



# ALLEGATO C

## Analisi dei consumi energetici e riduzioni emissive ottenibili



Il Presente documento riporta gli esiti dello Studio particolareggiato sull'analisi dei consumi energetici e delle riduzioni emissive ottenibili, nell'ambito del riscaldamento civile, a supporto del Nuovo Piano della Qualità dell'Aria, realizzato dal Dipartimento di Energia del Politecnico di Torino.

Il seguente documento, pur facendo parte di un unico allegato, è sostanzialmente composto da tre documenti distinti:

- Valutazione dei contributi emissivi del settore residenziale in relazione agli scenari del Piano Energetico-Ambientale Regionale (PEAR) – Primo report di avanzamento attività. Il presente report include una prima analisi, in termini energetici ed emissivi, dello Scenario Regionale.

- Valutazione dei contributi emissivi del settore residenziale in relazione agli scenari del Piano Energetico-Ambientale Regionale (PEAR) – Secondo report di avanzamento attività. Il presente report include di conseguenza un confronto dei dati di superficie delle abitazioni tra le due fonti dati individuate (ISTAT e ACE-APE) ed una prima analisi, in termini energetici ed emissivi, di interventi mirati al contenimento del consumo di biomasse.

- Analisi comparata degli scenari di pianificazione del settore residenziale - Rapporto finale. Il documento riassume le attività di stima del fabbisogno energetico per riscaldamento del parco edilizio residenziale Piemontese elaborate nello studio “Piano di Qualità dell'Aria. Studio dei contributi emissivi del settore residenziale” e valuta una serie di azioni, coordinate con il Settore Emissioni e Rischi Ambientali e il Settore Sviluppo Energetico Sostenibile di Regione Piemonte, adottabili con l'obiettivo di ridurre le emissioni di inquinanti del settore, con priorità verso ossidi di azoto e particolato.



**POLITECNICO  
DI TORINO**

Dipartimento Energia

Regione Piemonte

Direzione Ambiente, Governo e Tutela del territorio

Settore Emissioni e Rischi Ambientali

## **Piano Regionale di Qualità dell'Aria**

### **Valutazione dei contributi emissivi del settore residenziale in relazione agli scenari del Piano Energetico-Ambientale Regionale (PEAR)**

## **Primo report di avanzamento attività**



**POLITECNICO  
DI TORINO**

Dipartimento Energia

## Sommario

|                                                                                   |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>Introduzione.....</b>                                                          | <b>2</b> |
| Premessa.....                                                                     | 2        |
| Oggetto del documento.....                                                        | 2        |
| <b>Analisi di scenario.....</b>                                                   | <b>3</b> |
| Stime di riduzione del fabbisogno energetico regionale.....                       | 4        |
| Integrazioni allo Scenario Regionale.....                                         | 4        |
| Potenziale di riduzione del fabbisogno energetico regionale.....                  | 5        |
| Stime di riduzione delle emissioni.....                                           | 7        |
| Nuovo edificato.....                                                              | 7        |
| Ristrutturazioni e miglioramenti energetici.....                                  | 7        |
| Valvole termostatiche.....                                                        | 7        |
| Teleriscaldamento (nuove reti e interventi di gestione).....                      | 7        |
| FERc – Pompe di calore.....                                                       | 7        |
| Valutazioni di integrabilità delle misure di scenario nel modello di calcolo..... | 11       |

## Gruppo di lavoro

**Gruppo di ricerca in Sistemi per l'Energia e  
l'Ambiente**



ing. Alberto Poggio

Responsabile scientifico

ing. Giulio Cerino Abdin

dott. Andrea Crocetta



**POLITECNICO  
DI TORINO**

Dipartimento Energia

ing. Luca Degiorgis  
ing. Matteo Jarre  
ing. Michel Noussan





**POLITECNICO  
DI TORINO**

Dipartimento Energia

## Introduzione

### Premessa

A seguito dell'acquisizione da parte del gruppo di lavoro dei fogli di calcolo dei potenziali regionali di risparmio energetico al 2030, così come definiti dal Settore Sviluppo Energetico Sostenibile della Regione Piemonte, è stato avviato un primo confronto con i referenti dell'Ente. Tale attività ha condotto ad una parziale revisione, effettuata dagli stessi funzionari regionali, degli scenari precedentemente elaborati.

Il nuovo livello previsionale così definito, in seguito denominato “Scenario Regionale”, è quindi divenuto il riferimento per le attività di contratto.

### Oggetto del documento

Il presente report include una prima analisi, in termini energetici ed emissivi, dello Scenario Regionale.

Inizialmente i dataset e le elaborazioni dello Scenario sono stati esaminati in dettaglio e quindi fatti oggetto di una integrazione, resa opportuna dalla disponibilità di dati di partenza maggiormente precisi e dalla presenza di refusi nei calcoli. La conseguente revisione delle potenzialità territoriali di risparmio energetico è stata denominata “Scenario Integrazione PoliTO”.

In seguito, per entrambi gli scenari, è stato definito il contributo in termini di riduzione potenziale delle emissioni (PTS e NO<sub>x</sub>), a livello regionale.



**POLITECNICO  
DI TORINO**

Dipartimento Energia

Si propongono quindi i risultati di tale prima analisi come base per la definizione congiunta, tra Regione Piemonte e Politecnico di Torino-gruppo di ricerca ReSEArch, dei livelli obiettivo di riduzione delle emissioni e per l'identificazione di eventuali ulteriori misure da simulare e tradurre in potenziali riduzioni emissive, come da attività di contratto.



**POLITECNICO  
DI TORINO**

Dipartimento Energia

## **Analisi di scenario**





## Stime di riduzione del fabbisogno energetico regionale

La definizione di scenari emissivi realistici richiede dati di fabbisogno energetico affidabili e verificabili, ripartiti per fonte/vettore e spazializzati sul territorio. Il modello di calcolo realizzato da Politecnico di Torino-gruppo di ricerca ReSEArch è divenuto base analitica per la definizione degli scenari emissivi del PRQA, fondandosi su dati censuari e su una taratura con consumi reali di combustibili/energia, garantisce sia i predetti requisiti di affidabilità e verificabilità, sia la ripartizione per fonte/vettore e geografica dei consumi, con un approccio bottom-up di dettaglio.

Conseguentemente l'analisi dello Scenario Regionale è stata condotta con il duplice obiettivo di compiere una prima valutazione emissiva delle misure proposte dal Settore Sviluppo Energetico Sostenibile e di verificare le possibilità di integrazione di tali misure (in termini di tipologia ed entità dei relativi effetti energetici) nel modello di calcolo elaborato dal gruppo di ricerca.

### Integrazioni allo Scenario Regionale

L'esame di dettaglio dello Scenario Regionale ha evidenziato l'opportunità di alcune integrazioni, che sono state pertanto apportate, in quattro ambiti distinti:

- aggiornamento del dato di fabbisogno termico globale delle prime case. Tale dato di fabbisogno è stato incrementato da 2.662 kTEP a 2.757 kTEP, impiegando la più recente stima fornita dal modello di calcolo elaborato su base ISTAT. [effetto: incremento del parametro di fabbisogno a m<sup>2</sup> del patrimonio esistente];
- revisione del dato relativo alla superficie netta delle abitazioni (prima casa). Il dato di superficie totale è stato portato da 125.415.000 m<sup>2</sup> a 186.250.000 m<sup>2</sup>, sulla base dei dati ricavabili



dai censimenti ISTAT 2001<sup>1</sup> e 2011<sup>2</sup>. [effetto: decremento del parametro di fabbisogno a m<sup>2</sup> del patrimonio esistente];

- introduzione, nel calcolo del parametro di fabbisogno a m<sup>2</sup> del patrimonio esistente, di una prima stima su base statistica dei consumi di ACS, posta pari al 10% dei consumi per riscaldamento. L'integrazione è risultata necessaria per riportare correttamente il dato di fabbisogno attuale (2.757 kTEP totali), relativo al solo riscaldamento, ai dati di confronto desunti dagli ACE/APE, che includono l'ACS [effetto: incremento del parametro di fabbisogno a m<sup>2</sup> del patrimonio esistente];
- valutazione della quota di FER-C in ambito di ristrutturazione edilizia sulla base del fabbisogno globale dell'abitazione e non della sola differenza tra la situazione ante e post-operam. Si tratta di una banale correzione di un refuso nelle formule nel foglio di calcolo regionale [effetto: incremento delle FER-C nelle ristrutturazioni].

L'effetto congiunto delle prime tre integrazioni in elenco è un decremento netto del parametro di fabbisogno a m<sup>2</sup> del patrimonio esistente, laddove la quarta incrementa invece le FER-C attese nelle ristrutturazioni.

Nel complesso tali integrazioni delineano uno Scenario Integrazione PoliTO, mero aggiornamento dello Scenario Regionale.

---

1

Pari a circa 164Mm<sup>2</sup>:  
a1=u0GG0c0I0&a2=m00Y8048f8&n=1UH94I09OG0&v=1UH0MM09OH20000

<http://dawinci.istat.it/jsp/MD/dawinciMD.jsp?>

2

Stima ricavata dai microdati ISTAT forniti da Regione Piemonte; dato complessivo non ancora rilasciato su piattaforma online



## Potenziale di riduzione del fabbisogno energetico regionale

Lo Scenario Integrazione PoliTO riduce significativamente i potenziali risparmi energetici regionali stimati nello Scenario Regionale, dal momento che gli effetti energetici del nuovo costruito e delle ristrutturazioni sono, in entrambi, valutati come differenza tra il fabbisogno medio a m<sup>2</sup> del patrimonio edilizio esistente e il fabbisogno medio a m<sup>2</sup> degli edifici nuovi/ristrutturati.

L'incremento delle FER-C è compensato da una pari ed opposta riduzione delle pompe di calore installate al di fuori di nuovi edifici e ristrutturazioni, dal momento che il totale delle due voci è imposto come costante nelle valutazioni regionali.

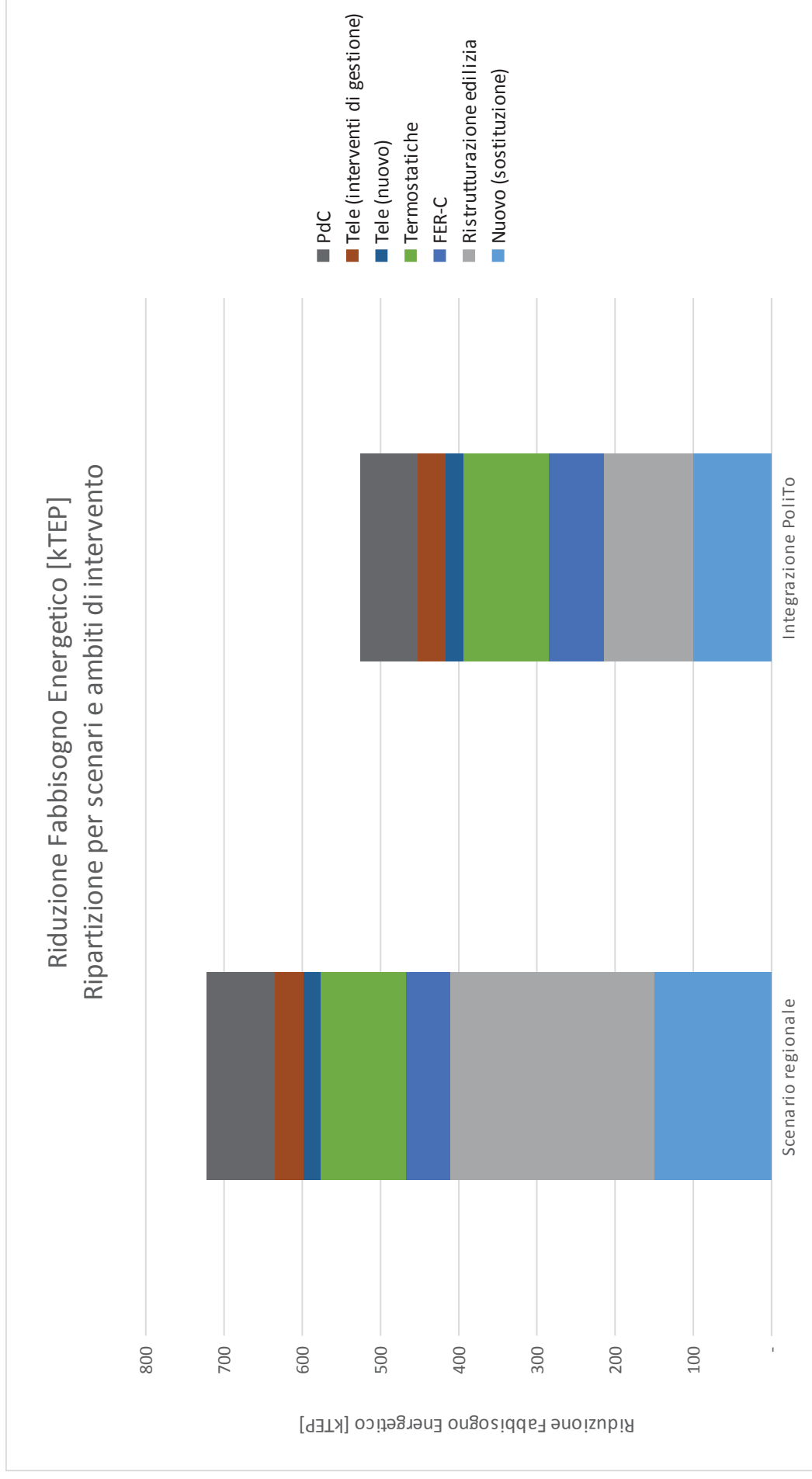
Il dettaglio per lo Scenario Regionale e lo Scenario Integrazione PoliTO è riportato nella tabella a seguire, secondo la ripartizione delle differenti misure previste:

**Tabella 1** - Potenziali di riduzione del fabbisogno energetico globale regionale (residenziale, base annua) [kTEP]

| Fabbisogno energetico [kTEP] | Risparmio % sul fabbisogno | Risparmio globale | Nuovo (sostituzione) | Ristrutt. edilizia | FER-C | Valvole termost | TLR (nuovo) | TLR (gestione) | PdC |
|------------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|--------------------|-------|-----------------|-------------|----------------|-----|
| Scenario regionale           | 26%                        | 722               | 150                  | 261                | 56    | 110             | 22          | 36             | 87  |
| Integrazione PoliTo          | 19%                        | 526               | 101                  | 114                | 70    | 110             | 22          | 36             | 73  |

Complessivamente i potenziali di risparmio energetico stimabili si riducono di circa 200 kTEP nel passaggio dallo Scenario Regionale allo Scenario Integrazione PoliTO. Il risparmio potenziale delle azioni individuate dal Settore Sviluppo Energetico Sostenibile della Regione Piemonte si attesta a circa un quinto dell'attuale fabbisogno energetico residenziale per riscaldamento e ACS (prime case).

Il confronto tra scenari è posto graficamente nella figura seguente; risulta evidente il marcato decremento di potenziale per le ristrutturazioni edilizie.



**Figura 1 \_** Potenziali di riduzione del fabbisogno energetico globale regionale nel settore residenziale (base annua) [kTEP]

## Stime di riduzione delle emissioni

Le potenziali riduzioni delle emissioni nel settore residenziale sono state quantificate sulla base dei risparmi energetici conseguibili, riconducendoli a specifiche tipologie di edifici. In tal modo è stato possibile impiegare medie pesate dei fattori di emissione in base alla reale diffusione d'uso dei differenti combustibili nel campione di edifici considerato. La ridistribuzione degli interventi sugli edifici è avvenuta sulla base dei criteri descritti nei paragrafi seguenti:

### Nuovo edificato

Nell'ipotesi che il nuovo edificato sostituisca pari volumetria del parco edifici esistente, la riduzione dei consumi energetici è stata attribuita all'insieme del costruito, senza driver specifici. Di conseguenza la riduzione delle emissioni è stata calcolata sulla base di un fattore emissivo medio del parco esistente (riduzione delle emissioni per fonte proporzionale alla sua rappresentatività nei consumi).

### Ristrutturazioni e miglioramenti energetici

Non sono stati verificati driver geografici sulla base degli APE. Di conseguenza la riduzione dei consumi energetici è stata attribuita all'insieme del costruito e si è proceduto come nel precedente punto.

### Valvole termostatiche

L'effetto è stato integralmente attribuito al patrimonio edilizio esistente dotato di impianti di riscaldamento centralizzati. All'interno di tale campione la riduzione delle emissioni di una data fonte è avvenuta proporzionalmente alla sua rappresentatività nei consumi.

### Teleriscaldamento (nuove reti e interventi di gestione)

Dal momento che entrambi gli interventi renderebbero possibile l'allaccio di edifici non ancora raggiunti dal TLR, la riduzione dei consumi residenziali è stata attribuita agli edifici del comune di Torino dotati di impianti centralizzati e non ancora allacciati al TLR. All'interno di tale campione la riduzione delle emissioni di una data fonte è avvenuta proporzionalmente alla sua rappresentatività nei consumi (pur rilevando una presenza quasi esclusiva di gas naturale).

## **FERc – Pompe di calore**

Nell'ipotesi di considerare, oltre a condizionatori bivalenti, anche e soprattutto caldaie ibride, l'effetto è stato integralmente attribuito al patrimonio edilizio esistente dotato di impianti di riscaldamento autonomi. All'interno di tale campione la riduzione delle emissioni di una data fonte è avvenuta proporzionalmente alla sua rappresentatività nei consumi.



I risultati in termini di riduzione potenziale di PTS e NO<sub>x</sub> sono riportati nelle tabelle a seguire:

**Tabella 2** - Riduzione potenziale su base annua delle Polveri Totali Sospese in ambito regionale [t]

| PTS [t]             | Riduzione % sulle emissioni | Riduzione globale | Nuovo (sostituzione) | Ristrutt. edilizia | FER-C | Valvole termost. | TLR (nuovo) | TLR (gestione) | PdC |
|---------------------|-----------------------------|-------------------|----------------------|--------------------|-------|------------------|-------------|----------------|-----|
| Scenario regionale  | 23%                         | 1.837             | 437                  | 760                | 163   | 52               | 1           | 1              | 424 |
| Integrazione PoliTo | 15%                         | 1.238             | 293                  | 333                | 204   | 52               | 1           | 1              | 355 |

**Tabella 3** - Riduzione potenziale su base annua degli Ossidi di Azoto in ambito regionale [t]

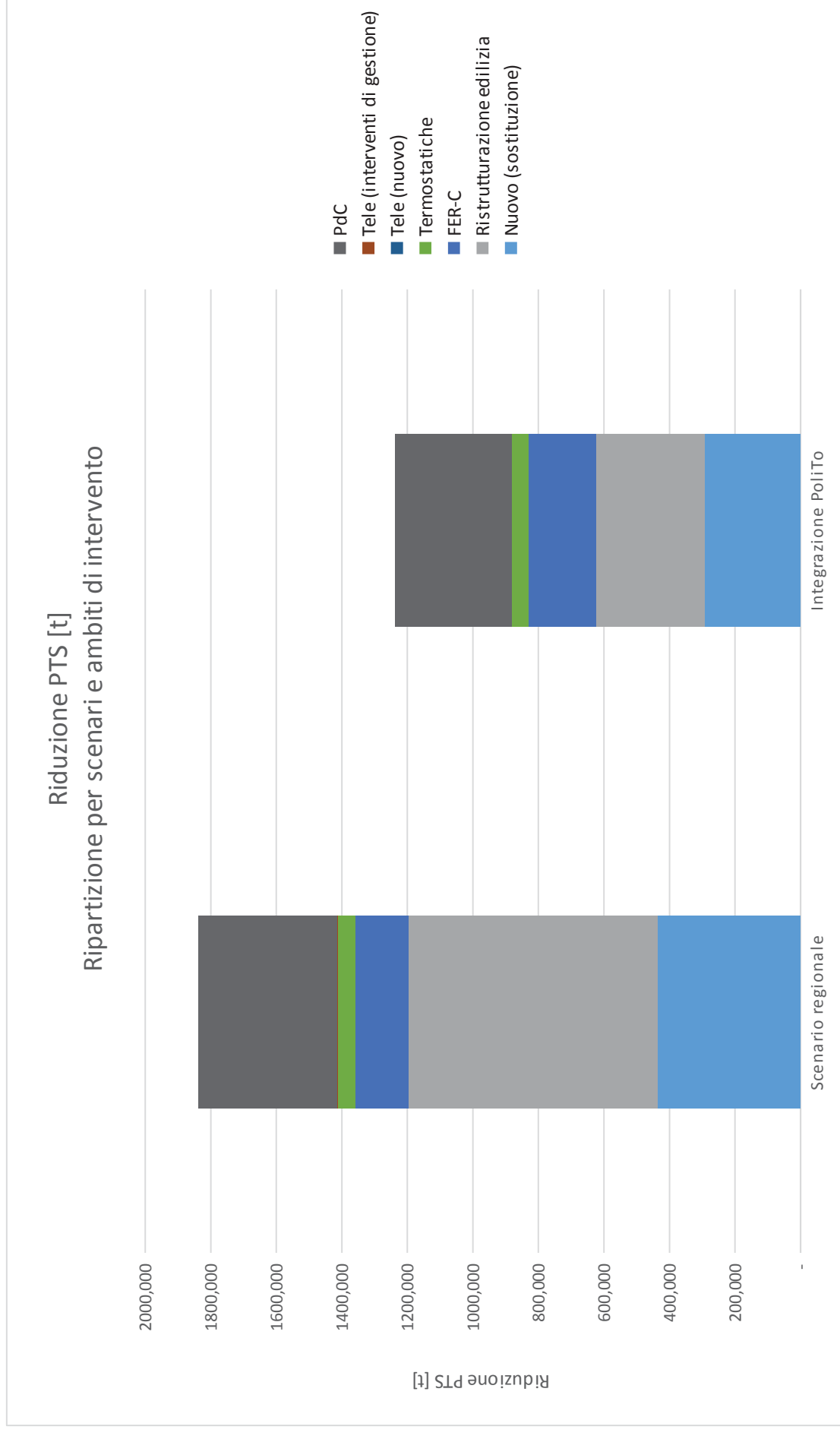
| NO <sub>x</sub> [t] | Riduzione % sulle emissioni | Riduzione globale | Nuovo (sostituzione) | Ristrutt. edilizia | FER-C | Valvole termost. | TLR (nuovo) | TLR (gestione) | PdC |
|---------------------|-----------------------------|-------------------|----------------------|--------------------|-------|------------------|-------------|----------------|-----|
| Scenario regionale  | 25%                         | 1.266             | 271                  | 471                | 101   | 151              | 32          | 53             | 187 |
| Integrazione PoliTo | 18%                         | 907               | 181                  | 206                | 126   | 151              | 32          | 53             | 157 |

Poiché, dal confronto tra i due scenari, la principale riduzione dei potenziali di fabbisogno energetico si concentra nelle ristrutturazioni edilizie, anche gli effetti di decremento delle riduzioni delle emissioni risultano significativi. Il patrimonio edilizio esistente nella sua totalità (a cui si applicano gli interventi di ristrutturazione) ricomprende infatti sia generatori a biomassa e gasolio (cui sono imputabili le emissioni di polveri), sia generatori datati e non performanti (responsabili di quote significative di NO<sub>x</sub>).

