

UNIVERSITA' DI PADOVA

Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-forestali

TESI DI LAUREA IN SCIENZE FORESTALI E AMBIENTALI

**IMPATTO DELLE POLITICHE DI QUALITÀ DELL'ARIA
SULL'USO DI BIOMASSE LEGNOSE A FINI ENERGETICI
NELLE REGIONI DEL BACINO PADANO**

Relatore

Prof. Davide Matteo Pettenella

Correlatore

Dr. Matteo Favero

Laureanda

Denise Mattiello

n. matr. 117222

Anno Accademico

2018 – 2019

*“C'è qualcuno seduto all'ombra oggi
perché qualcun altro ha piantato un albero molto tempo fa.”*

Warren Buffett

Indice

Abbreviazioni e acronimi utilizzati nel testo	7
Riassunto	11
Summary.....	13
1. Introduzione	15
2. Biomasse: definizione e ruolo	17
3. Legna, <i>pellet</i> , cippato e qualità dell'aria: il legame con le PM ₁₀	21
3.1 Caratteristiche dei particolati.....	21
3.2 Meccanismi di abbattimento naturali dei particolati.....	23
4. Politiche di miglioramento della qualità dell'aria tra il Protocollo Aria Pulita e l'Accordo Bacino Padano	25
5. Obiettivi	33
6. Metodologia	35
7. Risultati e discussione.....	45
8. Conclusioni	49
Bibliografia.....	50
Leggi e normative	53
Siti web	54
Allegato A: Bollettini allerta PM ₁₀	55
Allegato B: Comuni Accordo Bacino Padano	61
Allegato C: Parco installato e consumo annuo.....	64

Elenco delle figure

Figura 3.1: Limiti di riferimento dei valori di PM ₁₀ (D.Lgs. 155/2010).	22
Figura 4.1: Superamenti dei valori di legge delle concentrazioni di PM ₁₀ e NO ₂ nel 2017 in Italia.	29

Elenco delle tabelle

Tabella 6.1: Tipologie di apparecchi domestici.	37
Tabella 6.2: Tipologie di caldaie.	38
Tabella 6.3: Zone climatiche.	39
Tabella 6.4: Fattore di funzionamento degli apparecchi.	41
Tabella 6.5: Percentuali delle stelle dei generatori domestici (legna-pellet) venduti dal 2010 al 2018.	43
Tabella 7.1: Generatori a biomassa solida legnosa.....	45
Tabella 7.2: Generatori per macro-categoria pellet anno 2018.....	46
Tabella 7.3: Ore massime all'anno di uso degli impianti per famiglia.....	46
Tabella 7.4: Consumo legna e pellet (ton/anno).....	47
Tabella 7.5: Ripartizione generatori degli impianti per classi di qualità all'anno 2018.	47
Tabella 7.6: Legna e pellet non utilizzati.	48

Abbreviazioni e acronimi utilizzati nel testo

AIEL	Associazione Italiana Energie Agroforestali
ARPA	Agenzia Regionale Per l'Ambiente
CO ₂	anidride carbonica (o biossido di carbonio)
D.G.R.	Deliberazione della Giunta Comunale
D.P.R.	Decreto del Presidente della Repubblica
D.Lgs.	Decreto Legislativo
D.M.	Decreto Ministeriale
FER	Fonti Energetiche Rinnovabili
GSE	Gestore Servizi Energetici
IARC	Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro
ISTAT	Istituto Nazionale di Statistica
kW	<i>kilowatt</i>
MATTM	Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare
OECD	Cooperazione e lo Sviluppo Economico
PCI	Potere Calorifero Inferiore
PM	<i>Particulate Matter</i>

Ringraziamenti

Ritengo opportuno ringraziare quelle persone che mi hanno sostenuta in questo lavoro di tesi e durante il percorso di studi all'università.

In primo luogo, desidero ringraziare il Dr. Matteo Favero per aver proposto il presente progetto e avermi supportata nei vari *step* che ha previsto, assieme al Dr. Diego Rossi per la parte di elaborazione dei dati.

Grazie alla Dott.ssa Vania Sperman per i suggerimenti indicatimi durante la correzione della tesi.

Un dovuto ringraziamento ai miei genitori e a mio fratello che mi hanno economicamente e moralmente incentivata a proseguire il percorso di laurea magistrale, insegnandomi che gli “incidenti” accadono quando meno te lo aspetti e solo “noi stessi” possiamo decidere di reagire.

Un ringraziamento al mio ragazzo che in questo percorso universitario mi ha incoraggiata a superare importanti barriere che da sola mi ero imposta.

Non per ultima, grazie all'Università di Padova che in questi anni di emozioni, positive e negative, mi ha permesso di vivere nuove esperienze e di crescere.

Riassunto

L'inquinamento dell'aria correlato alla concentrazione di PM₁₀ è diventato, nel corso degli anni, un tema oggetto di discussioni in ambito politico, economico e sociale. Per questo motivo sono state emanate normative sempre più restrittive nei confronti delle attività che producono emissioni di PM₁₀, tra le quali l'utilizzo delle biomasse legnose a fini energetici.

Per analizzare in modo approfondito l'impatto di tali provvedimenti, il progetto di tesi è stato strutturato in questo modo:

- ricerca delle normative vigenti sull'uso delle biomasse solide legnose e sui limiti di emissione delle polveri sottili, integrata dalle pubblicazioni degli Enti coinvolti nella loro applicazione;
- analisi della definizione e dei vantaggi e svantaggi dell'utilizzo delle biomasse solide legnose nelle politiche agricole, economiche, ambientali e sociali e del loro legame con la qualità dell'aria per le emissioni di polveri sottili;
- focus sull'intervento politico più importante: l'Accordo Bacino Padano;
- analisi del cambiamento dell'utilizzo delle biomasse legnose a fini energetici nelle regioni Emilia-Romagna, Lombardia e Veneto.

Dai dati raccolti emerge che, a seguito dell'Accordo Bacino Padano, è diminuito l'utilizzo delle biomasse legnose; nonostante ciò il numero di apparecchi di riscaldamento domestici non conformi alla normativa è molto elevato. Pertanto, per limitare l'emissione di particolato occorre incentivare il *turnover* con apparecchi adeguati alle normative vigenti.

Inoltre, la tesi ha evidenziato la necessità di applicare uniformemente sul territorio le azioni temporanee previste dall'Accordo Bacino Padano, sia per garantire la confrontabilità dei dati, sia per ridurre le emissioni di PM₁₀.

Questa tesi costituisce la base per studi più approfonditi sulle future azioni politiche da intraprendere in un contesto più ampio, come ad esempio lo Stato italiano.

Summary

PM₁₀ air pollution is a much discussed political, economic and social topic. Restrictive regulations on anthropic activities generating PM₁₀ have been approved all around Europe. They include wood biomass use to produce bio-energy.

To analyze air quality policy impacts connected to the use of wood biomass as a source of energy, this thesis has been organized as follows:

- an evaluation of current wood regulations related to PM₁₀ thresholds emission. This analysis has been integrated with an evaluation of interpretation and implementation procedures by public institutions;
- a discussion on wood biomass definition and an analysis of its roles in economy (with special attention to agriculture), environmental protection and society welfare;
- a deeper analysis of the *Accordo Bacino Padano* (Agreement for the Po river Watershed), actually the most relevant action plan to reduce PM₁₀ emission in North of Italy;
- impacts of wood biomass uses in Emilia-Romagna, Lombardy and Veneto regions as a consequence of *Accordo Bacino Padano* implementation.

After the *Accordo Bacino Padano* promulgation, it is possible to observe that wood biomass use has decreased, even if there are still a lot of household's heating equipment not compliant with laws. So, there is a huge need to promote the turnover of high-emissions biomass burning equipment.

Moreover, temporary actions (provided by the *Accordo Bacino Padano*) should be homogeneously applied in the Po valley to comparing air quality data and reducing PM₁₀ emissions.

This thesis represents the starting point for furthered studies regarding future policy actions in a broader context, such as that one of the country.

1. Introduzione

Nel corso dei secoli l'uomo ha sfruttato l'ambiente per reperire risorse di sopravvivenza. Spesso, però, le sue attività hanno alterato l'equilibrio dell'ecosistema e le sue caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche.

Tra le matrici ambientali, la qualità dell'aria riveste un ruolo notevole per la protezione e la salvaguardia dell'ambiente, della biodiversità e della salute umana. Per questo, nel tempo, è stato rafforzato il controllo dell'inquinamento dell'aria servendosi di una rete di monitoraggio, costituita da un insieme di stazioni di rilevamento fisse e mobili, gestita dalle Regioni italiane.

Di estrema attualità e motivo di preoccupazione è la concentrazione, tra gli altri inquinanti, del particolato atmosferico, la cui principale fonte di immissione è attribuita ai processi di combustione che si attuano durante lo svolgimento di diverse attività antropiche.

Per questo tema riveste particolare attenzione l'utilizzo di biomasse legnose quali: legna da ardere, cippato, *pellet* per il riscaldamento residenziale che, negli ultimi anni, ha assunto una funzione fondamentale per il contrasto alle emissioni di CO₂ (importante gas climalterante) e alla necessità di impiegare fonti rinnovabili.

All'utilizzo delle biomasse per il riscaldamento domestico sono anche legate alcune criticità dovute principalmente alle consapevolezza maturate su tre importanti fattori: l'uso del combustibile, l'utilizzo degli impianti di riscaldamento (tra i quali caminetti, stufe, caldaie) e la loro evoluzione tecnologica per migliorarne le prestazioni.

A questo scopo, si rendono necessari interventi politici a sostegno degli obiettivi europei e nazionali per il clima e l'energia, coinvolgendo i diversi portatori d'interesse, pubblici e privati, che costituiscono la filiera legno-energia. In particolare, tra questi ultimi, occorre rendere consapevole il cittadino del proprio impatto sulle emissioni di PM₁₀ e sulle azioni finalizzate a contenerle.

In questa tematica generale, il Bacino Padano rappresenta il territorio in cui orografia, condizioni meteorologiche ed elevata antropizzazione limitano, soprattutto in inverno, la dispersione degli inquinanti, presentando criticità per i ripetuti superamenti dei valori limite del particolato atmosferico stabiliti dal D.Lgs. 155/2010.

La necessità di raggiungere livelli della qualità dell'aria che non gravino sull'ambiente e sulla salute umana ha comportato l'esigenza di avviare azioni politiche condivise a livello sovregionale. Queste ultime hanno implicato la sottoscrizione, nel giugno 2017, del "Nuovo Accordo di programma per l'adozione coordinata e congiunta di misure per il miglioramento dell'aria del Bacino Padano" tra le Regioni Emilia-Romagna, Lombardia, Piemonte, Veneto e il Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare.

Diverse misure politiche per la qualità dell'aria sono state intraprese con tale Accordo, per cui risulta interessante conoscere quali impatti esso genera sull'uso delle biomasse legnose a scopi energetici.

2. Biomasse: definizione e ruolo

La definizione di biomassa viene associata alla “frazione biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui di origine biologica provenienti dall’agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali), dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, comprese la pesca e l’acquacoltura, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani” (Direttiva 2009/28/CE), successivamente integrata con “gli sfalci e le potature provenienti dal verde pubblico e privato” (D.Lgs. 28/2011).

Dalla definizione si intuisce che le biomasse derivano da elementi con diverse caratteristiche chimico-fisiche e, per semplicità, si possono distinguere tra materiale di origine vegetale o animale, vergine o residuale.

Da questi materiali, attraverso diversi processi di trasformazione, si ottengono differenti tipologie di combustibili (biocombustibili) distinti in gassosi, liquidi o solidi dai quali recuperare il contenuto energetico (bioenergia).

In particolare legna da ardere, cippato e *pellet* rappresentano i biocombustibili solidi legnosi più utilizzati per generare energia termica, in quanto derivano da processi di essiccazione, compattamento o sminuzzamento di biomasse vegetali (residuali e non) provenienti da:

- il comparto forestale per mezzo degli interventi selvicolturali in fustaie e cedui; anche se, non sempre, le caratteristiche della viabilità forestale favoriscono la raccolta e il trasporto del materiale (Veneto Agricoltura, 2015);
- il comparto agricolo attraverso la gestione di colture dedicate, a rapido accrescimento e ciclo breve, come le erbacee ligneo-cellulosiche annuali (come mais, sorgo), poliennali (ad esempio miscanto) e arboree (tra le quali i pioppeti) (Candolo, 2006);
- l’impiego dei sottoprodotti legnosi, principalmente costituiti dalla ramaglia proveniente dal settore forestale e dalle potature derivanti dalle colture tradizionali quali vigneti, frutteti, oliveti, siepi (Spinelli, 2015);
- gli scarti della lavorazione del legno e della carta, di attività industriali e agroalimentari e dalla frazione organica dei rifiuti solidi urbani (Torchiani, 2016).

