
Rifiuti urbani	0,330	t CO_2/MWh_t
Energia elettrica	0,483	t CO_2/MWh_e

I fattori di emissione sono quelli indicati per l'Italia dalle linee guida per il Patto dei Sindaci pubblicate dalla Commissione Europea, Centro Comune di Ricerca di Ispra.