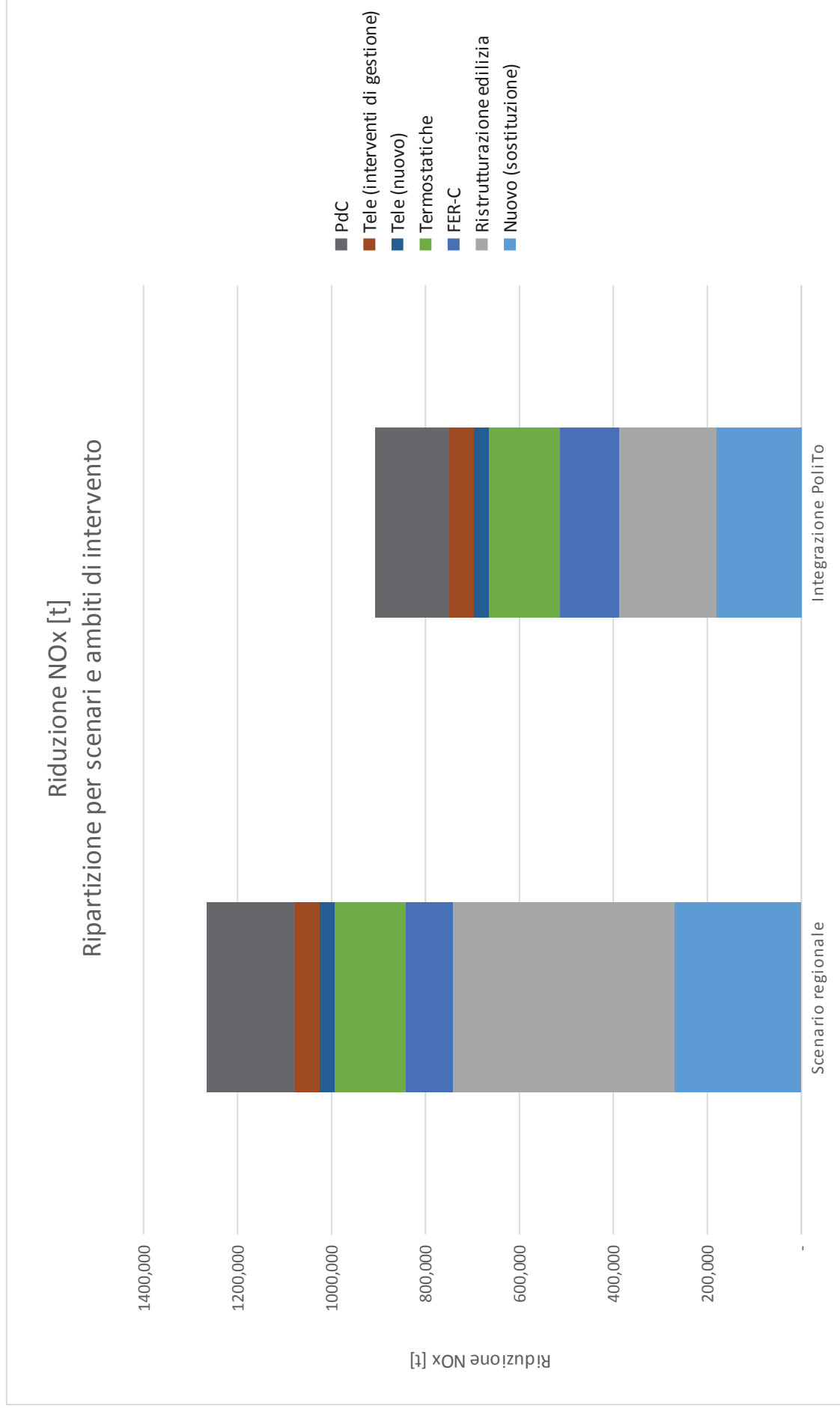
In particolare si rileva come, per entrambi gli inquinanti esaminati, le misure proposte riducano di quote inferiori al 20% le emissioni del settore residenziale.

Operativamente, per simulare gli effetti di ulteriori eventuali misure, occorre quindi definire livelli emissivi target e criteri di preferenzialità geografica delle emissioni, oltre ovviamente al concordare la tipologia e le caratteristiche di tali misure.

A seguire si riporta, per scenario, la ripartizione grafica tra misure proposte dei potenziali effetti di riduzione su base annua di PTS [t] e NO<sub>x</sub> [t]



**Figura 2 \_ Riduzione potenziale su base annua delle Polveri Totali Sospese in ambito regionale, settore residenziale [t]**



**Figura 3 \_ Riduzione potenziale su base annua degli Ossidi di Azoto in ambito regionale, settore residenziale [t]**

## Valutazioni di integrabilità delle misure di scenario nel modello di calcolo

Le misure proposte dal Settore Sviluppo Energetico Sostenibile sono state valutate in termini di compatibilità ed integrabilità nel modello Politecnico di Torino-ReSEArch. Tali considerazioni sono riassunte brevemente nell'elenco seguente:

- Costruzione di nuovo edificio (da ACE/APE): si tratta di un parametro aggiuntivo per il modello (in cui l'evoluzione edilizia è stata definita mediante dati successivi di censimento); di interesse e potenzialmente integrabile, richiede la definizione di driver geografici per la distribuzione sul territorio e la creazione di regole per la sostituzione funzionale di patrimonio esistente.
- Ristrutturazione e interventi di efficienza energetica (da ACE/APE): si tratta di un parametro evolutivo di interesse per il modello, tuttavia le certificazioni energetiche non consentono l'identificazione degli interventi eseguiti; di conseguenza il dato potrebbe essere impiegato con una scala territoriale fine (sezione censuaria o comune) per definire un fattore di incremento dell'efficienza del patrimonio edilizio.
- Installazione di valvole termostatiche: aspetto attualmente incluso dal modello nei rendimenti di regolazione, includendo di conseguenza una quota di dispositivi già installati; la misura può quindi essere introdotta ma con effetti di riduzione dei fabbisogni presumibilmente inferiori alle stime regionali.
- Interventi sul teleriscaldamento torinese: interventi precedentemente non inseriti in modello; a seguito di una verifica di dettaglio sulla base delle simulazioni condotte da ReSEArch sul parco edifici connesso alla rete TLR torinese, la misura potrebbe essere agevolmente integrata.
- Installazione di pompe di calore: appare complessa la simulazione come condizionatori bivalenti affiancati ad un impianto. Tali generatori infatti possono influire solo su parte dell'abitazione, rendendo assai aleatoria una stima del contributo percentuale in riscaldamento; inoltre, laddove installati per il condizionamento estivo con unità esterna a nord e ombreggiata, rendono difficoltosa la definizione di un COP affidabile per il calcolo. Di conseguenza si propende per non integrare la misura e mantenere uno scenario con caldaie ibride. Risulta inoltre da valutare l'attribuzione di tutte le FER-C alla tecnologia pompe di calore.



**POLITECNICO  
DI TORINO**

Dipartimento Energia

**Regione Piemonte**

**Direzione Ambiente, Governo e Tutela del territorio**

**Settore Emissioni e Rischi Ambientali**

**Piano Regionale di Qualità dell'Aria**

**Valutazione dei contributi emissivi del settore residenziale in  
relazione agli scenari del Piano Energetico-Ambientale  
Regionale (PEAR)**

**Secondo report di avanzamento attività**

Novembre 2017



**POLITECNICO  
DI TORINO**

Dipartimento Energia

## Sommario

|                                                              |   |
|--------------------------------------------------------------|---|
| Introduzione.....                                            | 2 |
| Premessa.....                                                | 2 |
| Oggetto del documento.....                                   | 2 |
| Superfici delle abitazioni.....                              | 3 |
| Coibentazione delle abitazioni con utilizzo di biomassa..... | 6 |

## Gruppo di lavoro

**Gruppo di ricerca in Sistemi per l'Energia e  
l'Ambiente**



ing. Alberto Poggio

Responsabile scientifico

ing. Giulio Cerino Abdin

dott. Andrea Crocetta

ing. Luca Degiorgis

ing. Matteo Jarre

ing. Michel Noussan



## Introduzione

### Premessa

Nel corso della riunione svolta il 6 novembre 2017 con il Settore Sviluppo Energetico Sostenibile e il Settore Emissioni e Rischi Ambientali della Regione Piemonte è emersa l'opportunità di confrontare i valori di metri quadri medi delle abitazioni da fonte ISTAT con quelli ricavabili dagli ACE – APE.

Inoltre, evidenziandosi il ruolo essenziale di alcuni semplici interventi di coibentazione sul consumo di biomasse e sulle relative emissioni, è stato richiesto di effettuare una stima, anticipatrice delle simulazioni di scenari complessive, in base al modello di calcolo realizzato da Politecnico di Torino-gruppo di ricerca ReSEArch.

### Oggetto del documento

Il presente report include di conseguenza un confronto dei dati di superficie delle abitazioni tra le due fonti dati individuate (ISTAT e ACE-APE) ed una prima analisi, in termini energetici ed emissivi, di interventi mirati al contenimento del consumo di biomasse.

Si propongono qui i risultati di tali analisi, sottolineando, parimenti a quanto già evidenziato nel corso della riunione citata, come:

- il dato di superficie degli alloggi influenzi scarsamente il modello di calcolo di ReSEArch, risultando invece più rilevante per le quantificazioni elaborate dal Settore Sviluppo Energetico Sostenibile;
- le ipotesi di intervento sulle abitazioni dotate di impianti a biomassa costituiscano un mero stralcio degli scenari da elaborare impiegando il modello di calcolo di ReSEArch e siano ad essi interconnesse; in particolare il modello attualmente fa seguire le ipotesi di coibentazione specifiche per contenere le biomasse a interventi di efficientamento di carattere generale; questi ultimi,





**POLITECNICO  
DI TORINO**

Dipartimento Energia

conformemente agli accordi contrattuali e a quanto concordato nelle riunioni, saranno integrati con le misure identificate dal Settore Sviluppo Energetico Sostenibile, in alcuni casi con un recepimento dei valori regionali (nel caso di TLR o PdC), in altri con un ricalcolo degli effetti (per gli interventi sul costruito, l'installazione di termovalvole, la realizzazione di nuovi edifici); l'attività è in corso e necessita ulteriori, specifici, momenti di confronto.

L'obiettivo del presente documento è chiaramente supportare l'attività degli uffici regionali così come tenere aggiornata la base dati per il confronto e la definizione congiunta, tra Regione Piemonte e Politecnico di Torino-gruppo di ricerca ReSEArch, dei livelli obiettivo di riduzione delle emissioni e degli scenari di intervento.

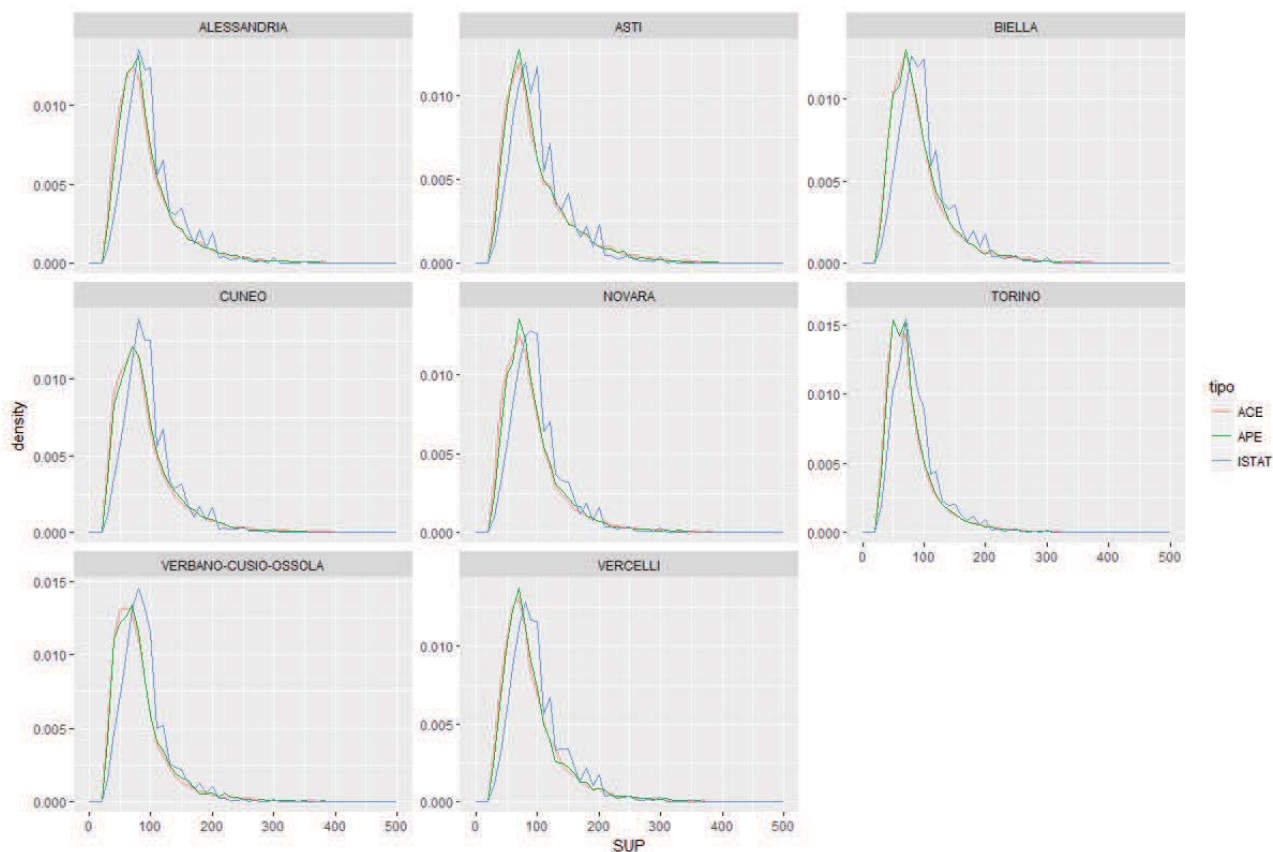


## Superfici delle abitazioni

I dati di superficie fonte ISTAT e fonte ACE-APE sono stati processati con software “R” per effettuare valutazione statistica semplificata di eventuali difformità tra gli insiemi. I dati sono stati trattati sia integralmente come regione, sia su base provinciale.

Il dato ACE-APE è stato dapprima depurato dei record relativi agli edifici interi (mantenendo quindi solo i certificati di singole abitazioni). In secondo luogo, per evitare il trascinamento dati errati o certificazioni parziali, sono stati eliminati i record (superficie dell’abitazione) minori  $28 \text{ m}^2$  e superiori a  $1.000 \text{ m}^2$ , in analogia con la base dati ISTAT. Infine, per entrambi gli stock di dati, il limite superiore di analisi è stato portato a  $400 \text{ m}^2$  (dato sempre riferito alla superficie di una singola abitazione), perdendo una quota (marginale) di abitazioni reali di elevatissima dimensione ma eliminando ulteriori (e ben più significativi) errori di compilazione. L’analisi è quindi compiuta sul campo  $28\text{-}400 \text{ m}^2$ .

Le funzioni di densità (percentuale su superficie) sono riportate, per provincia, nei grafici che seguono.



**Figura 1** \_ Funzioni di densità delle dimensioni degli alloggi [ $\text{m}^2/\text{alloggio}$ ] nelle differenti fonti dati

Si evidenzia una sostanziale conformità delle distribuzioni, con una tendenza dei dati ISTAT a definire una curva il cui picco è posizionato su valori maggiori, ma con basi della campana coincidenti. In sostanza la curva ISTAT risulta leggermente meno asimmetrica di quella riferita ad ACE e APE.

I dati di dettaglio, in termini di statistica descrittiva, sono riportati di seguito.



|    | PROV                 | tipo  | n      | mean      | median | sd       |
|----|----------------------|-------|--------|-----------|--------|----------|
| 1  | ALESSANDRIA          | ACE   | 55056  | 93.87714  | 80     | 52.95044 |
| 2  | ALESSANDRIA          | APE   | 15326  | 94.61242  | 81     | 51.37172 |
| 3  | ALESSANDRIA          | ISTAT | 191863 | 102.29498 | 90     | 45.99009 |
| 4  | ASTI                 | ACE   | 29157  | 100.71496 | 83     | 59.49490 |
| 5  | ASTI                 | APE   | 7948   | 100.38047 | 83     | 57.18609 |
| 6  | ASTI                 | ISTAT | 92789  | 104.66557 | 94     | 48.63331 |
| 7  | BIELLA               | ACE   | 22201  | 92.34462  | 80     | 50.83980 |
| 8  | BIELLA               | APE   | 5519   | 92.37616  | 81     | 48.60106 |
| 9  | BIELLA               | ISTAT | 80571  | 102.81055 | 91     | 46.20666 |
| 10 | CUNEO                | ACE   | 82854  | 90.92161  | 78     | 52.41651 |
| 11 | CUNEO                | APE   | 23285  | 91.92510  | 80     | 50.03527 |
| 12 | CUNEO                | ISTAT | 245259 | 98.73170  | 90     | 42.83440 |
| 13 | NOVARA               | ACE   | 47494  | 91.57353  | 80     | 50.65275 |
| 14 | NOVARA               | APE   | 11875  | 93.25836  | 81     | 49.24781 |
| 15 | NOVARA               | ISTAT | 153918 | 101.21676 | 90     | 43.91253 |
| 16 | TORINO               | ACE   | 307650 | 79.46137  | 68     | 45.64760 |
| 17 | TORINO               | APE   | 85131  | 79.27009  | 69     | 42.78821 |
| 18 | TORINO               | ISTAT | 982491 | 87.82144  | 80     | 40.61135 |
| 19 | VERBANO-CUSIO-OSSOLA | ACE   | 24187  | 82.49427  | 71     | 47.20389 |
| 20 | VERBANO-CUSIO-OSSOLA | APE   | 7102   | 83.85342  | 73     | 46.69133 |
| 21 | VERBANO-CUSIO-OSSOLA | ISTAT | 70362  | 81.71638  | 85     | 38.33008 |



**Figura 2** \_ Dati di dettaglio delle distribuzioni delle superfici degli alloggi [m<sup>2</sup>/alloggio]

Il dato ISTAT risulta (valutato alla media) superiore a quelli ACE-APE; la differenza tra valori medi è tuttavia di un'entità inferiore al 10%.

La deviazione standard delle distribuzioni ACE-APE è invece di circa il 20% superiore a quella dell'insieme ISTAT.

Non emergono di conseguenza differenze sostanziali tra gli insiemi.

Ulteriori analisi, in corso, porranno inoltre in luce il ruolo in tale discostamento della differente composizione degli insiemi di dati in termini di tipologie abitative. La tesi da porre a verifica è se tra ACE-APE (ad oggi redatti su circa un terzo delle unità abitative regionali) vi sia una maggiore rilevanza percentuale di alloggi in condominio (la tipologia abitativa a minore superficie) rispetto al dato totale ISTAT, in relazione a dinamiche di mercato (es. redazione ACE-APE per affitto).

L'analisi conferma quindi le integrazioni apportate, in termini di superfici di riferimento, alle elaborazioni del Settore Sviluppo Energetico Sostenibile come da precedente Primo report di avanzamento attività.



## **Coibentazione delle abitazioni con utilizzo di biomassa**

Come da evidenze illustrate nel corso della riunione del 6 novembre e dai relativi accordi presi, si è simulato nel modello di calcolo l'effetto di un livello basilare di coibentazione per le abitazioni dotate di generatori a biomasse.

Nello specifico è stato valutato come unico intervento la posa di un materassino coibente nei sottotetti (fibra minerale, 20 cm di spessore). L'operazione è tra le più semplici (in esecuzione) ed economiche che possano essere eseguite; inoltre la struttura delle incentivazioni in essere (detrazioni ristrutturazione al 50%) consente l'esecuzione di lavori in proprio e la detrazione dei soli materiali (a fronte della perizia di un tecnico che attesti l'efficacia dell'intervento). Sotto il profilo funzionale, essendo introdotta su un set di abitazioni (quelle dotate di generatori a biomasse) frequentemente in edifici indipendenti/monoabitazione, la misura riguarda una percentuale rilevante delle superfici disperdenti di tali unità abitative.

Come indicato in introduzione, nel modello di calcolo, che simula l'insieme degli interventi previsti, le coibentazioni mirate al contenimento delle biomasse seguono come ordine logico e di priorità gli interventi di efficienza diffusa. Vale a dire che una futura norma specifica per le biomasse si applicherebbe ad un patrimonio su cui, negli anni precedenti, siano stati eseguiti interventi di efficientamento (come delineato dal Settore Sviluppo Energetico Sostenibile) o su cui ricadano anche obblighi/incentivi alla coibentazione indipendenti dal combustibile impiegato (come simulato per gli scenari PRQA e ad oggi ancora inserito in modello). Conseguentemente i risultati qui proposti potrebbero risultare leggermente sottostimati rispetto a quelli calcolabili una volta definito il complesso degli interventi da simulare (nell'ipotesi che l'efficienza diffusa come definita sia di entità inferiore a quanto precedentemente simulato per PRQA).



**Tabella 1** \_ Fabbisogni energetici per combustibile/vettore a valle di differenti, progressivi, interventi di efficienza [kTEP]

|                   | SCENARIO BASE | RETROFIT<br>EDILIZIO | PDC IBRIDE   | ISOLAMENTO<br>SOTTOTETTI<br>ABITAZIONI CON<br>BIOMASSA |
|-------------------|---------------|----------------------|--------------|--------------------------------------------------------|
| GAS NATURALE      | 1'774         | 1'478                | 1'187        | 1'087                                                  |
| GASOLIO           | 122           | 99                   | 77           | 61                                                     |
| GPL               | 59            | 49                   | 38           | 25                                                     |
| OLIO              | 1             | 1                    | 1            | 1                                                      |
| LEGNA             | 442           | 368                  | 368          | 235                                                    |
| PELLET            | 162           | 134                  | 134          | 138                                                    |
| TELERISCALDAMENTO | 195           | 161                  | 161          | 160                                                    |
| ELETTRICO         | 3             | 3                    | 102          | 85                                                     |
| <b>TOTALE</b>     | <b>2'757</b>  | <b>2'292</b>         | <b>2'068</b> | <b>1'793</b>                                           |

Lo scenario considera a valle dell'isolamento un lieve incremento della copertura del fabbisogno dell'abitazione da parte della biomassa (in caso di compresenza di impianti differenti). Tale aumento di consumi è visibile per le abitazioni con utilizzo di pellet, mediamente più recenti e in edifici di maggiori dimensioni (quindi con bassa incidenza effettuale della posa di un materassino coibente), dove si registra un leggero aumento dei consumi a valle dell'applicazione dello scenario.

Pertanto il modello stima, al momento e in attesa di una sistematizzazione degli scenari complessivi, in seguito alla posa di una coibentazione aggiuntiva (resistenza termica pari a 5,00) dell'ultimo solaio del 100% delle abitazioni riscaldate (in forma esclusiva o meno) con generatori a biomassa, una riduzione potenziale del fabbisogno di biomasse pari a 130 kTEP/anno. Tale valore, come descritto sopra, risulta una sottostima del potenziale di una misura di obbligo avviata oggi in assenza di altre misure di coibentazione generale; si nota infatti che la posa del coibente nei sottotetti delle abitazioni con biomassa segue interventi di efficienza, come ipotizzati negli scenari per PRQA, corrispondenti a riduzioni di 70 kTEP/anno nel caso della legna da ardere e 30 kTEP/anno nel caso del pellet.

Ovviamente al totale sopra indicato deve essere applicato un coefficiente di fattibilità/penetrazione dell'intervento che attendibilmente non dovrebbe superare il 50-60%. Definendo nelle prossime riunioni regole specifiche di penetrazione/installazione una più precisa



**POLITECNICO  
DI TORINO**

Dipartimento Energia

fattibilità dell'intervento potrà essere simulata impiegando i dati dimensionali e tipologici degli edifici nel modello di calcolo.