Sebbene queste biomasse presentino proprietà tra loro diverse, le avvicina “una natura comune che le vede essere la forma più sofisticata di accumulo dell’energia solare” (ENEA, 2008). A questa più antica fonte di energia utilizzata dall’uomo viene riconosciuto l’importante ruolo di fonti energetiche rinnovabili (FER).

Per questo motivo all'utilizzo delle biomasse vengono attribuiti ruoli economici, ambientali e sociali di interesse per diversi *stakeholder*. Tra i principali quello di sostituire l'utilizzo di combustibili fossili quali carbone, gas, petrolio con la consapevolezza che sono risorse che si rinnovano in tempi più lunghi rispetto alle biomasse legnose e, alla tecnologica attualmente disponibile, spesso sono più costose (Magnani, 2005).

Tra le altre funzioni l'uso delle biomasse a fini energetici:

- comporta un'emissione di anidride carbonica (CO₂) contenuta, in quanto “la biomassa vegetale assorbe CO₂ dall'atmosfera durante il processo di fotosintesi per fissarla nei tessuti principalmente sotto forma di cellulosa, emicellulosa, lignina e la riemette durante la combustione” (Candolo, 2005);
- limita altri tipi di inquinamenti consentendo, ad esempio, la valorizzazione di scarti delle lavorazioni del legno e di prodotti finali post consumo (imballaggi) (Viale, 2000).

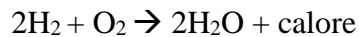
L'impiego delle biomasse ha effetti generali positivi sull'economia tra i quali:

- lo sviluppo di un'economia circolare basata sull'efficienza dell'uso delle risorse limitando la produzione di rifiuti (Gallo, 2015);
- l'occupazione lavorativa con la creazione di nuovi settori finanziari e tecnologici, tenendo in considerazione che “per ogni terajoule di energia termica i biocombustibili legnosi creano da 120 a 230 ore di lavoro l'anno, contro le 20 del gasolio e le 10 del metano” (Ulivieri, 2017);
- lo sviluppo delle aree montane e delle attività rurali secondo il principio di sostenibilità e valorizzazione delle risorse del territorio e delle filiere locali (ARPAV, 2009), che si traducono:
 - nella valorizzazione dei terreni limitandone i rischi legati all'abbandono e alla successiva perdita di sostanza organica, alla desertificazione, al dissesto idrogeologico (ISPRA, 2013) e al pericolo di innesco di incendi a loro volta traducibili in costi per il territorio e per le amministrazioni che lo gestiscono;
 - nello stimolo all'adeguato intervento e gestione dei boschi per la loro funzione sociale ed economica oltre a quella protettiva e culturale (Romano, 2015), limitando l'approvvigionamento di biomasse dall'estero, che in alcuni casi comporta sovrautilizzazioni delle foreste presenti in Paesi non soggetti ad adeguata protezione.

È stato infatti riscontrato che negli anni più recenti, sebbene l'Italia abbia sviluppato un mercato del legname basato sulla produzione di assortimenti a fini energetici, di fatto l'offerta interna non riesce a soddisfare la domanda; di conseguenza è aumentata la richiesta di risorse provenienti dall'estero che hanno portato l'Italia a divenire il 1° importatore mondiale di legna da ardere, il 3° per il *pellet* e l'acquisto di materiali di scarto, il 12° per il cippato (Pettenella *et al.*, 2015).

3. Legna, *pellet*, cippato e qualità dell'aria: il legame con le PM₁₀

Come anticipato, l'utilizzo delle biomasse influenza la quantità di anidride carbonica stoccata nelle piante e riemessa in atmosfera. In effetti il processo chimico di ossido-riduzione della combustione è una reazione esotermica che comporta il rilascio di calore, di vapore acqueo e di biossido di carbonio che può essere descritta con le formule¹:



Nel caso di una combustione con eccessiva presenza di combustibile, materiale umido, scarsa presenza di ossigeno e, dunque, con basse temperature che limitano l'ossidazione del carbonio, si realizza una combustione incompleta alla quale sono associate le emissioni di altri composti sotto forma solida, liquida, gassosa. Tra questi ultimi si ricordano gli ossidi di carbonio, azoto e zolfo (dovuti ad alcuni composti delle piante come oli, tannini, resine) che contribuiscono ai fenomeni legati ai cambiamenti climatici e l'effetto serra, e sono dannosi per la salute umana (Life Prepair, 2018).

3.1 Caratteristiche dei particolati

Alla combustione non completa è legata anche l'emergenza del particolato atmosferico (o *Particulate Matter*), particelle solide e liquide che vengono disperse nell'ambiente.

Queste polveri sottili sono caratterizzate da diverse dimensioni che ne determinano importanti conseguenze sulla salute dell'essere umano (Harrison e Yin, 2000), tanto che l'IARC ha provveduto a inserirli tra i cancerogeni di gruppo 1, ovvero sicuramente cancerogeni per l'uomo (Cattani, 2017). Per la stessa motivazione, nel D.Lgs. 155/2010 sulla qualità dell'aria ne vengono indicati i limiti delle concentrazioni giornaliere e annuali in aria, oltre al massimo numero di superamenti annuali consentiti come riportato in figura 3.1².

¹ <http://www.esapyronics.com/interact/public-download/>

² <http://www.arp.atoscana.it/temi-ambientali/aria/qualita-aria/limiti>

Inquinante	Limite	Periodo di mediazione	Limite	Superamenti in un anno
PM ₁₀ (µg/m ³)	Valore limite sulle 24 ore per la protezione della salute umana	Media giornaliera	50 µg/m ³	massimo 35
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	40 µg/m ³	
PM _{2.5} (µg/m ³)	Valore Limite annuale per la protezione della salute umana	anno civile	25 µg/m ³	

Figura 3.1: Limiti di riferimento dei valori di PM₁₀ (D.Lgs. 155/2010).

Le polveri sottili vengono infatti distinte in particolato grossolano PM₁₀, per le particelle aventi fino a 10 µm di diametro, e particolato fine PM_{2,5}, per quelle con dimensioni inferiori ai 2,5 µm. Sono proprio queste caratteristiche a determinarne la capacità di inalazione dal setto nasale e di trasporto nel sistema respiratorio fino a bronchi e alveoli polmonari, dunque, alla circolazione sanguigna e agli altri tessuti del corpo (Kim *et al.*, 2015) comportando alcuni effetti sulla salute umana quali morte prematura, asma, problemi cardiovascolari, cancro, bronchiti in particolare su bambini e anziani.

Essendo il particolato un composto di natura complessa, viene distinto tra particolato primario se immesso direttamente nell'aria attraverso processi naturali e antropici, e secondario se prodotto da successive reazioni chimico-fisiche nell'ambiente (Cattani, 2017). Tra le fonti naturali si riconoscono principalmente gli aerosol marini, oltre ai fenomeni di erosione del suolo, tempeste di polvere, eruzioni vulcaniche e incendi boschivi naturali; tra le fonti antropiche si ricordano le emissioni dovute al traffico stradale, lavorazioni industriali (come fonderie, costruzioni, lavorazioni delle sementi, del legno, del terreno) e combustioni (dei veicoli, rifiuti, biomasse, carbone).

La principale fonte di polveri sottili è rappresentata però dell'inquinamento *indoor* dovuto alle combustioni di legna ad uso residenziale che, nel corso degli ultimi anni, visto l'aumento del prezzo del metano, hanno assunto un ruolo significativo e non più marginale (Zinoni, 2015). Effettivamente, studi e indagini condotte in diverse realtà europee evidenziano l'impatto sulla qualità dell'aria dovuto alla combustione di biomasse legnose nel settore residenziale descrivendolo come un fenomeno che si presenta dalle aree montane fino a quelle urbane (ARPAV, 2015).

3.2 Meccanismi di abbattimento naturali dei particolati

La concentrazione delle sostanze inquinanti nell'ambiente, in generale, è determinata dall'equilibrio tra i processi di immissione e rimozione delle particelle in acqua, aria e suolo.

Tra i principali meccanismi di abbattimento chimico-fisico dei particolati che consentono il passaggio delle particelle presenti nell'atmosfera al suolo e nelle risorse idriche si riconoscono (Marchetti, 2010):

- la deposizione secca che sfrutta l'effetto gravitazionale e che dipende dalle caratteristiche orografiche e meteorologiche quali i movimenti dell'aria, la temperatura, la direzione e la velocità del vento;
- la deposizione umida che sfrutta l'assorbimento dei particolati nelle gocce di pioggia, neve e nebbia.

I due metodi di abbattimento vengono però limitati durante il periodo invernale quando, a causa dell'inversione termica, lo strato di aria calda si posiziona sopra lo strato di aria fredda comportando la formazione della nebbia. Durante questo fenomeno vengono limitati i movimenti dell'aria lungo la verticale e la dispersione dei particolati avviene attraverso il movimento orizzontale delle masse d'aria.

In realtà, anche questo secondo movimento viene limitato dalla presenza di strutture antropiche nel territorio (soprattutto nelle aree urbane) e per tale motivo i particolati vengono imprigionati all'interno dello strato di inversione e persistono più a lungo nell'ambiente influenzando maggiormente sulla salute umana.

Per favorire le naturali forme di abbattimento dei particolati, l'uomo può intervenire allo scopo di ridurre le esposizioni agli inquinanti sfruttando i processi biochimici e di assorbimento e adsorbimento di specie vegetali idonee.

Da studi eseguiti in Norvegia e Polonia (Sæbø *et al.*, 2012) si è infatti osservato che le piante costituite da una buona area fogliare, foglie con superficie ruvida e coperta di peli o cera hanno una capacità di abbattere i particolati superiore alle foglie con superficie liscia. Tuttavia, è stato anche dimostrato che alcune specie di conifere, sebbene costituite da aghi privi di peli e rugosità, comportano un elevato accumulo di particolati anche se sono meno tolleranti rispetto ad altre specie caducifoglie.

L'utilizzo di alberi e arbusti per proteggere le aree più vulnerabili dei centri urbani deve considerare che la rimozione dell'inquinante dipende però dalla densità di piante utilizzate e dalle loro caratteristiche, nonché dalla quantità di inquinante presente nell'atmosfera (Nowak *et al.*, 2006).

4. Politiche di miglioramento della qualità dell'aria tra il Protocollo Aria Pulita e l'Accordo Bacino Padano

L'inquinamento in atmosfera è prodotto da diverse sorgenti. Parte di queste vengono rimosse per processi naturali di trasformazione e deposizione ma l'uomo può intervenire intraprendendo azioni politiche che hanno lo scopo di prevenire e di mitigare i danni all'ambiente, al patrimonio storico-architettonico e alla salute umana.

In effetti, in Europa, grazie agli interventi normativi degli ultimi 60 anni, la concentrazione di alcune sostanze quali piombo, monossido di carbonio (CO) e benzene è diminuita, ma la qualità dell'aria è oggi compromessa da altri inquinanti (Regione Lombardia, 2014). Tra questi si riscontrano il diossido di azoto (NO₂), l'anidride solforosa (SO₂) e il particolato per i quali la Commissione Europea ha avviato dei procedimenti di infrazione per 19 dei 28 Stati membri, tra i quali l'Italia, a causa del superamento dei limiti fissati con la Direttiva 2008/50/CE sulla qualità dell'aria (Fondazione per lo sviluppo sostenibile, 2017).

A questo scopo gli Stati e le Regioni, in attuazione delle norme dell'Unione Europea, elaborano e approvano piani e programmi che individuano le strategie da adottare per il risanamento della qualità dell'aria (D.Lgs. 155/2010).

