

POLITECNICO DI TORINO

I Facoltà di Ingegneria

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile

Tesi di Laurea Magistrale

Interventi di riqualificazione energetica nella Pubblica Amministrazione.

Modelli di analisi e criteri di valutazione



Relatori:

Alberto POGGIO

Giulio CERINO ABDIN

Luca DEGIORGIS

Moreno ZANINI

Candidato:

Matteo MIGLIORE

Anno Accademico 2018/2019

Quest'opera è soggetta alla Creative Commons Public License versione 2.5 o posteriore.

L'enunciato integrale della Licenza in versione 2.5 è reperibile all'indirizzo internet

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/deed.it>.

- Si è liberi di riprodurre, distribuire, comunicare al pubblico, esporre in pubblico, rappresentare, eseguire e recitare quest'opera alle seguenti condizioni:
 - **Attribuzione** Bisogna attribuire la paternità dell'opera nei modi indicati dall'autore o da colui al quale è stata data quest'opera in licenza; in questo caso si tratta del Politecnico di Torino.
 - **Non commerciale** Non si può usare quest'opera per fini commerciali.
 - **Non opere derivate** Non si può alterare o trasformare quest'opera, né usarla per crearne un'altra.
- Ogni volta che si usa o si distribuisce quest'opera, lo si deve fare secondo i termini di questa licenza, che va comunicata con chiarezza.
- In ogni caso si possono concordare con il titolare dei diritti d'autore (il Politecnico di Torino, in questo caso) utilizzi di quest'opera non consentiti da questa licenza.

*Alla mia famiglia che mi ha sempre sostenuto
e che ha reso possibile tutto ciò,
ai miei amici per esserci sempre stati,
a chi ha condiviso con me questo percorso.*

*Un ringraziamento al Prof. Alberto Poggio,
all'Ing. Giulio Cerino e all'Ing. Luca Degiorigi,
per avermi seguito fin dall'inizio
con costanza e pazienza
durante l'elaborazione di questa tesi.*

Sommario

1	Introduzione.....	1
2	La Città Metropolitana di Torino e il Meccanismo convenzione CONSIP	2
3	Materiale da C.M.T.....	6
4	Costruzione database	11
4.1	Unificazione dati.....	11
4.2	Uniformazione dati	13
4.3	Pulizia dati	25
4.4	Valori duplicati	33
4.5	Rapporti consumi dic/nov EN.PRIM. e dic/nov EN. SEC.....	39
5	Consumi, consumi specifici, consumi specifici destagionalizzati	45
5.1	Analisi anomalie: grafici e commenti	47
5.2	Distribuzione di frequenze: consumi specifici destagionalizzati	59
6	Firme Energetiche.....	69
6.1	Metodologia PROBIS e cenni teorici.....	69
6.2	Applicazione metodologia PROBIS	70
6.3	Analisi anomalie: individuazione e commenti	95
6.4	Distribuzione di frequenze: pendenze firme energetiche ante e post interventi.....	97
7	Conclusioni.....	107
8	Bibliografia.....	108
9	Allegati	109

1 Introduzione

Il presente elaborato tratta dello stock edilizio del settore terziario, in particolare della Pubblica Amministrazione della Città Metropolitana di Torino, la cui destinazione d'uso prevalente è quella scolastica.

Analizzando la situazione da un punto di vista più ampio, all'interno del quadro energetico nazionale, i settori che si spartiscono la maggior parte degli impieghi finali di energia sono i settori di industria, trasporti e civile. In base ai dati ENEA relativi al 2014, il settore civile, con un consumo annuo di 43,4 Mtep, corrispondente al 38,7% del totale, è quello che richiede più energia. In particolare, il settore civile, comprendente i settori domestico e terziario, considerando unicamente l'utilizzo di energia elettrica, rappresenta il 50 % dei consumi nazionali, rispettivamente il 22,1% e il 30,4% [1].

Nel solo settore terziario si ha un consumo di 6 Mtep di gas naturale e 7,6 Mtep di energia elettrica e il trend dei due vettori energetici nel periodo dal 2005 al 2014 è opposto: i consumi di gas naturale sono calati del 19,1%, mentre i consumi di energia elettrica sono aumentati del 19,7% [1]. Le emissioni di CO₂ si sono ridotte per tutti i macro-settori, ma il risultato ottenuto nel settore civile, con una diminuzione del 11,8%, è contenuto rispetto al 19,5% dei trasporti, al 32,6% del settore energetico e del 37,2 % per l'industria manifatturiera [1]. Il contributo dato dal settore civile, e nello specifico dal terziario, al raggiungimento degli obiettivi fissati in materia di sostenibilità, è limitato.

Il parco edilizio proprio della Pubblica Amministrazione è stato quantificato in oltre 58.000 edifici, dei quali 43.000 scuole, escluse le università, e all'incirca 13.500 edifici del settore direzionale, con un consumo totale di energia primaria pari a 2,2 Mtep [2]. Gli immobili della Pubblica Amministrazione, in generale quelli di tutto il settore terziario, variano in modo rilevante sia dal punto di vista strutturale sia dal punto di vista dei servizi forniti. In questo contesto i consumi energetici, oltre a dipendere dalle caratteristiche architettoniche e geografiche, vengono pesantemente influenzati dalle modalità di utilizzo da parte degli utenti. Risulta pertanto complesso sia individuare un'adeguata strategia di gestione da parte degli enti interessati, sia l'organizzazione di un efficiente sistema normativo volto a favorire soluzioni innovative.

Segue un'analisi degli edifici maggiormente dettagliata.

2 La Città Metropolitana di Torino e il Meccanismo convenzione CONSIP

CONSIP S.p.A. è l'ente che regolamenta tutti gli acquisti in campo energetico per le Pubbliche Amministrazioni. Il meccanismo della convenzione CONSIP, denominata Convenzione Servizio Integrato Energia, prevede l'affidamento, tramite gara a procedura aperta, ad un unico Gestore, di seguito definito Assuntore, del Servizio Energia, ovvero tutte le attività di gestione, conduzione e manutenzione degli impianti termici, compresa l'assunzione del ruolo di Terzo Responsabile, negli edifici in uso alle Pubbliche Amministrazioni. Il Servizio prevede, inoltre, la fornitura del vettore energetico termico oltre all'implementazione degli interventi di riqualificazione e di efficientamento energetico del sistema edificio/impianto [3]. Pertanto, le figure chiave sono le seguenti [3]:

- CONSIP S.p.A.: in rappresentanza del Ministero dell'Economia e delle Finanze, esperisce una gara europea, ex art. 26 della Legge 488/99 e s.m.i., per individuare l'Assuntore del Servizio Integrato Energia;
- Assuntore: è l'aggiudicatario del/i lotto/i in cui è suddivisa la gara, stipula la Convenzione con CONSIP S.p.A. e si obbliga a prestare i servizi in favore dell'Amministrazione Contraente;
- Amministrazione Contraente: aderisce alla Convenzione richiedendo i servizi oggetto dell'Allegato 5 - Capitolato Tecnico mediante l'emissione dell'*Ordinativo Principale di Fornitura (O.P.F.)*.

Nello specifico all'interno di questa tesi, si è fatto riferimento alla gara SIE3 (Servizio Integrato Energia 3) per la quale *ANTAS S.r.l. Esco* (Energy Service Company) è risultata vincitrice (con l'impegno a *conseguire il 25% di risparmio energetico sul consumo energetico della stagione in condizioni standard J_{PKST} per ogni sistema edificio/impianto* (per maggior chiarezza si rimanda ai contenuti del P.T.E.)), aggiudicataria e pertanto *Assuntore*, dei Lotti 1, 4, 6, 8. In particolare, per il caso in esame, rientrando Torino all'interno del Lotto 1 riguardante le Regioni Liguria, Piemonte e Valle d'Aosta (importo massimo di 81.000.000 €), la *Città Metropolitana di Torino (C.M.T.)* rappresenta l'*Amministrazione Contraente*.

La Città Metropolitana di Torino ha formalizzato il proprio interesse alla fruizione dei servizi presenti in Convenzione attraverso la *Richiesta Preliminare di Fornitura (R.P.F.)*. All'interno di tale documento sono stati indicati [3]:

- i Servizi oggetto di interesse;
- gli edifici in uso all'Amministrazione (Nome, Città, Indirizzo, etc.);
- le destinazioni d'uso degli edifici (ai sensi del D.P.R. 412/93, art.3 comma 1);
- le tipologie di combustibile utilizzato dai singoli impianti termici;
- la data presunta di prima accensione ed ultimo spegnimento degli impianti termici.

La Città Metropolitana di Torino ha richiesto i servizi di cui sotto [3]:

- Servizio Energia "A" che include,
 - fornitura del vettore energetico per gli impianti di climatizzazione invernale e ad essi integrati, provvedendo alla voltura dei contratti di fornitura e garantendo la conformità delle caratteristiche

fisico-chimiche a quelle fissate dalla legislazione, anche di carattere secondario, tempo per tempo vigente, nella quantità e con le caratteristiche richieste dall'impianto stesso;

- gestione, conduzione e manutenzione ordinaria e straordinaria degli impianti per la climatizzazione invernale e delle apparecchiature ivi compresa l'assunzione del ruolo di Terzo Responsabile;
- gestione, conduzione e manutenzione ordinaria e straordinaria degli impianti termici integrati alla climatizzazione invernale atti alla produzione di fluidi caldi (impianti di produzione Acqua Calda Sanitaria, Acqua Surriscaldata e Vapore e impianto Idrico Sanitario).
- Servizio Tecnologico Climatizzazione Estiva "C" (per alcuni edifici) che include gestione, conduzione e manutenzione ordinaria e straordinaria degli impianti per la climatizzazione estiva e delle apparecchiature;
- Servizio Energy Management "E", inteso come servizio finalizzato alla realizzazione di interventi di riqualificazione energetica e al successivo controllo e monitoraggio dei risparmi conseguiti; fanno parte del servizio l'obbligatoria Certificazione Energetica degli immobili e la Diagnosi Energetica.

Occorre precisare che tutti i servizi sono remunerati attraverso un canone forfetario e che il Servizio Energy Management "E" è compreso nel canone dei relativi servizi [3].

All'interno del *Piano Tecnico Economico (P.T.E.)*, ANTAS ha formalizzato il preventivo di spesa e indicato le principali informazioni tecniche e operative di gestione dei Servizi richiesti dalla Città Metropolitana di Torino nella R.P.F. In particolare [4]:

- Configurazione dei Servizi e dati di consistenza oltre a:
 - durata del contratto di fornitura, attuativo della Convenzione, stipulato dalla Città Metropolitana di Torino, mediante Ordinativo Principale di Fornitura (O.P.F.): 6 anni;
 - data di inizio del servizio: 01/11/2016;
- Identificazione del sistema edificio/impianto con indicazione di:
 - consumo energetico storico J_{SK} [kWh]: quantità di energia primaria utilizzata per il soddisfacimento del bisogno di comfort (temperatura e, ove consentito dall'impianto, umidità relativa) all'interno degli edifici ad uso della Città Metropolitana di Torino nelle tre stagioni termiche complete antecedenti la consegna del P.T.E., ovvero la stagione 2011, 2012, 2013;
 - fabbisogno energetico calcolato J_{CK} [kWh]: quantità di energia primaria necessaria a garantire le condizioni di comfort all'interno degli edifici ad uso della Città Metropolitana di Torino;
 - consumo energetico della stagione in condizioni standard J_{PKST} [kWh]: consumo energetico per una stagione determinato in funzione del fabbisogno energetico calcolato J_{CK} e consumo energetico storico J_{SK} ;
 - grandezze architettoniche (superficie e volume dei sistemi edificio/impianto);
 - numero, tipologia e stato delle unità tecnologiche (numero generatori, etc.);
 - sistemi di generazione (potenza nominale, combustibile utilizzato, etc.);
 - sistemi di regolazione impianti;
 - sistemi di contabilizzazione del calore e dell'energia;

- Descrizione ed elenco degli interventi di adeguamento normativo;
- Descrizione ed elenco degli interventi di riqualificazione energetica (su un numero di edifici maggiore di $n/3$, dove n è il numero totale di edifici di cui nell'O.P.F), indicando:
 - obiettivi di risparmio energetico RE_P , dichiarati nel documento Offerta Tecnica in fase di gara, pari al 25% per ogni edificio incluso nella Convenzione; in caso di inadempienze da parte dell'Assuntore, vengono applicate le Penali definite nell'Allegato 5 - Capitolato Tecnico;
 - risparmio energetico atteso RE_A [kWh] dell'intero appalto, definito come sommatoria dei risparmi energetici attesi RE_{Ak} , calcolati sui k -esimi edifici sulla base di RE_{Pij} e J_{PKST} .
- Programma di misurazione dei consumi e di quantificazione dei risparmi energetici;
- Parametri di erogazione dei Servizi (obiettivi e parametri prestazionali);
- Personale dedicato all'appalto, tra cui la figura dell'Energy Manager, quale responsabile per la conservazione e l'uso razionale dell'energia (ai sensi dell'Art. 19 della Legge 10/91);
- Piano di costituzione e gestione dell'Anagrafica tecnica;
- Corrispettivi, ossia un canone forfetario annuo totale C_{TOT} definito dalla somma dei canoni annui dei singoli Servizi ordinati C_k e corrisposto attraverso una fatturazione trimestrale. L'importo di ogni Servizio ordinato ha valore fino alla successiva data di revisione dei Prezzi Unitari per la Quota Energia e per la Quota Manutenzione. Trascorsa tale data, ANTAS provvede ad aggiornare gli importi applicando i Prezzi Unitari revisionati. Nello specifico:

Tabella 1 – Canone forfetario annuale per i Servizi “A” (quota energia e quota manutenzione) e “C”

Canone forfetario annuale	
<i>Servizio</i>	<i>Canone</i>
Servizio Energia “A” – Quota Energia.	7.446.797 €
Servizio Energia “A” – Quota Manutenzione.	2.669.063 €
Totale Servizio “A”	10.115.860 €
Servizio “C”	286.475 €
Canone Totale	10.402.335 €

Tabella 2 - Canone forfetario totale 6 anni per i Servizi “A” (quota energia e quota manutenzione) e “C”

Canone forfetario totale 6 anni	
<i>Servizio</i>	<i>Canone</i>
Servizio Energia “A” – Quota Energia.	44.680.783 €
Servizio Energia “A” – Quota Manutenzione.	16.014.379 €
Totale Servizio “A”	60.695.162 €
Servizio “C”	1.718.850 €
Canone Totale	62.414.011 €

Tabella 3 - Canone forfetario annuale totale per il Servizio Idrico e Acque Scurie

Canone forfetario annuale totale	
<i>Servizio</i>	<i>Canone</i>
Servizio Idrico e Acque Scurie.	423.094 €

Tabella 4 - Canone forfetario totale 6 anni per il Servizio Idrico e Acque Scurie

Canone forfetario totale 6 anni	
<i>Servizio</i>	<i>Canone</i>
Servizio Idrico e Acque Scurie.	2.538.568 €

3 Materiale da C.M.T.

La C.M.T. (Città Metropolitana di Torino) ha fornito i seguenti fogli Excel:

- Consumi stagione 14-15;
- Consumi stagione 15-16;
- Consumi stagione 16-17 (inizio gestione impianti da parte di ANTAS);
- Consumi stagione 17-18;
- Consumi stagione 18-19;
- Allegato 1 “Tabella riassuntiva”.