**POLITECNICO  
DI TORINO**

Dipartimento Energia

Regione Piemonte

Direzione Ambiente, Governo e Tutela del territorio

Settore Emissioni e Rischi Ambientali

## **Piano di Qualità dell'Aria**

### **Analisi comparata degli scenari di pianificazione del settore residenziale**

## **Rapporto finale**



## Sommario

|                                                                                                                   |          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>1. Introduzione.....</b>                                                                                       | <b>2</b> |
| Premessa.....                                                                                                     | 2        |
| Oggetto del documento.....                                                                                        | 2        |
| Struttura del documento.....                                                                                      | 3        |
| <b>2. Modello di calcolo.....</b>                                                                                 | <b>4</b> |
| 2.1. Base dati.....                                                                                               | 5        |
| 2.2. Criticità delle elaborazioni nazionali ISTAT.....                                                            | 6        |
| 2.3. Elaborazione dati ISTAT 2011 ed estensione bottom-up da unità immobiliari a intero edificio.....             | 8        |
| 2.3.1. Attribuzione di un unico impianto e combustibile in interi edifici con impianto centralizzato.....         | 8        |
| 2.3.2. Attribuzione di un unico combustibile in interi edifici con impianti autonomi.....                         | 9        |
| 2.3.3. Attribuzione di un'unica tipologia impiantistica e combustibile all'interno delle unità immobiliari.....   | 9        |
| 2.3.4. Attribuzione dei dati in interi edifici privi di informazioni.....                                         | 10       |
| 2.3.5. Esiti delle elaborazioni.....                                                                              | 10       |
| 2.4. Verifica dei risultati di modellizzazione del parco edilizio.....                                            | 11       |
| 2.5. Impianto di produzione acqua calda sanitaria.....                                                            | 13       |
| 2.6. Integrazione dei dati di installazione di impianti/apparecchi a legna e pellet nel settore residenziale..... | 14       |
| 2.7. Calcolo dei fabbisogni di energia netta e primaria delle unità immobiliari (prime case).....                 | 15       |
| 2.8. Confronto dei risultati di consumo di gas naturale con dati reali.....                                       | 17       |
| 2.9. Fattori impiegati per quantificare le emissioni.....                                                         | 18       |



|                                                                                 |           |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>3. Parco edilizio modellizzato.....</b>                                      | <b>19</b> |
| 3.1. Analisi del parco edilizio.....                                            | 20        |
| 3.2. Risultati di modello.....                                                  | 22        |
| 3.2.1. Fabbisogno di combustibile/vettore energetico del parco edilizio.....    | 22        |
| 3.2.2. Volumetria lorda servita per combustibile/vettore energetico.....        | 22        |
| <b>4. Analisi di scenario.....</b>                                              | <b>25</b> |
| 4.1. Elaborazione degli scenari.....                                            | 26        |
| 4.2. 2016 Aggiornamento (2016.AGG).....                                         | 28        |
| 4.2.1. Nuovo costruito.....                                                     | 28        |
| 4.2.2. Riqualificazione edilizia.....                                           | 29        |
| 4.2.3. Effetti degli interventi edilizi 2011-2016.....                          | 29        |
| 4.3. 2030 Nuovi edifici (2030.NED).....                                         | 30        |
| 4.4. 2030 Riqualificazione Edilizia Biomassa (2030.REB).....                    | 31        |
| 4.5. 2030 Valvole Termostatiche (2030.VTE).....                                 | 32        |
| 4.6. 2030 Pompe di Calore Ibride (2030.PCI).....                                | 33        |
| 4.7. 2030 Insufflaggio (2030.INS).....                                          | 34        |
| 4.8. 2030 Isolamento Ultimo Solaio (2030.IUS).....                              | 35        |
| 4.9. 2030 Saturazione Aree Teleriscaldute utenza residenziale (2030.SAT).....   | 36        |
| 4.10. 2030 Estensione Aree Teleriscaldute (2030.EAT).....                       | 37        |
| 4.11. 2030 Fattori Emissivi Biomasse BAT (2030.FEB).....                        | 39        |
| 4.12. Quadro complessivo degli scenari 2030.....                                | 40        |
| 4.13. Valori di integrazione: ACS e consumi II case.....                        | 45        |
| <b>5. Aspetti che richiedono ulteriori definizioni.....</b>                     | <b>46</b> |
| 5.1.1. Energia elettrica per alimentazione delle PdC.....                       | 46        |
| 5.1.2. Produzione energetica a servizio delle estensioni delle reti di TLR..... | 46        |
| 5.1.3. Fattori emissivi INEMAR per i dispositivi a biomassa.....                | 46        |
| 5.1.4. Fattori emissivi INEMAR degli impianti a gas naturale.....               | 47        |



**POLITECNICO  
DI TORINO**

Dipartimento Energia

## 6. Allegati.....48

### Gruppo di lavoro

**Gruppo di ricerca in Sistemi per l'Energia e  
l'Ambiente**



ing. Alberto Poggio

Responsabile scientifico

ing. Giulio Cerino Abdin

dott. Andrea Crocetta

ing. Luca Degiorgis

ing. Michel Noussan



## **1. Introduzione**

### **Premessa**

Nell'ambito della predisposizione del nuovo Piano Regionale di Qualità dell'Aria, il Settore Emissioni e Rischi Ambientali di Regione Piemonte ha affidato al gruppo di ricerca Sistemi per l'Energia e l'Ambiente (ReSEArch) un Contratto di Ricerca per lo svolgimento di uno studio, denominato "Piano di Qualità dell'Aria. Studio dei contributi emissivi del settore residenziale", finalizzato alla stima del fabbisogno energetico per riscaldamento del parco edilizio residenziale piemontese e relativi scenari di riduzione delle emissioni di inquinanti del settore, con priorità verso gli ossidi di azoto e il particolato (D.D. 23 dicembre 2016, n. 527).

Tale studio, allegato al presente documento, include la quantificazione del fabbisogno e l'analisi di due scenari con differenti livelli di intervento di retrofit. La quantificazione degli effetti potenziali ottenibili attraverso l'applicazione di tali azioni ha permesso di definire il campo di variazione, in termini emissivi, degli interventi nel settore del riscaldamento residenziale. I risultati dello "Studio dei contributi emissivi del settore residenziale" sono stati quindi oggetto di confronto con il Settore Emissioni e Rischi Ambientali e il Settore Sviluppo Energetico Sostenibile di Regione Piemonte, al fine di valutare e favorire il coordinamento tra il Piano Regionale di Qualità dell'Aria e il Piano Regionale Energetico e Ambientale (anch'esso, in corso di predisposizione), per quanto riguarda i dati energetici e le misure previste nel settore residenziale.

A seguito di tale confronto, i due Settori hanno ritenuto necessario lo svolgimento di un'analisi comparata finalizzata a uniformare gli interventi previsti nei due Piani in predisposizione e i relativi risultati in termini di riduzione di emissioni e di evoluzione dei consumi energetici, nel rispetto dei



vincoli posti alla redazione dei due strumenti di pianificazione. Conseguentemente è stato concordato un Addendum al preesistente Contratto di Ricerca, per lo svolgimento delle attività aggiuntive richieste.

## Oggetto del documento

Il presente documento costituisce il rapporto di sintesi nel quale sono riepilogati i risultati dello studio relativo all'Addendum al Contratto di Ricerca, denominato "Piano di Qualità dell'Aria. Analisi comparata degli scenari di pianificazione del settore residenziale". Il documento riassume le attività di stima del fabbisogno energetico per riscaldamento del parco edilizio residenziale Piemontese elaborate nello studio "Piano di Qualità dell'Aria. Studio dei contributi emissivi del settore residenziale" e valuta una serie di azioni, coordinate con il Settore Emissioni e Rischi Ambientali e il Settore Sviluppo Energetico Sostenibile di Regione Piemonte, adottabili con l'obiettivo di ridurre le emissioni di inquinanti del settore, con priorità verso ossidi di azoto e particolato.

Le attività svolte si sono basate sull'applicazione di un modello di calcolo, realizzato da ReSEArch, deputato all'analisi dei fabbisogni energetici e all'elaborazione di scenari. Tale modello è stato validato su parte del territorio regionale (province di Torino e Cuneo) nell'ambito del progetto Interreg Alcotra RENERFOR. Per una descrizione metodologica di dettaglio del modello si rimanda ai documenti di progetto.

Il modello di calcolo, inizialmente basato su dati censuari relativi al 14° Censimento generale della popolazione e delle unità immobiliari – anno 2001, nel corso delle attività inerenti al Contratto di Ricerca e al relativo Addendum è stato esteso all'intero territorio della regione Piemonte ed aggiornato sulla base dei dati censuari 2011 (15° Censimento generale della popolazione e delle unità immobiliari). Poiché la rilevazione censuaria si svolse nel periodo autunnale 2011, la validazione del modello è avvenuta con dati di consumo reali riferiti all'anno solare 2012, analogamente a quanto effettuato per la taratura della base dati ISTAT 2001 sui fabbisogni 2002. Il dato censuario 2011 è stato inoltre impiegato per aggiornare il parco impiantistico.

Infine il modello di calcolo è stato integrato con dati ricavati dal database degli attestati ACE-APE, messo a disposizione dal settore Sviluppo Energetico Sostenibile.



## Struttura del documento

Il rapporto è organizzato in 4 parti:

1. la descrizione del modello di analisi e delle basi dati utilizzate (capitolo 2)
2. i risultati ottenuti dalla simulazione del parco edilizio residenziale piemontese (capitolo 3)
3. le analisi di scenario inerenti la progressiva adozione di misure di piano (capitolo 4)
4. l'indicazione degli aspetti che necessitano di ulteriori definizioni nei due strumenti di piano (capitolo 5)



**POLITECNICO  
DI TORINO**

Dipartimento Energia

## **2. Modello di calcolo**





## **2.1. Base dati**

Il modello di calcolo è stato alimentato con il database di dettaglio del “15° Censimento Generale della Popolazione e delle Abitazioni” (nel seguito indicato come ISTAT 2011).

All’interno del presente documento, dovendo comparare differenti fonti informative, sono state utilizzate le seguenti corrispondenze fra le definizioni ISTAT e lo studio presentato:

- Abitazione (ISTAT) – Unità immobiliare
- Edificio (ISTAT) – Intero edificio

In particolare, i dati riferiti alle informazioni edilizie e impiantistiche delle unità immobiliari sono stati utilizzati come base descrittiva per patrimonio esistente e di elaborazione dei calcoli.

Con riferimento al Manuale della Rilevazione<sup>1</sup> e al questionario, i dati utilizzati sono relativi a:

- Sezione I – 1. Tipo di alloggio e famiglia
- Sezione I – 2. Proprietà e struttura dell’unità immobiliare
- Sezione I – 3. Acqua e impianti igienico sanitari (questionario completo)
- Sezione I – 4. Impianto di climatizzazione (questionario completo)

I dati sono stati elaborati mediante completamento delle informazioni a livello di intero edificio compilate dal rilevatore.

Nel censimento ISTAT 2011, il questionario si è limitato alle sole unità immobiliari di residenza. In assenza di altre informazioni, per le unità immobiliari non di residenza si è pertanto assunto il dato di consumo precedentemente ottenuto con le elaborazioni sviluppate nell’ambito del progetto RENERFOR; tali elaborazioni sono basate sui dati del “14° Censimento Generale della Popolazione

---

1

Manuale della rilevazione, XV Censimento generale della popolazione e delle abitazioni. ISTAT



**POLITECNICO  
DI TORINO**

Dipartimento Energia

e delle Abitazioni” (nel seguito indicato come ISTAT 2001), nel quale era contemplata anche la rilevazione di questa tipologia di abitazioni.



## 2.2. Criticità delle elaborazioni nazionali ISTAT

Il censimento ISTAT 2011 è stato svolto con differenti modalità di esecuzione rispetto alle precedenti rilevazioni. In particolare la sottomissione dei questionari è stata differenziata in base alle caratteristiche dei territori, come indicato nel Manuale della Rilevazione<sup>1</sup> (paragrafo 1.2): *“Nei centri abitati dei Comuni di maggiori dimensioni demografiche<sup>2</sup>, la maggioranza delle famiglie (circa i due terzi) riceverà il questionario in forma ridotta mentre il questionario completo, contenente quesiti aggiuntivi rispetto alla versione breve, sarà compilato solo da un campione di famiglie. Nelle altre località abitate dei Comuni di maggiori dimensioni e negli altri Comuni (poiché, a parità di informazioni da produrre, le dimensioni demografiche non consentono l'utilizzo di una tecnica campionaria), tutte le famiglie compileranno invece il questionario completo”*.

Dal punto di vista della descrizione del parco impiantistico dei sistemi di riscaldamento, tale scelta metodologica ha comportato:

- una minore affidabilità dei dati relativi ai comuni di maggiori dimensioni ovvero quelli ove è stato prevalentemente utilizzato il questionario in forma ridotta, privo di dati a livello di impianti e combustibili e/o vettori energetici impiegati
- un maggior dettaglio descrittivo su combustibili e/o vettori energetici utilizzati dalle unità immobiliari ove è stato prevalentemente utilizzato il questionario in forma completa

Si è proceduto pertanto ad una prima analisi dei dati elaborati da ISTAT<sup>3</sup>, dalla quale sono emerse alcune criticità inerenti l'estensione del dato realmente rilevato mediante campione di

---

2

Secondo la definizione riportata da ISTAT: *“I Comuni con popolazione residente uguale o superiore a 20.000 abitanti o capoluogo di provincia al 1° gennaio 2008, nei quali è stato possibile individuare le aree di censimento, ovvero unità territoriali intermedie fra sezioni di censimento e località di centro abitato ottenute come raggruppamenti di sezioni di censimento, tra loro contigue e appartenenti ai centri capoluogo, idonee per il campionamento delle famiglie presenti nelle LAC”*. (L'acronimo LAC indica le Liste Anagrafiche Comunali).

3

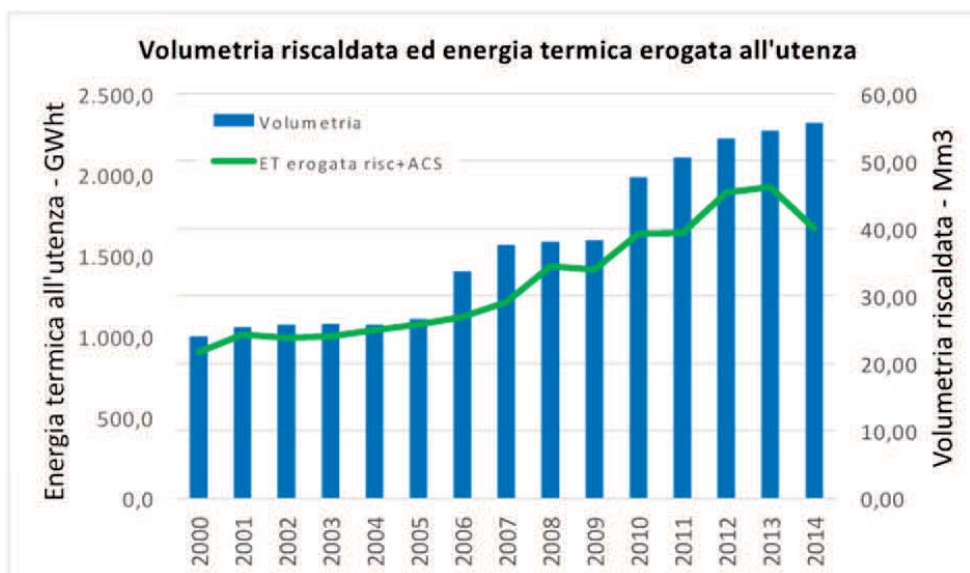
Portale istituzionale ISTAT “Censimento Popolazione Abitazioni”, <http://dati-censimentopopolazione.istat.it>



questionari completi, all'interesse delle unità immobiliari. In particolare, è risultata carente la capacità di stima delle volumetrie servite dai sistemi di teleriscaldamento.

Nell'area metropolitana di Torino, nello specifico, i dati elaborati originariamente da ISTAT sottostimano ampiamente la volumetria teleriscaldata e il numero di unità immobiliari effettivamente servite alla data di rilevazione: il numero di unità immobiliari servite dal servizio di teleriscaldamento nel Comune di Torino risulta infatti, da elaborazioni ISTAT, in leggero calo, condizione non coerente con la dinamica di forte sviluppo della rete torinese. In tale ambito, per il periodo 2001-2011, i dati IREN evidenziano incrementi superiori all'80% della volumetria servita (si riporta in **Errore: sorgente del riferimento non trovata** Figura 2.2.1 il grafico elaborato da AIRU su base dati IREN per l'Annuario AIRU 2015).

Le criticità qui evidenziate nelle elaborazioni ISTAT hanno condotto ad un approccio prudenziale ai dati censuari, rendendo necessarie ulteriori elaborazioni (descritte nei paragrafi successivi) basate sull'impiego delle sole informazioni provenienti da rilevazione diretta, non oggetto quindi di elaborazione da parte di ISTAT.



Fonte: AIRU 2015

**Figura 2.2.1:** - Area servita dalla rete di teleriscaldamento metropolitana Torinese | Volumetria totale riscaldata ed energia termica erogata all'utenza (settore residenziale e terziario)



## **2.3. Elaborazione dati ISTAT 2011 ed estensione bottom-up da unità immobiliari a intero edificio**

La numerosità dei questionari in forma ridotta<sup>4</sup> ha reso necessaria l'elaborazione di un modello dedicato, al fine di estendere correttamente la base conoscitiva alla totalità delle unità immobiliari regionali.

Si è proceduto per gradi, con elaborazioni successive, estendendo i dati rilevati nelle singole unità immobiliari<sup>5</sup> agli interi edifici in cui le stesse risultano contenute, associando differente rilevanza alle risposte censuarie sulla base di una serie di criteri di attribuzione di seguito illustrati.

### **2.3.1. Attribuzione di un unico impianto e combustibile in interi edifici con impianto centralizzato**

Al fine di estendere e correggere eventuali errori presenti a livello di interi edifici serviti da impianti di tipo centralizzato, il dato relativo alla tipologia di impianto e combustibile è stato uniformato, riattribuendo una tipologia (anche riportata in una singola risposta<sup>6</sup>) alla totalità delle unità immobiliari presenti nell'intero edificio, secondo le seguenti priorità (criterio di prevalenza):

- impianto centralizzato con utilizzo di altro combustibile (Teleriscaldamento<sup>7</sup>);
- impianto centralizzato alimentato a gas naturale;

4

Tale modalità è particolarmente presente nelle province di Torino e Asti, che peraltro risultano essere tra le più critiche per la qualità dell'aria.

5

In genere, in ogni condominio, ad una o più abitazioni è stato somministrato un questionario completo.

6

Questo criterio è stato impostato sia per estendere il dato laddove siano poche le abitazioni di un edificio descritte da questionario completo, sia per ovviare ad eventuali errori di compilazione degli utenti in caso di allaccio a reti di teleriscaldamento (ad esempio, è frequente l'indicazione del combustibile preesistente all'allaccio) e alla mancanza nel questionario di una categoria specifica relativa al teleriscaldamento.

7

La categoria "altro combustibile" è quella che, da indicazioni di compilazione, era da impiegarsi nel caso di teleriscaldamento. Per gli impianti centralizzati la categoria include il carbone, il cui uso è però residuale e pertanto associato a quote trascurabili.



- impianto centralizzato alimentato a gasolio;
- impianto centralizzato alimentato a GPL;
- impianto centralizzato alimentato a biomassa;
- impianto centralizzato alimentato ad energia elettrica;
- impianto centralizzato alimentato a BTZ.

Per quanto concerne la co-presenza di differenti situazioni impiantistiche, sono stati adottati le seguenti ipotesi:

- non è stata considerata ammissibile la co-presenza dell'impianto centralizzato e di generatori autonomi o di apparecchi domestici<sup>8</sup>;
- è stata invece considerata ammissibile, tranne che per gli impianti con utilizzo di "altro combustibile", la co-presenza di combustibili fossili e biomassa<sup>9</sup>.

A seguito dell'elaborazione tutte le unità immobiliari presenti in uno stesso intero edificio risultano quindi uniformate.

### **2.3.2. Attribuzione di un unico combustibile in interi edifici con impianti autonomi**

Il secondo passaggio di elaborazione ha riguardato gli impianti autonomi. A differenza della fase precedente l'attribuzione di un'unica tipologia di impianto e combustibile alle unità immobiliari di un intero edificio è stata condotta permettendo sempre la co-presenza di più impianti autonomi o di

---

8

Tale ipotesi si basa su di un principio guida di tipo economico: un impianto centralizzato prevede una quota variabile dal 40% al 60% di spese ripartite indipendentemente dal consumo; non vi è quindi convenienza sostanziale ad affiancare il riscaldamento centralizzato con generatori/apparecchi individuali.

9

Tale ipotesi si basa su di un principio guida di tipo tecnico: gli impianti a biomassa sono prevalentemente affiancati da generatori di riserva e integrazione alimentati a combustibili fossili.





impianti e apparecchi. In tali casi è però stata introdotta la condizione necessaria che il secondo impianto apparecchio fosse alimentato a legna o ad “altro combustibile”<sup>10</sup>.

Per le unità immobiliari presenti in uno stesso intero edificio con presenza di impianto autonomo sono state considerate le seguenti priorità (criterio di prevalenza):

- impianto autonomo alimentato a gas naturale;
- impianto autonomo alimentato a gasolio;
- impianto autonomo alimentato a GPL;
- impianto autonomo alimentato a biomassa;
- impianto autonomo alimentato ad energia elettrica;
- impianto autonomo alimentato a BTZ.

A seguito dell’elaborazione tutte le unità immobiliari presenti in uno stesso intero edificio risultano quindi uniformate, mantenendo però distinti i dati relativi all’impiego di biomassa all’interno delle singole unità immobiliari.

### **2.3.3. Attribuzione di un'unica tipologia impiantistica e combustibile all'interno delle unità immobiliari**

Il terzo passaggio di elaborazione è stato impostato per effettuare il controllo e la correzione di eventuali errori di compilazione, relativi alla presenza di più impianti e di combustibili di tipologie diverse (ad esempio impianto centralizzato e impianto autonomo, uso di più di due combustibili fossili, ecc.). La correzione dei dati ha consentito la presenza di impianti a fonte fossile e biomassa in uno stesso edificio.

L’elaborazione è stata effettuata secondo i seguenti criteri di priorità a livello impiantistico:

---

10

Per gli impianti autonomi e gli apparecchi la categoria include il pellet. Si ipotizza pertanto che gli utenti abbiano interpretato la categoria legna prevalentemente come legna in pezzi, inserendo i generatori alimentati a pellet nella voce “altro combustibile” (come illustrato in seguito). Anche in questo caso possono essere presenti quote trascurabili dovute a usi residuali di carbone





- impianto centralizzato;
- impianto autonomo;
- apparecchi per tutta la casa;
- apparecchi per parti di casa.

Inoltre sono stati applicati i seguenti criteri di priorità ai combustibili utilizzati:

- teleriscaldamento (per i soli impianti centralizzati);
- gas naturale;
- gasolio;
- GPL;
- pellet (voce “altro combustibile” in caso di impianti autonomi e apparecchi);
- biomassa;
- energia elettrica;
- olio combustibile BTZ.

#### **2.3.4. Attribuzione dei dati in interi edifici privi di informazioni**

Nel caso di interi edifici composti da sole unità immobiliari con sottomissione del questionario in forma ridotta, la metodologia illustrata in precedenza non ha consentito di attribuire informazioni in merito agli impianti e combustibili.

I dati mancanti inerenti la tipologia di impianto sono stati integrati secondo i seguenti criteri:

- negli interi edifici costruiti entro il 1991 si è ipotizzata la presenza di impianti centralizzati quando costituiti da 4 o più unità immobiliari oppure di impianti autonomi quando costituiti da non più di 3 unità immobiliari
- negli interi edifici costruiti dopo il 1991 si è ipotizzata la presenza di soli impianti autonomi.