Osservando la realtà italiana, si riscontra però che questi strumenti operativi non sono coordinati tra loro in quanto gli aggiornamenti dei Piani di qualità dell'aria delle Regioni italiane non sono al passo con la procedura per la presenza di ritardi nell'approvazione e negli aggiornamenti dei piani stessi. Questo è dovuto al fatto che ogni Ente redige un piano in riferimento alla realtà del proprio ambito territoriale, gli interventi e gli approcci sono diversificati e non è possibile comparare i diversi piani essendo utilizzate misurazioni e classificazioni differenti (Kyoto Club - CNR-IIA, 2019). Un approccio così diversificato evidenzia il fatto che si dimentichi che, come l'aria non ha confini (Gazzolo, 2017), così l'inquinamento non è un problema locale ma globale.

“Per risolvere il problema è necessario richiamare ciascuno alle proprie responsabilità” (Regione Lombardia, 2014) attraverso un approccio integrato tra le diverse politiche settoriali e un maggiore coinvolgimento e informazione del cittadino. Emerge infatti, che, tra le principali motivazioni che rallentano i provvedimenti legati al tema dell'aria vi sono la mancata consapevolezza dell'impatto dei comportamenti individuali e l'errata presunzione che le attività industriali siano maggiormente impattanti delle attività individuali³.

³ <https://www.climaera.eu/it/azioni/sondaggi-e-risultati>

Per questo motivo la Commissione Europea ha adottato, nel dicembre 2013, il *Clean Air Package*⁴, un pacchetto che prevede una serie di misure a livello nazionale volte a ridurre le emissioni dei principali inquinanti in atmosfera. Come strumento operativo introduce il *Clean Air Programme* che, attraverso i *Clean Air Dialogues* (dialoghi bilaterali tra gli Stati che si traducono in eventi aperti su base volontaria con la partecipazione di diversi enti amministrativi e *stakeholder*), tende a rafforzare la condivisione delle azioni ambientali.

All'ultimo *Clean Air Dialogue*, tenutosi a Torino il 4-5 giugno 2019, ha partecipato al confronto anche l'Italia firmando il protocollo di intesa che istituisce il "Piano d'azione per il miglioramento della qualità dell'aria"⁵. Il Piano, di durata biennale ma prorogabile, impegna ad avviare azioni concrete di carattere normativo, programmatico e finanziario per ridurre nel breve e medio periodo le emissioni provocate dai settori maggiormente responsabili dell'inquinamento atmosferico ovvero la mobilità, il riscaldamento civile, l'agricoltura e la combustione di biomasse (Protocollo di intesa che istituisce il "Piano d'azione per il miglioramento della qualità dell'aria", 2019).

Per questo motivo il Piano è composto da cinque ambiti di intervento (uno trasversale e quattro tematici) articolati in specifiche azioni e misure operative tra loro integrate che fanno, direttamente e indirettamente, maggior riferimento al settore delle biomasse prendendo in considerazione l'intera filiera legno-energia dal combustibile agli impianti per la produzione di calore (Favero, 2019).

Tra le azioni trasversali è prevista la razionalizzazione dei sussidi ambientali dannosi. Infatti, ogni anno il nostro Paese promuove incentivi, agevolazioni, esenzioni da tributi e finanziamenti agevolati che hanno impatti in campo ambientale. Questi sussidi vengono distinti tra dannosi e favorevoli⁶.

I primi sono quelli che provocano l'aumento della produzione di rifiuti, inquinamento e sfruttamento delle risorse naturali; i secondi quelli che riducono gli impatti negativi all'ambiente tra i quali (riprendendo quanto espresso dall'OECD), i sussidi energetici legati alle fonti rinnovabili, ai trasporti non legati alle fonti fossili e quelli volti a ridurre l'inquinamento e a promuovere l'uso delle risorse naturali. La loro identificazione permette di orientare verso politiche ambientali ed economiche sempre più efficienti ma il processo non è così scontato visto che il loro impatto può risultare incerto (MATTM, 2017).

A sostegno del *phase-out* dal carbone previsto entro il 2025 (Ministero dello Sviluppo Economico, 2018) il Piano prevede la chiusura o la trasformazione delle centrali termoelettriche che ricadono nelle aree oggetto delle procedure di infrazione.

⁴ <http://www.regioni.it/newsletter/n-3623/del-03-06-2019/clean-air-dialogue-a-torino-il-4-e-5-giugno-19823/>

⁵ <https://www.minambiente.it/pagina/clean-air-dialogues>

⁶ <https://www.fondazionevilupposostenibile.org/tra-sad-e-saf-i-sussidi-che-salvano-lambiente-e-quelli-dannosi-una-sintesi-del-senato/>

In ambito agricolo si propone di modificare il D.L.gs. 152/2006 “Norme in materia ambientale” che, all’art. 182, prevede il divieto della combustione di residui vegetali e forestali nei periodi di massimo rischio di incendio e riconosce la competenza degli enti territoriali nel prevedere eventuali azioni a tutela della salute umana, con particolare riferimento alle polveri sottili. Lo scopo è quello di valorizzare i residui vegetali e forestali riconoscendoli come sottoprodotti, invece di scarti (ISPRA, 2010). La valorizzazione è volta a limitarne lo smaltimento attraverso la combustione all’aperto (pratica dannosa per l’atmosfera e pericolosa per l’innescare di incendi) o la trinciatura (che comporta la diffusione di patologie) per produrre biomassa da impiegare nella combustione alternativa ai combustibili fossili. Attribuendole un valore economico e considerando il valore dell’energia attribuita dal mercato, le potenzialità dei mezzi di raccolta e la distanza che devono percorrere, il nuovo mercato dei sottoprodotti contribuisce a coprire i costi delle imprese e può generare ricavi d’esercizio⁷.

Il Piano riserva inoltre una specifica attenzione al riscaldamento civile limitando l’utilizzo di impianti di riscaldamento alimentati a gasolio nelle zone con problemi di qualità dell’aria e, dove disponibile, la distribuzione di gas naturale.

Importante è il contributo che il Piano apporta alla sostituzione di impianti termici alimentati a biomassa, obsoleti e meno efficienti in termini di emissioni, con quelli più innovativi incentivando l’utilizzo del Conto Termico, strumento utile alla risoluzione della problematica ma poco conosciuto⁸. Effettivamente, per ridurre le emissioni di polveri sottili e aumentare l’efficienza energetica, i produttori di generatori si sono orientati verso strategie che sfruttano lo sviluppo tecnologico di impianti di combustione a biomassa legnosa sempre più efficienti. Tali sistemi efficientano la fornitura di comburente (ossigeno), la conservazione dell’elevata temperatura di combustione e la creazione di turbolenze che ravvivano la fiamma mantenendo una buona mescolanza dei gas combustibili e dell’ossigeno (Francescato e Antonini, 2010).

Esiste infatti una classificazione della qualità dei generatori di calore divisa in 5 classi identificate da 1 a 5 stelle: maggiore è il numero di stelle minore è il contributo delle emissioni e più alte sono le prestazioni energetiche (DM 186/2017).

⁷ <https://www.teatronaturale.it/strettamente-tecnico/bio-e-natura/25459-gestione-dei-residui-di-potatura-trinciatura-o-recupero-energetico.htm>

⁸ <https://www.aielenergia.it/462-news-la-regione-lazio-aderisce-al-protocollo-d-intesa-aiel-minambiente>

Ogni classe è definita in base ai livelli di emissione di particolati, composti organici totali, ossidi di azoto, monossido di carbonio e al rendimento energetico dei seguenti generatori di calore:

- caminetti aperti UNI EN 13229 (inserti e camini aperti alimentati a combustibile solido);
- caminetti chiusi inserti a legna UNI EN 13229 (inserti e caminetti aperti alimentati a combustibile solido);
- stufe a legna UNI EN 13240 (stufe a combustibile solido);
- cucine a legna UNI EN 12815 (termocucine a combustibile solido);
- stufe ad accumulo UNI EN 15250 (apparecchi a lento rilascio di calore alimentati a combustibile solido);
- stufe, inserti e cucine a pellet – termostufe UNIEN 14785 (apparecchi per il riscaldamento domestico alimentati con pellet di legno);
- caldaie fino a 500kW UNI EN 303-5 (apparecchi collegati all'impianto termoidraulico) alimentate a combustibili solidi, con alimentazione manuale o automatica.

L'innovazione tecnologica non risulta comunque sufficiente a limitare la produzione di sostanze tossiche, in quanto “la *performance* del generatore di calore dipende poi dal comportamento dell'utilizzatore” (Schmidl, 2014). Per un prolungato utilizzo dell'impianto infatti, è importante fare attenzione al tipo di combustibile impiegato: usare biomasse di dimensioni adeguate all'impianto e di qualità come *pellet* e legna certificati, evitare legna resinosa (che crea maggiori incrostazioni sulle stufe), non introdurre legna umida o trattata (che produce meno energia e più inquinanti), né materiale diverso come plastica, carta o riviste.

A favore di queste azioni il Piano evidenzia la necessità di certificare la qualità dei biocombustibili (legna da ardere, bricchetti e cippato) e valorizzare il ruolo degli installatori e dei manutentori per i quali è previsto di migliorare i percorsi formativi e di aggiornamento.

Lo scopo è non sottovalutare la questione legata al “fai da te”: è fondamentale infatti che l'apparecchio sia installato “a regola d'arte”, con adeguato dimensionamento e posizione nello spazio domestico, da tecnici abilitati dalla Camera di Commercio nonché regolarmente controllato dagli operatori per la manutenzione ordinaria e straordinaria (Marson *et al.*, 2015).

Accorgimenti di questo tipo limitano i successivi costi provocati dall'incendio delle canne fumarie (dovuti al rischio che la fuliggine depositata all'interno possa prendere fuoco) che si stimano sui 500 M€ l'anno (Life Prepair, 2017).

Sebbene l'inquinamento dell'aria dovuto al particolato non sia limitato dai confini amministrativi, è stato osservato che il Nord Italia è maggiormente interessato a questo tipo di fenomeno rispetto al Centro e Sud della penisola, come rappresentato in figura 4.1 (ISTAT, 2018), rendendo indispensabili ulteriori azioni politiche.

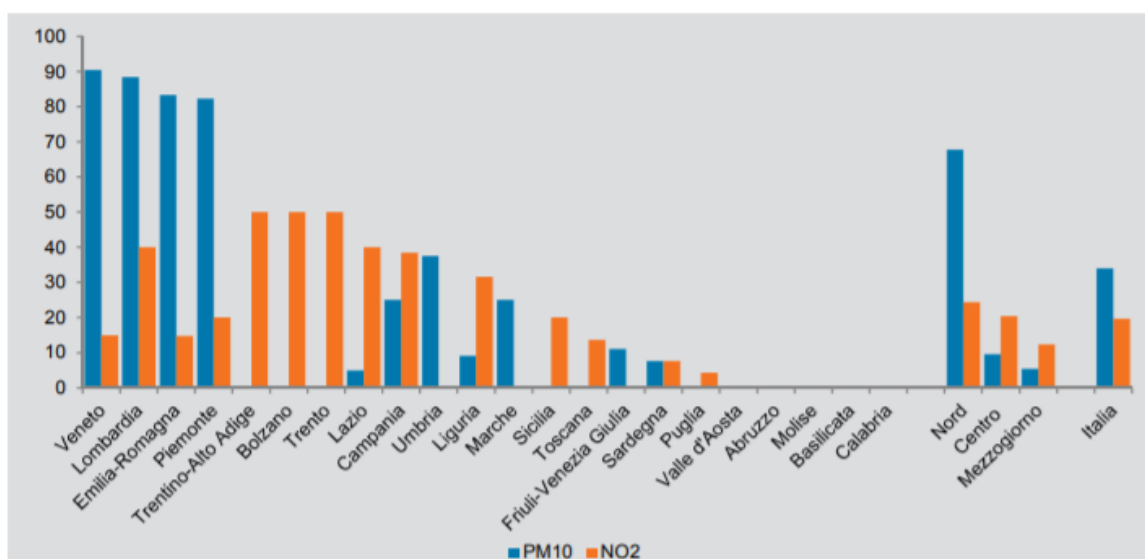


Figura 4.1: Superamenti dei valori di legge delle concentrazioni di PM₁₀ e NO₂ nel 2017 in Italia.

A questo proposito, nel giugno 2017, è stato stipulato l'Accordo sovra regionale Bacino Padano tra le regioni Emilia-Romagna, Lombardia, Piemonte, Veneto e il Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare. L'Accordo ha l'obiettivo di avviare azioni coordinate e condivise da raggiungere in tempi definiti per migliorare la qualità dell'aria nella zone del Bacino Padano dove, l'elevata antropizzazione e le caratteristiche orografiche e meteorologiche (condizioni atmosferiche stabili e venti deboli), favoriscono la formazione e l'accumulo di inquinanti tra i quali si riscontrano elevate concentrazioni di PM₁₀ (Lanzani, 2017).