In merito ai contenuti dei suddetti file:

- *Consumi stagione 14-15*: di ogni edificio sono riportate informazioni quali:
 1. Coordinate logistiche: codice identificativo, denominazione edificio, comune, indirizzo;
 2. Combustibile: tipologia e coefficiente correttivo da applicare al dato puro di consumo;
 3. Consumi mensili di ENERGIA PRIMARIA: ciascuno è il risultato della moltiplicazione tra coefficiente correttivo proprio del combustibile e dato puro di consumo. A seconda della tipologia di vettore energetico (gasolio, o gas naturale, o cippato, o TLR (Teleriscaldamento)) cambia l'unità di misura dei consumi (rispettivamente l (litri), m³ (metri cubi), t (tonnellate), MWh (Megawattora));
 4. Consumi mensili di ENERGIA SECONDARIA [MWh];
 5. Ore mensili di riscaldamento [h];
 6. GG (Gradi Giorno) mensili [-];
 7. Consumi *progressivi* di ENERGIA PRIMARIA: riguardo all'unità di misura, come al punto 3.;
 8. Consumi *progressivi* di ENERGIA SECONDARIA [MWh];
 9. Ore progressive di riscaldamento [h];
 10. GG progressivi [-];
 11. Rendimento stagionale dell'impianto di riscaldamento: campo vuoto;
 12. Dati convenzionali di riferimento: non utilizzabili ai fini di questa tesi;
 13. Dati stagionali effettivi di riferimento: non utilizzabili ai fini di questa tesi.
- *Consumi stagione 15-16*: stessi campi di *Consumi stagione 14-15*. In questo caso sono però riportati i valori di rendimento stagionale di ogni singolo impianto di riscaldamento.
- *Consumi stagione 16-17*: stessi campi di *Consumi stagione 14-15*. I campi “coefficiente correttivo del combustibile” e di cui al punto 4., 8., 11., 12., 13. non presentano valori.
- *Consumi stagione 17-18*: come per *Consumi stagione 14-15* ma, oltre al “coefficiente correttivo del combustibile”, sono omessi i campi di cui al punto 4., 7., 8., 9., 10., 11., 12.
- *Consumi stagione 18-19*: come per *Consumi stagione 14-15* ma, oltre al “coefficiente correttivo del combustibile”, è stato omesso il campo di cui al punto 4. Sono invece vuoti i campi 5., 8., 9., 11., 12., 13.
- *Allegato 1 “Tabella riassuntiva”*: di ogni immobile sono indicati,
 1. Anagrafica: codice identificativo, denominazione, indirizzo, comune;

2. Elenco dei servizi attivati e data inizio del servizio (vedasi paragrafo 1.2 del P.T.E. [4] presentato da ANTAS):
 - Servizio A: Gestione e conduzione degli impianti per la climatizzazione invernale e la produzione di fluidi caldi;
 - Servizio C: Servizio tecnologico impianti climatizzazione estiva.
3. Consumo energetico storico (vedasi paragrafo 2.2 del P.T.E. [4] presentato da ANTAS):
 - Combustibile (gasolio, o gas naturale, o cippato, o TLR) e rispettiva unità di misura (gasolio, gas naturale e cippato in TEP (Tonnellate Equivalenti di Petrolio), TLR in kWh (chilowattora));
 - Valori totali di consumo storico negli anni 2011, 2012, 2013;
 - GG secondo D.P.R. n°. 492 del 26 agosto 1993 [5].
4. Grandezze architettoniche (vedasi paragrafo 2.3 del P.T.E. [4] presentato da ANTAS):
 - Volume [m³];
 - Superficie lorda riscaldata [m²];
 - Superfici orizzontali [m²]: basamento + copertura;
 - Superfici verticali [m²]: pareti;
 - Superfici vetrate [m²].
5. Sistemi di regolazione degli impianti (paragrafo 2.6 del P.T.E. [4] presentato da ANTAS):
 - Valvole termostatiche;
 - Valvole a due vie;
 - Valvole a tre vie;
 - Valvole a quattro vie;
 - Telecontrollo.
6. Ore di comfort previste per il servizio energia per gli impianti di climatizzazione invernale (settimana standard) (paragrafo 6.2 del P.T.E. [4] presentato da ANTAS).

Oltre ai sopra citati fogli Excel, sono stati resi disponibili i seguenti file .pdf:

- Interventi di riqualificazione energetica_2016;
- Interventi di riqualificazione energetica_2017;
- Interventi di riqualificazione energetica_2018.

I primi due riportano gli interventi di riqualificazione energetica eseguiti nell'estate 2017. Sono tuttavia presenti due eccezioni: Edificio 69 (I.P.C. GIULIO + Succursale + I.M. "REGINA MARGHERITA") e Edificio 165 (I.P.I.A. "GOBETTI MARCHESINI" + L. Europeo + I.T.C. "ARDUINO"), nei quali, gli interventi sono stati svolti durante il primo anno di vigenza contrattuale, nello specifico a Natale 2016. Nel terzo sono indicati gli interventi eseguiti durante l'estate 2018.

All'interno dei suddetti file sono presentati in modo riassuntivo, per ciascun edificio/complesso, gli ambiti di intervento. Tra questi:

- Riqualificazione C.T. (Centrale Termica);

- Upgrade sistema di Telecontrollo;
- Ottimizzazione sottostazione A.C.S. (Acqua Calda Sanitaria);
- Ottimizzazione sottostazione di distribuzione;
- Riqualficazione dei circuiti di distribuzione.

Infine, di ogni edificio, viene analizzata più nel dettaglio la situazione esistente e viene descritto l'intervento. Segue uno stralcio del pdf "Interventi di riqualficazione energetica_2016" [6].

EDIFICIO 053

I.T.C. "LEVI" e Pref.1 + L.S. "CATTANEO" + PROVVEDITORATO

Ambito 1 – Riqualficazione C.T.

Ambito 2 – Upgrade sistema di Telecontrollo

EDIFICIO 054

I.T.C. "RUSSEL / MORO"

Ambito 1 – Riqualficazione C.T.

Ambito 2 – Upgrade sistema di Telecontrollo

EDIFICIO 061

L.C. "GIOBERTI"

Ambito 1 – Riqualficazione C.T.

Ambito 2 – Upgrade sistema di Telecontrollo

EDIFICIO 069

I.P.C. GIULIO + Succursale + I.M. "REGINA MARGHERITA"

Ambito 1 – Riqualficazione C.T.

Ambito 2 – Upgrade sistema di Telecontrollo

EDIFICIO 150

I.T.I.S. "BODONI"

Ambito 1 – Riqualficazione C.T.

Ambito 2 – Upgrade sistema di Telecontrollo

EDIFICIO 159

L.S. "EINSTEIN"

Ambito 1 – Riqualficazione C.T.

Ambito 2 – Ottimizzazione della sottostazione di A.C.S.

Ambito 3 – Upgrade sistema di Telecontrollo

EDIFICIO 165

I.P.I.A. "GOBETTI MARCHESINI" + L. Europeo + I.T.C. "ARDUINO"

Ambito 1 – Riqualficazione C.T.

Ambito 2 – Ottimizzazione della sottostazione di distribuzione

Ambito 3 – Upgrade sistema di Telecontrollo

EDIFICIO 069 – I.P.C. GIULIO + Succursale + I.M. “REGINA MARGHERITA”

Situazione esistente:

il fabbricato ad uso scolastico oggetto della presente relazione viene utilizzato dal I.P.C. GIULIO + Succursale + I.M. “REGINA MARGHERITA” di Torino, occupa un volume di circa 21.013 m³ con una superficie lorda calpestabile di circa 14.017 m². In Centrale Termica sono presenti n. 1 generatore di calore marca CARBOFUEL dalla potenza utile di 1.072 kW e n. 1 generatore marca ECOFLAM DUOMAX con potenza utile di 370 kW. Entrambe le caldaie sono dei generatori di calore tradizionali alimentati a metano.

Descrizione intervento:

si è deciso di intervenire sul circuito primario andando a sostituire uno dei due generatori esistenti (ECOFLAM DUOMAX da 370 kW). Verranno quindi installati due generatori a condensazione da 600 e 480 kW e verrà mantenuto l'attuale generatore da 1.072 kW come backup. Verrà fatto un revamping dei circuiti con l'installazione di un separatore di calore e di un defangatore. Il sistema di telecontrollo e telegestione verrà aggiornato per incrementare la qualità e la funzionalità dei servizi erogati.

Di seguito uno stralcio del pdf “Interventi di riqualificazione energetica_2017” [7].

EDIFICIO 005

Norberto Rosa – Sede distaccata

Ambito 1 – Riqualificazione C.T.

Ambito 2 – Upgrade sistema di Telecontrollo

EDIFICIO 029

I.T.C.G. “BUNIVA” Prefabbricato Succursale

Ambito 1 – Riqualificazione C.T.

Ambito 2 – Upgrade sistema di Telecontrollo

... ..

EDIFICIO 005 – Norberto Rosa – Sede distaccata

Tabella 5 - Edificio 5

Indirizzo	Destinazione d'uso	Superficie lorda riscaldata [m ²]	Volume lordo riscaldato [m ³]
P.za Cavalieri di Vittorio Veneto, 3 - Bussoleno	E.7 edifici scolastici	4.053	13.298

Situazione esistente:

la C.T. è situata nella volumetria dell'edificio. Al suo interno sono presenti due generatori di calore, il primo marca Ferroli modello PREX 400 ed il secondo marca Fer modello MARK RS 469 rispettivamente con Potenza Utile 465 e 469 kW. L'impianto è a vaso chiuso ed i generatori di calore sono visibilmente ammalorati. Il fluido termovettore, che fornisce calore ai terminali dell'edificio, viene distribuito per mezzo di quattro elettropompe gemellari, la regolazione della temperatura della mandata avviene per mezzo di valvola miscelatrice servocomandata a tre vie.

Descrizione intervento:

la riqualificazione della C.T. prevede la sostituzione del generatore vetusto con una caldaia a condensazione. Per preservare i generatori di nuova installazione si opererà alla creazione di un circuito primario (lato nuove apparecchiature) e di un secondario (lato esistente di distribuzione alle utenze) separati da uno scambiatore di calore a piastre. Si prevede inoltre l'installazione di un defangatore sul ritorno del circuito secondario. Nella nuova configurazione, l'acqua tecnica dedicata all'uso sanitario avrà un circuito dedicato che stacca dal nuovo circuito primario, verso il bollitore. Parallelamente all'installazione dei nuovi generatori, verrà aggiornato il sistema di telegestione dell'edificio, per incrementare la qualità e la funzionalità dei servizi erogati.

Tabella 6 - Intervento su Edificio 5

Marca	Modello	Potenza al focolare [kW]	Stato
Viessman	Vitocrossal 300 CT3U con Vitoltronic 300	474	Nuova installazione

Per ulteriori chiarimenti si rimanda ai pdf completi.

4 Costruzione database

4.1 Unificazione dati

Partendo dai fogli Excel forniti dalla C.M.T. per ogni stagione termica, si è proceduto a creare un foglio Excel riassuntivo denominato “*Anagrafe edifici*” che riportasse, per ogni edificio, informazioni quali:

1. codice identificativo;
2. destinazione d’uso;
3. denominazione;
4. ubicazione (Comune e via);
5. volumetria riscaldata [m³];
6. vettore energetico utilizzato in ogni singola stagione termica.

Nota 1: per la maggior parte si tratta di edifici scolastici.

Si riporta uno stralcio del suddetto foglio (per maggior chiarezza si rimanda al database):

Tabella 7 - Anagrafe edifici

Cod.edif.	Tag	...	Volumetria [m ³]	STAGIONI				
				14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
64	scl	...	12.391	gas naturale				
65	scl	...	17.158	gasolio	gasolio	gasolio	gasolio	gasolio
66	scl	...	62.076	gas naturale	gas naturale	TLR	TLR	TLR
120	scl_s_p	...	75.216	cippato	cippato	cippato	cippato	cippato

Nota 2: nella stagione 16-17 inizia il contratto di gestione calore CONSIP da parte di ANTAS.

In *Tabella 7 - Anagrafe edifici* si può osservare come, in alcuni casi, il vettore energetico già presente prima della stagione 16-17 sia stato mantenuto anche per le stagioni successive al subentro di ANTAS nella gestione degli impianti della C.M.T. (si veda edificio 64) mentre, in altri casi (si veda edificio 66), sia stato cambiato.

Aspetto che non è possibile cogliere da *Tabella 7 - Anagrafe edifici* ma che comunque merita essere anticipato e che verrà maggiormente approfondito nei successivi capitoli, è quello relativo agli interventi di riqualificazione energetica: sarà possibile osservare infatti che, in diversi edifici, vi è stata una riqualificazione della rispettiva C.T. (centrale termica) che ha portato alla sostituzione del sistema di generazione e/o aggiunta di altro, ma che di fatto non ha comportato alcuna modifica relativamente al vettore energetico utilizzato. Come anzidetto, tale discorso verrà affrontato meglio più avanti.

Riguardo alla *Tabella 7 - Anagrafe edifici*: la destinazione d’uso propria di ogni edificio è indicata nel campo “Tag”. Esso risulta composto da un minimo di 3 ad un massimo di 7 caratteri. Nello specifico:

- scl = scuola;
- scl_p = scuola con palestra;

- scl_s_p = scuola con servizi (es: officine) e palestra;
- pls = palestra separata da edificio scolastico;
- srv = servizi (es: officine) separati da edificio scolastico;
- atr = altro, ossia edifici non scolastici.

Tale differenziazione permetterà di analizzare e confrontare edifici con diverso vettore energetico, o localizzazione, o volumetria riscaldata, ecc., in quanto accomunati dalla stessa tipologia di destinazione d'uso.

4.2 Uniformazione dati

Basandosi su quanto fornito dalla C.M.T. per ogni singola stagione termica e sul foglio “Anagrafe edifici”, con un approccio dal generale al particolare, secondo un format comune, sono stati costruiti i fogli di ciascuna stagione termica, riportando per ogni edificio le seguenti informazioni (insieme a quanto già presente nel foglio “Anagrafe edifici”):

1. codice identificativo;
2. destinazione d’uso;
3. denominazione;
4. Comune;
5. indirizzo;
6. zona climatica;
7. combustibile;
8. unità di misura;
9. temperature medie mensili della stagione [°C];
10. CMEP, ossia i consumi mensili di ENERGIA PRIMARIA [kWh];
11. hM, ossia le ore mensili di accensione dell’impianto di riscaldamento [h] (dove disponibili);
12. GGM, ossia i Gradi Giorno mensili [-];
13. TOT GG, ossia i Gradi Giorno complessivi per la stagione [-].

Approfondendo alcuni campi di cui sopra:

- *zona climatica*: definita secondo D.P.R n°. 492 del 26 agosto 1993 e successivi aggiornamenti fino al 31 ottobre 2009 [5]. Da normativa:

Tabella 8 - zone climatiche oggetto di studio

Zona climatica	Periodo riscaldamento	Ore accensione impianto
<i>E</i>	15 ottobre - 15 aprile	14 h/giorno
<i>F</i>	tutto l'anno	no limitazioni

Tuttavia, per questa trattazione:

- edifici in zona F: stagione di riscaldamento da 10 ottobre a 30 aprile;
- nello specifico, Oulx: stagione di riscaldamento da 20 settembre a 31 maggio.

Inoltre, vi sono ancora i seguenti *casi particolari nella stagione 18-19*:

- edifici zona E: stagione di riscaldamento da 15 ottobre a 19 aprile.

Gli impianti anziché essere spenti il 15 aprile 2019 (venerdì), come stabilito da D.P.R., sono stati spenti il 19 aprile 2019 (venerdì) ovvero al termine della settimana scolastica. In riferimento alle stagioni 16-17 e 17-18, in cui era già presente ANTAS nella gestione degli impianti della C.M.T., non si sono riscontrate variazioni rispetto a quanto fissato da normativa, essendo 15 aprile 2017 (sabato) e 15 aprile 2018 (domenica). Relativamente alle stagioni 14-15 e 15-16:

- 15 aprile 2015 (mercoledì): non si sa se sia stato fatto lo stesso ragionamento seguito da ANTAS;
- 15 aprile 2016 (venerdì): spegnimento secondo normativa.
- edifici zona F, nello specifico:
 - Novalesa: stagione di riscaldamento da 10 ottobre a 26 aprile;
 - Oulx: stagione di riscaldamento da 10 ottobre a 26 giugno;
- *combustibile*: quattro tipologie possibili, ovvero gasolio, o gas naturale, o cippato, o TLR (ovvero Teleriscaldamento);
- *unità di misura*: a seconda del combustibile, rispettivamente l (litri), m³ (metri cubi), t (tonnellate), MWh (megawattora);
- *temperature medie mensili [°C]*: si è risaliti ai valori di temperatura attraverso l'uso combinato del sito <https://webgis.arpa.piemonte.it/meteopiemonte/> e dell'applicativo Java della banca dati meteorologica Arpa Piemonte <https://www.arpa.piemonte.it/banca-dati-meteorologica.html>.