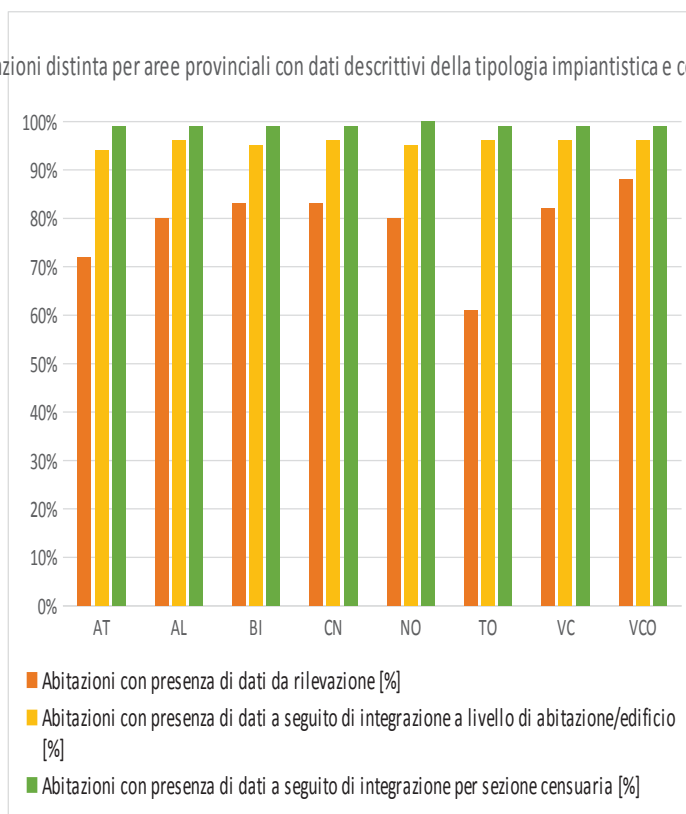
Per quanto concerne i combustibili e/o vettori energetici utilizzati, a ciascun intero edificio privo di informazioni è stato associato lo specifico mix medio di fonti energetiche desumibile nella specifica sezione di censimento di appartenenza e per la specifica tipologia di impianto (centralizzato o autonomo).

### **2.3.5. Esiti delle elaborazioni**

Grazie alle integrazioni effettuate attraverso le elaborazioni descritte, la base dati delle unità immobiliari e degli interi edifici è ora quasi interamente descritta dal punto vista energetico; le unità immobiliari prive di indicazioni si sono ridotte a percentuali estremamente limitate (come mostra la figura seguente). Di rilevante importanza risulta essere la risoluzione della criticità dell'area provinciale torinese, che presentava una copertura iniziale pari a circa il 60% del parco impiantistico.



Percentuale di abitazioni distinta per aree provinciali con dati descrittivi della tipologia impiantistica e combustibile utilizzato



**Figura 1** - Percentuale di unità immobiliari distinta per aree provinciali con dati descrittivi della tipologia impiantistica e combustibile utilizzato



## 2.4. Verifica dei risultati di modellizzazione del parco edilizio

A seguito delle integrazioni descritte nei precedenti paragrafi si è effettuata una prima analisi dei risultati ottenuti.

Con riferimento all'area servita dalla rete del teleriscaldamento di Torino sono state confrontate le volumetrie stimate dal modello e l'ubicazione degli interi edifici su piattaforma GIS, al fine di verificare la validità delle ipotesi adottate.

A valle delle integrazioni si rilevano per i 3 comuni serviti dalla rete di teleriscaldamento torinese (Torino, Moncalieri e Nichelino), i valori di volumetria residenziale netta e lorda rilevati sono posti a confronto con i dati comunicati da AIRU per gli anni 2011-2012 riferiti alla volumetria residenziale allacciata alla rete metropolitana torinese (tabella seguente).

| <b>Comune</b>                           | <b>Fonte</b>                         | <b>Volumetria Lorda<br/>[m<sup>3</sup>]</b> |
|-----------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------|
| <i>Torino</i>                           | <i>Stima modello</i>                 | <i>39.243.000</i>                           |
| <i>Moncalieri</i>                       | <i>Stima modello</i>                 | <i>1.510.000</i>                            |
| <i>Nichelino</i>                        | <i>Stima modello</i>                 | <i>1.234.000</i>                            |
| <i>Totale somma<br/>Comuni</i>          | <i>Stima modello</i>                 | <i>41.987.000</i>                           |
| <i>Totale aree servite<sup>11</sup></i> | <i>Stima modello</i>                 | <b>41.755.000</b>                           |
|                                         | Dati AIRU (rif. 2012 <sup>12</sup> ) | <b>40.050.000</b>                           |

11

Questo dato differisce da quello relativo alla volumetria complessivamente stimata sui 3 comuni, in quanto si riferisce esclusivamente alle sezioni di censimento servite dalla rete di teleriscaldamento.

12

Essendo il censimento condotto nell'autunno del 2011, i suoi risultati possono essere confrontati con la situazione illustrata dall'annuario AIRU con riferimento all'anno 2012.



|  |                                |             |
|--|--------------------------------|-------------|
|  | Errore (stima modello vs AIRU) | <b>4,3%</b> |
|--|--------------------------------|-------------|

**Tabella 1** - Analisi volumetria residenziale servita dalla rete di teleriscaldamento di Torino (anno 2012)

Tenuto conto della qualità dei dati di partenza e delle lacune presenti in particolare in relazione alla presenza di interi edifici serviti da teleriscaldamento, il risultato ottenuto conferma la capacità delle ipotesi adottate di integrare i dati mancanti del censimento ISTAT 2011 e l'idoneità dell'algoritmo alla modellizzazione della consistenza del parco immobiliare residenziale.

Ai fini di un'ulteriore conferma qualitativa delle ipotesi effettuate, si riporta un confronto fra la localizzazione degli impianti serviti da teleriscaldamento a livello di sezione di censimento ISTAT 2011 e l'area servita dalla rete metropolitana torinese.

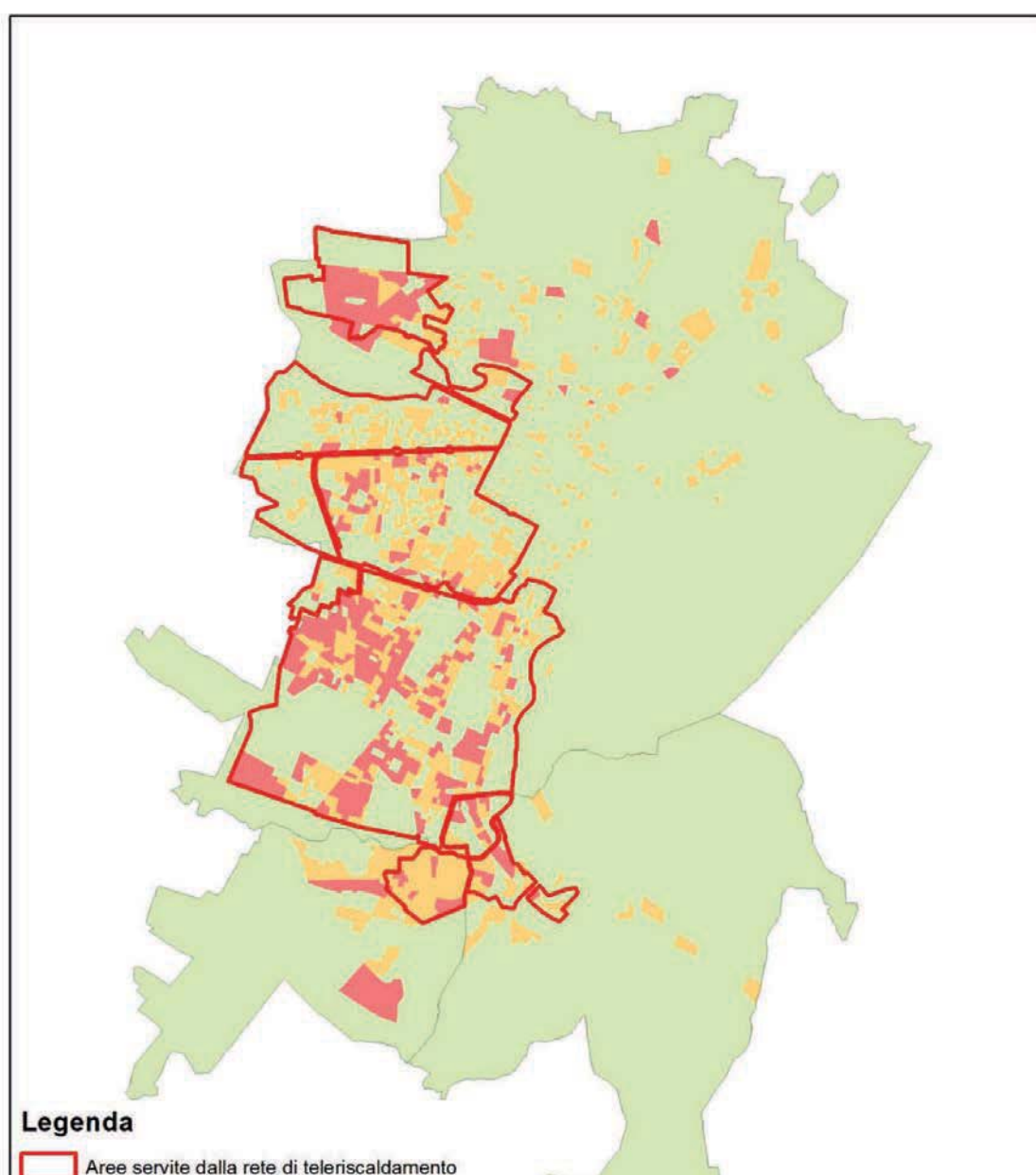
Dai risultati è ben visibile come l'elaborazione condotta consente un'ottima approssimazione della situazione reale esistente, essendo la quasi totalità delle unità immobiliari individuate interne all'area reale servita dalla rete metropolitana. Le unità immobiliari individuate esternamente all'area servita rappresentano errori di compilazione del modello; come indicato nella tabella precedente, la volumetria delle unità immobiliari esterne all'area servita (differenza fra Totale somma Comuni e Totale aree servite) rappresenta lo 0,6% della volumetria totale identificata.



**POLITECNICO  
DI TORINO**

Dipartimento Energia

**Abitazioni servite dalla rete di teleriscaldamento  
dell'area metropolitana torinese  
Aree servite VS risultati elaborazioni**





**POLITECNICO  
DI TORINO**

Dipartimento Energia

**Figura 2** - Unità immobiliari servite dalla rete di teleriscaldamento dell'area metropolitana torinese | Aree servite vs risultati elaborazioni (anno 2012)



## **2.5. Impianto di produzione acqua calda sanitaria**

Con riferimento al modello implementato su base dati ISTAT 2001, il modello attuale (basato su ISTAT 2011) presenta una base dati dettagliata in termini descrittivi dell'impianto di produzione dell'acqua calda sanitaria (ACS) presente all'interno delle unità immobiliari.

Tale informazione ha permesso di superare le stime introdotte nel modello precedente, attraverso la realizzazione di un algoritmo dedicato all'elaborazione dei dati ISTAT 2011, con integrazioni analoghe a quanto realizzato nel caso di impianti di riscaldamento, descritto nei paragrafi precedenti.

I dati sono stati trattati secondo le seguenti elaborazioni:

- nel caso di indicazione di utilizzo di un impianto unico (riscaldamento + ACS) i dati sono stati imposti attribuendo combustibile e impianto secondo i risultati dell'elaborazione precedente;
- nel caso di indicazioni di più combustibili è stata ritenuta ammissibile solo integrazione mediante fonte solare, mentre per i combustibili sono state considerate le seguenti priorità di utilizzo:
  - gas naturale
  - energia elettrica
- per le unità immobiliari prive di informazioni la tipologia e il combustibile e/o vettore energetico sono stati attribuiti in base a quelli maggiormente utilizzati nella sezione di censimento in esame.

Il dato ottenuto, in termini di tipologia di combustibile e impianto utilizzato è stato utilizzato come base dati per l'applicazione del modello di stima dei consumi di ACS già applicato nel modello ISTAT 2001, progetto RENERFOR.





## **2.6. Integrazione dei dati di installazione di impianti/apparecchi a legna e pellet nel settore residenziale**

La definizione del numero di impianti e dispositivi alimentati a biomassa in Piemonte è stata condotta in primo luogo confrontando la base dati ISTAT 2011 con le stime derivanti dall'applicazione dei modelli di evoluzione del parco sviluppate nel progetto RENERFOR (ristretto alle province di Torino e Cuneo). Attraverso successive elaborazioni, il dato ISTAT 2001 è stato aggiornato al 2011 definendo tassi di sostituzione per le diverse categorie di applicazioni (impianti o dispositivi domestici) e di unità immobiliari (prime case o seconde case) ed integrandoli con dati di mercato relativi alla vendita di caldaie e apparecchi nell'arco temporale 2001-2011.

Il confronto tra ISTAT 2011 e le stime RENERFOR indica situazioni differenti in funzione del tipo di combustibile: legna da ardere o pellet.

Il dato ISTAT 2011 per gli impianti a legna da ardere (impianti a “combustibile solido: legna, carbone”) è risultato sempre leggermente superiore alla stima RENERFOR. Si è quindi assunto come attendibile il riferimento del dato ISTAT 2011. Le differenze riscontrate possono essere imputate al fatto che, nella produzione di caldaie a legna, la polverizzazione e la variabilità in dimensioni delle aziende accresce la varianza delle stime di mercato su cui si basano i modelli RENERFOR di evoluzione del parco.

Per gli impianti a pellet, il confronto ha messo in evidenza come le stime RENERFOR relative agli impianti a pellet risultino prossime al dato ISTAT 2011 per la categoria di impianti alimentati ad “altro combustibile” (peraltro difficilmente ascrivibile a qualsivoglia altra tipologia nota di impianto). Dal momento che il dato censuario è risultato sempre leggermente superiore alle stime RENERFOR, anche in questo caso si è optato per un approccio cautelativo impiegando il dato ISTAT 2011 impianti alimentati ad “altro combustibile” come quantificazione di impianti a pellet.

Per quanto riguarda gli apparecchi domestici, la tabella seguente riporta il confronto tra dati ISTAT 2011 e stime RENERFOR. Il confronto è riferito al 31/12/2011 ed è relativo alle sole I case in cui siano in esercizio uno o più apparecchi a biomassa.



*dati in migliaia di unità*

|                                                        | <i>Torino</i> |          | <i>Cuneo</i> |          |
|--------------------------------------------------------|---------------|----------|--------------|----------|
|                                                        | ISTAT 2011    | RENERFOR | ISTAT 2011   | RENERFOR |
| <i>Unità immobiliari<br/>con apparecchi<br/>LEGNA</i>  | 68,2          | 69,1     | 43,4         | 47,2     |
| <i>Unità immobiliari<br/>con apparecchi<br/>PELLET</i> | 6,6           | 50,0     | 3,5          | 26,6     |

**Tabella 2** - Utilizzo biomassa in apparecchi: confronto dati ISTAT 2011 vs stime RENERFOR

Le stime RENERFOR per apparecchi alimentati a pezzi di legna sono sostanzialmente allineate con il dato ISTAT 2011 (“combustibile solido: legna, carbone”); tale corrispondenza consente di validare l’impiego del dato censuario.

Per gli apparecchi a pellet il dato ISTAT 2011 (associabile ad “altro combustibile”) è risultato invece estremamente contenuto, tanto da configurare livelli di diffusione assolutamente non realistici, soprattutto a seguito dell’esplosione di utilizzo registrata nel quinquennio 2005-2010. È dunque possibile che il dato sia deficitario (questionario non chiaro per l’utente finale) o sia stato processato in sede di restituzione (limitazione delle risposte “altro combustibile” operata da ISTAT). Poiché il numero di unità immobiliari servite delineato dal dato ISTAT 2011 corrisponde, per entrambi i territori, a circa il 13% delle stime RENERFOR, tale dato censuario è stato impiegato quale stimatore, ponendolo pari, in tutte le province piemontesi, al 13% del totale.



## **2.7. Calcolo dei fabbisogni di energia netta e primaria delle unità immobiliari (prime case)**

A valle delle integrazioni di modello indicate, si è proceduto utilizzando il modello di calcolo elaborato all'interno del progetto RENERFOR.

L'elaborazione realizzata ha portato alla modellizzazione dell'intero parco edilizio regionale, con descrizione puntuale delle singole unità immobiliari e ricostruzione degli interi edifici in cui le stesse risultano comprese.

Per ciascun intero edificio sono stati ottenuti i seguenti dati:

- ubicazione dell'intero edificio a livello di sezione censuaria (ISTAT di dettaglio: 2011);
- epoca di costruzione dell'intero edificio (ISTAT di dettaglio: 2011);
- altezza dell'intero edificio (elaborazione);
- volumetria dell'intero edificio (elaborazione);
- contiguità fra gli interi edifici (ISTAT 2011);
- superfici disperdenti opache/trasparenti/copertura/basamento (elaborazione);
- trasmittanza delle superfici disperdenti (elaborazione);
- apporti gratuiti (elaborazione);
- dispersioni per ventilazione (elaborazione);
- coefficiente di dispersione volumica (elaborazione).

I dati di volumetria sono stati ricavati sulla base delle ipotesi di altezza interpiano riportate nella tabella seguente. Le altezze interpiano assunte ipotesi sono da considerare al netto dello spessore di



soletta; in sede di calcolo della volumetria lorda tale spessore è stato posto pari a 30 cm per tutte le tipologie edilizie analizzate.

**Tabella 3** - Altezze medie interpiano distinte per località e epoca di costruzione edificio

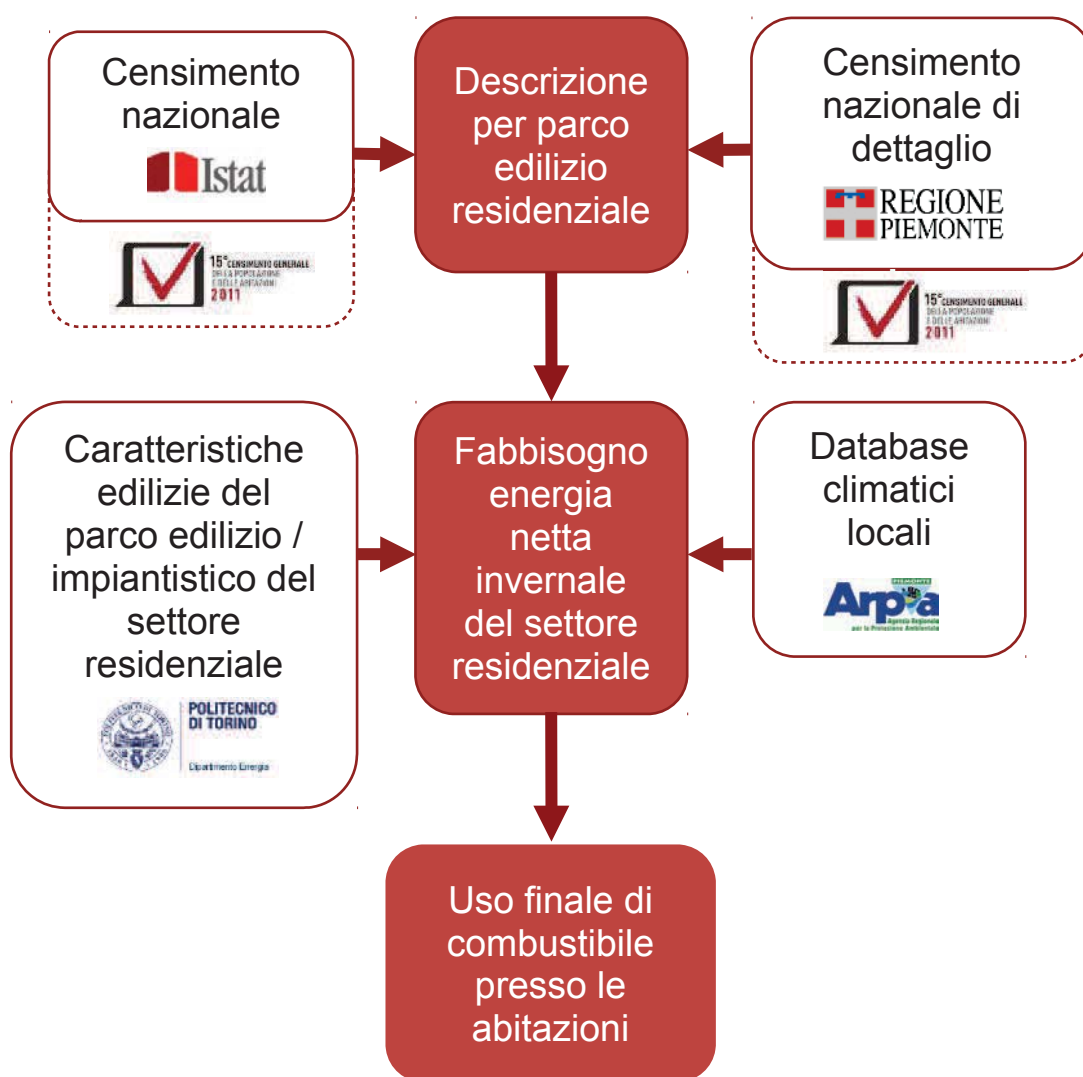
|                     | <1919 | 1919-1945 | 1946-1961 | 1962-1971 | 1972-1981 | 1982-1991 | 1992-2001 | 2002-2005 | 2006-2011 |
|---------------------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Sezioni aree urbane | 3.2   | 3.2       | 3.0       | 3.0       | 2.7       | 2.7       | 2.7       | 2.7       | 2.7       |
| Fascia climatica E  | 3.2   | 3.2       | 3.0       | 3.0       | 2.7       | 2.7       | 2.7       | 2.7       | 2.7       |
| Fascia climatica F  | 2.5   | 2.5       | 2.7       | 2.7       | 2.7       | 2.7       | 2.7       | 2.7       | 2.7       |

I dati ottenuti a livello di intero edificio sono stati utilizzati per singola unità immobiliare al fine di definire i fabbisogni energetici e di combustibile, sulla base delle tecnologie impiantistiche e fonti energetiche utilizzate all'interno delle stesse.

Sono stati quindi ottenute le seguenti informazioni per ciascuna unità immobiliare:

- ubicazione dell'unità immobiliare a livello di codice dell'intero edificio-sezione censuaria (ISTAT di dettaglio: 2011);
- coefficiente di dispersione volumica (elaborazione);
- fabbisogno di energia termica annuo sulla base dei dati climatici da normativa (elaborazione);
- fabbisogno di energia termica annuo su base dati ARPA (elaborazione);
- potenza termica di progetto su base normativa (elaborazione);
- fabbisogno annuo dei combustibili utilizzati presso l'unità immobiliare (elaborazione).

Nella figura seguente è rappresentato uno schema semplificato delle informazioni utilizzate dal modello e dei passaggi di elaborazione svolti:



**Figura 3** - Schema di flusso del modello adottato



## **2.8. Confronto dei risultati di consumo di gas naturale con dati reali**

Al fine di verificare l'accuratezza del modello utilizzato, le stime ottenute per i consumi di gas naturale sono state poste a confronto con dati reali di consumo relativi all'anno 2012.