L'Accordo sottoscritto integra quello precedentemente firmato nel Dicembre 2013, con validità di due anni, che definiva una serie di misure a breve, medio e lungo termine da adottare in modo omogeneo nelle Regioni coinvolte con l'obiettivo di limitare le fonti di emissione dei settori più impattanti (Accordo di programma per l'adozione coordinata e congiunta di misure per il miglioramento della qualità dell'aria nel Bacino Padano, 2013).

Gli interventi dell'Accordo del 2017 prevedono una serie di misure permanenti e temporanee che comprendono diversi campi quali il settore dei trasporti, le attività agricole e zootecniche, la combustione di materiale vegetale e degli impianti di riscaldamento domestico allo scopo di contenere il numero di superamenti del limite giornaliero di PM₁₀.

Tra le misure di intervento permanenti, che comprendono principalmente il settore dei trasporti, sono previste delle limitazioni alla circolazione stradale in funzione al tipo di veicolo, promuovendo la diffusione di veicoli a basse o nulle emissioni, il *car-sharing*, la viabilità ciclo-pedonale e l'applicazione di pratiche volte a limitare le emissioni dovute alle attività agricole e zootecniche (Nuovo Accordo di programma per l'adozione coordinata e congiunta di misure per il miglioramento della qualità dell'aria nel Bacino Padano, 2017).

Per quanto concerne l'utilizzo dei generatori di calore a biomassa legnosa, l'Accordo di bacino (facendo riferimento alla *performance* individuate dal DM 186/2017) prevede entro sei mesi dalla sottoscrizione il divieto di usare i generatori con classe di prestazione emissiva inferiore alle 2 stelle e di installare quelli con classe inferiore alla 3 stelle. L'Accordo prevede altresì il divieto, entro il 31 dicembre 2019, di installare i generatori a 4 stelle e di usare quelli a 3 stelle, promuovendo inoltre l'uso di *pellet* certificato conforme alla classe A1 della norma UNI EN ISO 17225-2 nei generatori di calore di potenza termica nominale inferiore a 35 kW.

In merito alle misure emergenziali, l'Accordo specifica all'art. 1 la necessità di informare il pubblico sulle azioni da attuare in caso di accumulo di inquinanti (in particolare quando i valori di PM₁₀ superano i limiti stabiliti per la salute umana) con modalità comuni tra le Regioni del Bacino Padano. A questo scopo le ARPA per il periodo invernale 1° Ottobre -31 Marzo, intervallo di tempo nel quale aumentano le emissioni prodotte dai veicoli e dagli impianti di riscaldamento, emettono in giorni stabiliti (identificati "giorni di controllo") il "bollettino di allerta dei livelli di particolato PM₁₀" che, all'aumentare dei livelli di allerta, limita maggiormente i settori coinvolti.

Secondo l'Accordo di bacino, infatti, quando il valore medio giornaliero di PM₁₀ supera il valore limite di 50 ug/m³ per un certo numero di giorni consecutivi, vengono previste ulteriori misure di intervento temporanee nei Comuni con più di 30.000 abitanti e negli agglomerati, articolate su due livelli e stabilite sui due giorni di controllo (lunedì e giovedì). Le misure temporanee vengono attivate entro il giorno successivo a quello di controllo e restano in vigore fino al giorno di controllo successivo⁹.

⁹ https://www.arpa.veneto.it/inquinanti/bollettino_allerta_PM10.php

Secondo quanto previsto dalle misure emergenziali, se nei quattro giorni consecutivi, precedenti al giorno di controllo, si misurano livelli medi giornalieri di PM₁₀ superiori al limite di 50 ug/m³, si attiva il primo livello (identificato nei bollettini con il semaforo giallo) che limita ulteriormente l'utilizzo di certe categorie di veicoli e impone il divieto di qualsiasi tipo di combustione all'aperto, la sosta di veicoli con motore acceso, lo spargimento di liquami e l'imposizione del limite di 19°C per le temperature medie delle abitazioni e degli spazi ed esercizi commerciali. In particolare, l'Accordo prevede il divieto di utilizzo di generatori di calore domestici a biomassa legnosa inferiori alle 3 stelle, nonché il rafforzamento dei controlli sulle limitazioni imposte.

Se invece il limite viene superato per 10 giorni consecutivi, rispetto al giorno di controllo, viene attivato il secondo livello di allerta (colore rosso) che, oltre a restringere nuovamente la circolazione di alcuni veicoli, estende al primo livello il divieto di utilizzo di generatori di calore domestici a biomassa legnosa inferiori alle 4 stelle.

Nel caso in cui il giorno precedente al giorno di controllo (con condizioni metereologiche che facilitano la rimozione delle sostanze inquinanti) o nei due giorni consecutivi ai quattro giorni che precedono quello di controllo non venga superato il livello di 50 µg/m³, non viene attivato alcun livello di allerta (semaforo verde).

Qualora le previsioni metereologiche e di qualità dell'aria prevedano per il giorno in corso e quello successivo condizioni favorevoli alla dispersione di inquinanti, l'Accordo prevede che non venga attivato il livello successivo a quello già in vigore; tale livello rimane così valido fino al successivo giorno di controllo.

È bene precisare che ciascuna Regione attua quanto sottoscritto nell'Accordo attraverso i D.G.R. che possono prevedere delle modifiche allo scopo di migliorare il controllo della qualità dell'aria.

L'Emilia-Romagna ha infatti introdotto per la stagione termica 2018-2019 un solo livello definito "allerta smog"¹⁰ (colore rosso) che si attiva quando i livelli del PM₁₀ vengono superati per tre giorni consecutivi (invece di quattro) precedenti a quello di controllo mantenendo i limiti previsti dal precedente colore rosso. Le singole Regioni inoltre prevedono la possibilità, per i Comuni con popolazione inferiore ai 30.000 residenti, di aderire volontariamente all'Accordo di bacino (previa richiesta alla Regione di appartenenza)¹¹.

¹⁰ https://www.arpae.it/cms3/documenti/aria/liberiamo_1819/misure_antismog_A4.pdf

¹¹ <http://www.l15.regione.lombardia.it/#/accordo-aria/info/list>

5. Obiettivi

Questa tesi analizza l'impatto sull'utilizzo delle biomasse legnose a fini energetici derivante dall'applicazione dell'Accordo Bacino Padano, un accordo che, come evidenziato nel capitolo precedente, costituisce un'intesa di fondamentale importanza nella sfida per il miglioramento della qualità dell'aria e, soprattutto, per la riduzione delle emissioni di particolato atmosferico.

Gli obiettivi specifici della tesi sono:

- 1.** analizzare gli sforamenti di PM_{10} registrati nelle tre regioni del Bacino Padano (Emilia-Romagna, Lombardia, Veneto) per la stagione termica 2017-2018 e 2018-2019 rispetto ai limiti definiti dal D.Lgs. 155/2010;
- 2.** stimare la riduzione (teorica) dei consumi di biocombustibili a seguito dell'introduzione delle azioni temporanee previste dall'Accordo di bacino;
- 3.** valutare la qualità e l'efficienza delle misure emergenziali rispetto a quelle strutturanti.

6. Metodologia

Per analizzare come cambia l'utilizzo finale combustibili solidi legnosi (legna, *pellet*, cippato) consumati annualmente nelle regioni Emilia-Romagna, Lombardia e Veneto a seguito delle misure temporanee previste dall'Accordo Bacino Padano, è stato necessario suddividere l'elaborazione dei dati in più *step* che hanno richiesto la ricerca di informazioni sul Web e l'interlocuzione con gli Enti predisposti al controllo della qualità dell'aria.

Bollettini ARPA

Alle ARPA delle tre Regioni è stata chiesta l'intera serie storica dei bollettini relativi ai rilevamenti del valore del PM₁₀ per la stagione invernale 2017-2018 e per quella 2018-2019. Questi hanno permesso di rilevare il numero di volte che ciascuna Provincia, agglomerato o Comune (a seconda del modo scelto dall'Ente per rappresentare i bollettini) hanno superato il livello di allerta (giallo o rosso).

Definizione dei Comuni oggetto dello studio e degli apparecchi a biomassa installati al 2018 in Emilia, Lombardia e Veneto

Sulla base dei bollettini di allerta con la sintesi dei valori per Provincia, agglomerato e per Comune, lo studio è iniziato con la ricerca, nei siti delle Regioni¹² e delle rispettive ARPA¹³, della lista dei Comuni con più di 30.000 abitanti, di quelli facenti parte degli agglomerati e dei Comuni che hanno volontariamente aderito all'Accordo Bacino Padano, per i quali sono stati monitorati i livelli di PM₁₀ nella stagione termica 2018-2019.

Usufruendo di dati ISTAT per ogni Comune, è stato individuato il numero di famiglie residenti nell'anno 2018¹⁴; il dato è stato utilizzato per ipotizzare che il numero di abitanti sia proporzionale alla quantità di generatori (a biomassa e non) esistenti in ciascun Comune nell'anno 2018 con il presupposto che ad ogni famiglia corrisponda un solo generatore.

¹² <http://www.l15.regione.lombardia.it/#/accordo-aria/info/list>,

¹³ <https://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/aria/informazione-al-pubblico-sui-livelli-di-pm10>,
https://www.arpae.it/dettaglio_generale.asp?id=4033&idlivello=2090

¹⁴ <http://demo.istat.it/bil2018/index.html>

Per stimare la quantità di apparecchi domestici a sola biomassa legnosa è stata poi impiegata un'analisi statistica condotta usufruendo di dati ISTAT 2013 sui consumi energetici delle famiglie italiane (Ministero dello Sviluppo Economico, 2016). Secondo tale documento, nel 2013, le famiglie delle tre regioni che hanno usufruito di biocombustibili legnosi per il riscaldamento domestico sono rispettivamente il 19% delle famiglie residenti in Emilia-Romagna, il 16% di quelle residenti in Lombardia e il 31% di quelle domiciliate nella regione Veneto.

Segmentazione degli apparecchi

Gli apparecchi sono stati inizialmente distinti in quattro macro-categorie: apparecchi domestici a legna d'ardere, apparecchi domestici a *pellet*, caldaie a legna d'ardere e caldaie a *pellet*. I dati riferiti alle caldaie a cippato sono stati aggregati ai dati delle caldaie a *pellet* in quanto questi apparecchi sono caratterizzati dallo stesso tipo di gestione automatica del combustibile.

Per questa fase è stato fondamentale utilizzare la segmentazione degli apparecchi determinata da AIEL in un'analisi a scala nazionale sul consumo di biocombustibili solidi per gli apparecchi ad uso residenziale e commerciale partendo da dati di vendita delle imprese che aderiscono all'associazione stessa (Francescato e Rossi, 2019).

Gli impianti domestici a legna d'ardere e *pellet* (tabella 6.1) sono stati distinti in tipologie secondo le norme tecniche indicate nel DM 186/2017 sulla classificazione della qualità dei generatori di calore (aggiungendo gli apparecchi ibridi che funzionano sia a legna d'ardere che a *pellet* essendo, secondo i dati di AIEL, diffusi nel mercato degli apparecchi domestici). In particolare i dati sugli impianti sono stati distinti per biocombustibile, per potenza media e per fluido vettore (acqua o aria).

Tipo apparecchio	Biocombustibile	Fluido termovettore	Norma tecnica di riferimento	Potenza media stimata (kW)	Codice apparecchio
Camino aperto	legna da ardere	aria	UNI EN 13229	11,58	CA
inserto	legna da ardere	aria	UNI EN 13229	8	ILAr
inserto	legna da ardere	acqua	UNI EN 13229	12	ILAc
inserto	<i>pellet</i>	aria	UNI EN 14785	6	IPAr
inserto	<i>pellet</i>	acqua	UNI EN 14785	8	IPAc
stufa	legna da ardere	aria	UNI EN 13240	8	SLAr
stufa	legna da ardere	acqua	UNI EN 13240	12	SLAc
stufa	<i>pellet</i>	aria	UNI EN 14785	6	SPAr
stufa	<i>pellet</i>	acqua	UNI EN 14785	8	SPAc
cucina	legna da ardere	aria	UNI EN 12815	8	CLAr
cucina	legna da ardere	acqua	UNI EN 12815	12	CLAc
cucina	<i>pellet</i>	aria	UNI EN 14785	6	CPAr
cucina	<i>pellet</i>	acqua	UNI EN 14785	8	CPAc
ibrido	legna <i>pellet</i>	aria	-	6	IAR
ibrido	legna <i>pellet</i>	acqua	-	8	IAC

Tabella 6.1: Tipologie di apparecchi domestici.