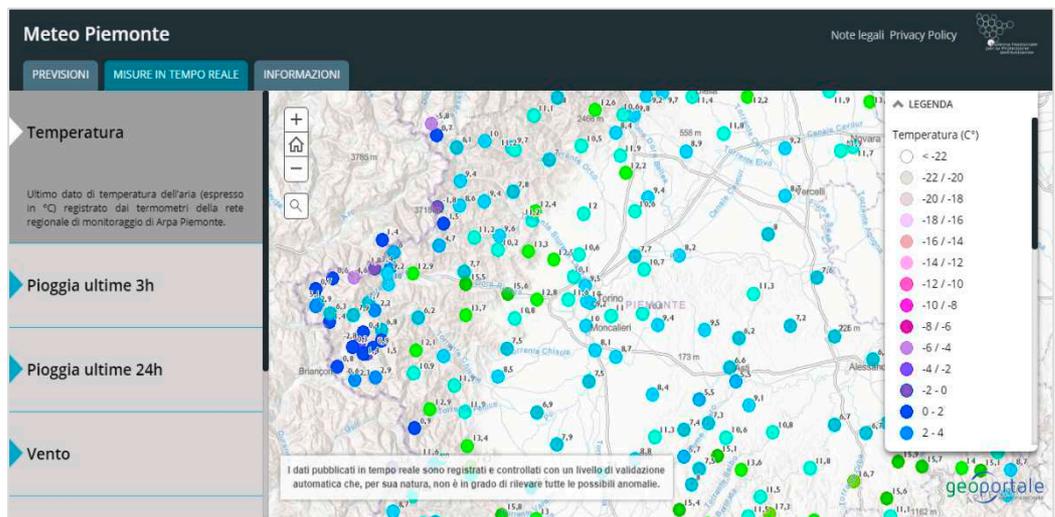


Figura 1 - Web Gis Arpa Piemonte. Temperature in tempo reale (04/11/2019, ore 11:58)

Valori aggregati giornalieri							
Giornalieri		Mensili		Precipitazioni intense			
Data	Precipitazione dalle 9 alle ...	Precipitazione dalle 0 alle ...	Temperatura media (°C)	Temperatura massima (°C)	Temperatura minima (°C)	Umidità* media (
01/01/2019	0,0	0,0	0,1	8,3	-3,6		
02/01/2019	0,0	0,0	1,3	13,3	-5,0		
03/01/2019	0,0	0,0	0,0	9,8	-4,6		
04/01/2019	0,0	0,0					
05/01/2019			0,6	9,7	-5,2		
06/01/2019	0,0	0,0	7,0	16,1	-3,2		
07/01/2019	0,0	0,0	2,3	13,8	-3,2		
08/01/2019	0,0	0,0	1,0	7,5	-2,8		
09/01/2019	0,0	0,0	7,1	10,2	-1,5		
10/01/2019	0,0	0,0	5,3	11,1	-1,8		
11/01/2019	0,0	0,0	1,5	7,9	-4,6		
12/01/2019	0,0	0,0	1,2	10,9	-4,7		
13/01/2019	0,0	0,0	6,7	18,9	-2,0		
14/01/2019	0,0	0,0	13,4	17,8	4,8		
15/01/2019	0,0	0,0	3,8	13,5	-2,1		
16/01/2019	0,0	0,0	1,9	11,8	-3,9		
17/01/2019	0,0	0,0	1,8	10,2	-3,1		
18/01/2019	0,0	0,0	4,6	11,2	-3,1		
19/01/2019	1,8	0,0	2,0	3,8	1,2		
20/01/2019	0,2	2,0	0,5	6,2	-2,8		
21/01/2019	0,0	0,0	-0,3	8,1	-4,9		
22/01/2019	0,0	0,0	-1,4	5,9	-6,2		
23/01/2019	0,0	0,0	-1,4	1,2	-4,9		
24/01/2019	0,0	0,0	-0,8	6,0	-4,3		

Figura 2 - Applicativo Java per estrapolazione temperature giornaliere e mensili di tutti gli anni disponibili

La procedura è stata la seguente: su Web Gis Arpa Piemonte, individuata la città oggetto di interesse e cliccando su di essa si è venuti a conoscenza del nome della stazione metereologica, a quanti m slm collocata, la temperatura registrata in quel preciso momento e l'area di rilevazione coperta (contornata in azzurro in Figura 3). Quest'ultimo dato è risultato fondamentale in quanto ha permesso di capire se l'indirizzo dell'edificio in esame in quella specifica città ricadesse all'interno della suddetta area. Se così non fosse stato ci si sarebbe spostati sulla stazione metereologica più vicina. Si riporta un esempio:

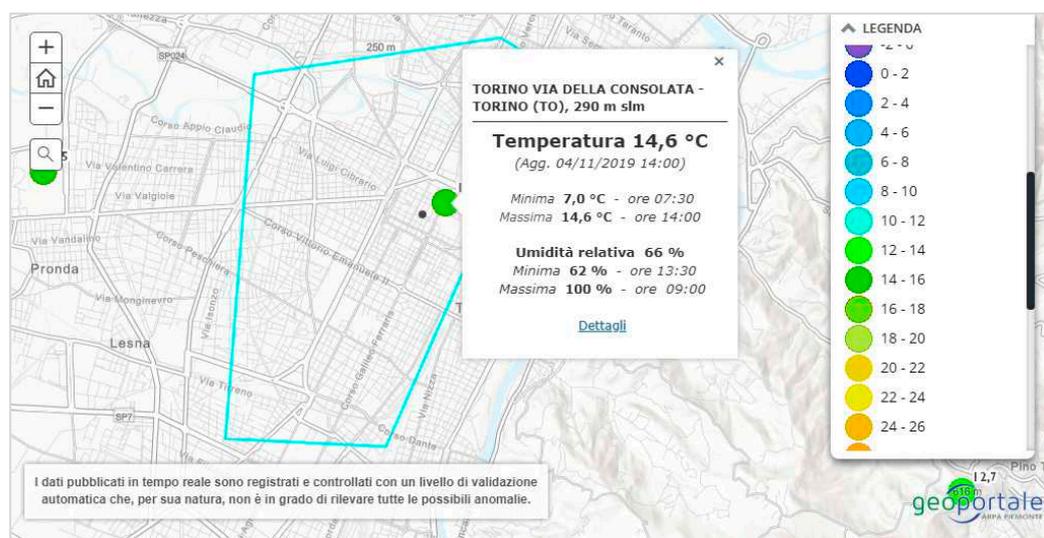


Figura 3 - stazione metereologica "TORINO VIA DELLA CONSOLATA"

Il passaggio successivo è stato utilizzare l'applicativo Java della banca dati metereologica Arpa Piemonte: selezionando la provincia, è stato possibile individuare la stazione metereologica di interesse e scaricare in formato .xls tutti i dati di temperatura media giornaliera e mensile a partire dall'anno di attivazione della sopra citata stazione. In prima analisi sono stati scaricati unicamente i dati medi mensili per quella determinata stazione. Tramite i filtri Excel, sull'arco temporale di due anni (poichè ogni stagione di riscaldamento prevedeva 2 anni (es: stagione 14-15)), sono state selezionate e riportate le temperature medie mensili per la stagione in esame. Tuttavia, ad un certo punto, ci si è trovati di fronte a casi in cui, di alcune stazioni e di alcuni anni, vi erano dei "buchi" nei dati medi mensili di temperatura che occorreano. Si riporta un esempio:

Tabella 9 – stazione metereologica "TORINO VIA DELLA CONSOLATA", temperature medie mensili anni 2016-2017. Dato incognito (cella con sfondo rosso) nel mese di novembre 2016

Parametro	gen	feb	mar	apr	...	set	ott	nov	dic	Anno
Temperatura media [°C]	5,1	7,2	10	14,9	...	22	13,5		5,5	2016
Temperatura media [°C]	2,9	6,9	12,9	15,1	...	19	15,8	8,7	3,1	2017

Ciò ha conseguentemente portato all'estrapolazione dei dati di temperatura media giornaliera. Per risalire poi al valore medio mensile di temperatura si è operato in questo modo: dopo essere ritornati su Web Gis Arpa Piemonte, si è individuata una città, vicina a quella in esame, che presentasse in quel momento uguale o simile valore di temperatura in quanto si è pensato che,

analogamente, ciò potesse valere anche per le temperature degli anni precedenti; trovata tale città, si è tornati sull'applicativo Java, è stata selezionata la stazione metereologica corrispondente e sono stati estratti i rispettivi dati di temperatura media giornaliera di tutti gli anni disponibili; con lo stesso procedimento già sopra detto, è stato individuato il mese in questione e su un foglio Excel a parte, sono state riportate le sue temperature per poter risalire a quelle incognite (celle con sfondo rosso in *Tabella 10* - Stazione "TORINO VIA DELLA CONSOLATA" con valori incogniti di temperatura media giornaliera e stazione "TORINO GIARDINI REALI" per risalire a valori incogniti di "TORINO VIA DELLA CONSOLATA", mese di novembre anno 2016) dell'altra stazione. Per maggiore chiarezza su quest'ultima fase si rimanda all'esempio che segue:

Tabella 10 - Stazione "TORINO VIA DELLA CONSOLATA" con valori incogniti di temperatura media giornaliera e stazione "TORINO GIARDINI REALI" per risalire a valori incogniti di "TORINO VIA DELLA CONSOLATA", mese di novembre anno 2016

	TORINO VIA DELLA CONSOLATA	TORINO GIARDINI REALI
Data	Temperatura media [°C]	Temperatura media [°C]
01/11/2016	11,6	11,5
02/11/2016	12,9	11,9
03/11/2016	12	10,9
04/11/2016	11,5	11,4
05/11/2016	10,1	10
06/11/2016	11,2	10,8
07/11/2016	9,2	7,3
08/11/2016	7,4	5,3
09/11/2016	4,9	3,1
10/11/2016	5,3	3,9
11/11/2016	7,1	6
12/11/2016	8,3	6
13/11/2016	8,2	6,8
14/11/2016	8,4	8
15/11/2016	7,1	7
16/11/2016	7,4	6,5
17/11/2016	6,8	6,4
18/11/2016	7,5	7,4
19/11/2016	8,6	8,2
20/11/2016	8,2	7,9
21/11/2016	8,6	8,6
22/11/2016	10,1	10,1
23/11/2016	11,6	11,7
24/11/2016	12,6	13,3
25/11/2016		13,4
26/11/2016		11,6
27/11/2016		8,2
28/11/2016		8,8
29/11/2016	5,2	4,2

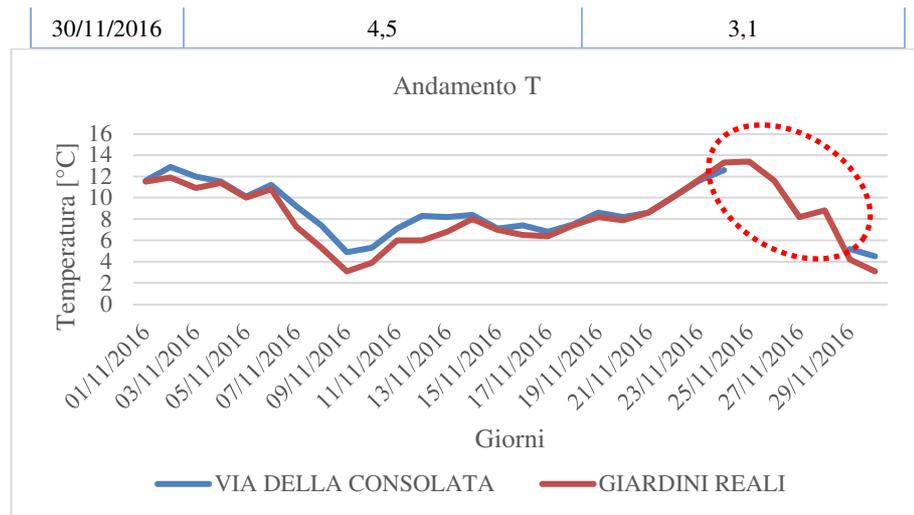


Grafico 1 - Andamento temperature medie giornaliere stazione "TORINO VIA DELLA CONSOLATA" con valori incogniti (contorno rosso tratteggiato) e stazione "TORINO GIARDINI REALI"

Nota 3: qualora non si fosse riscontrata una buona corrispondenza tra le temperature medie giornaliere delle due stazioni, iterativamente si sarebbero ripetuti i passaggi di cui sopra, fino ad individuare un'altra stazione meteorologica con valori di temperature medie giornaliere confrontabili con quelle della prima stazione.

Dopodiché per la coppia di stazioni è stata calcolata la *differenza in valore assoluto* delle temperature medie giornaliere di ogni giorno del mese indagato e infine la *media* (cella con sfondo arancione in *Tabella 11 - Calcolo temperature medie giornaliere stazione "TORINO VIA DELLA CONSOLATA"*) di tali differenze. Sono così state determinate le temperature medie giornaliere fino a quel momento incognite (celle con sfondo marrone chiaro in *Tabella 11 - Calcolo temperature medie giornaliere stazione "TORINO VIA DELLA CONSOLATA"*) della prima stazione semplicemente come somma (nel caso in cui le temperature medie giornaliere della seconda stazione fossero risultate minori di quelle della prima) o sottrazione (nel caso opposto) delle temperature medie giornaliere della seconda stazione con il valor medio delle differenze in valore assoluto delle temperature medie giornaliere delle due stazioni. Per maggior chiarezza si rimanda a quanto segue:

Tabella 11 - Calcolo temperature medie giornaliere stazione "TORINO VIA DELLA CONSOLATA"

	diff. in val. ass.	TORINO VIA DELLA CONSOLATA	TORINO GIARDINI REALI
		Temperatura media [°C]	Temperatura media [°C]
01/11/2016	0,1	11,6	11,5
02/11/2016	1	12,9	11,9
03/11/2016	1,1	12	10,9
04/11/2016	0,1	11,5	11,4
05/11/2016	0,1	10,1	10
06/11/2016	0,4	11,2	10,8
07/11/2016	1,9	9,2	7,3
08/11/2016	2,1	7,4	5,3

09/11/2016	1,8	4,9	3,1
10/11/2016	1,4	5,3	3,9
11/11/2016	1,1	7,1	6
12/11/2016	2,3	8,3	6
13/11/2016	1,4	8,2	6,8
14/11/2016	0,4	8,4	8
15/11/2016	0,1	7,1	7
16/11/2016	0,9	7,4	6,5
17/11/2016	0,4	6,8	6,4
18/11/2016	0,1	7,5	7,4
19/11/2016	0,4	8,6	8,2
20/11/2016	0,3	8,2	7,9
21/11/2016	0	8,6	8,6
22/11/2016	0	10,1	10,1
23/11/2016	0,1	11,6	11,7
24/11/2016	0,7	12,6	13,3
25/11/2016		12,6	13,4
26/11/2016		10,8	11,6
27/11/2016		7,4	8,2
28/11/2016		8,0	8,8
29/11/2016	1	5,2	4,2
30/11/2016	1,4	4,5	3,1
media	0,8		

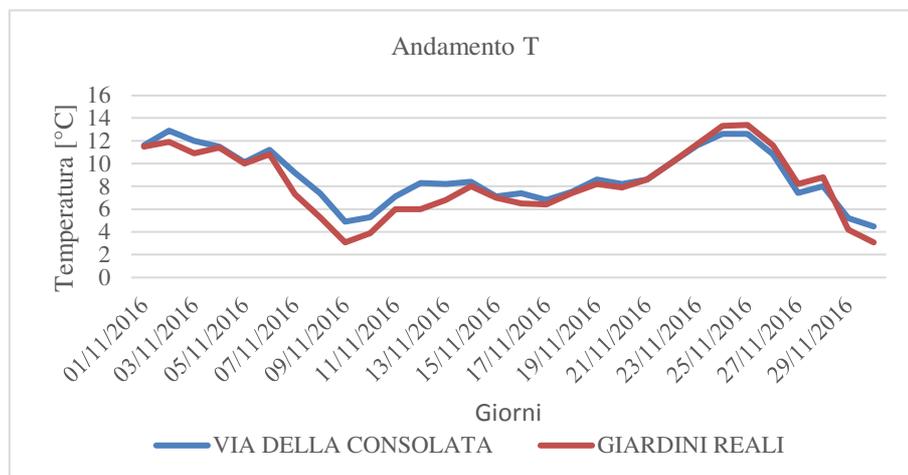


Grafico 2 - Andamento temperature medie giornaliere stazione "TORINO VIA DELLA CONSOLATA" con aggiunta dei valori calcolati (in marrone chiaro in Tabella 11 - Calcolo temperature medie giornaliere stazione "TORINO VIA DELLA CONSOLATA")

Infine, facendo la media delle temperature medie giornaliere del mese in esame, si è risaliti alla temperatura media mensile. Nell'esempio di cui sopra riguardo alla stazione "TORINO VIA DELLA CONSOLATA", T_{nov} è 8,8 °C.