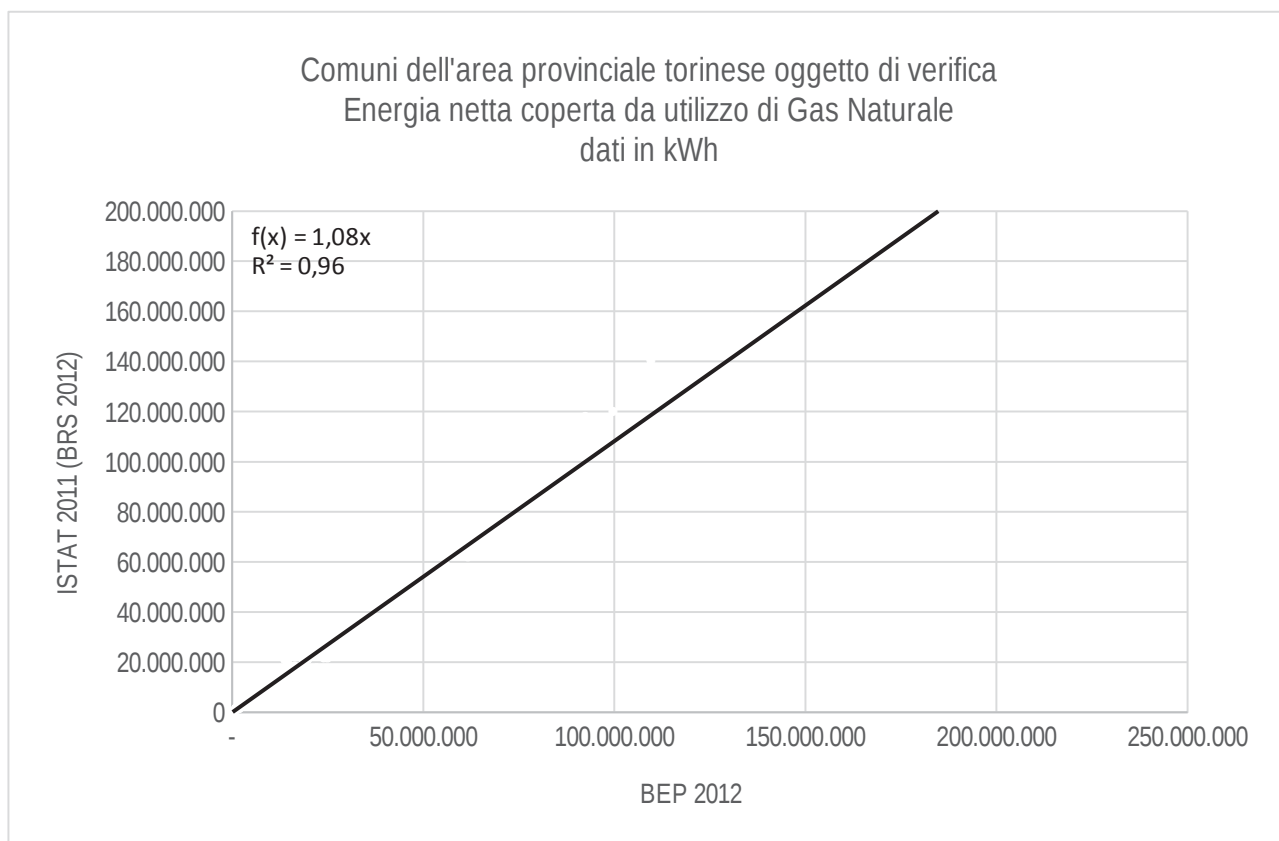
Tale confronto ripercorre un'analoga validazione che era stata già condotta nell'ambito del progetto RENERFOR. La base dati utilizzata riguarda i consumi di gas naturale a livello comunale rilevati dalla Città Metropolitana di Torino e indicati nel "Nono rapporto sull'energia".

Come già effettuato nella precedente validazione, sono stati considerati i comuni ricadenti sui territori della provincia di Torino per i quali il dato relativo al consumo di gas naturale del settore residenziale non risultasse affetto da stime di ripartizione effettuate dal fornitore di gas. Per ciascuno dei casi analizzati risulta comunque presente una stima di ripartizione necessaria a scorporare i consumi del settore residenziale da quelli del settore terziario, effettuata a monte dei dati forniti, direttamente dagli uffici della Città Metropolitana di Torino.

I dati ottenuti sono stati depurati della quota di gas naturale attribuibile al consumo per produzione di acqua calda sanitaria e uso cottura, sulla base dei dati aggiornati all'anno 2011, come analizzato ai paragrafi precedenti.

La verifica ha interessato un totale di 141 comuni dei 315 ricadenti sul territorio provinciale, rappresentativi della totalità del territorio, poiché riferiti sia a piccoli comuni montani che municipalità di carattere più metropolitano.

I risultati ottenuti, in termini di confronto fra l'applicazione del modello e i dati di bilancio, con riferimento ai dati climatici 2012 hanno consentito di apprezzare la validità delle stime prodotte dallo strumento. Si riporta in figura il confronto.



**Figura 4** - Comuni dell'area provinciale torinese oggetto di verifica | Energia netta coperta da utilizzo di Gas Naturale





## 2.9. Fattori impiegati per quantificare le emissioni

La quantificazione delle emissioni degli impianti di riscaldamento residenziali è stata effettuata sulla base dei fattori emissivi INEMAR, applicati ai risultati di modello. Le analisi hanno interessato le emissioni di  $\text{NO}_x$ ,  $\text{PM}_{10}/\text{PTS}$  e  $\text{CO}_2$ .

Nella valutazione dei fattori emissivi di impianti e apparecchi alimentati a legna e pellet, per i quali risultano presenti più classi emissive, si è fatto riferimento ad una ripartizione percentuale tra apparecchi/impianti secondo quanto già analizzato e modellizzato all'interno del progetto RENERFOR, aggiornato sulla base dei dati ISTAT 2011.

Il quadro riassuntivo dei fattori di emissione impiegati è riportato nella seguente tabella

**Tabella 4** – Fattori di emissione [g/GJ] impiegati, distinti per combustibile e tipologia di impianto

| <i>Descrizione impianti</i>                                              | <i><math>\text{NO}_x</math> [g/GJ]</i> | <i>PTS [g/GJ]</i> | <i><math>\text{PM}_{10}</math><br/>[g/GJ]</i> | <i><math>\text{CO}_2</math><br/>[kg/GJ]</i> |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------|
| <i>GAS NATURALE<br/>Caldaie centralizzate e autonome,<br/>PdC ibride</i> | <b>34,82</b>                           | <b>0,20</b>       |                                               | <b>55,00</b>                                |
| <i>GAS NATURALE<br/>Apparecchi domestici</i>                             | <b>57,00</b>                           | <b>0,50</b>       |                                               | <b>55,19</b>                                |
| <i>GASOLIO<br/>Caldaie centralizzate e autonome</i>                      | <b>50,00</b>                           | <b>5,00</b>       |                                               | <b>73,69</b>                                |
| <i>GASOLIO<br/>Apparecchi domestici</i>                                  | <b>50,00</b>                           | <b>5,00</b>       |                                               | <b>73,69</b>                                |
| <i>GPL<br/>Caldaie centralizzate e autonome</i>                          | <b>50,00</b>                           | <b>0,20</b>       |                                               | <b>62,44</b>                                |





|                                                                     |               |               |               |
|---------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| <i>GPL</i><br><i>Apparecchi domestici</i>                           | <b>39,90</b>  | <b>0,20</b>   | <b>62,99</b>  |
| <i>OLIO COMBUSTIBILE</i><br><i>Caldaie centralizzate e autonome</i> | <b>150,00</b> | <b>18,01</b>  | <b>75,66</b>  |
| <i>OLIO COMBUSTIBILE</i><br><i>Apparecchi domestici</i>             | <b>150,00</b> | <b>18,01</b>  | <b>75,66</b>  |
| <i>LEGNA DA ARDERE</i><br><i>Caldaie centralizzate e autonome</i>   | <b>90,00</b>  | <b>240,00</b> | <b>94,60</b>  |
| <i>LEGNA DA ARDERE</i><br><i>Apparecchi domestici</i>               | <b>67,00</b>  | <b>489,00</b> | <b>101,30</b> |
| <i>PELLET</i><br><i>Caldaie centralizzate e autonome</i>            | <b>90,00</b>  | <b>76,00</b>  | <b>101,30</b> |
| <i>PELLET</i><br><i>Apparecchi domestici</i>                        | <b>90,00</b>  | <b>76,00</b>  | <b>101,30</b> |



**POLITECNICO  
DI TORINO**

Dipartimento Energia

### **3. Parco edilizio modellizzato**

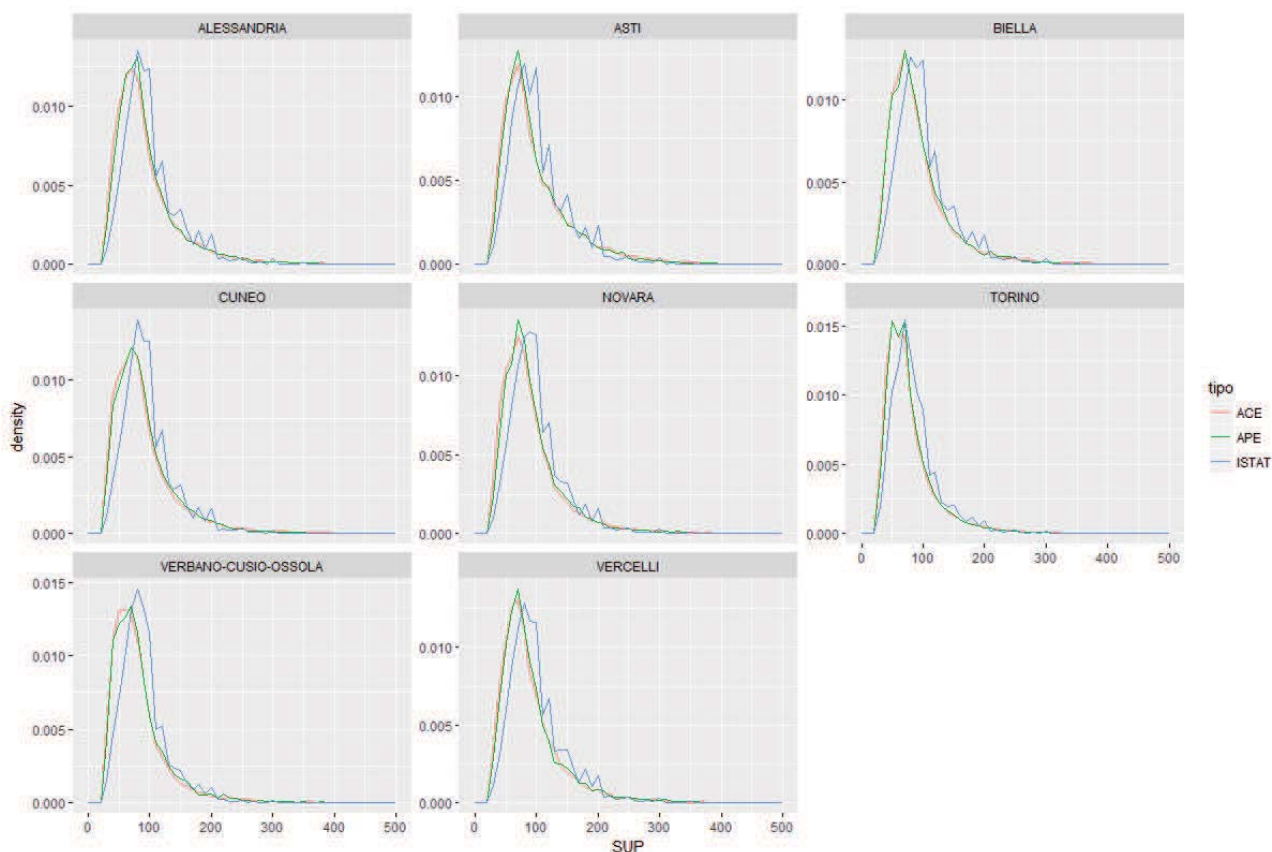


### **3.1. Analisi del parco edilizio**

Al fine di verificare la rispondenza a realtà del dato edilizio censuario, i dati di superficie delle unità immobiliari provenienti da ISTAT 2011 sono stati posti a confronto con gli analoghi dati desumibili dagli attestati ACE-APE forniti dal Settore Sviluppo Energetico Sostenibile. Entrambe le basi dati sono state processate con software “R” per una valutazione statistica semplificata di eventuali difformità tra gli insiemi. I dati sono stati trattati sia integralmente come regione, sia su base provinciale.

Il dato ACE-APE è stato dapprima depurato dei record relativi agli edifici interi (mantenendo quindi solo i certificati di singole unità immobiliari). In secondo luogo, per evitare il trascinamento di dati errati o certificazioni parziali, sono stati eliminati i record (superficie dell'unità immobiliare) minori  $28 \text{ m}^2$  e superiori a  $1.000 \text{ m}^2$ , in analogia con la base dati ISTAT. Infine, per entrambi gli stock di dati, il limite superiore di analisi è stato portato a  $400 \text{ m}^2$  (dato sempre riferito alla superficie di una singola unità immobiliare), perdendo una quota (marginale) di unità immobiliari reali di elevatissima dimensione ma eliminando ulteriori (e ben più significativi) errori di compilazione. L'analisi è quindi stata compiuta sul campo  $28\text{-}400 \text{ m}^2$ .

Le funzioni di densità (percentuale su superficie) sono riportate, per provincia, nei grafici che seguono.



**Figura 5** - Funzioni di densità delle dimensioni degli alloggi [ $\text{m}^2/\text{alloggio}$ ] nelle differenti fonti dati

Si evidenzia una sostanziale conformità delle distribuzioni, con una tendenza dei dati ISTAT a definire una curva il cui picco è posizionato su valori maggiori, ma con basi della campana coincidenti. In sostanza la curva ISTAT risulta leggermente meno asimmetrica di quella riferita ad ACE e APE.

I dati di dettaglio, in termini di statistica descrittiva, sono riportati di seguito.



|    | PROV                 | tipo  | n      | mean      | median | sd       |
|----|----------------------|-------|--------|-----------|--------|----------|
| 1  | ALESSANDRIA          | ACE   | 55056  | 93.87714  | 80     | 52.95044 |
| 2  | ALESSANDRIA          | APE   | 15326  | 94.61242  | 81     | 51.37172 |
| 3  | ALESSANDRIA          | ISTAT | 191863 | 102.29498 | 90     | 45.99009 |
| 4  | ASTI                 | ACE   | 29157  | 100.71496 | 83     | 59.49490 |
| 5  | ASTI                 | APE   | 7948   | 100.38047 | 83     | 57.18609 |
| 6  | ASTI                 | ISTAT | 92789  | 104.66557 | 94     | 48.63331 |
| 7  | BIELLA               | ACE   | 22201  | 92.34462  | 80     | 50.83980 |
| 8  | BIELLA               | APE   | 5519   | 92.37616  | 81     | 48.60106 |
| 9  | BIELLA               | ISTAT | 80571  | 102.81055 | 91     | 46.20666 |
| 10 | CUNEO                | ACE   | 82854  | 90.92161  | 78     | 52.41651 |
| 11 | CUNEO                | APE   | 23285  | 91.92510  | 80     | 50.03527 |
| 12 | CUNEO                | ISTAT | 245259 | 98.73170  | 90     | 42.83440 |
| 13 | NOVARA               | ACE   | 47494  | 91.57353  | 80     | 50.65275 |
| 14 | NOVARA               | APE   | 11875  | 93.25836  | 81     | 49.24781 |
| 15 | NOVARA               | ISTAT | 153918 | 101.21676 | 90     | 43.91253 |
| 16 | TORINO               | ACE   | 307650 | 79.46137  | 68     | 45.64760 |
| 17 | TORINO               | APE   | 85131  | 79.27009  | 69     | 42.78821 |
| 18 | TORINO               | ISTAT | 982491 | 87.82144  | 80     | 40.61135 |
| 19 | VERBANO-CUSIO-OSSOLA | ACE   | 24187  | 82.49427  | 71     | 47.20389 |
| 20 | VERBANO-CUSIO-OSSOLA | APE   | 7102   | 83.85342  | 73     | 46.69133 |
| 21 | VERBANO-CUSIO-OSSOLA | ISTAT | 70362  | 91.71638  | 85     | 39.22998 |
| 22 | VERCELLI             | ACE   | 22189  | 91.23701  | 78     | 50.53472 |
| 23 | VERCELLI             | APE   | 6112   | 92.40052  | 79     | 50.36650 |
| 24 | VERCELLI             | ISTAT | 77388  | 101.54656 | 90     | 45.71308 |

**Figura 6** - Dati di dettaglio delle distribuzioni delle superfici degli alloggi [ $\text{m}^2/\text{alloggio}$ ]

Il dato ISTAT risulta (valutato alla media) superiore a quelli ACE-APE; con una differenza tra valori medi è tuttavia di un'entità inferiore al 10%. La deviazione standard delle distribuzioni ACE-APE è invece di circa il 20% superiore a quella dell'insieme ISTAT.

I dati risultano di conseguenza sufficientemente uniformi da validare l'impiego del dataset ISTAT anche in termini di dimensioni (e geometrie) degli alloggi e degli interi edifici.



## **3.2. Risultati di modello**

Si riportano nelle tabelle a seguire i dati delle elaborazioni aggregati a livello provinciale

### **3.2.1. Fabbisogno di combustibile/vettore energetico del parco edilizio**

Dati riportati in Tabella 5

### **3.2.2. Volumetria lorda servita per combustibile/vettore energetico**

Dati riportati in Tabella 6

**Tabella 5** – Fabbisogno di combustibile/vettore energetico del parco edilizio (dati in MWh)

| Cod. ISTAT | Provincia               | Teleriscaldamento (TLR) | Gas naturale      | Gasolio          | GPL            | Olio Combustibile (BTZ) | Legna            | Pellet           | Energia elettrica |
|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|------------------|----------------|-------------------------|------------------|------------------|-------------------|
| 1          | Torino                  | 1.975.500               | 9.604.300         | 524.700          | 273.100        | 4.600                   | 1.671.500        | 652.900          | 16.300            |
| 2          | Vercelli                | 10.200                  | 1.073.300         | 52.900           | 20.400         | 800                     | 258.900          | 117.400          | 2.300             |
| 3          | Novara                  | 17.300                  | 2.127.600         | 52.100           | 23.900         | 200                     | 332.200          | 144.000          | 3.100             |
| 4          | Cuneo                   | 175.100                 | 2.373.200         | 424.700          | 159.800        | 2.000                   | 1.187.200        | 321.100          | 5.800             |
| 5          | Asti                    | 10.600                  | 1.136.900         | 83.400           | 70.000         | 300                     | 489.100          | 146.800          | 1.900             |
| 6          | Alessandria             | 40.500                  | 2.576.100         | 130.200          | 85.800         | 1.200                   | 587.000          | 244.000          | 4.400             |
| 96         | Biella                  | 31.500                  | 921.900           | 120.400          | 32.800         | 700                     | 339.600          | 139.700          | 1.600             |
| 103        | Verbano-Cusio-Ossola    | 4.700                   | 823.300           | 31.400           | 14.800         | 200                     | 274.900          | 113.600          | 1.300             |
|            | <b>Regione Piemonte</b> | <b>2.265.300</b>        | <b>20.636.700</b> | <b>1.419.800</b> | <b>680.700</b> | <b>10.000</b>           | <b>5.140.500</b> | <b>1.879.500</b> | <b>36.800</b>     |

**Tabella 6 - Volumetria lorda servita per combustibile/vettore energetico (dati in migliaia di m<sup>3</sup>)**

| Cod. ISTAT | Provincia               | Teleriscaldamento | Gas naturale   | Gasolio       | GPL           | Olio Combustibile | Legna         | Pellet        | Energia elettrica |
|------------|-------------------------|-------------------|----------------|---------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|-------------------|
| 1          | Torino                  | 46.100            | 173.800        | 6.900         | 3.900         | 100               | 21.300        | 9.500         | 300               |
| 2          | Vercelli                | 200               | 19.500         | 800           | 300           | -                 | 3.700         | 1.900         | -                 |
| 3          | Novara                  | 400               | 41.200         | 800           | 400           | -                 | 5.400         | 2.600         | 100               |
| 4          | Cuneo                   | 3.700             | 42.900         | 6.200         | 2.600         | -                 | 16.400        | 5.100         | 100               |
| 5          | Asti                    | 200               | 20.300         | 1.300         | 1.200         | -                 | 7.400         | 2.500         | -                 |
| 6          | Alessandria             | 900               | 48.200         | 2.100         | 1.500         | -                 | 9.000         | 4.100         | 100               |
| 96         | Biella                  | 800               | 16.500         | 1.800         | 500           | -                 | 4.600         | 2.100         | -                 |
| 103        | Verbano-Cusio-Ossola    | 100               | 14.200         | 400           | 200           | -                 | 3.500         | 1.600         | -                 |
|            | <b>Regione Piemonte</b> | <b>52.500</b>     | <b>376.600</b> | <b>20.300</b> | <b>10.600</b> | <b>100</b>        | <b>71.300</b> | <b>29.500</b> | <b>700</b>        |





## 4. Analisi di scenario

## 4.1. Elaborazione degli scenari

L'elaborazione di scenari di riduzione delle emissioni al 2030 è stata condotta a seguito dell'acquisizione di integrazioni sulle basi informative (Attività 1 dell'Addendum contrattuale) e del confronto con Responsabili e Funzionari del Settore Emissioni e Rischi Ambientali e del Settore Sviluppo Energetico Sostenibile di Regione Piemonte (come da Attività 2 dell'Addendum contrattuale).

In specifico sono stati esaminati gli scenari di pianificazione definiti in sede di elaborazione del nuovo Piano Energetico Ambientale Regionale (PEAR), come indicati ed illustrati dai Funzionari competenti. Tali scenari sono stati integrati e valutati per il loro contributo in riduzione delle emissioni, con rilascio nell'ottobre 2017 di un relativo report (in allegato). L'attività di analisi degli scenari PEAR ha evidenziato una potenzialità di riduzione delle emissioni, in ambito regionale, pari a 1238 t annue di Polveri Totali Sospese (PTS) e a 907 t annue di NO<sub>x</sub> (corrispondenti, rispettivamente, a riduzioni del 15% e del 18% delle relative emissioni imputabili al comparto residenziale). Ciò a fronte di obiettivi contenuti nel Piano Regionale per la Qualità dell'Aria (PRQA) pari a 3990 t annue di PTS e 2260 t annue di NO<sub>x</sub> (sull'intero comparto civile, in cui il residenziale contribuisce per circa i due terzi).

Pertanto nei successivi incontri di confronto con Responsabili e Funzionari dei Settori Regionali coinvolti si è definita l'opportunità di integrare gli scenari PEAR e gli scenari previsti nello Studio dei contributi emissivi del settore residenziale (rilasciato da ReSEArch per il Settore Emissioni e Rischi Ambientali nel settembre 2017; di seguito richiamato come Studio contributi emissivi). In particolare si è stabilito quale obiettivo prioritario la riduzione delle PTS e quale obiettivo secondario, raggiungibile anche solo in parte, la riduzione dei NO<sub>x</sub>.

Conseguentemente si è proceduto ad integrare le analisi e gli scenari PEAR nel modello di calcolo elaborato da ReSEArch per quanto concerne: gli interventi di sostituzione e riqualificazione edilizia effettuati nel periodo 2011-2016, l'edificazione di nuovi edifici (con sostituzione del patrimonio edilizio esistente), l'installazione di valvole termostatiche, l'installazione di pompe di calore (facendo convergere le previsioni PEAR sullo scenario di diffusione di pompe di calore ibride già identificato nello Studio contributi emissivi) e l'espansione del teleriscaldamento (unendo l'approccio di saturazione delle aree teleriscaldate dello Studio contributi emissivi e l'estensione delle aree teleriscaldate quantificata negli scenari PEAR).

Per quanto concerne la riduzione delle PTS si è proceduto ad una rimodulazione degli scenari sul consumo di biomasse contenuti nello Studio contributi emissivi, in primo luogo identificando l'intervento più semplice ed economicamente efficace di coibentazione attuabile sugli interi edifici riscaldati a biomasse (coibentazione dei sottotetti; una prima stima approssimata dell'effetto di tale

intervento è stata fornita nel report rilasciato in novembre 2017, in allegato). Quale azione successiva è stata simulata l'adozione di generatori moderni, più prestanti sotto il profilo emissivo.

Infine gli interventi di incremento di efficienza energetica sugli interi edifici esistenti sono stati simulati non come trend degli interventi attuali registrati dagli APE (come previsto da PEAR) ma identificando, tra quelle ipotizzate nello Studio contributi emissivi, le due tipologie di azione più favorevoli dal punto di vista economico e della realizzazione pratica (insufflaggio in intercapedine e coibentazione dell'ultimo solaio).