La potenza media sviluppata dagli apparecchi durante la stagione termica è stata stimata dai tecnici di settore di AIEL sapendo che la maggior parte degli apparecchi domestici venduti in Italia hanno una potenza al focolare tra gli 8 ed i 12 kW. Presupponendo che i gli impianti alimentati a legna d'ardere, non avendo una regolazione automatica per la quantità di combustibile e per il ricambio dell'aria primaria, sviluppano la massima potenza al focolare per la maggior parte della prestazione, tali valori vengono associati agli apparecchi a legna d'ardere e ridotti del 25% per gli apparecchi alimentati a *pellet* (dotati della gestione automatica del carico di combustibile e dell'aria che ne implica un maggiore utilizzo, ma a potenza parziale).

Le caldaie a legna d'ardere e *pellet* (tabella 6.2), invece, sono state suddivise per biocombustibile utilizzato, per *range* di potenza (< 35 kW, 36-100 kW, 101-500 kW, 501-1000 kW, > 1000 kW) e per potenza media prodotta durante la stagione termica.

Tipologia apparecchio	Biocombustibile	Classe di potenza	Potenza media stimata (kW)	Codice assegnato
caldaia	legna da ardere	<35kW	17	CL35
caldaia	<i>pellet</i>	<35kW	12	CP35
caldaia	cippato	<35kW	12	CC35
caldaia	legna da ardere	36-100 kW	39	CL36-100
caldaia	<i>pellet</i>	36-100 kW	28	CP36-100
caldaia	cippato	36-100 kW	28	CC36-100
caldaia	legna da ardere	101-500 kW	173	CL101-500
caldaia	<i>pellet</i>	101-500 kW	122	CP101-500
caldaia	cippato	101-500 kW	122	CC101-500
caldaia	legna da ardere	501-1000 kW	751	CL501-1000
caldaia	<i>pellet</i>	501-1000 kW	751	CP501-1000
caldaia	cippato	501-1000 kW	751	CC501-1000
caldaia	<i>pellet</i>	>1000 kW	2000	CP1000
caldaia	cippato	>1000 kW	2000	CC1000

Tabella 6.2: Tipologie di caldaie.

Per gli apparecchi con potenza maggiore a 500 kW è stata utilizzata la potenza media definita dalla classe di riferimento. Per gli apparecchi con potenza inferiore o uguale a 500 kW, i tecnici di AIEL hanno considerato che le caldaie lavorano inizialmente a piena potenza e poi in modulazione e dunque (considerando quanto previsto dal Regolamento UE 2015/1189) la potenza media è stata stimata come

$$P_{son} = 0,85 \cdot P_p + 0,15 \cdot P_n$$

dove:

P_{son} : Potenza stimata nella stagione termica per le caldaie con potenza inferiore o uguale a 500 kW;

P_p : Potenza parziale come individuata dal R(UE) 2015/1189 [9], 30% della P_n per gli apparecchi a caricamento automatico e 50% della P_n per gli apparecchi a caricamento manuale;

P_n : Potenza nominale individuata dalla media della classe di riferimento.

Stima del parco installato al 2018 nelle tre Regioni

Sul totale degli apparecchi a biocombustibili installati nelle regioni Emilia-Romagna, Lombardia e Veneto fino al 2018 sono state applicate le percentuali del peso di ogni tipologia di apparecchio (ricavate dal rapporto tra i dati nazionali del parco installato e il totale degli apparecchi a biomassa in Italia definiti dallo studio di AIEL) per stimare le quantità di apparecchi installati per ciascuna tipologia nelle rispettive Regioni.

Calcolo delle ore di funzionamento per tipologia

Per ciascuna Regione sono state definite le ore massime annuali di funzionamento per una famiglia (ovvero per un generatore) usufruendo della classificazione climatica per la regolazione degli impianti termici (D.P.R. 142/1993). La classificazione è costituita da sei zone climatiche: ad ogni zona climatica corrisponde un preciso periodo e numero di ore giornaliere per l'utilizzo dei generatori come riportato in tabella 6.3.

Zona climatica	Gradi-giorno	Periodo	Numero di ore
A	comuni con $GG \leq 600$	1° dicembre - 15 marzo	6 ore giornaliere
B	$600 < \text{comuni con } GG \leq 900$	1° dicembre - 31 marzo	8 ore giornaliere
C	$900 < \text{comuni con } GG \leq 1.400$	15 novembre - 31 marzo	10 ore giornaliere
D	$1.400 < \text{comuni con } GG \leq 2.100$	1° novembre - 15 aprile	12 ore giornaliere
E	$2.100 < \text{comuni con } GG \leq 3.000$	15 ottobre - 15 aprile	14 ore giornaliere
F	comuni con $GG > 3.000$	tutto l'anno	nessuna limitazione

Tabella 6.3: Zone climatiche.

Per la valutazione dei giorni di utilizzo sono stati considerati tutti i Comuni appartenenti alle tre regioni interessate dall'Accordo di Bacino e, per prudenza e per evitare di sovrastimare le ore di funzionamento, per i Comuni ricadenti nella zona climatica F è stato definito un periodo inferiore ai 365 giorni aggiungendo proporzionalmente un periodo di 30 giorni rispetto alla fascia climatica precedente (come applicato nel Decreto per le fasce D e E).

Per ottenere il numero di ore massime annuali di funzionamento di un impianto è stata calcolata una media pesata dei giorni di funzionamento per le famiglie residenti in ciascun Comune in rapporto alle famiglie residenti in ciascuna Regione, moltiplicata per la media delle ore giornaliere di accensione dell'impianto di riscaldamento pari a 7,23 (ISTAT, 2014) come

$$O_{tot} = O_g \cdot \left(\frac{G_{c1} * F_{c1} + G_{c2} * F_{c2} + G_{c3} * F_{c3} + G_{cn} * F_{cn}}{F_{c1} + F_{c2} + F_{c3} + F_{cn}} \right)$$

dove:

O_{tot} : Ore massime annuali di esercizio del generatore

O_g : Ore giornaliere come individuate dallo studio ISTAT 2014

G_{cx} : Giorni di accensione nel Comune x secondo le fasce climatiche attribuite

F_{cx} : Numero di famiglie residenti nel Comune x, riportate da ISTAT per l'anno 2018

Al numero di ore così stimato è stato applicato il fattore di funzionamento (Ff in tabella 6.3), determinato nelle elaborazioni sui consumi stimati dai tecnici di AIEL seguendo il metodo delle statistiche ufficiali della Svizzera, per quantificare le ore di funzionamento massime per tipologia di generatore. Tale fattore permette di stimare quanto è stata utilizzata quella tipologia di apparecchi rispetto alle ore massime stabilite.

Codici assegnati	Ff
CA	30%
ILAr	55%
ILAc	70%
IPAr	50%
IPAc	65%
SLAr	55%
SLAc	70%
SPAr	50%
SPAc	65%
CLAr	55%
CLAc	70%
CPAr	50%
CPAc	65%
IAr	55%
IAc	70%
CL35	90%
CP35	90%
CC35	90%
CL36-100	90%
CP36-100	90%
CC36-100	90%
CL101-500	90%
CP101-500	90%
CC101-500	90%
CL501-1000	90%
CP501-1000	90%
CC501-1000	90%
CP1000	90%
CC1000	90%

Tabella 6.4: Fattore di funzionamento degli apparecchi.

Potere calorifico inferiore dei biocombustibili

Per stimare il consumo di biocombustibili è stato considerato il potere calorifero inferiore (PCI) del biocombustibile utilizzato nell'impianto, ovvero il potere calorifero specifico (PCS) del combustibile al netto dell'energia impiegata per l'evaporazione dell'acqua generata durante il processo di combustione, utilizzati nello studio condotto da AIEL.

Alla legna da ardere è stato applicato il PCI attribuito al legno di latifoglie pari a 13,911 MJ/kg, al *pellet* 17,284 MJ/kg (Eurostat, 2013) e al cippato un valore medio di riferimento di 11,17 MJ/kg (cippato di conifera con un contenuto idrico del 35%).

Per gli apparecchi ibridi a legna-*pellet* il PCI è stato definito calcolando la media tra i PCI della legna da ardere e del *pellet*.

Consumo finale di biocombustibili solidi in tonnellate/anno

Il consumo finale annuale della legna da ardere e del *pellet* è stato ottenuto dalla sommatoria dei consumi di biocombustibile per ciascuna tipologia stimata come

$$CS_x = A_{i_x} \cdot \left(\frac{P_{S_m} \cdot h_m}{PCI_b} \right)$$

dove:

CS_x : Consumo di biocombustibile per il segmento x in ton/anno;

A_{i_x} : Apparecchi installati all'anno 2018 per il segmento x;

P_{S_m} : Potenza media stimata per tipologia di apparecchio in kW;

h_m : Ore medie di funzionamento determinate applicando il Ff;

PCI_b : Potere Calorifico Inferiore del biocombustibile in kW/h/ton

Si sottolinea che per la stima del combustibile consumato per regione sono stati considerati anche gli apparecchi superiori ai 1000 kW, anche se non sono stati considerati dal DM 186/2017 e al quale si riferisce l'Accordo Bacino Padano, perché di fatto contribuiscono al consumo di biomassa e all'emissione di particolati sebbene presenti in numero sicuramente inferiore agli impianti domestici.

Ripartizione dei generatori nelle tre regioni per numero di stelle

I generatori domestici delle tre regioni sono stati suddivisi considerando le classi delle prestazioni emissive identificate nel DM 186/2017 con il numero di stelle, dalle meno efficienti (1) alle più efficienti (5), partendo da dati a scala nazionale dell'installato e delle vendite dei generatori a biomassa (Francescato e Rossi, 2019).

Per questa fase si sono considerati solo gli apparecchi domestici (fino a 35 kW) in quanto la stima del parco installato è stata definita considerando il numero di famiglie residenti in ciascuna Regione.

Disponendo dei dati di vendita degli apparecchi a legna e a *pellet* dal 2010 al 2018 (nove anni), sono state applicate le percentuali in tabella 6.4 per definire la qualità degli apparecchi installati al 2018 (determinate dai tecnici di AIEL incrociando dati aziendali con dati di altri Enti del settore). In altre parole, è stata correlata la classe di età degli apparecchi venduti (>10, 10-5, 5-3, >3 anni) con il numero di stelle rispetto al 2018.

LEGNA		Periodo (n. anni precedenti l'attuale)			
		>10	10-5	5-3	<3
Stelle	0, 1, 2	97	77	53	21
	3	3	22	37	37
	4	0	2	10	42
	5	0	0	0	1
		100	100	100	100

<u>PELLET</u>		Periodo (n. anni precedenti l'attuale)			
		>10	10-5	5-3	<3
Stelle	0, 1, 2	87	43	27	9
	3	13	47	37	27
	4	0	10	37	63
	5	0	0	0	1
		100	100	100	100

Tabella 6.5: Percentuali delle stelle dei generatori domestici (legna-*pellet*) venduti dal 2010 al 2018.

È bene osservare che gli apparecchi a 0, 1, 2 stelle sono stati raggruppati in un'unica classe in quanto vengono considerati i più inquinanti e obsoleti. Inoltre, essendo lo storico dei dati di vendita composto da nove anni, è stato necessario suddividere in due il procedimento. Prima sono state applicate le percentuali in tabella 6.4 per definire le classi di qualità dei generatori venduti fino a 10 anni di età, successivamente per differenza tra gli apparecchi installati al 2018 e la sommatoria del venduto fino a 10 anni (con la quale si è ottenuto il numero di apparecchi con età superiore ai 10 anni), è stato possibile determinare le stelle dei generatori con più di 10 anni.

La sommatoria per classi qualitative del venduto è stata rapportata all'installato 2018, successivamente è stato possibile suddividere i generatori a consumo di legna e *pellet* nelle regioni Emilia-Romagna, Lombardia e Veneto per classi prestazionali.