La procedura per ricavare la temperatura media mensile, in un dato anno di una specifica stagione di una certa stazione, a partire dalla buona corrispondenza delle temperature medie giornaliere del

mese in questione di quell'anno di una seconda stazione con quelle della stazione in esame (che dunque presentava dei valori di temperatura incogniti), è occorsa anche per i seguenti casi:

- T_feb_14-15 della stazione “CASELLE” a partire dai dati di temperatura media giornaliera della stazione “VENARIA LA MANDRIA”;
- T_feb_14-15 e T_mar_14-15 della stazione “TRANA SANGONE” a partire dai dati di temperatura media giornaliera della stazione “AVIGLIANA”;
- T_ott_15-16 e T_nov_15-16 della stazione “BRANDIZZO MALONE” a partire dai dati di temperatura media giornaliera della stazione “VEROLENGO”;
- T_mar_16-17 della stazione “SPARONE” a partire dai dati di temperatura media giornaliera della stazione “MEUGLIANO”;
- T_nov_16-17 della stazione “VENARIA LA MANDRIA” a partire dai dati di temperatura media giornaliera della stazione “TORINO REISS ROMOLI”;
- T_ott_17-18 della stazione “TORINO ALENIA” a partire dai dati di temperatura media giornaliera della stazione “TORINO REISS ROMOLI”;
- T_ott_17-18, T_gen_17-18 e T_feb_17-18 della stazione “PIETRASTRETTA a partire dai dati di temperatura media giornaliera della stazione “FINIERE”;
- T_gen_18-19 della stazione “AVIGLIANA” a partire dai dati di temperatura media giornaliera della stazione “VENARIA LA MANDRIA”;
- T_nov_18-19 e T_feb_18-19 della stazione “PINEROLO” a partire dai dati di temperatura media giornaliera della stazione “LUSERNA SAN GIOVANNI”;
- T_ott_18-19 e T_gen_18-19 della stazione “BORGONE” a partire dai dati di temperatura media giornaliera della stazione “PIETRASTRETTA SUSAS”.

Nota 4: il codice sopra usato nell'elenco indica “temperatura media mensile”_”mese”_”stagione”.

Dal momento che si sarebbe dovuto ripetere il ragionamento di estrapolazione dei dati di temperatura media mensile (e giornaliera, dove necessario) per tutti gli edifici oggetto di studio, si è deciso di creare un foglio Excel denominato “*Stazioni metereologiche*” così da associare all'indirizzo di ogni edificio la corrispondente stazione di rilevazione. Tutto questo al fine di ottimizzare i tempi nella realizzazione del foglio Excel della singola stagione: infatti per quei casi in cui molti edifici ricadevano all'interno dell'area di rilevazione di una stazione metereologica di cui, in un caso precedente, si era già risaliti o si erano già calcolati i valori di temperatura medi mensili, è bastato copiare tali temperature anche per tutti gli altri edifici in quell'area. Ciò si è rivelato molto utile soprattutto per la città di Torino in cui è concentrata la maggior parte dei fabbricati. Si riporta uno stralcio (per il foglio completo si rimanda al database):

Tabella 12 - Stazioni metereologiche

Comune	Indirizzo edifici	Nome stazione metereologica
Avigliana	Via G. B. Nicol, 35	Avigliana
	Via S. Agostino	
Bussoleno	P. za Cavalieri di Vittorio Veneto 3	Borgone-Borgone Susa

Caluso	Via Montello 29	Candia Lago-Candia Canavese
	P. za Mazzini 4	
Carignano	Via Valdocco	Carmagnola
	Vicolo S. Sebastiano	
...
Torino	Via della Cittadella 3	Torino Via della Consolata
	Via Monginevro 293	
	Via Montecuccoli 12	
	Via Moretta 55	
	P. za Robilant 5	
	Via Braccini 11	
	C. so Duca degli Abruzzi 20	
	C. so Tassoni 15	
	Via Parini 8	
	Via Juvarra 14	
	Via Tripoli, 82	
	Lungo Dora Napoli 25	
	Via Pesaro 15	
	C. so Venezia 29	
	Via Rivarolo 7	
Via Brione 38		
...

Particolare attenzione meritano ancora due campi di temperature mensili (si veda il foglio Excel di ogni stagione): T_{ott-nov} e T_{fs}. Essi compaiono per far sì che i campi CMEP_{ott-nov} e CMEP_{fs} (già così presenti nei fogli Excel forniti dalla C.M.T. per ogni stagione termica), ovvero i consumi di ENERGIA PRIMARIA di quei mesi (che verranno meglio trattati nel seguito), abbiano corrispondenza con le suddette temperature.

T_{ott-nov}: è la media ponderata delle temperature medie mensili di ottobre e novembre (da considerare anche il mese di settembre nel caso di Oulx). Nello specifico:

- Edifici zona E (17 giorni di ottobre + 30 giorni di novembre = 47 giorni totali):

$$T_{ott-nov} = \frac{(T_{ott} \cdot 17) + (T_{nov} \cdot 30)}{47}$$

- Edifici zona F (22 giorni di ottobre + 30 giorni di novembre = 52 giorni totali):

$$T_{ott-nov} = \frac{(T_{ott} \cdot 22) + (T_{nov} \cdot 30)}{52}$$

- Oulx (11 giorni di settembre + 31 giorni di ottobre + 30 giorni di novembre = 72 giorni totali):

$$T_{ott-nov} = \frac{(T_{set} \cdot 11) + (T_{ott} \cdot 31) + (T_{nov} \cdot 30)}{72}$$

T_{fs}:

- Edifici zona E: corrisponde a T_{apr} della stagione in esame (fino al 15 aprile);

- Edifici zona F: corrisponde a T_{apr} della stagione in esame (fino al 30 aprile);
- Oulx: è la media ponderata delle temperature medie mensili di aprile e maggio (30 giorni di aprile + 31 giorni di maggio = 61 giorni totali):

$$T_{fs} = \frac{(T_{apr} \cdot 30) + (T_{mag} \cdot 31)}{61}$$

- *Caso particolare:* stagione 18-19, in quanto
 - Edifici zona E: corrisponde a T_{apr} (fino al 19 aprile);
 - Edifici zona F: corrisponde a T_{apr} (fino al 30 aprile). Tuttavia:
 - Novalesa: corrisponde a T_{apr} (fino al 26 aprile);
 - Oulx: è la media ponderata delle temperature medie mensili di aprile, maggio e giugno (fino al 26 giugno) (30 giorni di aprile + 31 giorni di maggio + 26 giorni di giugno = 87 giorni totali):

$$T_{fs} = \frac{(T_{apr} \cdot 30) + (T_{mag} \cdot 31) + (T_{giu} \cdot 26)}{87}$$

- *CMEP [kWh]:* i consumi mensili di ENERGIA PRIMARIA di ciascun edificio di ogni stagione termica fornita dalla C.M.T. sono stati convertiti in kWh (chilowattora). Ciò è stato possibile moltiplicando ogni consumo mensile di un determinato edificio per il *Potere Calorifico Inferiore* proprio del vettore energetico (gasolio, o gas naturale, o cippato) presente in quell'edificio in quella stagione. Per gli edifici con vettore energetico TLR, il discorso è a parte.

“Potere Calorifico: è la quantità di calore prodotta dalla combustione completa di una quantità unitaria (di massa o di volume) di combustibile a determinate condizioni, quando la pressione di reazione è mantenuta costante ed i prodotti della sua combustione vengono riportati alla temperatura iniziale dei reagenti. In particolare, si parla di Potere Calorifico Superiore se si considera tutta l'energia prodotta dal combustibile; di Potere Calorifico Inferiore se, invece, si sottrae dall'energia totale prodotta l'energia impiegata per l'evaporazione dell'acqua formatasi durante la combustione”.

Nello specifico:

- Potere Calorifico Inferiore gasolio: 11,85 kWh/kg [8].

Tuttavia, dal momento che i consumi mensili di gasolio, nei fogli Excel forniti dalla C.M.T., sono espressi in l (litri):

$$CMEP_{gasolio} [kWh] = l_{gasolio} \cdot 0,835 \frac{kg}{l} \cdot 11,85 \frac{kWh}{kg}$$

dove la densità del gasolio:

$$0,835 \frac{kg}{l} = \frac{0,835 kg}{1000 l} = 835 \frac{kg}{m^3}$$

- Potere Calorifico Inferiore gas naturale: 9,59 kWh/Sm³ [8].

Tale potere calorifico presenta gli standard metri cubi (Sm^3) per tener in considerazione gli standard di temperatura e pressione che interessano il volume energetico.

$$CMEP_{\text{gas naturale}} [kWh] = \text{Sm}^3_{\text{gas naturale}} \cdot 9,59 \frac{kWh}{\text{Sm}^3}$$

- Potere Calorifico Inferiore cippato: 2,81 MWh/t. [9]

Per tale potere calorifico si è considerato: tronco fresco, umidità al 40%.

$$CMEP_{\text{cippato}} [kWh] = t_{\text{cippato}} \cdot 2,81 \frac{MWh}{t} \cdot 1000$$

In merito ai consumi mensili di ENERGIA PRIMARIA di edifici con il TLR (Teleriscaldamento):

$$CMEP_{TLR} [kWh] = MWh_{TLR} \cdot 1000$$

Nota 5: $CMEP_{\text{ott-nov}}$ è il dato aggregato dei consumi mensili di ENERGIA PRIMARIA dei mesi di ottobre e novembre.

Infine, riguardo ai consumi mensili *estivi* di ENERGIA PRIMARIA: nei fogli Excel forniti dalla C.M.T., ad eccezione di quello della stagione 16-17 dove invece erano a parte, i sopra citati consumi mensili estivi sono stati ricompresi nei consumi mensili fine stagione di ogni edificio. Si è dunque ipotizzato, in via semplificativa, che i consumi mensili estivi della stagione 16-17 (gli unici di cui si disponeva) potessero essere riportati uguali per ciascun edificio delle altre stagioni e che al momento di eseguire dei calcoli si dovesse tenere conto di:

$$(CMEP_{\text{est}_j})_i = (CMEP_{\text{fs}_j})_i - (CMEP_{\text{est}_{16-17}})_i$$

dove:

- j: j-esima stagione (esclusa stagione 16-17)
- i: i-esimo edificio
- $GGM [-]$: corrispondono ai Gradi Giorno mensili di ciascun edificio di ogni stagione termica fornita dalla C.M.T. Tuttavia, si sono presentati dei casi in cui, per un determinato edificio in una certa stagione, i GG erano mancanti. Si è pertanto proceduto a calcolarli applicando la seguente definizione.

“Per Gradi Giorno di una località si intende la somma, estesa a tutti i giorni di un periodo convenzionale di riscaldamento, delle sole differenze **positive** giornaliere tra la temperatura interna (T_i , fissata convenzionalmente a 20 °C) e la temperatura media esterna giornaliera (T_e).”

Si riporta uno stralcio d’esempio: calcolo GG mancanti per edifici siti a Sangano (zona climatica E. Per quanto detto prima, periodo di riscaldamento: 15 ottobre - 15 aprile, ovvero 183 giorni).

Tabella 13 - Calcolo GG Sangano, stagione 14-15

Mese	Data	T _{media} giorno j-esimo [°C]	T _i -T _{media} giorno j-esimo [°C]	GG _{mese k-esimo}
ott	15/10/2014	14,9	5,1	128
	16/10/2014	15,4	4,6	
	17/10/2014	15,7	4,3	
	18/10/2014	16,6	3,4	
	19/10/2014	17,9	2,1	
	20/10/2014	16,2	3,8	
	21/10/2014	17,5	2,5	
	22/10/2014	12,8	7,2	
	23/10/2014	9,1	10,9	
	24/10/2014	10,1	9,9	
	25/10/2014	11,4	8,6	
	26/10/2014	11,8	8,2	
	27/10/2014	11	9	
	28/10/2014	9,6	10,4	
	29/10/2014	6,9	13,1	
	30/10/2014	7,1	12,9	
31/10/2014	7,9	12,1		
...
apr	01/04/2015	13,9	6,1	123
	02/04/2015	12	8	
	03/04/2015	10,6	9,4	
	04/04/2015	9,7	10,3	
	05/04/2015	6,8	13,2	
	06/04/2015	7,5	12,5	
	07/04/2015	7,9	12,1	
	08/04/2015	9,8	10,2	
	09/04/2015	11,7	8,3	
	10/04/2015	12,5	7,5	
	11/04/2015	12,6	7,4	
	12/04/2015	13,8	6,2	
	13/04/2015	15,5	4,5	
	14/04/2015	16,5	3,5	
	15/04/2015	16	4	

dove:

$$GG_{mese k-esimo} = \sum_j (T_i - T_{media \text{ giorno } j-esimo})$$

Tale procedura è stata ripetuta per definire i GG mensili a Oulx nelle stagioni 14-15, 15-16, 16-17 (zona climatica F. Per quanto detto prima, periodo di riscaldamento: 20 settembre – 31 maggio, ovvero 254 giorni (255 nella stagione 15-16 poiché 2016 anno bisestile)).

Occorre ancora fare chiarezza in merito a due campi di Gradi Giorno mensili: GGM_ott-nov e GG_fs. Come già detto per le temperature mensili, anche in questo caso i due campi compaiono per far sì che vi sia corrispondenza con CMEP_ott-nov e CMEP_fs.

Tuttavia, mentre T_ott-nov e T_fs erano calcolati come media ponderata di temperature medie mensili, GGM_ott-nov e GG_fs_{Oulx} sono definiti come somma dei Gradi Giorno di quei mesi, ovvero:

$$GGM_{ott-nov} = GGM_{ott} + GGM_{nov}$$

$$GGM_{ott-nov_{Oulx}} = GGM_{set} + GGM_{ott} + GGM_{nov}$$

$$GGM_{fs_{Oulx}} = GGM_{apr} + GGM_{mag}$$

Per tutte le altre località, GGM_fs = GG_apr.

- *TOT GG [-]*: sono stati calcolati i GG totali di ciascun edificio *per ogni stagione* nel seguente modo:

$$(GG\ TOT)_i = \sum_k (GG_mese)_k$$

dove:

- i = i-esimo edificio;
- k = k-esimo mese.

Per ulteriori chiarimenti si rimanda ai fogli costruiti per ogni stagione presenti all'interno del database.

4.3 Pulizia dati

A seguito di alcune problematiche sorte durante la costruzione del database in merito all'attendibilità di certi dati presenti nei fogli delle stagioni termiche forniti dalla C.M.T., è stato fatto un incontro chiarificatore con Moreno Zanini (Responsabile Ufficio Gestione Riscaldamento per la C.M.T.) che, in primo luogo, ha condotto ai risultati sotto riportati.

Tabella 14 - Chiarimenti da parte della C.M.T.