Gli interventi effettuati al 2016 e i vari scenari al 2030 identificati sono applicati dal modello di calcolo in successione, secondo l'ordine logico riportato nella seguente tabella, a partire dalla baseline 2011 (costituita, come precedentemente illustrato, dal riferimento censuario 2011, integrato con dati riferiti agli impianti a biomasse, in particolare pellet):

**Tabella 7** – Identificazione e denominazione baseline, aggiornamenti e scenari

| <i>Denominazione</i>                           | <i>Codice</i> | <i>Descrizione</i>                               |
|------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------|
| <i>2011 Base</i>                               | 2011.BAS      | Baseline 2011                                    |
| <i>2016 Aggiornamento</i>                      | 2016.AGG      | Sostituzione/riqualificazione edilizia 2011-2016 |
| <i>2030 Nuovi Edifici</i>                      | 2030.NED      | Nuove edificazioni (con sostituzione)            |
| <i>2030 Riqualificazione Edilizia Biomassa</i> | 2030.REB      | Coibentazione edifici riscaldati a biomasse      |
| <i>2030 Valvole Termostatiche</i>              | 2030.VTE      | Installazione di valvole termostatiche           |
| <i>2030 Pompe di Calore Ibride</i>             | 2030.PCI      | Sostituzione di caldaie autonome con PdC ibride  |
| <i>2030 Insufflaggio</i>                       | 2030.INS      | Isolamento tramite insufflaggio in intercapedine |
| <i>2030 Isolamento Ultimo Solaio</i>           | 2030.IUS      | Coibentazione degli ultimi solai                 |
| <i>2030 Saturazione Aree Teleriscaldate</i>    | 2030.SAT      | Saturazione dell'aree teleriscaldate             |
| <i>2030 Estensione Aree Teleriscaldate</i>     | 2030.EAT      | Estensione delle aree teleriscaldate             |
| <i>2030 Fattori Emissivi Biomasse BAT</i>      | 2030.FEB      | Adozione di generatori a biomasse moderni        |

I valori energetici ed emissivi della baseline 2011 sono riportati nella tabella seguente

**Tabella 8** – Regione Piemonte – Valori riassuntivi baseline 2011.BAS

|                                             | <b>Gas Naturale</b> | <b>Gasolio</b> | <b>GPL</b> | <b>BTZ</b> | <b>Legna</b> | <b>Pellet</b> | <b>TLR</b> | <b>En. Elettrica</b> | <b>Totale</b>  |
|---------------------------------------------|---------------------|----------------|------------|------------|--------------|---------------|------------|----------------------|----------------|
| Fabbisogno Energia [ktep]                   | 1.774,4             | 122,1          | 58,5       | 0,9        | 442,0        | 161,6         | 194,8      | 3,2                  | <b>2.757,5</b> |
| NO <sub>x</sub> [t]                         | 2.596,1             | 255,6          | 122,0      | 5,4        | 1.385,5      | 609,0         | -          | -                    | <b>4.973,5</b> |
| PTS [t]                                     | 15,0                | 25,6           | 0,5        | 0,7        | 7.473,1      | 514,2         | -          | -                    | <b>8.029,0</b> |
| CO <sub>2</sub> , lorda [10 <sup>3</sup> t] | 4.086,1             | 376,6          | 153,1      | 2,7        | 1.859,0      | 583,8         | -          | -                    | <b>7.163,1</b> |

Nota: nella presente tabella e nelle successive i valori per legna e pellet sono espressi come PTS pur trattandosi in realtà di PM10 (v. paragrafo su fattori di emissione impiegati).

Seguono le descrizioni di dettaglio delle analisi per la definizione degli interventi effettuati al 2016 e degli scenari 2030.

In chiusura di capitolo sono riportati i dati complessivi di sintesi e i dati integrativi connessi con la produzione di ACS e il riscaldamento delle II case.

## 4.2. 2016 Aggiornamento

La messa a disposizione del database attestati ACE-APE da parte del Settore Sviluppo Energetico Sostenibile ha reso possibile aggiornare la ricostruzione del parco edilizio su base censuaria 2011 con un dato, aggiornato al 2016, riferito ad interventi realizzati sia di nuova costruzione, sia di riqualificazione del patrimonio esistente. È stato quindi creato uno “scenario” di aggiornamento 2016 che riassume gli effetti di tali interventi.

Innanzitutto, il database ACE-APE è stato processato per eliminare i singoli record con valori chiaramente erronei/privi di rispondenza reale. Il criterio di discriminare selezionato è stato dimensionale, come rapporto di volume riscaldato su superficie utile. I valori così ottenuti, separatamente per nuove edificazioni e per interventi di riqualificazione (ricomprensive le casistiche di elaborazione dell’attestato “Riqualificazione energetica” e “Ristrutturazione importante”), sono stati impiegati per filtrare i record attendibili eliminando gli outliers (inferiori a: 25° percentile-1,5\*intervallo interquartile; superiori a: 75° percentile+1,5\*intervallo interquartile). Ciò equivale ad aver ammesso alle analisi i record con altezze medie interpiano comprese tra 2,8 m e 5,1 m negli edifici nuovi (corrispondenti al 95% del totale) e tra 2,6 m e 5,4 m negli edifici ristrutturati (corrispondenti al 96% del totale). Il database così scevrato da valori anomali è stato impiegato per l’elaborazione dell’aggiornamento 2016, con approccio differente e complementare nel caso di nuove edificazioni e riqualificazioni edilizie.

### 4.2.1. Nuovo costruito

Per quanto concerne il nuovo costruito il confronto dei dati censuari 2001-2011 ha permesso di stimare un tasso di sostituzione edilizia (percentuale degli edifici nuovi che rimpiazzano, fisicamente o nell’impiego quali prime case, edifici esistenti) pari a circa il 50% nel decennio. Tuttavia, poiché tale 50% di nuovo costruito 2001-2011 corrisponde a nuove superfici residenziali medie annue superiori all’edificato annuo medio 2011-2016, è stato mantenuto l’approccio, utilizzato nelle analisi degli scenari PEAR, di previsione di totale sostituzione edilizia da parte del nuovo costruito.

Il dato di superficie da ACE-APE è stato impiegato su base comunale per quantificare, a scala locale, le nuove edificazioni del quinquennio 2011-2016. Per evitare errori, localmente significativi, dovuti all’edificazione di edifici destinati a seconde case (evidenti ad esempio in comuni marcatamente turistici quali Sestriere, Prali, Sauze d’Oulx, Alagna Valsesia) è stato necessario creare un criterio di discriminare dei nuovi edifici destinati all’impiego come unità immobiliari di residenza. Per fare ciò è stata calcolata la percentuale delle nuove superfici costruite nel quinquennio 2011-2016, da dato ACE-APE, sul totale di superficie residenziale (I case) al 2011, da

dato censuario; su tali percentuali sono stati identificati i record outliers, il che è equivalso ad accettare come tassi realistici di nuova costruzione tra lo 0% e il 5,2% del patrimonio residenziale esistente, riferiti al totale del quinquennio 2011-2016 (tra 0% e 1% annui); il database è stato standardizzato riportando i comuni con dato outlier al valore massimo consentito (5,2%).

Gli effetti energetico-ambientali della sostituzione edilizia sono stati calcolati riferendosi alla sola componente edilizia (involucro e ventilazione). Gli aspetti impiantistici, in quanto marginali, sono stati trascurati poiché avrebbero reso complessi o addirittura inapplicabili i successivi scenari inerenti gli impianti termici (2030.PCI, 2030.SAT, 2030.FEB). Non è quindi stato preso in considerazione il valore EPi degli attestati ACE-APE ma bensì il QH, definendo:

- da ACE-APE, un fabbisogno energetico per riscaldamento medio comunale a grado giorno (GG) del nuovo costruito  $QH_{nuovo}/GG$  (ponderato sulle superfici dei singoli attestati e ripartito sui GG di calcolo da normativa)
- da modello di calcolo, un fabbisogno medio comunale a GG del patrimonio edilizio esistente (I case)  $QH_{esistente}/GG$  (ponderato in base alle superfici ed ai GG spazializzati su singola sezione censuaria).

La differenza tra i due valori è stata quindi impiegata, in base alla superficie di nuovo costruito comunale e ai GG medi comunali per stimare la riduzione di consumi energetici connessa con la sostituzione edilizia; tale riduzione è stata in seguito distribuita proporzionalmente su tutti gli interi edifici del comune. Non potendo infatti conoscere quali interi edifici siano stati realmente sostituiti dal nuovo costruito, tale ripartizione consente di attribuire una riduzione alle differenti fonti energetiche proporzionale al loro uso sul territorio.

A parte il livello di scala comunale, che consente una più fine allocazione sulle fonti energetiche e la spazializzazione del dato emissivo, il procedimento seguito è stato quindi quello definito dal Settore Sviluppo Energetico Sostenibile per gli scenari PEAR.

#### 4.2.2. Riqualficazione edilizia

In analogia a quanto effettuato per le nuove costruzioni, il dato di superficie coinvolta, desunto da ACE-APE, è stato impiegato su base comunale per quantificare, a scala locale, i retrofit edilizi nel quinquennio 2011-2016. Specularmente, per ridurre le deviazioni del dato di intervento sul patrimonio esistente (evidenti ad esempio in piccoli comuni e in comuni con elevata incidenza di II case), è stato necessario creare un criterio di discriminare. È stata quindi calcolata la percentuale delle superfici oggetto di riqualficazione edilizia nel quinquennio 2011-2016, da dato ACE-APE, sul totale di superficie residenziale (I case) al 2011, da dato censuario; su tali percentuali sono stati identificati i record outliers, il che è equivalso ad accettare come tassi realistici di riqualficazione tra lo 0% e il 9,7% del patrimonio residenziale esistente, riferiti al totale del quinquennio 2011-2016 (tra 0% e 1,9% annui); il database è stato standardizzato riportando i comuni con dato outlier al valore massimo consentito (9,7%).

Gli effetti energetico-ambientali della riqualificazione edilizia sono stati calcolati, al pari della sostituzione illustrata sopra, riferendosi alla sola componente edilizia (involucro e ventilazione). Sono quindi stati definiti:

- da ACE-APE, un fabbisogno energetico per riscaldamento medio comunale a grado giorno (GG) del patrimonio riqualificato  $QH_{riqualificato}/GG$  (ponderato sulle superfici dei singoli attestati e ripartito sui GG di calcolo da normativa)
- da modello di calcolo, un fabbisogno medio comunale a GG del patrimonio edilizio esistente (I case)  $QH_{esistente}/GG$  (ponderato in base alle superfici ed ai GG spazializzati su singola sezione censuaria).

La differenza tra i due valori è stata quindi impiegata, in base alla superficie di riqualificato comunale e ai GG medi comunali per stimare la riduzione di consumi energetici connessa con la riqualificazione edilizia; tale riduzione è stata in seguito distribuita proporzionalmente su tutti gli interi edifici del comune. Non potendo infatti, anche in questo caso, conoscere quali interi edifici siano stati realmente riqualificati, tale ripartizione consente di attribuire una riduzione alle differenti fonti energetiche proporzionale al loro uso sul territorio.

Nuovamente, a parte il livello di scala comunale, che consente una più fine allocazione sulle fonti energetiche e la spazializzazione del dato emissivo, il procedimento seguito è stato quello definito dal Settore Sviluppo Energetico Sostenibile per gli scenari PEAR.

#### 4.2.3. Effetti degli interventi edilizi 2011-2016

Le riduzioni di fabbisogni energetici e di emissioni (PTS e  $NO_x$ ) complessive per gli interventi edilizi eseguiti nel quinquennio 2011-2016 sono evidenziate nella seguente tabella.

**Tabella 9** - Scenario 2016.AGG - Effetti degli interventi (riduzioni)

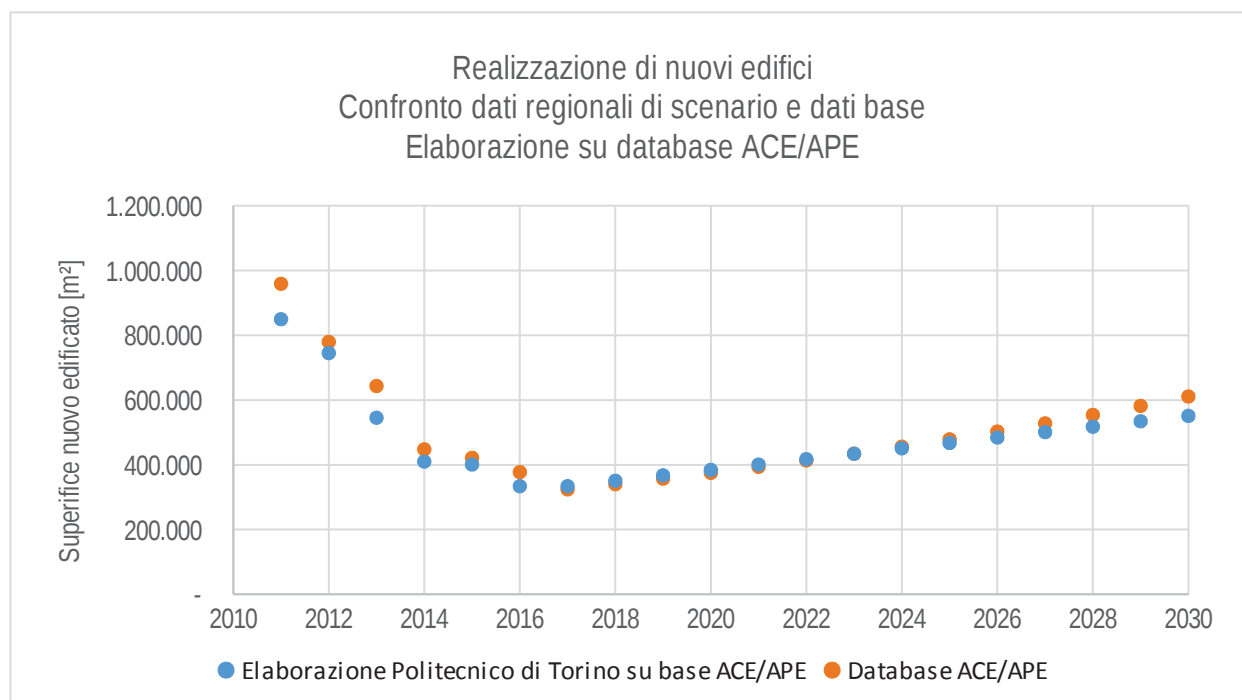
|                                           | Gas Naturale | Gasolio | GPL | BTZ | Legna | Pellet | TLR | En. Elettrica | Totale |
|-------------------------------------------|--------------|---------|-----|-----|-------|--------|-----|---------------|--------|
| Fabbisogno Energia [ktep]                 | 32,1         | 2,4     | 1,2 | 0,0 | 8,4   | 3,1    | 2,8 | 0,1           | 50,0   |
| NOx [t]                                   | 46,9         | 5,0     | 2,4 | 0,1 | 26,3  | 11,6   | -   | -             | 92,4   |
| PTS [t]                                   | 0,3          | 0,5     | 0,0 | 0,0 | 142,5 | 9,8    | -   | -             | 153,1  |
| CO <sub>2,lorda</sub> [10 <sup>3</sup> t] | 73,9         | 7,4     | 3,1 | 0,0 | 35,4  | 13,0   | -   | -             | 132,8  |



### 4.3. 2030 Nuovi edifici (2030.NED)

Il trend delle nuove edificazioni è stato desunto, a livello comunale, dal database degli attestati ACE/APE, scevrato dei record anomali e con valori di superficie standardizzati alle I case, come descritto sopra.

Concordemente con le previsioni PEAR, è stato impiegato il dato 2016 quale base (tasso edificatorio minore), ipotizzando una pari edificazione anche nel 2017 e una successiva ripresa con incrementi annui del 5%. A differenza delle previsioni PEAR, tale tasso di crescita è però stato riferito all'anno base e riportato costante negli anni, in modo da definire un trend lineare e non esponenziale come quello PEAR (in cui l'incremento del 5% era previsto sul costruito del precedente anno); l'integrazione è stata inserita per il calcolo di scenari più estesi (es. 2050) e, conseguentemente, non apporta variazioni sostanziali nel periodo 2017-2030 rispetto alla simulazione regionale (Figura 7).



**Figura 7** - Confronto dati e trend di costruzione nuovi edifici tra analisi PEAR e elaborazioni PoliTO

Anche per il trend di periodo 2017-2030 così definito i valori di costruito annuo permangono inferiori al 50% della media annua di nuovo costruito del decennio 2001-2011. Conseguentemente, è stato mantenuto l'approccio PEAR con previsione di una totale sostituzione edilizia da parte del nuovo costruito.

Le riduzioni di fabbisogni energetici e di emissioni (PTS e NO<sub>x</sub>) dello scenario sono evidenziate nella seguente tabella.

**Tabella 10** - Scenario 2030.NED - Effetti degli interventi (riduzioni)

|                                           | Gas Naturale | Gasolio | GPL | BTZ | Legna | Pellet | TLR | En. Elettrica | Totale       |
|-------------------------------------------|--------------|---------|-----|-----|-------|--------|-----|---------------|--------------|
| Fabbisogno Energia [ktep]                 | 35,2         | 2,5     | 1,2 | 0,0 | 8,1   | 3,0    | 3,4 | 0,1           | <b>53,4</b>  |
| NO <sub>x</sub> [t]                       | 51,5         | 5,2     | 2,4 | 0,1 | 25,3  | 11,4   | -   | -             | <b>95,9</b>  |
| PTS [t]                                   | 0,3          | 0,5     | 0,0 | 0,0 | 137,4 | 9,6    | -   | -             | <b>147,9</b> |
| CO <sub>2,lorda</sub> [10 <sup>3</sup> t] | 81,1         | 7,6     | 3,1 | 0,1 | 34,0  | 12,8   | -   | -             | <b>138,7</b> |

#### 4.4. 2030 Riqualficazione Edilizia Biomassa (2030.REB)

In caso di interi edifici riscaldati, in tutto o in parte, con l'impiego di generatori a biomasse è stato definito uno scenario di incremento delle coibentazioni improntato ad una elevata fattibilità, notevolmente più contenuto rispetto a quanto ipotizzato nello Studio contributi emissivi.

La simulazione attuale limita gli interventi alla sola posa di un materassino coibente (fibra minerale, 20 cm di spessore, pari a resistenza termica aggiuntiva  $R=5,00 \text{ m}^2\text{K/W}$ ) nel sottotetto degli interi edifici riscaldati a biomasse. Tale azione è stata selezionata in quanto capace di garantire, da sola, circa il 60-70% del risparmio energetico conseguibile con l'insieme delle coibentazioni indicate nello Studio contributi emissivi (isolamento sottotetto, isolamento a cappotto, ventilazione meccanica), pur essendo la meno invasiva ed onerosa tra queste.

Dovendo appoggiarsi, per l'attuazione della misura, ad un provvedimento d'obbligo non è stato introdotto un coefficiente di penetrazione (come ipotizzato nel citato report di novembre 2017), ma bensì, selezionando gli interi edifici per caratteristiche favorevoli (bassi livelli di coibentazione esistente *ex-lege* e frequenza di sottotetti abitabili), essa è stata ristretta ai soli interi edifici ante L.10/1991 (interi edifici costruiti prima del 1991, da base censuaria). In caso di interi edifici multiabitazione è coibentata una percentuale di superficie disperdente proporzionale alla superficie riscaldata a biomasse sul totale.

Non essendo più simulata, in caso di biomasse, una completa riqualficazione energetica (comprensiva di interventi sulle superfici verticali e sulla ventilazione) e quindi non variando sostanzialmente le caratteristiche di comfort e di capacità di accumulo del calore degli interi edifici, non sono stati modificati, a differenza di quanto effettuato nello Studio contributi emissivi, i fattori copertura del fabbisogno energetico delle unità immobiliari da parte degli impianti a biomasse.

Le riduzioni di fabbisogni energetici e di emissioni (PTS e  $\text{NO}_x$ ) conseguibili con la misura in oggetto sono evidenziate nella seguente tabella.

**Tabella 11** - Scenario 2030.REB - Effetti degli interventi (riduzioni)

|                                           | Gas Naturale | Gasolio | GPL | BTZ | Legna   | Pellet | TLR | En. Elettrica | Totale         |
|-------------------------------------------|--------------|---------|-----|-----|---------|--------|-----|---------------|----------------|
| Fabbisogno Energia [ktep]                 | 17,6         | 5,0     | 3,7 | 0,0 | 67,8    | 9,5    | 0,3 | 0,1           | <b>104,0</b>   |
| NO <sub>x</sub> [t]                       | 26,1         | 10,4    | 7,7 | 0,1 | 213,3   | 35,8   | -   | -             | <b>293,4</b>   |
| PTS [t]                                   | 0,2          | 1,0     | 0,0 | 0,0 | 1.139,9 | 30,3   | -   | -             | <b>1.171,4</b> |
| CO <sub>2,lorda</sub> [10 <sup>3</sup> t] | 40,6         | 15,4    | 9,6 | 0,1 | 285,2   | 40,3   | -   | -             | <b>391,2</b>   |

Si evidenzia infine come gli interventi di coibentazione dei sottotetti in interi edifici con presenza di impianti a biomasse siano ora anteposti agli altri scenari di coibentazione elaborati dal modello. Ulteriori importanti riduzioni di fabbisogno energetico relativo alle biomasse (e delle connesse emissioni) sono conseguibili con gli interventi di insufflaggio e di isolamento dell'ultimo solaio (che si estende quindi all'intero solaio di interi edifici multiabitazione), che permettono di quantificare risparmi energetici pari a oltre 20 ktep per la legna da ardere e oltre 15 ktep per il pellet (vedasi relativi paragrafi).

#### 4.5. 2030 Valvole Termostatiche (2030.VTE)

Lo scenario è connesso con l'applicazione della norma nazionale sulla contabilizzazione individuale del calore e la termoregolazione (d.lgs. 102/2014). In fase di analisi e implementazione dello scenario è stata stimata una riduzione dei fabbisogni, per i soli interi edifici residenziali con impianto di riscaldamento centralizzato, simulata attraverso una riduzione del valore di Gradi Giorno (GG) utilizzati nel codice di calcolo.

L'analisi è stata effettuata distinguendo fra unità immobiliari situate in zona climatica E e F (uniche zone presenti nel territorio regionale), secondo quanto definito dal Dpr 26 agosto 1993 n.412. La simulazione ha considerato una riduzione del valore di gradi giorno pari a 183 GG per unità immobiliari situate in zona E e 280 GG per unità immobiliari situate in zona F.

I valori sono stati desunti considerando una riduzione di 1°C della temperatura di riferimento per il calcolo dei GG, analizzando la media dei valori per le zone climatiche di interesse, sulla base dei dati reali rilevati dalle centraline ARPA nell'arco temporale 2001÷2012.

Il calcolo è stato applicato alla totalità delle unità immobiliari, con orizzonte temporale 2030. Tale assunzione deriva dal fatto che la recente normativa ha introdotto l'obbligo di adeguamento a tali edifici già entro l'anno 2016.

**Tabella 12 - Scenario 2030.VTE - Effetti degli interventi (riduzioni)**

|                                           | Gas Naturale | Gasolio | GPL | BTZ | Legna | Pellet | TLR  | En. Elettrica | Totale       |
|-------------------------------------------|--------------|---------|-----|-----|-------|--------|------|---------------|--------------|
| Fabbisogno Energia [ktep]                 | 72,7         | 5,6     | 1,1 | 0,1 | 6,6   | 3,0    | 16,5 | 0,2           | <b>105,7</b> |
| NOx [t]                                   | 106,0        | 11,6    | 2,2 | 0,3 | 22,3  | 11,4   | -    | -             | <b>153,9</b> |
| PTS [t]                                   | 0,6          | 1,2     | 0,0 | 0,0 | 93,8  | 9,6    | -    | -             | <b>105,3</b> |
| CO <sub>2,lorda</sub> [10 <sup>3</sup> t] | 167,4        | 17,1    | 2,8 | 0,2 | 26,8  | 12,9   | -    | -             | <b>227,2</b> |

#### 4.6. 2030 Pompe di Calore Ibride (2030.PCI)

L'ingresso di pompe di calore per riscaldamento nel parco impianti è stato simulato non tramite dispositivi totalmente elettrici (attualmente di difficile quantificazione e con efficienze medie non facilmente definibili, data la varietà di impianti ed installazioni) ma bensì tramite diffusione di pompe di calore ibride. Tali generatori presentano il vantaggio di poter essere facilmente installate in sostituzione di caldaie a fonti fossili esistenti.