Combustibile non bruciato

Il metodo per il calcolo del consumo finale annuale della legna da ardere e del *pellet* è stato nuovamente applicato per calcolare le quantità di legna e *pellet* che non verrebbero utilizzate se, rispettando le azioni temporanee dell'Accordo Bacino Padano, gli apparecchi stimati con l'uso delle stelle (ricalcolate considerando anche gli apparecchi superiori a 1000 kW) non fossero utilizzati.

La quantità di biomassa legnosa è stata calcolata supponendo che ad un giorno di superamento del limite di PM₁₀ tutti gli apparecchi nelle rispettive regioni siano stati spenti.

In seguito la biomassa così definita è stata rapportata al numero di generatori delle singole Province, agglomerati, Comuni (a seconda del modo scelto dall'Ente per rappresentare i bollettini di allerta ricevuti) e moltiplicati per il numero di volte che, nello stesso ambito territoriale, sono stati applicati il primo e il secondo livello di allerta nelle stagioni termiche 2017-2018 e 2018-2019 (presupponendo che gli apparecchi siano rimasti invariati nelle regioni Emilia e Lombardia visto che non si conoscono quali Comuni cambiano tra una stagione termica e l'altra).

La sommatoria delle quantità a livello di Provincia, agglomerato, Comune restituisce le quantità di legna e *pellet* non consumate per le due stagioni nelle singole regioni.

7. Risultati e discussione

Di seguito si riportano i risultati delle elaborazioni effettuate.

Bollettini ARPA

I bollettini ricevuti dalle ARPA delle tre Regioni (allegato A) mostrano delle diversità, sia per i limiti considerati per definire il livello di allerta (verde, giallo, rosso) sia per la diversa frequenza in cui questi valori si manifestano per la stessa regione nelle stagioni termiche 2017-2018 e 2018-2019.

Definizione dei Comuni oggetto dello studio e degli apparecchi a biomassa installati al 2018 in Emilia, Lombardia e Veneto

Utilizzando il numero delle famiglie dei Comuni interessati dalle misure temporanee (allegato B) e supponendo che ogni famiglia sia provvista di un solo generatore è stato stimato il numero di generatori funzionanti a biomassa solida legnosa per le tre Regioni (tabella 7.1).

Regioni Accordo Bacino Padano	Famiglie 2018	% uso biomasse	n. generatori a biomassa
Emilia	1.127.808	19%	214.284
Lombardia	1.782.981	16%	285.277
Veneto	1.060.553	31%	328.771

Tabella 7.1: Generatori a biomassa solida legnosa.

Segmentazione degli apparecchi in quattro macro-categorie

Dai dati a scala nazionale del parco installato all'anno 2018 è stato stimato il numero di apparecchi domestici e delle caldaie alimentate a legna d'ardere e a *pellet* (allegato C), disaggregato nelle diverse macro-categorie in tabella 7.2. In tutte le Regioni i generatori a consumo di legna da ardere superano quelli a consumo di *pellet*.

Tipologia	n. generatori		
	Emilia-Romagna	Lombardia	Veneto
Apparecchi domestici legna	150.190	199.948	230.433
Caldaie legna	1.543	2.054	2.367
Totale apparecchi a legna	151.732	202.002	232.800
Apparecchi domestici <i>pellet</i>	58.362	77.698	89.544
Caldaie <i>pellet</i>	4.189	5.577	6.427
Totale apparecchi a <i>pellet</i>	62.551	83.275	95.971

Tabella 7.2: Generatori per macro-categoria pellet anno 2018.

Calcolo delle ore massime di funzionamento

Sono state stimate le ore massime annuali di utilizzo di un generatore di calore per famiglia (tabella 7.3) sulle quali è stato applicato il Ff.

Regione	Totale famiglie	Famiglie*gg accensione	Media	h max/anno/famiglia
Emilia	2.014.820	365.445.305	181	1.311
Lombardia	4.482.287	815.382.032	182	1.315
Veneto	2.082.523	380.158.249	183	1.320

Tabella 7.3: Ore massime all'anno di uso degli impianti per famiglia.

Consumo finale di biocombustibili solidi in tonnellate/anno

In tabella 7.4 sono riportate le tonnellate/anno di legna e *pellet* consumate in ogni Regione, definite con la segmentazione degli apparecchi in allegato.

Combustibile	Consumi ton/anno		
	Emilia	Lombardia	Veneto
Legna	244.930	327.036	378.213
<i>Pellet</i>	121.365	162.049	187.407

Tabella 7.4: Consumo legna e *pellet* (ton/anno).

Ripartizione dei generatori nelle tre Regioni per numero di stelle

L'installato all'anno 2018 è stato ripartito per classi prestazionali (tabella 7.5). Si riscontra che nelle tre regioni sono stati installati numerosi generatori a *pellet* con classe di qualità dalle 3 alle 5 stelle, contrariamente agli apparecchi a legna dove il gruppo 0, 1 e 2 stelle assume maggiore rilevanza.

Stelle	% generatori/Regione	n. apparecchi Emilia-Romagna	n. apparecchi Lombardia	n. apparecchi Veneto
Apparecchi a legna				
0, 1, 2	90%	136.120	181.218	208.847
3	8%	12.701	16.910	19.488
4	2%	2.885	3.840	4.426
5	0%	26	35	40
Apparecchi a <i>pellet</i>				
0, 1, 2	40%	24.888	33.133	38.185
3	36%	22.680	30.194	34.798
4	24%	14.905	19.843	22.868
5	0%	78	104	120

Tabella 7.5: Ripartizione generatori degli impianti per classi di qualità all'anno 2018.

Combustibile non bruciato

Dalla stima delle biomasse legnose non impiegate per il riscaldamento nella stagione termica 2017-2018 e 2018-2019 (tabella 7.6) si ricavano tre situazioni differenti.

La regione Veneto rappresenta il territorio con minore differenza del combustibile non utilizzato tra le stagioni termiche osservate. Nonostante ciò il risultato descrive maggiormente la realtà rispetto le altre due regioni. Infatti, nel caso di questa regione, per la quale si conosce come cambiano i Comuni interessati dall'Accordo Pacino Padano nelle due stagioni invernali (con particolare riferimento a quelli volontari che sono aumentati nella seconda stagione), si può ipotizzare che l'aumento del risparmio di combustibile sia indotto dal contributo anche dei Comuni volontari che hanno superato i limiti consentiti per la concentrazione di PM₁₀.

La regione Lombardia mostra che il combustibile non utilizzato nella stagione termica 2017-2018 è superiore a quello non consumato nella stagione 2018-2019. Non conoscendo quali Comuni volontari sono stati interessati dall'Accordo di Bacino nella stagione termica 2017-2018, ciò è attribuibile al numero di volte nelle quali è stato attivato il primo e il secondo livello di allerta.

La regione Emilia-Romagna rappresenta il territorio con elevato discostamento del combustibile non usato nelle due stagioni termiche. Il risultato è attribuibile in particolar modo al cambiamento dei limiti imposti per l'attuazione delle misure temporanee.

Regione	combustibile	consumo t/anno	non consumata 2017-2018	non consumata 2018-2019
Emilia	legna	244.930	8.693	37.402
	<i>pellet</i>	121.365	4.307	18.533
Lombardia	legna	327.036	35.370	19.069
	<i>pellet</i>	162.049	17.526	9.449
Veneto	legna	378.213	35.362	36.203
	<i>pellet</i>	187.407	17.522	17.939

Tabella 7.6: Legna e *pellet* non utilizzati.

8. Conclusioni

Prevenire l'emissione dei particolati generati da diverse attività antropiche, tra le quali la combustione di biomassa solida legnosa, diviene sempre più importante a causa dei danni ambientali, economici e alla salute umana che essi provocano.

Considerando gli obiettivi specifici di questo lavoro e i risultati ottenuti dalle elaborazioni si possono fare alcune osservazioni:

- dai bollettini ricevuti dalle ARPA emerge che le soglie limite di controllo delle concentrazioni di PM10 cambiano tra le Regioni comportando, contrariamente all'obiettivo delle politiche in tema di qualità dell'aria, difficoltà nel confronto;
- a seguito delle azioni temporanee introdotte dall'Accordo, si nota che sicuramente l'uso delle biomasse solide diminuisce notevolmente. Questo nella realtà potrebbe essere legato sia all'inferiore rigidità dei mesi invernali, fenomeno a sua volta dovuto al cambiamento globale, sia al minimo rispetto della normativa; va tuttavia ricordato che non è detto che gli apparecchi rimasti accesi corrispondano a quelli più efficienti in termini di emissioni;
- l'applicazione delle azioni temporanee ha oggettivamente una scarsa capacità di risolvere il problema legato all'emissione di polveri sottili. Pertanto, è fondamentale l'applicazione omogenea su tutto il territorio delle azioni temporanee (come previsto per le azioni permanenti), in quanto anche i Comuni con popolazione inferiore a 30.000 abitanti presentano sforamenti dei valori limite previsti per il PM₁₀.
- Inoltre, è necessario incentivare la sostituzione dei vecchi apparecchi domestici di riscaldamento con altri di moderna generazione più efficienti anziché vietare l'utilizzo degli stessi durante determinati periodi.
- Anche gli incentivi attualmente erogati per l'acquisto di nuovi apparecchi di riscaldamento devono essere adeguati a quanto disposto dall'Accordo Bacino Padano che prevede, a partire dal 1° gennaio 2020, il divieto di installare apparecchi con classe di qualità inferiore alle quattro stelle. Pertanto, occorre togliere il sostegno a coloro che acquistano apparecchi ricadenti anche nella classe delle tre stelle.

A fronte dei risultati ottenuti, resta da approfondire quali possono essere le ulteriori azioni politiche future da intraprendere nel territorio. Il percorso verso una più efficiente utilizzazione delle biomasse legnose a fini energetici è ancora lungo e impegnativo.

Bibliografia

- ARPAV. (2009). *Pensiero sintetico sulle biomasse*.
- ARPAV. (2015). *Indagine sul consumo domestico di biomasse legnose in veneto. Risultati dell'indagine campionaria e stima delle emissioni in atmosfera*.
- Candolo, G. (2005). Biomasse vegetali: i possibili processi di conversione energetica. *Agronomica*, 4, 31–38.
- Candolo, G. (2006). Energia dalle biomasse vegetali: le opportunità per le aziende agricole. *Agronomica*, 4, 26–35.
- Cattani, G. (2017). Qualità dell'aria. In *XIII Rapporto Qualità dell'ambiente urbano* (pp. 284–330).
- ENEA. (2008). *Energia dalle biomasse. Tecnologie e prospettive*.
- Eurostat. (2013). *Manual for statistics on energy consumption in households. Manuals and guidelines - Environment and energy*.
- Favero, M. (2019). Siglato il Piano d'azione per il miglioramento della qualità dell'aria. Quali impatti per il settore della termica a biomasse legnose. L'analisi di AIEL. *Agriforenergy*, 13(3), 1–4.
- Fondazione per lo sviluppo sostenibile. (2017). *La sfida della qualità dell'aria nelle città italiane. Dieci prospettive di Green Economy*.
- Francescato, V., Antonini, E. (2010). *La combustione del legno. Fattori di emissione e quadro normativo*. (Veneto Agricoltura, Ed.).
- Francescato, V., Rossi, D. (2019). *Evoluzione del consumo di biocombustibili solidi in Italia per il riscaldamento residenziale e commerciale*.
- Gallo, V. (2015). Cippato: oro giallo per i territori montani. In Federazione Italiana Produttori di Energia da Fonti Rinnovabili (Ed.), *Biomasse legnose: Petrolio verde per il teleriscaldamento italiano* (pp. 27–39). Milano.
- Gazzolo, P. (2017). Le politiche integrate per l'aria in Emilia-Romagna. *Ecoscienza*, 8(1), 22–23.
- Harrison, R. M., Yin, J. (2000). Particulate matter in the atmosphere: which particle properties are important for its effects on health? *Science of The Total Environment*, 249(1–3), 85–101.