Cod.edif.	Chiarimento
4	Accorpamento con mini rete all'impianto di edificio 3
15	Vengono forniti i dati di consumo di ENERGIA PRIMARIA, per ogni stagione, sulla base di letture periodiche da due contatori distinti (4857997 - 124237 4857997 ETLR Contatore VIA BARACCA 76/80, 4857995 - 124237/A 4857995 ETLR Contatore VIA BARACCA 76/80).
17	Il volume di questo edificio comprende anche quello degli stabili 19 e 21. Nel 2009 accorpamento in un'unica C.T.
30	Edificio mai utilizzato.
41	Edificio con consumi ripetuti due volte poiché presenti due caldaie distinte. I consumi mensili di ENERGIA PRIMARIA devono essere sommati.
55	No sovrapposizione vettori energetici nella stagione 18-19 (gas naturale e TLR). Errore di caricamento dati da parte di ANTAS, essendo già presente il TLR nella stagione 17-18.
59	Come per edificio 55.
86	Edificio da eliminare poiché impianto gestito da ACEA.
104	Come per edificio 55.
105	Come per edificio 55.
108	Come per edificio 55.
109	Come per edificio 55.
113	Il volume di questo edificio comprende anche quello degli stabili 112 e 114. Accorpamento in un'unica C.T.
145	Come per edificio 55.
147 e 148	Accorpamento C.T. di I.T.C. G. "GUARINI" a I.T.I.S "CASALE". Volumetrie scaldate da sommare e consumi mensili di ENERGIA PRIMARIA da sommare.
149	Edificio dismesso, perciò non da analizzare.
195	L'Abbazia di Novalesa presenta valori anomali di TOT GG.
197	Edificio dismesso nella stagione 18-19.
202	Come per edificio 197.
203	Edificio da eliminare.
206	Edificio dismesso, perciò non da analizzare.
228 e 979	Come per edificio 203.
233	Come per edificio 206.
977	Come per edificio 206.
983	Come per edificio 206.
985 e 993	È corretto che lo stesso edificio "Centro Mezzi Meccanici" compaia due volte, ciascuna con vettore energetico differente, in quanto sono presenti due caldaie distinte, ossia una a gasolio (985) e l'altra a gas naturale (993).
990	Come per edificio 206.
992	Edificio da non analizzare poiché non più in gestione.
998	Come per edificio 992.
996	Come per edificio 206.

Più nello specifico, relativamente all'Edificio 15 (I.T.I.S. "Majorana", sito a Grugliasco) in *Tabella 14* - Chiarimenti : viene di seguito riportato uno stralcio del foglio Excel in cui sono presenti i dati *progressivi* di consumo (letture da contatori).

Tabella 15 - Dati progressivi di consumo stagione 14-15_I contatore Edificio 15

I contatore	Stagione 14-15	Dati progressivi di consumo [kWh]	Differenze tra dati di consumo progressivi (lettura _{k+1} – lettura _k) [kWh]
Lettura	01/10/2014	7.364.290	
Lettura	30/10/2014	7.381.600	17.310
Lettura	27/11/2014	7.451.770	70.170
Lettura	31/12/2014	7.583.770	132.000
Lettura	31/01/2015	7.730.340	146.570
Lettura	28/02/2015	7.870.500	140.160
Lettura	31/03/2015	7.964.210	93.710
Lettura	05/05/2015	7.981.890	17.680
TOT consumo stagione 14-15			617.600

Come si può osservare da *Tabella 15* - Dati progressivi di consumo stagione 14-15_I contatore, non in tutti i casi le letture del I contatore sono state eseguite alla fine di ogni mese. È occorso pertanto calcolare una ridistribuzione dei consumi, in base al numero di giorni di ogni mese, per risalire agli effettivi consumi *mensili*. Si veda la *Tabella 16* - Dati di consumo mensili stagione 14-15_I contatore Edificio 15 sotto riportata:

Tabella 16 - Dati di consumo mensili stagione 14-15_I contatore Edificio 15

Edificio 15 in zona climatica E (periodo di riscaldamento 15 ottobre - 15 aprile)				
	(lettura _{k+1} – lettura _k) [kWh]	Mese	Giorni del mese	Consumi mensili [kWh]
Lettura 01/10/2014 – 30/10/2014	17.310	ottobre (da 15 ott a 31 ott)	17	9.809
Lettura 30/10/2014 – 27/11/2014	70.170	novembre	30	79.311
Lettura 27/11/2014 – 31/12/2014	132.000	dicembre	31	120.353
Lettura 31/12/2014 – 31/01/2015	146.570	gennaio	31	146.570
Lettura 31/01/2015 – 28/02/2015	140.160	febbraio	28	140.160
Lettura 28/02/2015 – 31/03/2015	93.710	marzo	31	93.710
Lettura 31/03/2015 – 05/05/2015	17.680	aprile (da 1 apr a 15 apr)	30	7.577

In particolare:

- CMEP_ott_14-15: 16 giorni (da 15 ottobre a 30 ottobre) (30 giorni tra le letture 01/10/2014 – 30/10/2014), a cui si somma 1 giorno (31 ottobre) (28 giorni tra le letture 30/10/2014 – 27/11/2014).

$$CMEP_{ott_14-15} = \frac{(17.310 \cdot 16)}{30} + \frac{(70.170 \cdot 1)}{28} = 9.809 \text{ kWh}$$

- CMEP_nov_14-15: 27 giorni di novembre (28 giorni tra le letture 30/10/2014 – 27/11/2014), a cui si sommano 3 giorni (da 28 novembre a 30 novembre) (34 giorni tra le letture 27/11/2014 – 31/12/2014).

$$CMEP_{nov_14-15} = \frac{(70.170 \cdot 27)}{28} + \frac{(132.000 \cdot 3)}{34} = 79.311 \text{ kWh}$$

Sulla base di ciò, è stato possibile calcolare CMEP_ott-nov_14-15:

$$CMEP_{ott-nov_14-15} = \frac{(CMEP_{ott_14-15} \cdot 17) + (CMEP_{nov_14-15} \cdot 30)}{(17 + 30)}$$

dove:

- 17: giorni da 15 ottobre a 31 ottobre;
- 30: giorni di novembre.
- CMEP_dic_14-15: 31 giorni di dicembre (34 giorni tra le letture 27/11/2014 – 31/12/2014).

$$CMEP_{dic_14-15} = \frac{(132.000 \cdot 31)}{34} = 120.353 \text{ kWh}$$

- CMEP_apr_14-15: 15 giorni (da 1 aprile a 15 aprile) (35 giorni tra le letture 31/03/2015 – 05/05/2015).

$$CMEP_{apr_14-15} = \frac{(17.680 \cdot 15)}{35} = 7.577 \text{ kWh}$$

Nota 6: CMEP_fs_14-15 = CMEP_apr_14-15.

Analoghi ragionamenti sono stati ripetuti per ogni stagione di cui si disponeva i dati *progressivi* di consumo (letture I contatore). Allo stesso modo si è proceduto per i dati *progressivi* di consumo di ogni stagione (letture II contatore). Infine, sommando i consumi mensili ridistribuiti dei due contatori, si sono ricavati i CMEP di ogni stagione dell'Edificio 15:

$$CMEP_{ott-nov_stagione} = CMEP_{ott-nov_{I\ cont_stagione}} + CMEP_{ott-nov_{II\ cont_stagione}}$$

$$CMEP_{dic_stagione} = CMEP_{dic_{I\ cont_stagione}} + CMEP_{dic_{II\ cont_stagione}}$$

...

$$CMEP_{fs_stagione} = CMEP_{fs_{I\ cont_stagione}} + CMEP_{fs_{II\ cont_stagione}}$$

Tutto ciò ha di conseguenza permesso l'aggiornamento dei fogli costruiti per ogni stagione termica, ovvero l'aggiornamento del database.

In secondo luogo, sono seguiti chiarimenti riguardo ai dati presenti nel foglio della *stagione 18-19* fornito dalla C.M.T.:

- risalire ai valori di consumo mensile di ENERGIA PRIMARIA di ogni edificio tramite le differenze tra i consumi *progressivi* di ENERGIA PRIMARIA di ogni edificio;
- caso particolare è costituito dagli edifici che presentano il cambio contatore:
 - Edificio 63 (L.S. "CATTANEO" Succursale, sito a Torino): 21/11/2019;
 - Edificio 64 (L.S. "GOBETTI", sito a Torino): 28/11/2019;
 - Edificio 127 (I.M. "ALBERT" Ampliamento, sito a Lanzo Torinese): 01/04/2019.

In questi casi, dal momento che il cambio contatore, e la conseguente lettura, non sono avvenuti in corrispondenza della fine di ogni mese, si è dovuto procedere, ad una redistribuzione dei consumi, in base al numero di giorni di ogni mese, per risalire agli effettivi consumi *mensili* (come per il già sopra citato Edificio 15).

Viene riportato come esempio il calcolo eseguito per l'*Edificio 63*:

- Consumo da 15 ottobre a 21 novembre: 2.528 kWh;
- Consumo da 22 novembre a 31 dicembre: 7.934 kWh.

Pertanto:

- Consumo da 22 novembre a 30 novembre: 9 giorni (40 giorni tra le letture 22/11/2018 – 31/12/2018).

$$Consumo_{22\ nov-30\ nov} = \frac{(7.934 \cdot 9)}{40} = 1.785\ kWh$$

- Consumo dicembre: 31 giorni (40 giorni tra le letture 22/11/2018 – 31/12/2018).

$$Consumo_{dic} = \frac{(7.934 \cdot 31)}{40} = 6.149\ kWh$$

Di conseguenza:

$$CMEP_{ott-nov-18-19} = 2.528 + 1.785 = 4.313\ kWh$$

$$CMEP_{dic-18-19} = 6.149\ kWh$$

Si sono potuto così definire correttamente i CMEP della stagione propri di quell'edificio.

Lo stesso ragionamento è stato applicato per gli stabili 64 e 127.

A conclusione di ciò, è stato aggiornato il foglio Excel costruito per l'ultima stagione termica.

In terzo luogo, dai file Excel forniti dalla C.M.T. per ogni stagione termica, si è deciso di escludere, dalla successiva trattazione, gli alloggi dei custodi scolastici. Tale scelta è stata dettata dalle seguenti motivazioni: anzitutto, poiché il dato sarebbe risultato duplicato dal momento che la volumetria [m³] e i consumi delle scuole comprendevano già la volumetria e i consumi degli alloggi di custodia; poi poiché, per quei casi dove, invece, le volumetrie dei due edifici erano separate, i valori di consumo degli alloggi di custodia risultavano non attendibili in quanto le ore di funzionamento dell'impianto di riscaldamento erano riferite alle ore di funzionamento dei corrispondenti impianti degli edifici scolastici.

Tabella 17 - Edifici custodi eliminati

Cod.edif.	Denominazione	Comune	Indirizzo
37	L S 'DARWIN' + ITC "ROMERO" Custode	Rivoli	Via Giovanni XXIII 3
56	ITC 'SOMMEILER' + L.S. "FERRARIS" Custode	Torino	C. so Duca degli Abruzzi 20
58	I.T.I.S. "AVOGADRO" Custode	Torino	C. so S Maurizio 8
71	ITC "MAJORANA Ex ITC "XI" Custode	Torino	C. so Tazzoli, 209
143	IP Altre Spec STEINER' Custode	Torino	Lungo Dora Napoli 25
148	ITCG "GUARINI Custode	Torino	Via Pesaro 15
158	LS "BRUNO" Custode	Torino	Via Marinuzzi 1
166	IPIA 'GOBETTI MARCHESINI' + L. EUROPEO + ITC "ARDUINO" Custode	Torino	Via Figlie dei Militari 25

Un'ulteriore semplificazione è stata fatta trascurando gli edifici riportati nella tabella sottostante: trattasi di edifici con vettore energetico TLR dei quali, almeno in teoria, si sarebbe dovuto disporre dei dati delle ultime tre stagioni di consumo (stagione 16-17 (in cui inizia il contratto di gestione calore CONSIP), 17-18 e 18-19). Così non è risultato in quanto *assenti i consumi della stagione 17-18*. Pertanto, a causa della scarsità di dati e non essendo stata fornita, concordemente con i tempi di stesura della tesi, un'integrazione dei sopra citati dati da parte di ANTAS, si è optato per procedere con l'analisi trascurando tali edifici. Ciò tuttavia non esclude che, quando i valori verranno resi disponibili, potranno essere implementati in un futuro lavoro di ampliamento di questa tesi.

Tabella 18 - Edifici con consumi TLR non disponibili stagione 17-18

Cod.edif.	Denominazione	Comune	Indirizzo
100	I.A. "FACCIO" (Ex XXV APRILE)	Castellamonte	Via Martinetti 8
101	I.T.C. "VITTORE" + L.S. / Linguistico "MONTI"	Chieri	Via Montessori 2
138	I.P.S.I.A. "GALILEO FERRARIS"	Settimo Tor.se	Via Don Carlo Gnocchi
139	I.T.C. "VIII MARZO"	Settimo Tor.se	Via Leini 54
140	I.P.S.I.C. GIOLITTI	Settimo Tor.se	Via Leini 54
141	Succursale Ferraris + C.T.P	Settimo Tor.se	Via Leini 54
146	I.P.C. "BOSELLI"	Torino	Strada Altessano 52/3
161	IP. Altre Spec. "MAGAROTTO"	Torino	Via Monte Corno 34
162	I.P.C. "GIOLITTI"	Torino	Via Alassio 20
163	I.P.I.A. "GALILEI"	Torino	Via Lavagna 8/10
164	I.P.I.A. "GALILEI" Succ.	Torino	C. so Caduti sul Lavoro 1
173	I.A. Faccio	Castellamonte	Via Pullino 24
221	L.S. Majorana	Torino	Via Frattini, 11
231	Nuova Sede I.T.C. "VITTORE"	Chieri	Via Montessori 2
978	Nuovo Auditorium Majorana	Grugliasco	Via Baracca 76
986	Sede Provincia + custode	Torino	Corso Inghilterra
988	L.C. Porporato	Pinerolo	Via Brignone
999	Istituto G. Natta	Rivoli	Via XX Settembre 14/A

In modo analogo si è operato per i seguenti edifici:

Tabella 19 - Edifici con consumi non disponibili stagione 17-18

Cod.edif.	Denominazione	Comune	Indirizzo
224	palestra Cupola Panis	Torino	Strada Altessano 52
227	Nuovo Auditorium ex Marro	Moncalieri	Via Torino

Nello specifico:

- Edificio 224: TLR presente da oltre 15 anni rispetto al momento di stesura della tesi.
Tuttavia, essendo *in possesso unicamente dei consumi TLR della stagione 16-17* (in cui inizia il contratto di gestione calore CONSIP) e mancando i dati delle due stagioni precedenti (stagione 14-15 e stagione 15-16) e delle due stagioni successive (stagione 17-18 e stagione 18-19), tale edificio è stato trascurato nell'analisi dei consumi.
- Edificio 227: gas naturale presente dalla stagione 14-15.
Tuttavia, essendo *in possesso unicamente dei consumi gas naturale della stagione 16-17* (in cui inizia il contratto di gestione calore CONSIP) e *stagione 18-19* ma non dei dati delle stagioni 14-15, 15-16 e 17-18, tale edificio è stato trascurato nell'analisi dei consumi.

Tutte le considerazioni di cui sopra hanno condotto ai seguenti risultati:

- Totale edifici: 111, di cui 101 edifici scolastici (e di attività connesse ad essi) e 10 edifici non scolastici;
- Totale città: 27. In particolare: Avigliana, Bussoleno, Caluso, Carignano, Carmagnola, Chivasso, Ciriè, Collegno, Cuorgnè, Giaveno, Grugliasco, Ivrea, Lanzo Torinese, Moncalieri, Nichelino, Novalesa, Orbassano, Osasco, Oulx, Pianezza, Pinerolo, Rivarolo Canavese, Rivoli, Sangano, Susa, Torino, Venaria.



Figura 4 - Localizzazione edifici (esclusa il Comune di Torino)

La mappa sopra riportata è stata realizzata con l'applicativo Mappa 3D, basato su Bing Maps, presente su Excel. L'altezza di ogni colonna è proporzionale al numero di edifici oggetto di studio presenti in quello specifico Comune. Ad esempio:

- Osasco: due edifici (Osasco_82, Osasco_987) in Via Martiri della Libertà.



Figura 5 - Edifici a Osasco

- Ciriè: tre edifici (Ciriè_110, Ciriè_111, Ciriè_113) in Via Battitore, in Via Vittorio Prever, in Via San Giovanni Bosco.



Figura 6 – Edifici a Ciriè

- Moncalieri: quattro edifici (Moncalieri_128, Moncalieri_130, Moncalieri_131, Moncalieri_132), di cui due edifici in Via Ponchielli, uno in Strada Torino, uno in Via Ada Negri.



Figura 7 - Edifici a Moncalieri

Si riporta infine la localizzazione degli edifici siti nel Comune di Torino:



Figura 8 – Localizzazione edifici nel Comune di Torino

L'altezza di ogni colonna è proporzionale al numero di edifici presenti allo specifico indirizzo. Ad esempio:

- Corso Duca degli Abruzzi: un edificio (Torino_55) in Corso Duca degli Abruzzi.