È stata ipotizzata, al 2030, la sostituzione:

- degli impianti autonomi a gas naturale, con fattibilità tecnica cautelativa del 50%
- degli impianti autonomi alimentati ad altre fonti fossili e ricadenti in sezioni censuarie intensamente metanizzate (ovvero con >50% degli impianti autonomi alimentati a gas naturale), con fattibilità tecnica estesa del 100%.

In seguito a specifiche simulazioni condotte ed al rilievo di dati sperimentali sui primi impianti installati si è ipotizzata una copertura da parte della pdc pari all'85% del fabbisogno termico di riscaldamento, con COP medio di 2,6.

Le riduzioni di fabbisogni energetici e di emissioni (PTS e NO<sub>x</sub>) relative allo scenario sono riassunte nella seguente tabella.

Va sottolineato come l'analisi non associ all'energia elettrica richiesta dalle pompe di calore alcuna emissione, poiché tale fattore emissivo risulta relativo al settore dell'industria/energia e in ogni caso subordinato ad una valutazione pianificatoria in merito alla volontà e potenziale localizzazione degli impianti di produzione elettrici nel territorio regionale. Diversamente, in caso di energia prodotta da impianti non localizzati sul territorio regionale, la nuova domanda di energia elettrica non concorrerà all'emissione di NO<sub>x</sub> e PTS nel territorio oggetto di indagine. Tali valutazioni non risultano però oggetto del presente documento, in quanto esterne al settore di indagine, limitato all'utenza residenziale.

**Tabella 13** - Scenario 2030.PCI - Effetti degli interventi (riduzioni, i valori negativi sono quindi incrementi)

|                                           | Gas Naturale | Gasolio | GPL  | BTZ | Legna | Pellet | TLR | En. Elettrica | Totale |
|-------------------------------------------|--------------|---------|------|-----|-------|--------|-----|---------------|--------|
| Fabbisogno Energia [ktep]                 | 329,0        | 24,7    | 11,7 | 0,1 | -     | -      | -   | -112,0        | 253,4  |
| NO <sub>x</sub> [t]                       | 479,6        | 51,6    | 24,5 | 0,4 | -     | -      | -   | -             | 556,2  |
| PTS [t]                                   | 2,8          | 5,2     | 0,1  | 0,1 | -     | -      | -   | -             | 8,1    |
| CO <sub>2,lorda</sub> [10 <sup>3</sup> t] | 757,6        | 76,1    | 30,6 | 0,2 | -     | -      | -   | -             | 864,5  |

## 4.7. 2030 Insufflaggio (2030.INS)

La coibentazione tramite insufflaggio, presentando un ottimo rapporto costo/resistenza termica aggiuntiva ed essendo già prevista come obbligo nella normativa piemontese, è stata inserita quale unico intervento ipotizzato di incremento delle prestazioni energetiche delle superfici verticali.

L'insufflaggio è simulato esclusivamente sugli interi edifici costruiti tra il 1961 ed il 1990 (su base dati censuaria), per i quali la stratigrafia più probabile è una parete a cassavuota con nullo o ridotto strato di isolante interno. Si è considerata una fattibilità tecnico-economica (conservativa) pari al 50% dei casi: in tal modo è possibile ipotizzare l'attuazione della misura non solo con provvedimenti d'obbligo ma anche tramite strumenti incentivanti diretti o indiretti (es. attivazione delle ESCo e del FTT - finanziamento tramite terzi).

È ipotizzato uno spessore medio dello strato di isolante finale pari a 10 cm con una conduttività termica del coibente  $\lambda=0,04$  W/mK.

Le riduzioni di fabbisogni energetici e di emissioni (PTS e  $\text{NO}_x$ ) relative allo scenario sono riassunte nella seguente tabella.

**Tabella 14** - Scenario 2030.INS - Effetti degli interventi (riduzioni)

|                                           | Gas Naturale | Gasolio | GPL | BTZ | Legna | Pellet | TLR  | En. Elettrica | Totale       |
|-------------------------------------------|--------------|---------|-----|-----|-------|--------|------|---------------|--------------|
| Fabbisogno Energia [ktep]                 | 95,9         | 6,9     | 2,2 | 0,0 | 22,9  | 9,1    | 17,6 | 7,1           | <b>161,6</b> |
| NOx [t]                                   | 140,1        | 14,4    | 4,6 | 0,3 | 72,3  | 34,2   | -    | -             | <b>265,7</b> |
| PTS [t]                                   | 0,8          | 1,4     | 0,0 | 0,0 | 382,2 | 28,9   | -    | -             | <b>413,4</b> |
| CO <sub>2,lorda</sub> [10 <sup>3</sup> t] | 220,9        | 21,2    | 5,7 | 0,1 | 96,3  | 38,5   | -    | -             | <b>382,6</b> |

#### 4.8. 2030 Isolamento Ultimo Solaio (2030.IUS)

La coibentazione dell'ultimo solaio è stata mantenuta con caratteristiche di intervento rigorosamente *cost effective*. Infatti è stata ipotizzata come posa di uno strato di coibente analogo per prestazioni allo scenario 2030.REB (20 cm di spessore, pari a resistenza termica aggiuntiva  $R=5,00 \text{ m}^2\text{K/W}$ ), effettuata esclusivamente in interi edifici ante L.10/1991 (per i quali si ipotizza scarso isolamento e presenza frequente di sottotetti non abitati) e con un tasso di fattibilità tecnico-economica pari al 50%: tale insieme di condizioni consente di descriverla nella maggioranza dei casi (sebbene non in forma esclusiva) come posa di un materassino coibente in sottotetti non abitabili.

Parimenti all'insufflaggio, il tasso di fattibilità tecnico-economica del 50% consente di ipotizzare l'attuazione della misura non solo con provvedimenti d'obbligo ma anche tramite strumenti incentivanti diretti o indiretti (ESCo, FTT).

Le riduzioni di fabbisogni energetici e di emissioni (PTS e  $\text{NO}_x$ ) relative allo scenario sono riassunte nella seguente tabella.

**Tabella 15** - Scenario 2030.IUS - Effetti degli interventi (riduzioni)

|                                          | Gas Naturale | Gasolio | GPL | BTZ | Legna | Pellet | TLR | En. Elettrica | Totale       |
|------------------------------------------|--------------|---------|-----|-----|-------|--------|-----|---------------|--------------|
| Fabbisogno Energia [ktep]                | 76,7         | 4,6     | 2,0 | 0,0 | -0,9  | 7,0    | 7,8 | 7,3           | <b>104,5</b> |
| $\text{NO}_x$ [t]                        | 112,4        | 9,7     | 4,2 | 0,3 | -2,8  | 26,2   | -   | -             | <b>150,0</b> |
| PTS [t]                                  | 0,7          | 1,0     | 0,0 | 0,0 | -15,4 | 22,1   | -   | -             | <b>8,4</b>   |
| $\text{CO}_{2,\text{lorda}}$ [ $10^3$ t] | 176,6        | 14,3    | 5,3 | 0,1 | 3,8   | 29,5   | -   | -             | <b>222,0</b> |



#### 4.9. 2030 Saturazione Aree Teleriscaldade utenza residenziale (2030.SAT)

Laddove presenti aree teleriscaldade (descritte da sezioni di censimento in cui >10% degli utenti residenziali centralizzati risultino serviti da TLR) sono state valutate le potenzialità di nuovi allacciamenti di utenza residenziale, senza estensioni di rete, resi possibili dalla contrazione dei consumi energetici degli interi edifici attualmente serviti (conseguente gli scenari di incremento dell'efficienza del patrimonio edilizio esistente, in primo luogo 2030.VTE, 2030.INS e 2030.IUS). e tramite nuova saturazione dell'energia erogabile dagli impianti di generazione esistenti (a parità di energia immessa in rete).

Operativamente, a livello di singola sezione censuaria teleriscaldada (definita come sopra) è stata valutata la riduzione del fabbisogno degli interi edifici serviti dalle attuali reti di teleriscaldamento (quale differenza tra i fabbisogni di tali interi edifici nella baseline 2011.BAS e nello scenario 2030.IUS), definendo l'offerta potenziale di energia da teleriscaldamento al 2030 nell'area. Successivamente per ciascuna sezione teleriscaldada è stata quantificata la domanda energetica da parte di interi edifici teleriscaldabili (definiti come edifici con impianto centralizzato ed un volume >3000 m<sup>3</sup>), procedendo quindi a saturarla in base all'offerta potenziale della medesima sezione. Funzionalmente una quota di impianti centralizzati in ciascuna sezione viene dismessa per sfruttare l'energia liberata nella rete di TLR dagli interventi di efficienza.

Le riduzioni di fabbisogni energetici e di emissioni (PTS e NO<sub>x</sub>) relative allo scenario sono evidenziate nella seguente tabella. Va sottolineato come l'analisi non associa all'energia erogata dalla rete di teleriscaldamento alcuna emissione, poiché tale fattore emissivo risulta relativo al settore dell'industria/energia. Effettuando inoltre una saturazione della rete a parità di energia erogata lo scenario indagato non comporterà alcun incremento emissivo anche in tali ambiti.

**Tabella 16** - Scenario 2030.SAT - Effetti degli interventi (riduzioni, i valori negativi sono quindi incrementi)

|                                           | Gas Naturale | Gasolio | GPL | BTZ | Legna | Pellet | TLR   | En. Elettrica | Totale      |
|-------------------------------------------|--------------|---------|-----|-----|-------|--------|-------|---------------|-------------|
| Fabbisogno Energia [ktep]                 | 19,8         | 0,3     | 0,0 | 0,0 | 0,1   | -      | -17,2 | 0,0           | <b>3,0</b>  |
| NOx [t]                                   | 28,8         | 0,6     | 0,0 | 0,3 | 0,2   | -      | -     | -             | <b>29,9</b> |
| PTS [t]                                   | 0,2          | 0,1     | 0,0 | 0,0 | 0,6   | -      | -     | -             | <b>0,8</b>  |
| CO <sub>2,lorda</sub> [10 <sup>3</sup> t] | 45,6         | 0,8     | 0,0 | 0,1 | 0,2   | -      | -     | -             | <b>46,7</b> |

#### 4.10. 2030 Estensione Aree Teleriscaldate (2030.EAT)

L'analisi dell'estensione dell'utenza residenziale delle Aree Teleriscaldate ha interessato il territorio della Città Metropolitana di Torino, sulla base del piano di sviluppo della rete di teleriscaldamento, secondo quanto identificato e descritto all'interno del relativo documento<sup>13</sup> (in seguito indicato PSTRLTO).

La simulazione, sulla base dell'avvenuto sviluppo della rete di teleriscaldamento dell'area metropolitana, ha interessato soltanto le aree per le quali è attualmente prevista l'estensione della rete e sono state acquisite da parte delle aziende le concessioni alla realizzazione delle infrastrutture. Lo studio è stato limitato al solo settore residenziale, pertanto non sono state effettuate analisi relative ad altre tipologie di utenza, anche se previste nel documento di piano (PSTLRTO).

Le aree interessate, sulla base di quanto indicato all'interno del piano PSTRLTO, risultano individuate in:

- Ambito Torino Est
  - Borg. Vittoria e M.Campagna
  - Aurora e Vanchiglia
  - Barr. Milano e R.Parco
- Area Sud-Ovest
  - Beinasco (zona Centro e Fornaci)

L'analisi ha interessato l'aggiornamento della volumetria teleriscaldabile, sulla base dei dati aggiornati relativi al "15° Censimento della popolazione e delle unità immobiliari 2011 – Istat". A tal fine sono stati considerati idonei alla valutazione gli edifici dotati di impianto di riscaldamento centralizzato, con volumetria complessiva superiore a 3000 m<sup>3</sup>, situati all'interno delle sezioni di censimento comprese nelle aree di sviluppo individuate dal piano (PSTLRTO).

Sulla base delle sezioni di censimento individuate con analisi GIS, e delle relative volumetrie di utenza identificate, sono stati considerati valori di percentuale di penetrazione commerciale in analogia a quanto indicato all'interno del documento di piano (PSTLRTO).

---

13

PSTLRTO - Piano di Sviluppo del Teleriscaldamento nell'area di Torino – Rapporto Finale. R-09.10.001.r03. Febbraio 2009. Area Risorse Idriche e Qualità dell'Aria Servizio Qualità dell'Aria e Risorse Energetiche – Provincia di Torino.

L'analisi effettuata ha permesso, attraverso l'applicazione del modello, di valutare i combustibili utilizzati presso le utenze teleriscaldabili e i fabbisogni degli stessi (espressi in ktep). Sulla base dei valori di penetrazione commerciale sono stati desunti valori statistici di sostituzione dei combustibili presso le utenze individuate, a cui è attribuibile una riduzione in termini emissivi attraverso l'utilizzo dei fattori INEMAR, considerando caldaie a servizio di impianti di riscaldamento centralizzato. In sede di analisi non è stata formulata alcuna ipotesi in merito alle emissioni relative alla produzione di energia termica fornita dalla rete di teleriscaldamento.

L'analisi inoltre, ha valutato la riduzione del fabbisogno complessivo di energia derivante dalla sostituzione dell'impianto di generazione presente presso le utenze con la sottostazione di scambio, considerando i rendimenti di generazione già descritti in ambito di analisi del modello.

Va sottolineato come l'analisi non associ all'energia erogata dalla rete di teleriscaldamento alcuna emissione, poiché tale fattore emissivo risulta relativo al settore dell'industria/energia. A differenza dello scenario 2030.SAT l'allaccio di nuova utenza considerato comporterà un contestuale incremento dell'energia termica erogata dagli impianti di produzione alimentanti la rete metropolitana. L'analisi delle emissioni relative, da computarsi all'interno del settore industriale/produzione di energia, non è qui investigata e risulterà subordinata all'individuazione della tecnologia e tipologia degli impianti di produzione previsti per la copertura della nuova domanda di energia termica.

**Tabella 17** - Scenario 2030.EAT - Effetti degli interventi (riduzioni, i valori negativi sono quindi incrementi)

|                                           | Gas Naturale | Gasolio | GPL | BTZ | Legna | Pellet | TLR   | En. Elettrica | Totale |
|-------------------------------------------|--------------|---------|-----|-----|-------|--------|-------|---------------|--------|
| Fabbisogno Energia [ktep]                 | 34,1         | 0,1     | 0,0 | 0,0 | 0,0   | -      | -29,2 | 0,1           | 5,1    |
| NOx [t]                                   | 49,7         | 0,2     | 0,1 | 0,1 | 0,0   | -      | -     | -             | 50,1   |
| PTS [t]                                   | 0,3          | 0,0     | 0,0 | 0,0 | 0,1   | -      | -     | -             | 0,4    |
| CO <sub>2,lorda</sub> [10 <sup>3</sup> t] | 78,5         | 0,3     | 0,1 | 0,0 | 0,0   | -      | -     | -             | 79,0   |

#### 4.11. 2030 Fattori Emissivi Biomasse BAT (2030.FEB)

Poiché i generatori a biomasse sia evidenziano una rapida evoluzione in termini di rendimento e fattori di emissione, sia presentano una vita utile che difficilmente supera i 25 anni, si può ipotizzare uno scenario relativo al rapido ammodernamento del parco impianti. Tale scenario è simulato come risultato di una misura d'obbligo (es. limiti alle emissioni), di incentivi o di un mix delle due soluzioni in grado di intervenire sul 100% degli impianti al 2030.

Per tutte le tipologie di generatori sono stati impiegati i fattori di emissione INEMAR corrispondenti alle BAT indicati nella tabella sottostante. Non essendo presenti dei fattori di emissione BAT per le caldaie sono stati impiegati (con approccio certamente peggiorativo) i medesimi fattori di emissione delle stufe.

**Tabella 18** – Fattori emissivi INEMAR impiegati per lo scenario 2030.FEB

| Denominazione                                           | NO <sub>x</sub> [g/GJ] | PM10 [g/GJ] |
|---------------------------------------------------------|------------------------|-------------|
| <i>Stufa automatica a pellets o cippato o BAT legna</i> | 90                     | 76          |
| <i>Sistema BAT pellets</i>                              | 90                     | 76          |

Le riduzioni di emissioni (PTS e NO<sub>x</sub>) relative allo scenario sono evidenziate nella seguente tabella.

**Tabella 19** - Scenario 2030.FEB - Effetti degli interventi (riduzioni, i valori negativi sono quindi incrementi)

|                                           | Gas Naturale | Gasolio | GPL | BTZ | Legna   | Pellet | TLR | En. Elettrica | Totale  |
|-------------------------------------------|--------------|---------|-----|-----|---------|--------|-----|---------------|---------|
| Fabbisogno Energia [ktep]                 | -            | -       | -   | -   | -       | -      | -   | -             | -       |
| NO <sub>x</sub> [t]                       | -            | -       | -   | -   | -211,2  | -      | -   | -             | -211,2  |
| PTS [t]                                   | -            | -       | -   | -   | 4.545,1 | -      | -   | -             | 4.545,1 |
| CO <sub>2,lorda</sub> [10 <sup>3</sup> t] | -            | -       | -   | -   | -       | -      | -   | -             | -       |

## 4.12. Quadro complessivo degli scenari 2030

L'effetto complessivo dell'applicazione degli scenari individuati è riassunto nelle tabelle e nei grafici seguenti.

**Tabella 20** – Regione Piemonte - Effetto complessivo degli scenari (riduzioni)

|                                           | Gas Naturale | Gasolio | GPL  | BTZ | Legna   | Pellet | TLR | En. Elettrica | Totale         |
|-------------------------------------------|--------------|---------|------|-----|---------|--------|-----|---------------|----------------|
| Fabbisogno Energia [ktep]                 | 713,1        | 51,9    | 23,0 | 0,3 | 113,0   | 34,7   | 2,0 | -97,2         | <b>840,9</b>   |
| NOx [t]                                   | 1.041,2      | 108,8   | 48,0 | 1,9 | 145,7   | 130,6  | -   | -             | <b>1.476,3</b> |
| PTS [t]                                   | 6,0          | 10,9    | 0,2  | 0,2 | 6.426,2 | 110,3  | -   | -             | <b>6.553,8</b> |
| CO <sub>2,lorda</sub> [10 <sup>3</sup> t] | 1.642,2      | 160,3   | 60,1 | 1,0 | 474,1   | 147,0  | -   | -             | <b>2.484,7</b> |

Gli stessi valori sono di seguito riportati come aggregazione per ambiti dei dati di consumo e emissivi.

Sono distinti i seguenti ambiti, secondo quanto definito a livello regionale all'interno della proposta di piano (PRQA).

- IT0118 - Agglomerato di Torino
- IT0119 - Zona denominata Pianura
- IT0120 - Zona denominata Collina
- IT0121 - Zona denominata di Montagna

**Tabella 21** – Regione Piemonte – Riduzione Fabbisogno di Energia – Ripartizione per ambiti

| Riduzione Fabbisogno di Energia [ktep] | Gas Naturale | Gasolio | GPL  | BTZ | Legna | Pellet | TLR  | En. Elettrica | Totale       |
|----------------------------------------|--------------|---------|------|-----|-------|--------|------|---------------|--------------|
| IT0118                                 | 208,3        | 4,7     | 2,2  | 0,1 | 5,4   | 2,2    | -3,4 | -14,7         | <b>204,7</b> |
| IT0119                                 | 243,3        | 18,4    | 6,9  | 0,1 | 31,5  | 9,9    | 2,3  | -37,4         | <b>275,0</b> |
| IT0120                                 | 236,1        | 24,3    | 12,7 | 0,1 | 61,8  | 18,4   | 2,7  | -40,7         | <b>315,4</b> |
| IT0121                                 | 25,4         | 4,5     | 1,3  | 0,0 | 14,2  | 4,2    | 0,5  | - 4,4         | <b>45,8</b>  |

**Tabella 22** – Regione Piemonte – Riduzione Emissioni di NOx – Ripartizione per ambiti

| Riduzione Emissioni di NOx [t] | Gas Naturale | Gasolio | GPL  | BTZ | Legna | Pellet | TLR | En. Elettrica | Totale       |
|--------------------------------|--------------|---------|------|-----|-------|--------|-----|---------------|--------------|
| IT0118                         | 303,8        | 9,8     | 4,5  | 0,7 | 7,9   | 8,2    | -   | -             | <b>334,8</b> |
| IT0119                         | 355,3        | 38,6    | 14,4 | 0,4 | 41,2  | 37,3   | -   | -             | <b>487,1</b> |



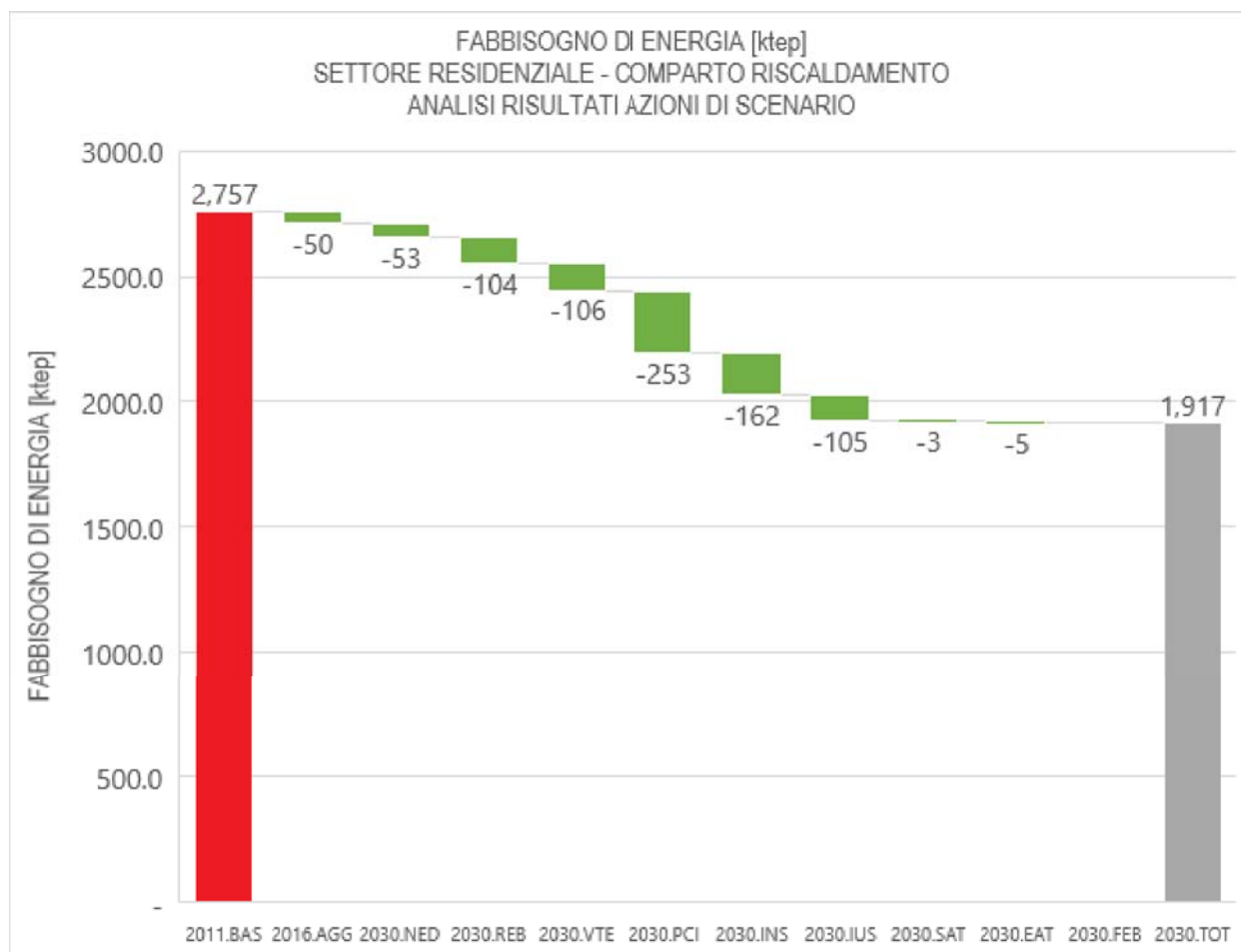
|        |       |      |      |     |      |      |   |   |              |
|--------|-------|------|------|-----|------|------|---|---|--------------|
| IT0120 | 345,0 | 51,0 | 26,4 | 0,7 | 85,7 | 69,5 | - | - | <b>578,3</b> |
| IT0121 | 37,2  | 9,4  | 2,7  | 0,1 | 11,0 | 15,6 | - | - | <b>76,1</b>  |