- ISPRA. (2010). *Studio sull'utilizzo di biomasse combustibili e biomasse rifiuto per la produzione di energia.*
- ISPRA. (2013). *Linee guida per la valutazione del dissesto idrogeologico e la sua mitigazione attraverso misure e interventi in campo agricolo e forestale Manuali e linee guida.*
- ISTAT. (2014). L'indagine Istat sui consumi energetici delle famiglie: principali risultati.
- ISTAT. (2018). *BES 2018. Il benessere equo e sostenibile in Italia 2018.*
- Kim, K. H., Kabir, E., Kabir, S. (2015). A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environment International*, 74, 136–143.
- Kyoto Club - CNR-IIA. (2019). *Politiche di mobilità e qualità dell'aria nella 14 città e 17 aree metropolitane 2017-2018.*
- Lanzani, G. (2017). Il bacino padano, un caso europeo. *Ecoscienza*, 8(1), 30–31.
- Life Prepair. (2017). *Brucia bene la legna. Non bruciarti la salute.*
- Life Prepair. (2018). *Gli impatti ambientali della combustione di biomassa legnosa per la produzione di calore: le esperienze delle azioni di comunicazione nell'area del bacino padano e in Slovenia.*
- Magnani, M. (2005). Carbonio, energia e biomasse forestali: nuove opportunità e necessità di pianificazione. *Forest@*, 2(3), 270.
- Marchetti, S. (2010). *Influenza della combustione di biomasse sulla composizione del particolato atmosferico.* Università di Bologna.
- Marson, G., Patti, S., Zagolin, L. (2015). Le regole per il buon funzionamento dell'impianto. *Ecoscienza*, 5(1), 54.
- MATTM. (2017). *Catalogo dei sussidi ambientalmente favorevoli e dei sussidi ambientalmente dannosi 2016.*
- Ministero dello Sviluppo Economico. (2016). *La Situazione Energetica Nazionale nel 2015.*
- Ministero dello Sviluppo Economico. (2018). *Proposta di piano nazionale integrato per l'energia e il clima.*
- Nowak, D. J., Crane, D. E., Stevens, J. C. (2006). Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry and Urban Greening*, 4(3–4), 115–123.

- Pettenella, D., Andrighetto, N., Masiero, M. (2015). Disponibilità di biomasse legnose in Italia. In Federazione Italiana Produttori di Energia da Fonti Rinnovabili (Ed.), *Biomasse legnose: Petrolio verde per il teleriscaldamento italiano* (pp. 13–25). Milano.
- Regione Lombardia. (2014). *L'aria che respiro. Dal cittadino alle Istituzioni: insieme per migliorare la qualità dell'aria*. Milano.
- Romano, R. M. (2015). Gestione attiva del bosco e servizi ecosistemici. In Federazione Italiana Produttori di Energia da Fonti Rinnovabili (Ed.), *Biomasse legnose: Petrolio verde per il teleriscaldamento italiano* (pp. 53–61). Milano.
- Sæbø, A., Popek, R., Nawrot, B., Hanslin, H. M., Gawronska, H., Gawronski, S. W. (2012). Plant species differences in particulate matter accumulation on leaf surfaces. *Science of the Total Environment*, 427–428, 347–354.
- Schmidl, C. (2014). Strategie per ridurre le emissioni delle stufe a legna fino all'80%. *Agriforenergy*, 8(2), 34–38.
- Spinelli, R. (2015). Biomassa italiana D.O.C. dagli Appennini alle Alpi. In Federazione Italiana Produttori di Energia da Fonti Rinnovabili (Ed.), *Biomasse legnose: Petrolio verde per il teleriscaldamento italiano* (pp. 41–52). Milano.
- Torchiani, G. (2016, March 6). L'energia che viene dai rifiuti ora è alla portata di tutti. *Nova - Il Sole 24 Ore*. Retrieved from https://nova.ilsole24ore.com/esperienze/lenergia-dai-rifiuti-ora-e-alla-portata-di-tutti/?refresh_ce=1
- Ulivieri, V. (2017, March 16). La sfida del *pellet*: più efficienza e meno inquinamento. *La Repubblica*. Retrieved from https://www.repubblica.it/economia/rapporti/osserva-italia/le-storie/2017/03/16/news/la_sfida_del_pellet_piu_efficienza_e_meno_inquinamento-160669512/
- Veneto Agricoltura. (2015). *Studio di fattibilità alla filiera legno-energia nel territorio dei quattro Comuni di Badia Calavena (VR), Crespadoro (VI), Recoaro Terme (VI) e Selva di Progno (VR)*.
- Viale, G. (2000). *Un mondo usa e getta: la civiltà dei rifiuti e i rifiuti della civiltà*. (Feltrinelli, Ed.). Milano.
- Zinoni, F. (2015). Biomasse e riscaldamento, tra opportunità e rischio. *Ecoscienza*, 5(1), 44–45.

Leggi e normative

- 1993. Decreto del Presidente della Repubblica 26.08.1993 n. 412. Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia. Gazzetta ufficiale n. 242, supplemento ordinario, 14 novembre
- 2006. Decreto legislativo 3.4.2006 n. 152. Norme in materia ambientale. Gazzetta ufficiale n.88, supplemento ordinario, 14 aprile.
- 2009. Direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE. Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea, 5 aprile
- 2010. Decreto legislativo 13.8.2010 n. 155. Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa. Gazzetta Ufficiale n. 216, supplemento ordinario, 28 settembre
- 2011. Decreto legislativo 3.3.2011 n. 28. Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE. Gazzetta Ufficiale n. 71, supplemento ordinario, 28 marzo
- 2013. Accordo di programma per l'adozione coordinata e congiunta di misure per il miglioramento della qualità dell'aria nel Bacino Padano 19.12.2013
- 2015. Regolamento UE 28.04.2015 n. 1189 recante modalità di applicazione della direttiva 2009/125/CE del Parlamento europeo e del Consiglio in merito alle specifiche per la progettazione ecocompatibile delle caldaie a combustibile solido Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea, 21 luglio
- 2017. Nuovo Accordo di programma per l'adozione coordinata e congiunta di misure per il miglioramento della qualità dell'aria nel Bacino Padano 7.6.2017
- 2017. Decreto ministeriale 7.11.2017 n. 186. Regolamento recante la disciplina dei requisiti, delle procedure e delle competenze per il rilascio di una certificazione dei generatori di calore alimentati a biomasse combustibili solide. Gazzetta Ufficiale n. 294, 18 dicembre
- 2019. Protocollo di intesa che istituisce il "Piano d'azione per il miglioramento della qualità dell'aria" 4.6.2019

Siti web

www.aielenergia.it (AIEL)

www.arpat.toscana.it (ARPA Toscana)

www.arpa.veneto.it (Arpa Veneto)

www.climaera.eu (Climaera)

www.esapyronics.com (Esapyronics)

www.fondazionevilupposostenibile.org (Fondazione per lo sviluppo sostenibile)

www.minambiente.it (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare)

www.regioni.it (Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome)

www.teatronaturale.it (Settimanale Telematico di Letture, Visioni e Approfondimenti dal Mondo Rurale)

LOMBARDIA 2017-2018

		OTTOBRE																																
Zona o Comune		1/10	2/10	3/10	4/10	5/10	6/10	7/10	8/10	9/10	10/10	11/10	12/10	13/10	14/10	15/10	16/10	17/10	18/10	19/10	20/10	21/10	22/10	23/10	24/10	25/10	26/10	27/10	28/10	29/10	30/10	31/10		
		dom	lunedì	mar	mer	gio	ven	sab	dom	lunedì	mar	mer	gio	ven	sab	dom	lunedì	mar	mer	gio	ven	sab	dom	lunedì	mar	mer	gio	ven	sab	dom	lunedì	mar		
Milano		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	0	0	0	0	0
Bergamo		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	0	0	0	0	0
Brescia		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	0	0	0	0	0
Como		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Cremona		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	0	0	0	0	0
Lecco		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Lodi		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	0	0	0	0	0
Mantova		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	0	0	0	0	0
Monza e Brianza		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	0	0	0	0	0
Pavia		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Varese		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0

		NOVEMBRE																															
Zona o Comune		1/11	2/11	3/11	4/11	5/11	6/11	7/11	8/11	9/11	10/11	11/11	12/11	13/11	14/11	15/11	16/11	17/11	18/11	19/11	20/11	21/11	22/11	23/11	24/11	25/11	26/11	27/11	28/11	29/11	30/11		
		mer	gio	ven	sab	dom	lunedì	mar	mer	gio	ven	sab	dom	lunedì	mar	mer	gio	ven	sab	dom	lunedì	mar	mer	gio	ven	sab	dom	lunedì	mar	mer	gio		
Milano		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	
Bergamo		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Brescia		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Como		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cremona		1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Lecco		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lodi		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Mantova		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Monza e Brianza		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pavia		1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Varese		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

		DICEMBRE																															
Zona o Comune		1/12	2/12	3/12	4/12	5/12	6/12	7/12	8/12	9/12	10/12	11/12	12/12	13/12	14/12	15/12	16/12	17/12	18/12	19/12	20/12	21/12	22/12	23/12	24/12	25/12	26/12	27/12	28/12	29/12	30/12	31/12	
		ven	sab	dom	lunedì	mar	mer	gio	ven	sab	dom	lunedì	mar	mer	gio	ven	sab	dom	lunedì	mar	mer	gio	ven	sab	dom	lunedì	mar	mer	gio	ven	sab	dom	
Milano		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
Bergamo		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
Brescia		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Como		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
Cremona		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
Lecco		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
Lodi		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
Mantova		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
Monza e Brianza		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
Pavia		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
Varese		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1

		GENNAIO																															
Zona o Comune		1/1	2/1	3/1	4/1	5/1	6/1	7/1	8/1	9/1	10/1	11/1	12/1	13/1	14/1	15/1	16/1	17/1	18/1	19/1	20/1	21/1	22/1	23/1	24/1	25/1	26/1	27/1	28/1	29/1	30/1	31/1	
		lunedì	mar	mer	gio	ven	sab	dom	lunedì	mar	mer	gio	ven	sab	dom	lunedì	mar	mer	gio	ven	sab	dom	lunedì	mar	mer	gio	ven	sab	dom	lunedì	mar	mer	
Milano		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Bergamo		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Brescia		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Como		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cremona		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lecco		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lodi		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mantova		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Monza e Brianza		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pavia		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Varese		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

		FEBBRAIO																														
Zona o Comune		1/2	2/2	3/2	4/2	5/2	6/2	7/2	8/2	9/2	10/2	11/2	12/2	13/2	14/2	15/2	16/2	17/2	18/2	19/2	20/2	21/2	22/2	23/2	24/2	25/2	26/2	27/2	28/2			
		gio	ven	sab	dom	lunedì	mar	mer	gio	ven	sab	dom	lunedì	mar	mer	gio	ven	sab	dom	lunedì	mar	mer	gio	ven	sab	dom	lunedì	mar	mer			
Milano		0	0	0	0	0																										

LOMBARDIA 2018-2019

OTTOBRE

Calendar grid for October showing days of the month (1/10 to 31/10) and locations (Zona o Comune) with numerical data points for each day.

NOVEMBRE

Calendar grid for November showing days of the month (1/11 to 30/11) and locations (Zona o Comune) with numerical data points for each day.

DICEMBRE

Calendar grid for December showing days of the month (1/12 to 31/12) and locations (Zona o Comune) with numerical data points for each day.

GENNAIO

Calendar grid for January showing days of the month (1/1 to 31/1) and locations (Zona o Comune) with numerical data points for each day.

FEBBRAIO

Calendar grid for February showing days of the month (1/2 to 28/2) and locations (Zona o Comune) with numerical data points for each day.

MARZO

Calendar grid for March showing days of the month (1/3 to 31/3) and locations (Zona o Comune) with numerical data points for each day.