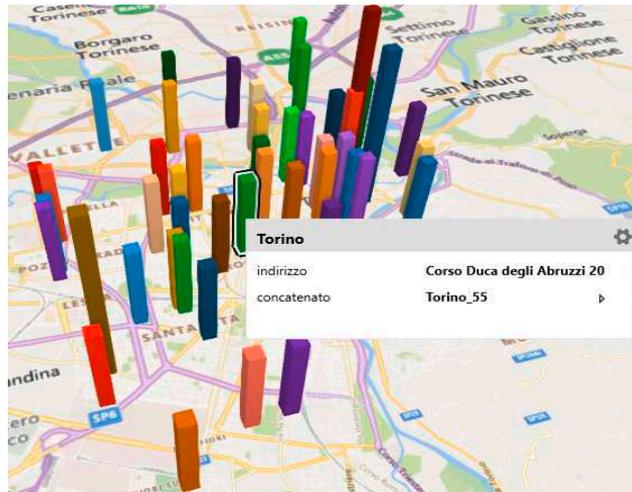


Figura 9 - Edifici in Corso Duca degli Abruzzi

- Via Giulia di Barolo: due edifici (Torino_61, Torino_191) in Via Giulia di Barolo.



Figura 10 – Edifici in Via Giulia di Barolo

4.4 Valori duplicati

Procedendo nella validazione dei dati di consumo stagionale forniti dalla C.M.T., sono state riscontrate le seguenti problematiche negli edifici dove presente il gas naturale come vettore energetico:

- *Stagione 14-15*: nel foglio Excel, determinati edifici, localizzati in luoghi diversi ma comunque in buona parte con consecutivo codice identificativo, presentavano lo stesso valore di consumo, espresso in m³, di ENERGIA PRIMARIA. Ritenendo che difficilmente ciò sarebbe stato possibile a meno di un errore di copiatura del dato, è stata svolta una verifica completa sui valori mensili di consumo di ENERGIA PRIMARIA della stagione al fine di determinare il numero esatto di valori duplicati. È risultato:

Tabella 20 - Coppie di valori di consumo mensili duplicati stagione 14-15

ott- nov	ott- nov**	dic	dic**	gen	gen**	feb	feb**	mar	mar**	fine stag.	fine stag.**
7	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

** : dove è applicato il coefficiente correttivo relativo al vettore energetico (si veda Tabella 22 - Edifici 50-51 con valori duplicati di consumo ott-nov stagione 14-15)

In particolare:

Tabella 21 - Coppie di edifici con valori duplicati di consumo ott-nov stagione 14-15

ott-nov	50-51
	56-57
	64-73
	65-72
	69-70
	80-82
	108-109

Di conseguenza, il passaggio successivo è stato capire se il valore duplicato di consumo di ogni coppia fosse giusto per entrambi gli edifici o, come ci si aspettava, sbagliato per uno di essi. Pertanto, si è proceduto come nell'esempio di seguito riportato: valore di consumo duplicato ott-nov (celle contornate in rosso).

Tabella 22 - Edifici 50-51 con valori duplicati di consumo ott-nov stagione 14-15

Cod.edif.	Denominazione	Vettore Energetico	Coeff. Corr.	Consumi ENERGIA PRIMARIA [m ³]	
				ott-nov	ott-nov**
50	I T C 'SANTAROSA'	Gas Naturale	1,017506	24.033	24.454
51	I T C. 'AALTO' (Ex "EINAUDI")	Gas Naturale	1,017506	24.033	24.454

** : valori ottenuti moltiplicando il consumo ott-nov per il coefficiente correttivo

Ci si è concentrati sul primo edificio (edificio 50) e si è osservato se il consumo aggregato ott-nov fosse in buona misura confrontabile con quelli dei mesi successivi oppure presentasse un significativo scostamento.

Tabella 23 - Edificio 50: confronto consumi ott-nov con consumi mesi successivi

Consumi ENERGIA PRIMARIA [m ³]									
Cod. edif.	ott- nov	ott- nov**	dic	dic**	gen	gen**	...	fine stag.	fine stag.**
50	24.033	24.454	7.994	8.134	6.570	6.685	...	768	781
51	24.033	24.454	26.232	26.691	19.324	19.662	...	9.943	10.117

In questo modo, fin da subito, ci si è resi conto di come il valore di consumo ott-nov (e di conseguenza ott-nov**) fosse sbagliato per l'edificio 50 e di come, invece, fosse plausibile per l'edificio 51.

Nota 7: dal momento che trattare il consumo ott-nov e ott-nov** è equivalente, a meno del coefficiente correttivo, da qui in avanti si parlerà del valore di consumo a cui è già stato applicato il sopra citato coefficiente, omettendo la simbologia **.

Al fine di ottenere conferma dell'inattendibilità del valore di consumo dell'edificio 50, è stato ricalcolato il valore aggregato di consumo ott-nov (casella con sfondo rosso in Tabella 24 - Edificio 50: consumi mensili ENERGIA PRIMARIA [m³] e ENERGIA SECONDARIA [MWh]): si è risaliti ad esso per via analitica, grazie all'equazione della linea di tendenza (si veda Grafico 3 - Edificio 50: linea di tendenza consumi) che lega i valori esatti di consumo di ENERGIA PRIMARIA (variabili indipendenti X_i) e i corrispondenti di ENERGIA SECONDARIA (variabili dipendenti Y_i), entrambi convertiti in kWh (si rimanda a Tabella 25 - Edificio 50: consumi mensili ENERGIA PRIMARIA [m³] e ENERGIA SECONDARIA [MWh]).

Tabella 24 - Edificio 50: consumi mensili ENERGIA PRIMARIA [m³] e ENERGIA SECONDARIA [MWh]

	ott- nov	dic	gen	feb	mar	fine stag.
ENERGIA PRIMARIA [m³]		8.134	6.685	8.561	4.815	781
ENERGIA SECONDARIA [MWh]	46	74	56	79	43	8

Tabella 25 - Edificio 50: consumi mensili ENERGIA PRIMARIA [m³] e ENERGIA SECONDARIA [MWh]

	ott- nov	dic	gen	feb	mar	fine stag.
ENERGIA PRIMARIA [kWh]		78.006	64.108	82.103	46.174	7.494
ENERGIA SECONDARIA [kWh]	45.600	73.900	55.700	78.900	43.300	8.410

Nota 8: i m³ di consumo mensile di ENERGIA PRIMARIA (Tabella 24 - Edificio 50: consumi mensili ENERGIA PRIMARIA [m³] e ENERGIA SECONDARIA [MWh]) sono stati moltiplicati per il potere calorifico inferiore del gas naturale (9,59 kWh/m³) ottenendo in tal modo i consumi in kWh (Tabella 25 - Edificio 50: consumi mensili ENERGIA PRIMARIA [m³] e ENERGIA SECONDARIA [MWh]). I MWh di consumo mensile di ENERGIA SECONDARIA (Tabella 24 - Edificio 50: consumi mensili ENERGIA PRIMARIA [m³] e ENERGIA SECONDARIA [MWh]) sono stati moltiplicati per 1000 ottenendo i consumi in kWh (Tabella 25 - Edificio 50: consumi mensili ENERGIA PRIMARIA [m³] e ENERGIA SECONDARIA [MWh]).

Nota 9: in Tabella 24 - Edificio 50: consumi mensili ENERGIA PRIMARIA [m³] e ENERGIA SECONDARIA [MWh] e Tabella 25 - Edificio 50: consumi mensili ENERGIA PRIMARIA [m³] e ENERGIA

SECONDARIA [MWh] sono presenti i valori di consumo di ENERGIA PRIMARIA ai quali è stato applicato il coefficiente correttivo.

I valori di Tabella 25 - Edificio 50: consumi mensili ENERGIA PRIMARIA [m³] e ENERGIA SECONDARIA [MWh] sono stati graficizzati:

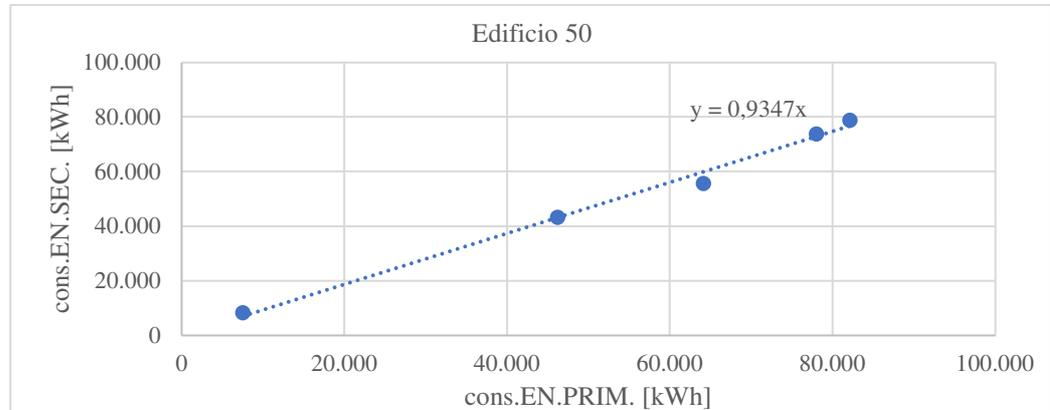


Grafico 3 - Edificio 50: linea di tendenza consumi

Il valore Y noto, ovvero il consumo ott-nov di ENERGIA SECONDARIA [kWh], è stato inserito nell'equazione della linea di tendenza impostata con intercetta a 0, ottenendo in tal modo il valore X incognito, ossia il consumo ott-nov di ENERGIA PRIMARIA [kWh]:

$$X = EN.PRIM_{ott-nov} = 48.786 kWh$$

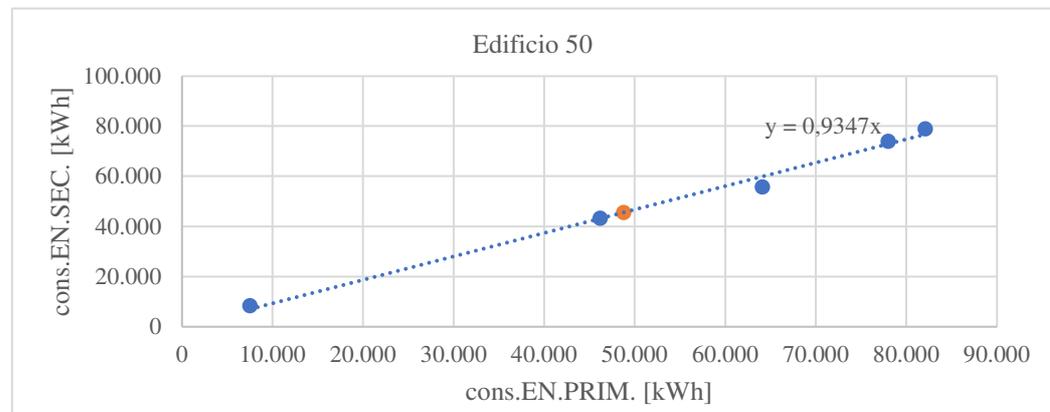


Grafico 4 - Edificio 50: linea di tendenza con consumo calcolato ott-nov di ENERGIA PRIMARIA [kWh]

Dividendo tale valore per il potere calorifico inferiore del gas naturale (9,59 kWh/m³) si è ottenuto un consumo di ENERGIA PRIMARIA di 5.087 m³. Ulteriormente dividendo per il coefficiente correttivo (1,017506), si è ricavato il dato puro di consumo, ovvero circa 5.000 m³, verificando così l'inesattezza del dato presente in Tabella 23 - Edificio 50: confronto consumi ott-nov con consumi mesi successivi (cella contornata di rosso).

Osservando Grafico 4 si riesce immediatamente a determinare il rendimento dell'impianto dell'edificio 50: esso infatti è rappresentato dal coefficiente angolare della linea di tendenza (o

tangente dell'angolo tra linea di tendenza e asse delle ascisse), ovvero 0,9347. Tale valore è stato verificato con il calcolo analitico:

$$\eta = \frac{\sum \text{consumi mensili EN.SEC.}}{\sum \text{consumi mensili EN.PRIM.}} = 0,94$$

Il fatto che i valori di rendimento non coincidano è dovuto alle approssimazioni (2 cifre dopo la virgola) con cui sono calcolate le sommatorie dei consumi mensili di ENERGIA PRIMARIA e di ENERGIA SECONDARIA presenti rispettivamente a denominatore e numeratore nella formula di cui sopra.

Analogamente, tali verifiche sono state iterate per tutte le altre coppie di edifici di *Tabella 21* - Coppie di edifici con valori duplicati di consumo ott-nov stagione 14-15, giungendo alla seguente conclusione:

Tabella 26 - Edifici con ERRATO valore di consumo duplicato

ott-nov	50-51	50
	56-57	56 (alloggio custode): TRASCURATO
	64-73	64
	65-72	Edifici a gasolio: NON ANALIZZATI
	69-70	69
	80-82	82
	108-109	108

Da *Tabella 26* - Edifici con ERRATO valore di consumo duplicato si evince come nella quasi totalità dei casi sia il primo edificio di ogni coppia a presentare errato valore di consumo ott-nov. Costituisce *eccezione* la coppia di edifici 80-82: il dato sbagliato di consumo è risultato essere quello del secondo edificio della coppia (*edificio 82*). Ciò ha conseguentemente portato alla decisione di escludere tutti i consumi ott-nov (in cui compaiono le sopra citate coppie di edifici) della stagione 14-15 dalla successiva analisi dei consumi. Se invece si fosse riscontrato che, in tutti i casi, sempre il primo o sempre il secondo edificio di ogni coppia avesse presentato errato valore di consumo ott-nov, si sarebbe potuto provare ad eliminare i valori duplicati e traslare rispettivamente verso l'alto (nel I caso) o verso il basso (nel II caso), i valori shiftati di consumo di tutti gli altri edifici.

- *Stagione 15-16*: riferendosi al foglio Excel e procedendo come per la stagione 14-15, è risultato dunque:

Tabella 27 - Coppie di valori di consumo mensili duplicati stagione 15-16

ott- nov	ott- nov**	dic	dic**	gen	gen**	feb	feb**	mar	mar**	fine stag.	fine stag.**
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

** : dove è applicato il coefficiente correttivo relativo al vettore energetico

Essendo nettamente migliore tale situazione rispetto a quella della stagione 14-15, si è ritenuto accettabile il numero di coppie di valori di consumo mensili duplicati e di conseguenza, non si è proceduto ad un approfondimento come, invece, per la stagione precedente.

- *Stagione 16-17*: riferendosi al foglio Excel e procedendo come per le stagioni precedenti, si è riscontrato:

Tabella 28 - Coppie di valori di consumo mensili duplicati stagione 16-17

ott- nov	dic	gen	feb	mar	fine stag.
0	0	0	0	0	1

Nota 10: nessuna distinzione tra dati puri e dati a cui sono stati applicati i diversi valori di coefficiente correttivo, in quanto assenti dal foglio Excel della stagione 16-17 fornito dalla C.M.T.

Anche in questo caso, ritenendo accettabile il numero di coppie di valori di consumo mensili duplicati, si è ritenuto di non procedere ad ulteriori approfondimenti come, invece, per la stagione 14-15.

- *Stagione 17-18*: riferendosi al foglio Excel e procedendo come per le stagioni precedenti, si è riscontrato:

Tabella 29 - Coppie di valori di consumo mensili duplicati stagione 17-18

ott- nov	dic	gen	feb	mar	fine stag.
0	1	0	0	0	0

Nota 11: nessuna distinzione tra dati puri e dati a cui sono stati applicati i diversi valori di coefficiente correttivo, in quanto assenti dal foglio Excel della stagione 17-18 fornito dalla C.M.T.

Anche in questo caso, ritenendo accettabile il numero di coppie di valori di consumo mensili duplicati, si è ritenuto di non procedere ad ulteriori approfondimenti come, invece, per la stagione 14-15.