**Tabella 23** – Regione Piemonte – Riduzione Emissioni di PTS – Ripartizione per ambiti

| Riduzione Emissioni di PTS [t] | Gas Naturale | Gasolio | GPL | BTZ | Legna   | Pellet | TLR | En. Elettrica | Totale  |
|--------------------------------|--------------|---------|-----|-----|---------|--------|-----|---------------|---------|
| IT0118                         | 1,7          | 1,0     | 0,0 | 0,1 | 283,2   | 6,9    | -   | -             | 292,9   |
| IT0119                         | 2,0          | 3,9     | 0,1 | 0,0 | 1.748,1 | 31,5   | -   | -             | 1.785,6 |
| IT0120                         | 2,0          | 5,1     | 0,1 | 0,1 | 3.426,4 | 58,7   | -   | -             | 3.492,4 |
| IT0121                         | 0,2          | 0,9     | 0,0 | 0,0 | 968,4   | 13,2   | -   | -             | 982,8   |

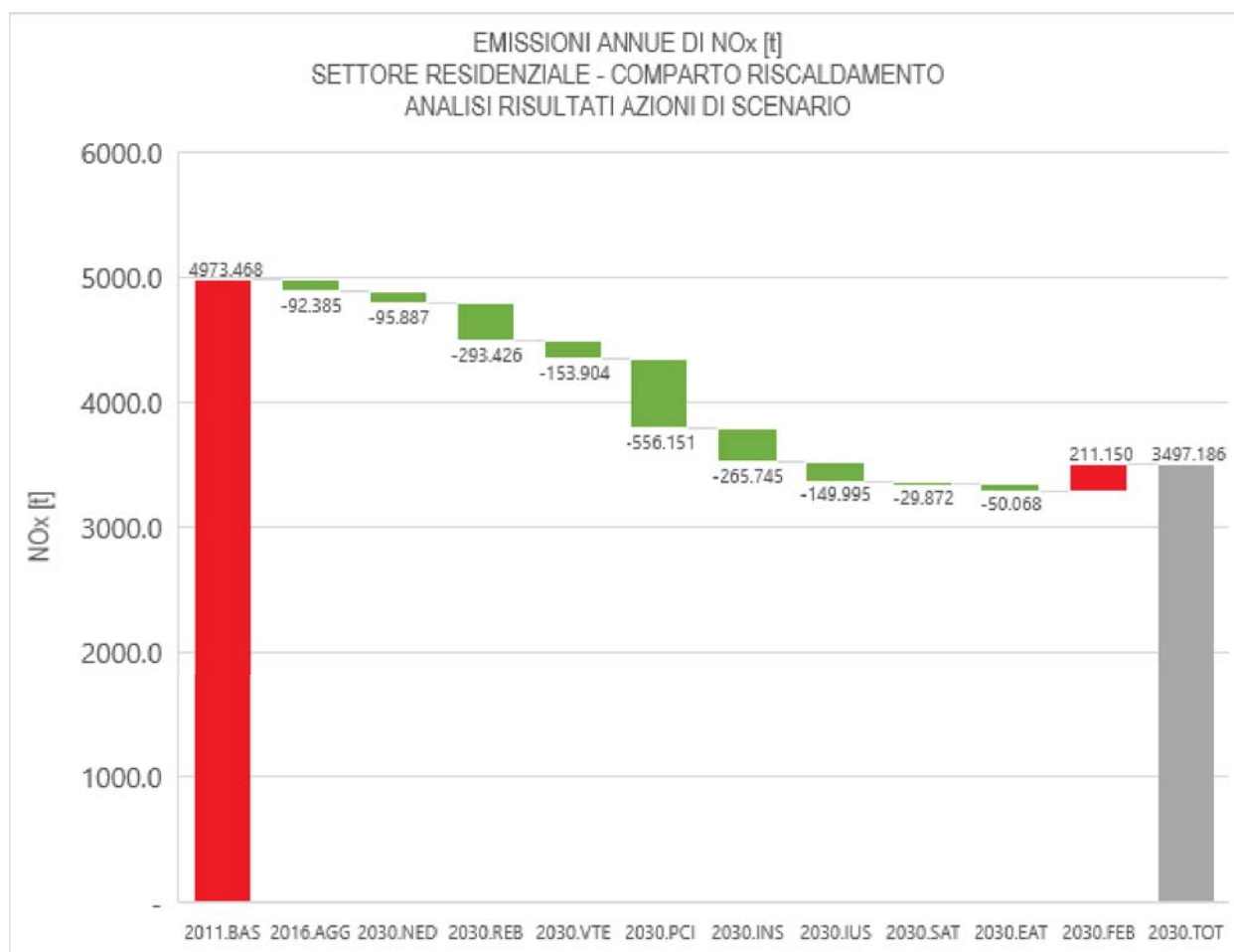
**Tabella 24** – Regione Piemonte – Riduzione Emissioni di CO<sub>2,lorda</sub> – Ripartizione per ambiti

| Riduzione Emissioni di PTS [t] | Gas Naturale | Gasolio | GPL  | BTZ | Legna | Pellet | TLR | En. Elettrica | Totale |
|--------------------------------|--------------|---------|------|-----|-------|--------|-----|---------------|--------|
| IT0118                         | 479,7        | 14,4    | 5,7  | 0,3 | 22,6  | 9,2    | -   | -             | 532,0  |
| IT0119                         | 560,3        | 56,8    | 18,0 | 0,2 | 132,4 | 42,0   | -   | -             | 809,7  |
| IT0120                         | 543,7        | 75,1    | 33,1 | 0,4 | 259,5 | 78,2   | -   | -             | 989,9  |
| IT0121                         | 58,6         | 13,9    | 3,4  | 0,1 | 59,6  | 17,6   | -   | -             | 153,2  |

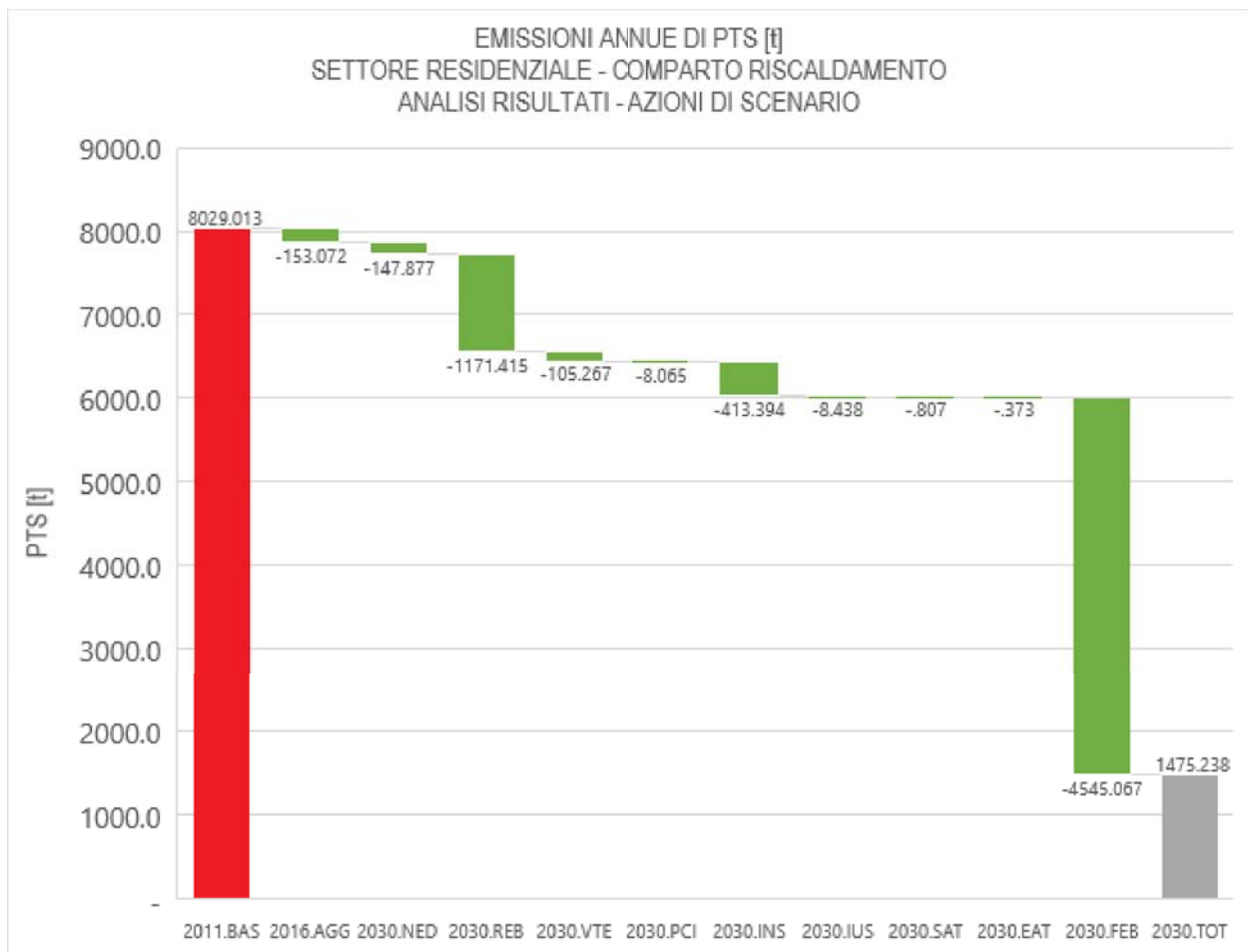


**Figura 8** - Diagramma degli effetti dei singoli scenari sul fabbisogno di energia [ktep],(in grigio valore finale al 2030)

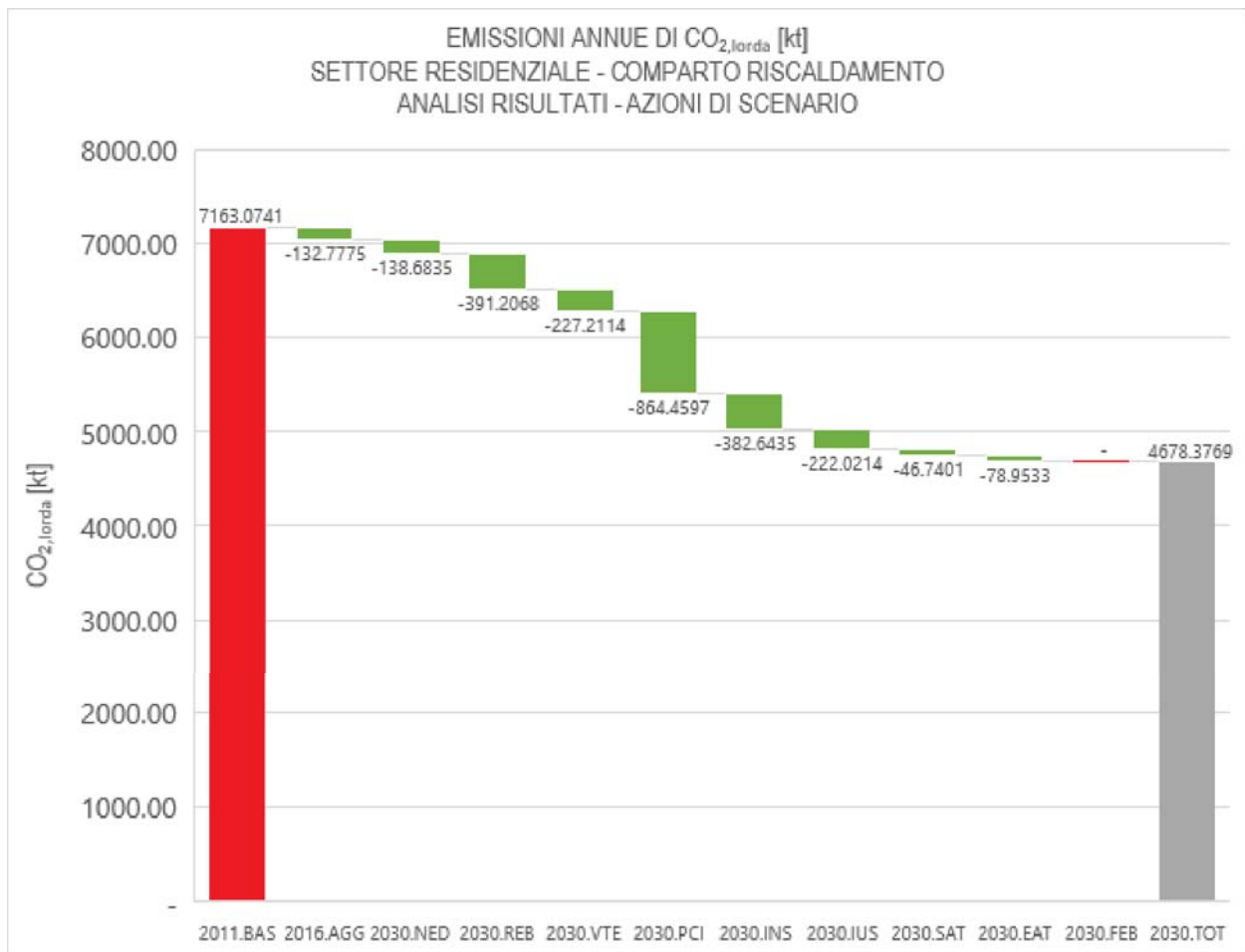




**Figura 9** - Diagramma degli effetti dei singoli scenari sulle emissioni annue di NO<sub>x</sub> [t], (in grigio valore finale al 2030)



**Figura 10** - Diagramma degli effetti dei singoli scenari sulle emissioni annue di PTS [t], (in grigio valore finale al 2030)



**Figura 11** - Diagramma degli effetti dei singoli scenari sulle emissioni annue di CO<sub>2,lorda</sub> [kt], (in grigio valore finale al 2030)

In tabella a seguire si riporta un confronto dei risultati ottenuti dalla presente attività (in tabella seguente indicati come “Scenario 2030”), rispetto a quanto valutato nell’ambito degli studi condotti da studi precedenti (in tabella indicato come “Retrofit Elevato”) e riportati nel documento *“Regione Piemonte - Direzione Ambiente, Governo e Tutela del territorio - Settore Emissioni e Rischi Ambientali - Piano di Qualità dell'Aria - Studio dei contributi emissivi del settore residenziale - Rapporto finale - rev. 2.0 – Settembre 2017”*.

Essendo i risultati relativi allo scenario “Retrofit Elevato” limitati alla sola valutazione della riduzione dei fabbisogni energetici, si è proceduto alla valutazione dei relativi contributi emissivi, sulla base del modello di analisi descritto nel presente documento, al fine di consentire un confronto completo in termini energetico/ambientali.

**Tabella 25** – Regione Piemonte – Confronto risultati di modello

|                             | Riduzione del fabbisogno di energia del settore residenziale [ktep] | Riduzione delle emissioni di NOx del settore residenziale [t] | Riduzione delle emissioni di PTS del settore residenziale [t] |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Scenario "Retrofit Elevato" | 1450                                                                | 2739                                                          | 7258                                                          |
| Scenario 2030               | 841                                                                 | 1476                                                          | 6554                                                          |

### 4.13. Valori di integrazione: ACS e consumi II case

Sono infine stati calcolati i valori energetici ed emissivi relativi alla produzione di ACS e al riscaldamento delle II case. Tali quantificazioni sono sostanzialmente invarianti (sebbene al 2030 per l'ACS sia stata tenuta in conto la penetrazione delle PdC e del solare termico e per le II case siano state introdotte le BAT sui generatori a biomassa) e sono qui presentate a completamento delle stime.

**Tabella 26** – Regione Piemonte – Fabbisogno di Energia al 2030 per produzione ACS settore residenziale complessivo e riscaldamento delle sole II Case

| Fabbisogno di Energia [ktep] | Gas Naturale | Gasolio | GPL | BTZ | Legna | Pellet | TLR | En. Elettrica | Totale |
|------------------------------|--------------|---------|-----|-----|-------|--------|-----|---------------|--------|
| Produzione ACS               | 252,0        | 7,9     | 8,8 | 0,1 | 4,1   | 0,3    | 8,7 | 26,6          | 308,5  |
| Riscaldamento II Case        | 31,0         | 15,3    | 2,7 | 0,5 | 35,9* |        | 0,8 | 0,4           | 86,7   |

\*dato aggregato per legna e pellet

**Tabella 27** – Regione Piemonte – Emissioni di NOx al 2030 per produzione ACS settore residenziale complessivo e riscaldamento delle sole II Case

| Emissioni di NOx [t]  | Gas Naturale | Gasolio | GPL  | BTZ | Legna  | Pellet | TLR | En. Elettrica | Totale |
|-----------------------|--------------|---------|------|-----|--------|--------|-----|---------------|--------|
| Produzione ACS        | 367,4        | 16,6    | 18,5 | 0,5 | 15,3   | 1,1    | -   | -             | 419,4  |
| Riscaldamento II Case | 46,5         | 31,9    | 5,6  | 3,2 | 135,5* |        | -   | -             | 222,7  |

\*dato aggregato per legna e pellet

**Tabella 28** – Regione Piemonte – Emissioni di PTS al 2030 per produzione ACS settore residenziale complessivo e riscaldamento delle sole II Case

| Emissioni di PTS [t]  | Gas Naturale | Gasolio | GPL | BTZ | Legna  | Pellet | TLR | En. Elettrica | Totale |
|-----------------------|--------------|---------|-----|-----|--------|--------|-----|---------------|--------|
| Produzione ACS        | 2,1          | 1,7     | 0,1 | 0,1 | 13,0   | 1,0    | -   | -             | 17,8   |
| Riscaldamento II Case | 0,3          | 3,2     | 0,0 | 0,4 | 114,4* |        | -   | -             | 118,3  |

\*dato aggregato per legna e pellet

**Tabella 29** – Regione Piemonte – Emissioni di CO<sub>2,lorda</sub> al 2030 per produzione ACS settore residenziale complessivo e riscaldamento delle sole Il Case

| Emissioni di CO <sub>2,lorda</sub> [kt] | Gas Naturale | Gasolio | GPL  | BTZ | Legna  | Pellet | TLR | En. Elettrica | Totale |
|-----------------------------------------|--------------|---------|------|-----|--------|--------|-----|---------------|--------|
| Produzione ACS                          | 580,4        | 24,4    | 23,1 | 0,2 | 16,8   | 1,3    | -   | -             | 646,2  |
| Riscaldamento Il Case                   | 71,5         | 47,1    | 7,1  | 1,6 | 152,4* |        | -   | -             | 279,7  |

\*dato aggregato per legna e pellet



**POLITECNICO  
DI TORINO**

Dipartimento Energia



## **5. Aspetti che richiedono ulteriori definizioni**

Seguono alcune brevi note su temi che necessitano ulteriori approfondimenti e definizioni, al fine di contabilizzare correttamente gli impatti delle soluzioni individuate o degli scenari predisposti.

### **5.1.1. Energia elettrica per alimentazione delle PdC**

L'inserimento di PdC nel parco impianti piemontese, se contribuisce sostanzialmente alla riduzione delle emissioni locali diffuse, determina per contro un significativo incremento di fabbisogni elettrici. Tali nuovi consumi devono essere sostenuti da nuove produzioni o dalla variazione degli scambi con altre regioni/nazioni.

Di conseguenza sul tema appare necessario un approfondimento congiunto dei Settori Emissioni e Rischi Ambientali e Sviluppo Energetico Sostenibile, con l'obiettivo di definire una procedura di allocazione dei nuovi consumi elettrici, che il modello di calcolo traccia e quantifica, in rapporto alle produzioni/importazioni elettriche attuali. In tal modo potranno essere quantificati i relativi impatti e aggiunti e conteggiati nel bilancio emissivo complessivo del settore residenziale.

### **5.1.2. Produzione energetica a servizio delle estensioni delle reti di TLR**

Come indicato nel paragrafo relativo allo scenario 2030.EAT, l'individuazione delle aree di prossima espansione del teleriscaldamento all'interno della conurbazione torinese permette di quantificare con precisione le mancate emissioni diffuse dovute alla dismissione di impianti esistenti, senza però fornire indicazioni su come sia generabile il calore di rete richiesto.





Il modello di calcolo ovviamente traccia i fabbisogni degli interi edifici potenzialmente allacciabili. Risulta quindi auspicabile, anche in questo caso, un approccio congiunto tra Settori regionali per definire le soluzioni tecnologiche e le fonti energetiche impiegabili nella generazione del calore necessario a coprire i fabbisogni e le relative perdite di rete. In tal modo potranno essere tracciati consumi energetici ed impatti emissivi relativi alle nuove aree teleriscaldare e questi potranno essere correttamente imputati al settore residenziale.

### **5.1.3. Fattori emissivi INEMAR per i dispositivi a biomassa**

I fattori emissivi INEMAR per le biomasse appaiono vetusti e nel complesso non rappresentativi del parco esistente e dell'evoluzione tecnologica.

Ad esempio le caldaie a biomassa sono rappresentate da un unico codice snap, i cui fattori di emissione ( $\text{NO}_x$  270 g/GJ ; PM10 100g/GJ) sono dalle 6 alle 20 volte superiori ai dati rilevati su impianti moderni.

Per gli apparecchi domestici i codici snap che identificano le BAT, due ma identici come fattori di emissione ( $\text{NO}_x$  90 g/GJ ; PM10 76g/GJ), rappresentano in realtà le prestazioni di generatori di media-alta qualità ma già oggi ampiamente presenti sul mercato e senza particolari caratteristiche di innovatività.

Risulterebbe quindi auspicabile un percorso di valutazione di nuovi codici snap, supportato da evidenze bibliografiche, da dati desunti dalle recenti certificazioni di prodotto e da misure in campo.

### **5.1.4. Fattori emissivi INEMAR degli impianti a gas naturale**

Attualmente è previsto in INEMAR un unico codice snap per tutti gli impianti a gas naturale. Il fattore di emissione degli  $\text{NO}_x$  (34,82 g/GJ) corrisponde a un valore superiore a quello di norma per l'installazione di nuovi impianti (circa 120 mg/kWh a fronte di 80mg/kWh). Di conseguenza l'impiego del fattore emissivo INEMAR al 2030 è probabile che conduca a sovrastime delle emissioni di  $\text{NO}_x$ .

Si rileva qui inoltre che la riduzione a circa 2/3 del fattore di emissione sul gas naturale (ipotizzando quindi un turnover degli impianti) consentirebbe un agevole conseguimento degli obiettivi anche sui  $\text{NO}_x$  oltreché sul particolato



**POLITECNICO  
DI TORINO**

Dipartimento Energia

## **6. Allegati**