Allegato B: Comuni Accordo Bacino Padano

REGIONE EMILIA-ROMAGNA			
Comune	Provincia	Regione	Famiglie 2018
Comuni con più di 30000 abitanti			
Carpi	Modena	Emilia-Romagna	30.489
Castelfranco Emilia	Modena	Emilia-Romagna	13.729
Cento	Ferrara	Emilia-Romagna	14.914
Cesena	Forli-Cesena	Emilia-Romagna	47.215
Faenza	Ravenna	Emilia-Romagna	26.186
Ferrara	Ferrara	Emilia-Romagna	64.875
Forlì	Forli-Cesena	Emilia-Romagna	52.529
Lugo	Ravenna	Emilia-Romagna	14.477
Formigine	Modena	Emilia-Romagna	14.279
Modena	Modena	Emilia-Romagna	84.572
Parma	Parma	Emilia-Romagna	92.295
Piacenza	Piacenza	Emilia-Romagna	48.289
Ravenna	Ravenna	Emilia-Romagna	74.217
Reggio nell'Emilia	Reggio nell'Emilia	Emilia-Romagna	78.839
Riccione	Rimini	Emilia-Romagna	16.305
Rimini	Rimini	Emilia-Romagna	66.601
Sassuolo	Modena	Emilia-Romagna	17.303
Agglomerato urbano bolognese			
Argelato	Bologna	Emilia-Romagna	4.357
Calderara di Reno	Bologna	Emilia-Romagna	5.925
Casalecchio di Reno	Bologna	Emilia-Romagna	17.629
Castel Maggiore	Bologna	Emilia-Romagna	8.328
Castenaso	Bologna	Emilia-Romagna	6.882
Granarolo dell'Emilia	Bologna	Emilia-Romagna	5.405
Ozzano dell'Emilia	Bologna	Emilia-Romagna	6.106
Pianoro	Bologna	Emilia-Romagna	7.986
Sasso Marconi	Bologna	Emilia-Romagna	6.704
San Lazzaro di Savena	Bologna	Emilia-Romagna	15.189
Zola Predosa	Bologna	Emilia-Romagna	8.705
Bologna	Bologna	Emilia-Romagna	207.586
Imola	Bologna	Emilia-Romagna	31.563
Comuni volontari			
Fiorano Modenese	Modena	Emilia-Romagna	6.725
Maranello	Modena	Emilia-Romagna	7.112
Rubiera	Reggio nell'Emilia	Emilia-Romagna	6.251
Coriano	Rimini	Emilia-Romagna	4.272
Gossolengo	Piacenza	Emilia-Romagna	2.406
Finale Emilia	Modena	Emilia-Romagna	6.689
Fontanellato	Parma	Emilia-Romagna	2.961
Montiano	Forli-Cesena	Emilia-Romagna	698
Sarmato	Piacenza	Emilia-Romagna	1.215
REGIONE VENETO			
Comune	Provincia	Regione	Famiglie 2018
Comune con più di 30,000 abitanti			
Bassano del Grappa	Vicenza	Veneto	19.181
Belluno	Belluno	Veneto	17.172
Castelfranco Veneto	Treviso	Veneto	14.285
Chioggia	Venezia	Veneto	21.749
Conegliano	Treviso	Veneto	15.927
Montebelluna	Treviso	Veneto	12.708
Rovigo	Rovigo	Veneto	24.065
San Donà di Piave	Venezia	Veneto	17.553
Schio	Vicenza	Veneto	17.352
Agglomerato Treviso			
Carbonera	Treviso	Veneto	4.733
Casale sul Sile	Treviso	Veneto	5.356
Casier	Treviso	Veneto	4.686
Mogliano Veneto	Treviso	Veneto	12.207
Paese	Treviso	Veneto	8.610
Ponzano Veneto	Treviso	Veneto	5.255
Preganziol	Treviso	Veneto	7.205
Quinto di Treviso	Treviso	Veneto	4.057
Roncade	Treviso	Veneto	5.795
Silea	Treviso	Veneto	4.340
Treviso	Treviso	Veneto	39.278
Villorba	Treviso	Veneto	7.677
Zero Branco	Treviso	Veneto	4.434

continua

Agglomerato Padova			
Abano Terme	Padova	Veneto	9.373
Albignasego	Padova	Veneto	11.107
Cadoneghe	Padova	Veneto	6.691
Casalserugo	Padova	Veneto	5.747
Legnaro	Padova	Veneto	3.687
Limena	Padova	Veneto	3.341
Masera' di Padova	Padova	Veneto	3.731
Mestrino	Padova	Veneto	4.715
Noventa Padovana	Padova	Veneto	5.057
Padova	Padova	Veneto	101.800
Ponte San Nicolo'	Padova	Veneto	5.783
Rubano	Padova	Veneto	6.723
Saccolongo	Padova	Veneto	1.953
Saonara	Padova	Veneto	4.112
Selvazzano Dentro	Padova	Veneto	9.665
Vigodarzere	Padova	Veneto	5.318
Vigonza	Padova	Veneto	9.356
Villafranca Padovana	Padova	Veneto	3.944
Agglomerato Venezia			
Marcon	Venezia	Veneto	7.442
Martellago	Venezia	Veneto	8.805
Mira	Venezia	Veneto	16.573
Quarto d'Altino	Venezia	Veneto	3.443
Scorzè	Venezia	Veneto	7.640
Spinea	Venezia	Veneto	12.362
Venezia	Venezia	Veneto	128.251
Agglomerati Verona			
Bussolengo	Verona	Veneto	8.232
Buttapietra	Verona	Veneto	2.812
Castel d'Azzano	Verona	Veneto	4.786
Fumane	Verona	Veneto	1.645
Grezzana	Verona	Veneto	4.328
Lavagno	Verona	Veneto	3.454
Mezzane di sotto	Verona	Veneto	927
Negrar	Verona	Veneto	6.970
Pescantina	Verona	Veneto	7.061
San Giovanni Lupatoto	Verona	Veneto	10.551
San Martino Buon Albergo	Verona	Veneto	6.396
San Pietro in Carignano	Verona	Veneto	5.257
Sommacampagna	Verona	Veneto	5.885
Sona	Verona	Veneto	7.300
Verona	Verona	Veneto	122.725
Villafranca di Verona	Verona	Veneto	13.227
Agglomerato Vicenza			
Altavilla Vicentina	Vicenza	Veneto	5.173
Arzignano	Vicenza	Veneto	10.755
Bolzano Vicentino	Vicenza	Veneto	2.599
Brendola	Vicenza	Veneto	2.526
Caldogno	Vicenza	Veneto	4.488
Chiamò	Vicenza	Veneto	4.981
Costabissara	Vicenza	Veneto	3.153
Creazzo	Vicenza	Veneto	4.780
Dueville	Vicenza	Veneto	5.675
Longare	Vicenza	Veneto	2.294
Lonigo	Vicenza	Veneto	6.582
Montebello Vicentino	Vicenza	Veneto	2.814
Montecchio Maggiore	Vicenza	Veneto	9.791
Monteviale	Vicenza	Veneto	1.207
Monticello Conte Otto	Vicenza	Veneto	3.718
Montorso Vicentino	Vicenza	Veneto	1.221
Quinto Vicentino	Vicenza	Veneto	2.287
Sarego	Vicenza	Veneto	2.587
Sovizzo	Vicenza	Veneto	3.114
Torri di Quartesolo	Vicenza	Veneto	4.771
Vicenza	Vicenza	Veneto	51.836
Zermeghedo	Vicenza	Veneto	541

continua

Comuni volontari			
Bovolone	Verona	Veneto	6.318
Legnago	Verona	Veneto	10.531
Tribano	Padova	Veneto	1.725
Piove di Sacco	Padova	Veneto	8.404
Sant'Ambrogio di Valpolicella	Verona	Veneto	5.092
Cavaion Veronese	Verona	Veneto	2.552
San Fior	Treviso	Veneto	2.812
Este	Padova	Veneto	7.081
Monselice	Padova	Veneto	7.345
REGIONE LOMBARDIA			
Comune	Provincia	Regione	Famiglie 2018
Agglomerato Bergamo			
Bergamo	Bergamo	Lombardia	58.696
Boltiere	Bergamo	Lombardia	2.537
Dalmine	Bergamo	Lombardia	10.150
Osio Sopra	Bergamo	Lombardia	2.126
Osio Sotto	Bergamo	Lombardia	5.108
Ponteranica	Bergamo	Lombardia	2.978
Ranica	Bergamo	Lombardia	2.543
Agglomerato Brescia			
Borgosatollo	Brescia	Lombardia	3.800
Bovezzo	Brescia	Lombardia	3.358
Brescia	Brescia	Lombardia	94.104
Castenedolo	Brescia	Lombardia	4.764
Gussago	Brescia	Lombardia	6.954
Rezzato	Brescia	Lombardia	5.809
Agglomerato Milano			
Milano	Milano	Lombardia	750.051
Paderno Dugnano	Milano	Lombardia	20.356
Bollate	Milano	Lombardia	16.068
Canegrate	Milano	Lombardia	5.350
Cernusco sul Naviglio	Milano	Lombardia	14.842
Cinisello Balsamo	Milano	Lombardia	33.593
Cologno Monzese	Milano	Lombardia	20.484
Corsico	Milano	Lombardia	16.117
Legnano	Milano	Lombardia	26.333
Pioltello	Milano	Lombardia	15.528
Rho	Milano	Lombardia	23.372
Rozzano	Milano	Lombardia	18.374
San Donato Milanese	Milano	Lombardia	14.547
Segrate	Milano	Lombardia	15.814
Sesto San Giovanni	Milano	Lombardia	39.482
Arese	Milano	Lombardia	8.395
Pero	Milano	Lombardia	5.091
Brugherio	Monza e Brianza	Lombardia	14.984
Cesano Maderno	Monza e Brianza	Lombardia	16.779
Desio	Monza e Brianza	Lombardia	17.896
Limbate	Monza e Brianza	Lombardia	14.813
Lissone	Monza e Brianza	Lombardia	20.133
Monza	Monza e Brianza	Lombardia	56.429
Seregno	Monza e Brianza	Lombardia	19.640
Vimercate	Monza e Brianza	Lombardia	11.672
Busto Arsizio	Varese	Lombardia	36.823
Cantù	Como	Lombardia	16.731
Como	Como	Lombardia	39.096
Gallarate	Varese	Lombardia	23.651
Saronno	Varese	Lombardia	17.840
Varese	Varese	Lombardia	37.209
Zona A (Pianura ad elevata urbanizzazione)			
Lecco	Lecco	Lombardia	21.925
Lodi	Lodi	Lombardia	20.762
Crema	Cremona	Lombardia	15.725
Mantova	Mantova	Lombardia	23.973
Pavia	Pavia	Lombardia	36.414
Vigevano	Pavia	Lombardia	28.291
Chiari	Brescia	Lombardia	7.772
Nuvolera	Brescia	Lombardia	1.882
Abbiategrosso	Milano	Lombardia	14.058
San Giuliano Milanese	Milano	Lombardia	16.584
Mazzano	Brescia	Lombardia	5.175

Allegato C: Parco installato e consumo annuo

Tipologia	Biocombustibile	FT/P	rispetto Italia	Emilia-Romagna	Lombardia	Veneto	
apparecchi domestici	Camino aperto	legna da ardere	aria	28%	60.351	80.346	92.596
	Inserto	legna da ardere	aria	10%	22.238	29.606	34.120
	Inserto	legna da ardere	acqua	5%	9.991	13.300	15.328
	Inserto	<i>pellet</i>	aria	1%	2.829	3.766	4.340
	Inserto	<i>pellet</i>	acqua	0%	516	687	791
	stufa	legna da ardere	aria	17%	37.352	49.726	57.308
	stufa	legna da ardere	acqua	2%	4.240	5.645	6.506
	stufa	<i>pellet</i>	aria	21%	45.576	60.675	69.926
	stufa	<i>pellet</i>	acqua	4%	8.926	11.884	13.695
	cucina	legna da ardere	aria	6%	13.415	17.860	20.583
	cucina	legna da ardere	acqua	1%	2.300	3.062	3.529
	cucina	<i>pellet</i>	aria	0%	198	264	304
	cucina	<i>pellet</i>	acqua	0%	15	20	23
	ibrido	legna pellet	aria	0%	272	362	417
	ibrido	legna pellet	acqua	0%	333	443	511
caldaie	caldaia	legna da ardere	<35kW	1%	1.312	1.747	2.013
	caldaia	<i>pellet</i>	<35kW	2%	3.439	4.578	5.276
	caldaia	cippato	<35kW	0%	60	80	92
	caldaia	legna da ardere	36-100 kW	0%	226	301	347
	caldaia	<i>pellet</i>	36-100 kW	0%	387	516	594
	caldaia	cippato	36-100 kW	0%	133	176	203
	caldaia	legna da ardere	101-500 kW	0%	4	6	6
	caldaia	<i>pellet</i>	101-500 kW	0%	35	46	53
	caldaia	cippato	101-500 kW	0%	92	122	141
	caldaia	legna da ardere	501-1000 kW	0%	1	1	1
	caldaia	<i>pellet</i>	501-1000 kW	0%	3	3	4
	caldaia	cippato	501-1000 kW	0%	26	35	40
	caldaia	legna da ardere	>1000 kW	0%	0	0	0
	caldaia	<i>pellet</i>	>1000 kW	0%	1	1	1
	caldaia	cippato	>1000 kW	0%	13	18	21