- *Stagione 18-19*: riferendosi al foglio Excel e procedendo come per le stagioni precedenti, si è riscontrato:

Tabella 30 - Coppie di valori di consumo mensili duplicati stagione 18-19

ott- nov	dic	gen	feb	mar	fine stag.
0	0	0	0	1	1

Nota 12: nessuna distinzione tra dati puri e dati a cui sono stati applicati i diversi valori di coefficiente correttivo, in quanto assenti dal foglio Excel della stagione 18-19 fornito dalla C.M.T.

Anche in questo caso, ritenendo accettabile il numero di coppie di valori di consumo mensili duplicati, si è ritenuto di non procedere ad ulteriori approfondimenti come, invece, per la stagione 14-15.

4.5 Rapporti consumi dic/nov EN.PRIM. e dic/nov EN. SEC.

Nota 13: si è tornati a considerare il dato a cui non è applicato il coefficiente correttivo.

Questa analisi è stata svolta al fine di verificare la “sensatezza” globale dei dati forniti. Nello specifico, negli edifici dove presente il gas naturale come vettore energetico:

- Stagione 14-15:* sono stati calcolati i rapporti dei consumi dic/nov (dove pertanto non è applicato il coefficiente correttivo relativo al vettore energetico) di ENERGIA PRIMARIA [m³] e di ENERGIA SECONDARIA [MWh] per controllare che, per ogni edificio, *a fronte del consumo di un certo quantitativo di combustibile fosse stata prodotta una proporzionale quantità di energia.* Come passaggio successivo, sono stati graficizzati i dati di consumo di ENERGIA PRIMARIA (*variabili indipendenti X_i*) e i corrispondenti consumi di ENERGIA SECONDARIA (*variabili dipendenti Y_i*) degli edifici che presentavano un’evidente inattendibilità dei rapporti sopra citati, in quanto con valori troppo alti o troppo bassi (si veda *Tabella 31* - Edifici stagione 14-15 con valori anomali di rapporto dic/nov EN.PRIM. e dic/nov EN.SEC.). Essendo lo scopo ultimo di tutto ciò capire se fossero presenti valori di consumo che si discostassero molto dalla linea di tendenza, al fine di velocizzare il lavoro, si è deciso di non convertire nella stessa unità di misura, kWh, tutti i dati di consumo, in quanto graficamente, a meno dell’unità di misura e del valore di rendimento, il risultato sarebbe stato il medesimo.

Tabella 31 - Edifici stagione 14-15 con valori anomali di rapporto dic/nov EN.PRIM. e dic/nov EN.SEC.

Cod.edif.	Denominazione	ENERGIA PRIMARIA	ENERGIA SECONDARIA
		[-]	[-]
		dic/nov	dic/nov
45	I d'Arte 'PASSONI' Succursale	2,13	1,47
47	I PC "BOSELLI + I T C 'SELLA'	3,00	1,90
49	I PI A. 'PLANA'	3,79	2,38
55	I T C "SOMMEILER' + L.S. "FERRARIS"	20,42	1,40
61	L C 'GIOBERTI'	2,29	0,93
63	L S "CATTANEO Succursale	2,29	1,84
66	I P Alberghiero "COLOMBATTO"	3,12	1,05
69	I.P C GIULIO + Succursale + I.M. "REGINA MARGHERITA"	2,95	1,67
99	L S "MARTINETTI"	1,83	0,05
105	I T I S 'CASALE' (Ex DAVINCI') Sede staccata + I P Agr	18,99	1,42
108	Palestra Newton	0,32	1,48
110	IPC "D'ORIA"	0,49	1,81
111	I P C "D'ORIA" (+ Ex "GRASSI") Succursale	1,66	2,13
113	I T C G 'FERMI' + L.S. "GALILEI" Palestra	4,42	1,72
119	I T C 'CENA'	2,00	1,08
125	I M "ALBERT"	1,66	4,96
169	L S "SEGRE"	1,01	2,28

In merito ad alcuni casi significativi:

- Edificio 55: a fronte di un consumo di gas naturale del 1942% in più rispetto all’unità (100%) è stato prodotto il 40% in più di energia.
- Edificio 61: a fronte di un consumo di gas naturale del 129% in più rispetto all’unità (100%) è stato prodotto il 7% in meno di energia.

- Edificio 66: a fronte di un consumo di gas naturale del 212% in più rispetto all'unità (100%) è stato prodotto il 5% in più di energia.
- Edificio 99: a fronte di un consumo di gas naturale del 83% in più rispetto all'unità (100%) è stato prodotto il 95% in meno di energia.
- Edificio 110: a fronte di un consumo di gas naturale del 51% in meno rispetto all'unità (100%) è stato prodotto l'81% in più di energia.
- Edificio 125: a fronte di un consumo di gas naturale del 66% in più rispetto all'unità (100%) è stato prodotto il 396% in più di energia.

Dal momento che, come già anticipato, i rapporti dovrebbero essere in buona approssimazione bilanciati tra di loro, ossia *ad un consumo di gas naturale di X% in più rispetto all'unità (100%) dovrebbe corrispondere circa X% in meno di energia prodotta (e viceversa)*, si capisce come i valori calcolati siano inattendibili. A conferma di ciò, si rimanda alla rappresentazione grafica di cui sotto.

Rappresentazione grafica dello scostamento dei consumi rispetto alla linea di tendenza:

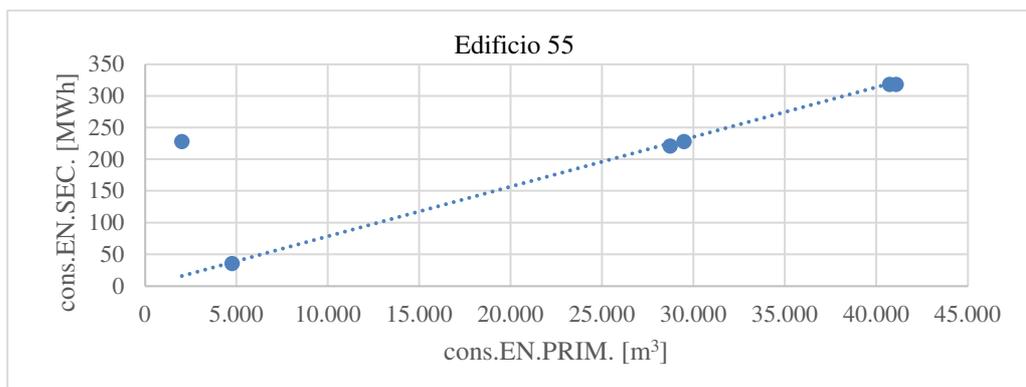


Grafico 5 - Edificio 55

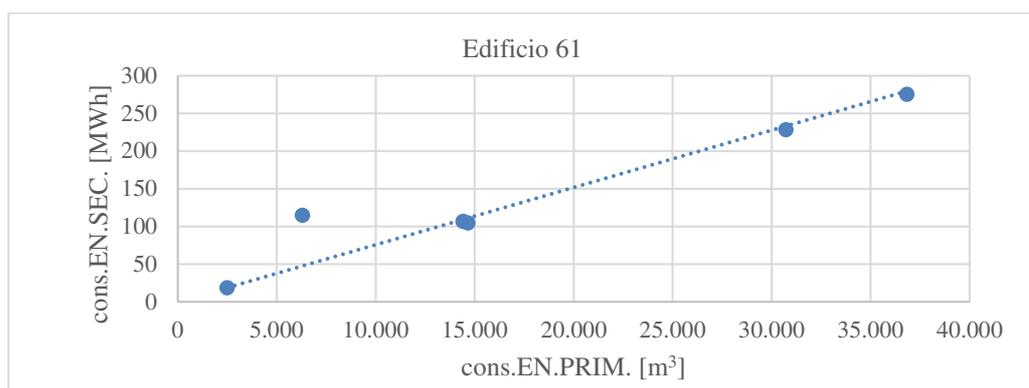


Grafico 6 - Edificio 61

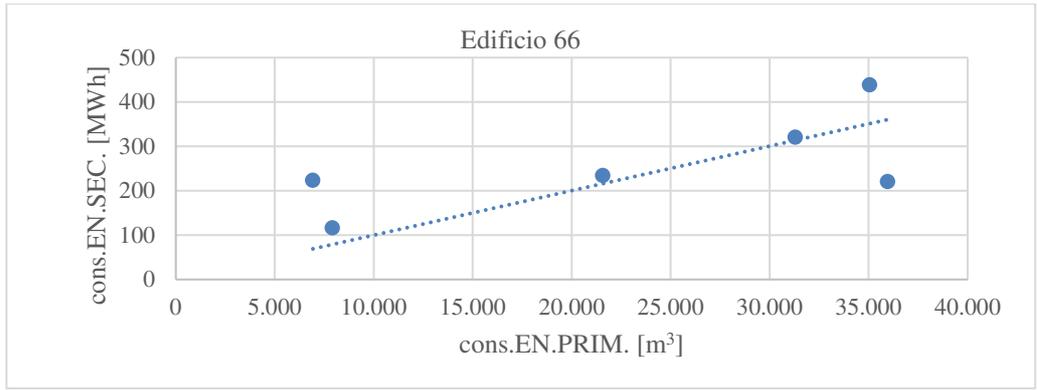


Grafico 7 - Edificio 66

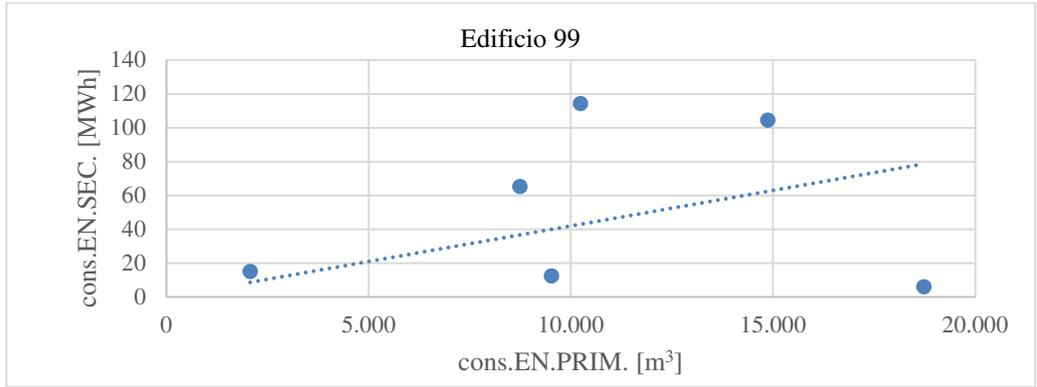


Grafico 8 - Edificio 99

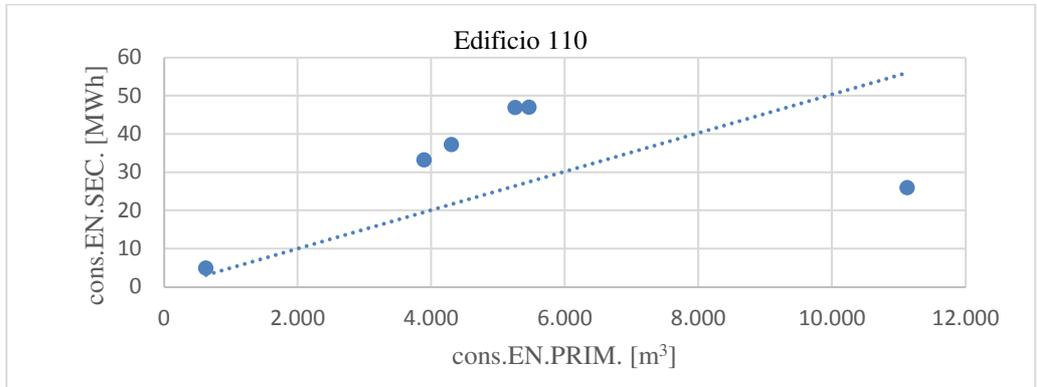


Grafico 9 - Edificio 110

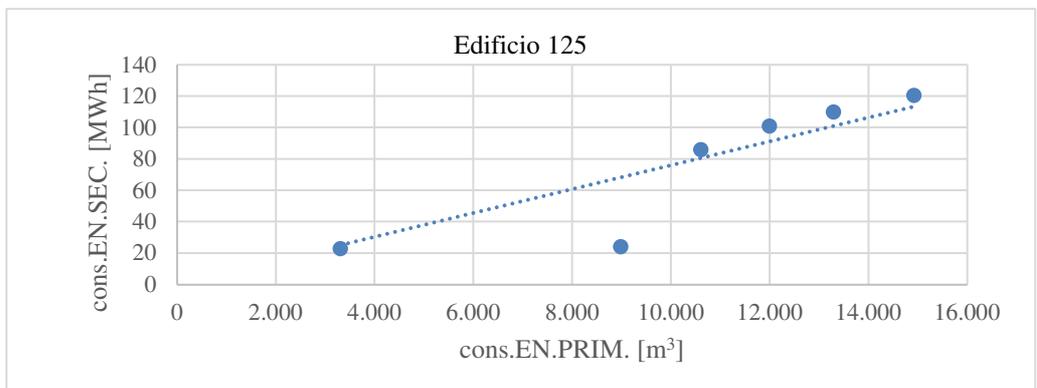


Grafico 10 - Edificio 125

Osservando i grafici da *Grafico 5 - Edificio 55* a *Grafico 10 - Edificio 125* è evidente come i valori di consumo mensili di tali edifici siano in parte (nello specifico ott-nov e dic) o, in alcuni casi totalmente, disallineati con quanto ci si aspetterebbe, ossia di ritrovare i punti giacenti o prossimi alla linea di tendenza dei diversi grafici. Come già anticipato, tutto ciò trova spiegazione nel fatto che, molto probabilmente, da una certa riga in poi del foglio Excel della stagione 14-15 fornito dalla C.M.T. ci sia stato un errore di copiatura dei dati da parte di ANTAS. Tali valori troveranno *correzione al momento della trattazione con firma energetica*, in quanto, tramite la metodologia PROBIS, verranno automaticamente esclusi dall'analisi (si rimanda al capitolo corrispondente).

- *Stagione 15-16*: valendo le considerazioni già fatte nella stagione 14-15, si è constatato che, per alcuni edifici, i valori di rapporto erano anomali in quanto troppo alti o troppo bassi. Di seguito è riportato un elenco degli edifici dove presente il gas naturale come vettore energetico:

Tabella 32 - Edifici stagione 15-16 con valori anomali di rapporto dic/nov EN.PRIM. e dic/nov EN.SEC.

<i>Cod.edif.</i>	Denominazione	ENERGIA PRIMARIA	ENERGIA SECONDARIA
		<i>[-]</i>	<i>[-]</i>
		dic/nov	dic/nov
41	LS "GOBETTI" Sede Staccata	44,40	1,50
110	IPC "D'ORIA"	2,23	2,34
197	C. S. T.	0,25	0,44

In merito a tali valori:

- Edificio 41: a fronte di un consumo di gas naturale del 4340% in più rispetto all'unità (100%) è stato prodotto il 50% in più di energia.
- Edificio 110: a fronte di un consumo di gas naturale del 123% in più rispetto all'unità (100%) è stato prodotto il 134% in più di energia.
- Edificio 197: a fronte di un consumo di gas naturale del 75% in meno rispetto all'unità (100%) è stato prodotto il 66% in meno di energia.

Come anzidetto per la stagione precedente, dal momento che i rapporti dovrebbero essere in buona approssimazione bilanciati tra di loro, ovvero *ad un consumo di gas naturale di X% in più rispetto all'unità (100%) dovrebbe corrispondere circa X% in meno di energia prodotta (e viceversa)*, si capisce come tali rapporti siano anomali. A conferma di ciò, si rimanda alla rappresentazione grafica di cui sotto.

Rappresentazione grafica dello scostamento dei consumi rispetto alla linea di tendenza:

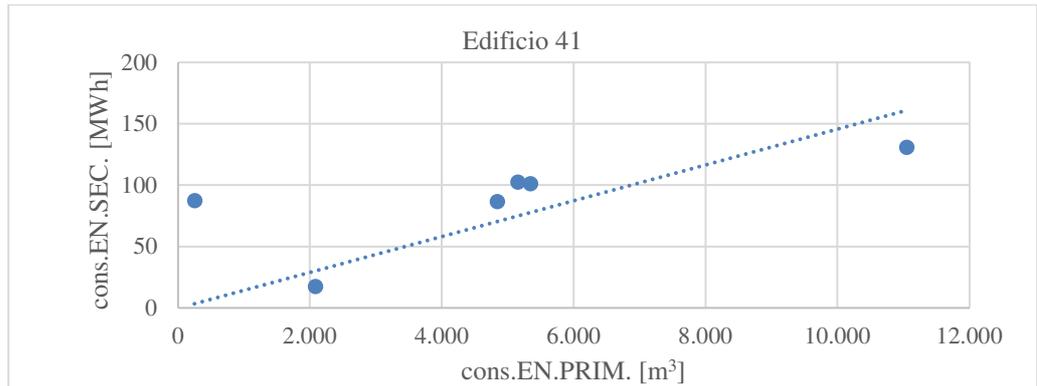


Grafico 11 - Edificio 41

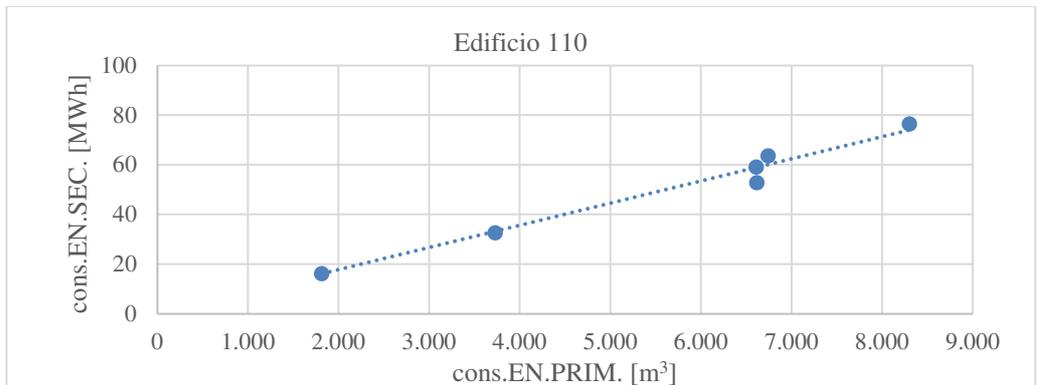


Grafico 12 - Edificio 110

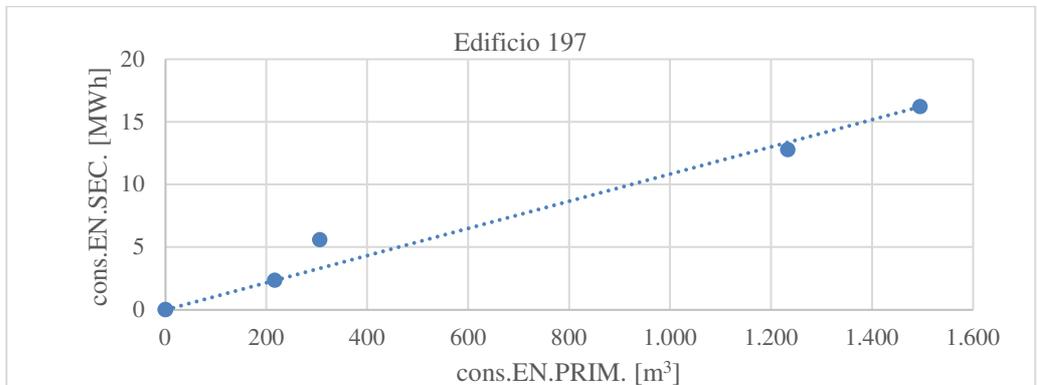


Grafico 13 - Edificio 197

Osservando i grafici da *Grafico 11 - Edificio 41* a

Grafico 13 - Edificio 197 si può notare come i valori di consumo mensili, in particolare dell'edificio 41, siano in parte disallineati con quanto ci si aspetterebbe, ossia di ritrovare i punti giacenti o prossimi alla linea di tendenza dei diversi grafici. Invece, per quanto riguarda gli edifici 110 e 197, dal punto di vista grafico non si ha un evidente riscontro dell'inattendibilità dei rapporti calcolati di cui sopra. Ciò nonostante, le anzidette anomalie troveranno *correzione al momento della trattazione con firma energetica*, in quanto, tramite la metodologia PROBIS, verranno automaticamente escluse dall'analisi (si rimanda al capitolo corrispondente).

- *Stagione 16-17*: a differenza delle stagioni precedenti, non è stato possibile calcolare i rapporti di consumo dic/nov (depurati del coefficiente correttivo relativo al vettore energetico) di ENERGIA PRIMARIA [m³] e di ENERGIA SECONDARIA [MWh], in quanto, nel foglio Excel, si disponeva unicamente dei primi valori di consumo ma non dei secondi. È stata pertanto omessa anche la conseguente verifica grafica.
- *Stagione 17-18*: analoghe considerazioni della stagione 16-17.
- *Stagione 18-19*: analoghe considerazioni delle stagioni 16-17 e 17-18.

5 Consumi, consumi specifici, consumi specifici destagionalizzati

Sulla base dei fogli Excel realizzati, è stata costruita, per ciascuna stagione termica, una tabella Excel contenente, per ogni edificio, le seguenti informazioni:

1. codice edificio;
2. Comune;
3. indirizzo;
4. identificativo;
5. tag destinazione d'uso;
6. combustibile;
7. volumetria riscaldata [m^3];
8. TOT GG, ossia i Gradi Giorno complessivi per la stagione [-];
9. TOT Consumi, ossia i consumi complessivi per la stagione [kWh];
10. $CEP_{\text{combustibile}}$ [kWh];
11. $CEP_{\text{combustibile}}$ [kWh/ m^3];
12. $CEP_{\text{combustibile}}$ [Wh/(GG* m^3)];

Approfondendo alcuni campi di cui sopra:

- *identificativo*: è l'unione dei campi *Comune* e *codice edificio*;
- $CEP_{\text{combustibile}}$ [kWh]: è il consumo stagionale di ENERGIA PRIMARIA (analogo valore del campo *TOT Consumi* [kWh]) con differenziazione in base alla tipologia di vettore energetico proprio del singolo edificio. Si riporta uno stralcio d'esempio della tabella della stagione 14-15:

Tabella 33 - CEP [kWh] del singolo edificio in base al tipo di combustibile

<i>Cod.edif.</i>	CEP cippato [kWh]	CEP gas naturale [kWh]	CEP gasolio [kWh]	CEP TLR [kWh]
14		4.520.782		
57		2.262.256		
170		2.092.942		
130		2.015.194		
36		1.861.439		
...
74			569.374	
195			470.644	
65			351.155	
...
15				1.111.721
120	1.739.085			

- $CEP_{\text{combustibile}}$ [kWh/ m^3]: è il consumo *specifico* stagionale di ENERGIA PRIMARIA con differenziazione in base alla tipologia di vettore energetico proprio del singolo edificio. È ottenuto dividendo $CEP_{\text{combustibile}}$ [kWh] di ogni singolo edificio per la corrispondente *volumetria riscaldata* [m^3]. Tale campo è stato creato al fine di rendere confrontabili tra di loro, *indipendentemente dalla volumetria riscaldata*, edifici con diverso vettore energetico. Si riporta uno stralcio d'esempio della tabella della stagione 14-15:

Tabella 34 – CEP specifico [kWh/m³] del singolo edificio in base al tipo di combustibile

Cod.edif.	CEP cippato [kWh/m ³]	CEP gas naturale [kWh/m ³]	CEP gasolio [kWh/m ³]	CEP TLR [kWh/m ³]
14		21		
57		19		
170		23		
130		27		
36		13		
...
74			30	
195			20	
65			20	
...
15				19
120	23			

- $CEP_{combustibile}$ [Wh/(GG*m³)]: è il consumo *specifico destagionalizzato* di ENERGIA PRIMARIA con differenziazione in base alla tipologia di vettore energetico proprio del singolo edificio. È ottenuto dividendo $CEP_{combustibile}$ [kWh/m³] di ogni singolo edificio per i corrispondenti *TOT GG [-]*. Tale campo è stato creato al fine di rendere confrontabili tra di loro, *indipendentemente dai Gradi Giorno totali del periodo di riscaldamento del singolo edificio*, edifici con diverso vettore energetico. Si riporta uno stralcio d'esempio della tabella della stagione 14-15:

Tabella 35 – CEP specifici destagionalizzati [Wh/(GG*m³)] del singolo edificio in base al tipo di combustibile

Cod.edif.	CEP cippato [Wh/(GG*m ³)]	CEP gas naturale [Wh/(GG*m ³)]	CEP gasolio [Wh/(GG*m ³)]	CEP TLR [Wh/(GG*m ³)]
14		10		
57		9		
170		11		
130		13		
36		5		
...
74			14	
195			41	
65			10	
...
15				9
120	11			

Come si può osservare da *Tabella 33*, i consumi (differenziati sulla base del tipo di combustibile proprio del singolo edificio) sono disposti secondo un ordine decrescente, ossia dal valore più grande al più piccolo. Tale ordinamento è stato fatto al fine di avere una graduatoria degli edifici che più consumano.

Si è proceduto per tutte le stagioni secondo le stesse modalità.

5.1 Analisi anomalie: grafici e commenti

- *Stagione 14-15*: sono stati rappresentati i consumi ($CEP_{combustibile}$ [kWh]), i consumi specifici ($CEP_{combustibile}$ [kWh/m³]) e i consumi specifici destagionalizzati ($CEP_{combustibile}$ [Wh/(GG*m³))] degli edifici oggetto di studio, con grafici a colonne raggruppate.

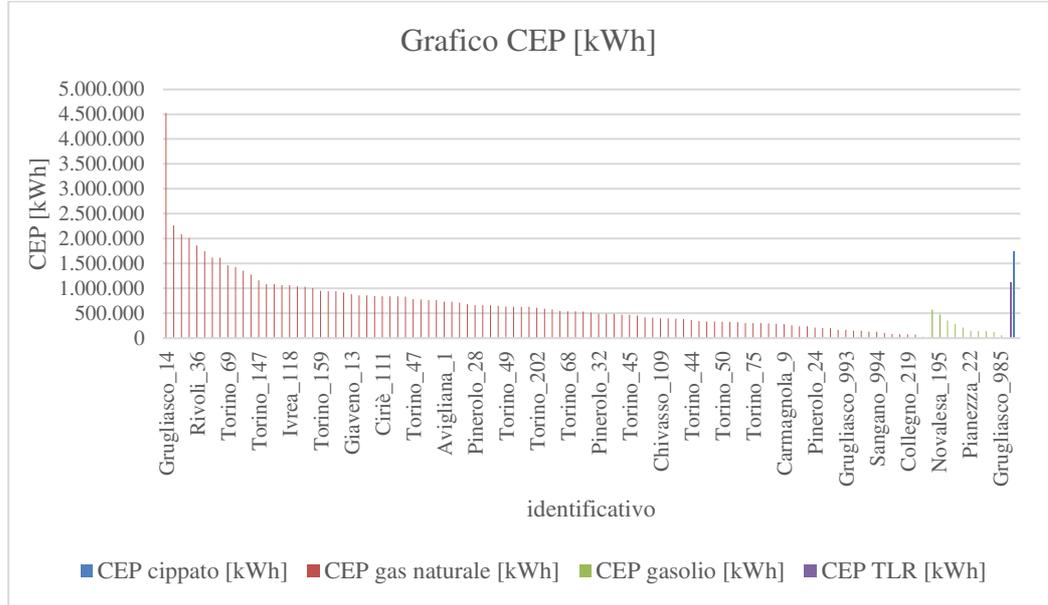


Grafico 14 - CEP [kWh] edifici oggetto di studio. Stagione 14-15

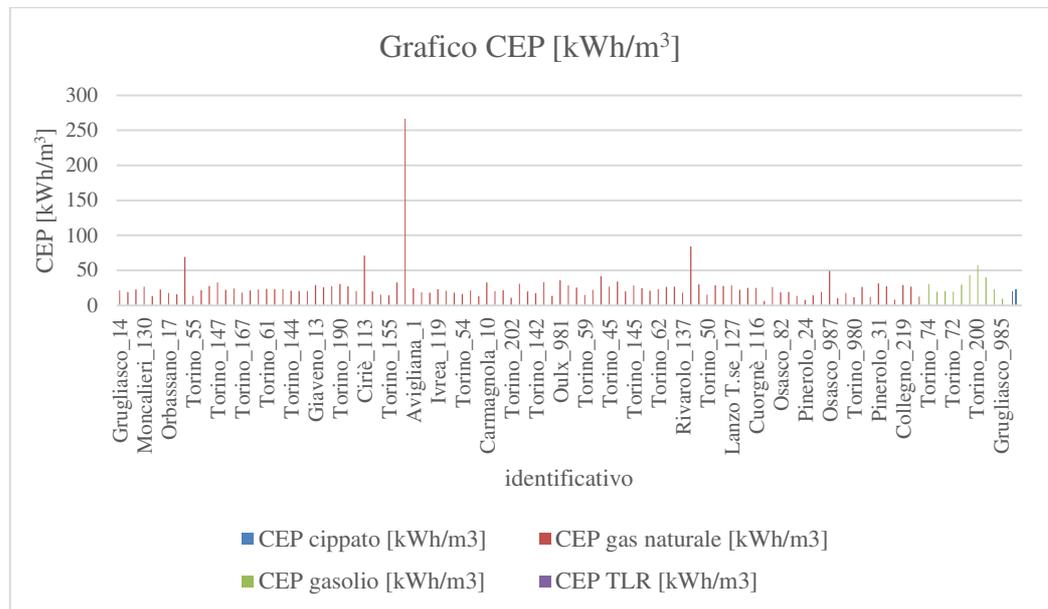


Grafico 15 - CEP specifici [kWh/m³] edifici oggetto di studio. Stagione 14-15

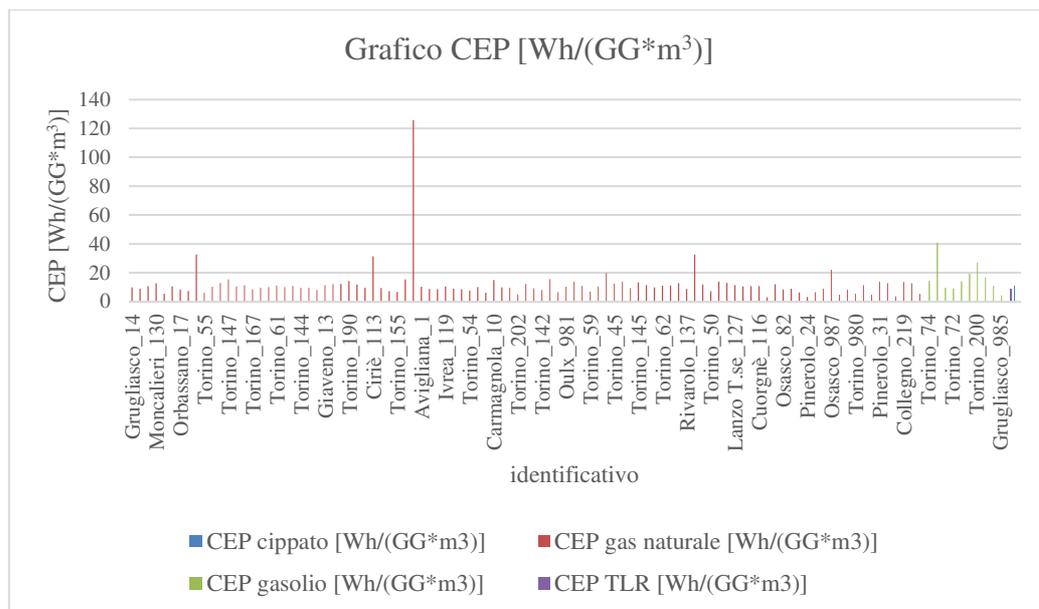


Grafico 16 - CEP specifici destagionalizzati [Wh/(GG*m³)] edifici oggetto di studio. Stagione 14-15

Commento ai grafici: dal confronto tra Grafico 14 e Grafico 15, si può notare che molti valori elevati di consumo stagionale di ENERGIA PRIMARIA [kWh], indipendentemente dalla tipologia di combustibile, trovano spiegazione per il fatto che è grande la volumetria da riscaldare [m³] dei corrispondenti edifici. Ciò chiarisce almeno in parte il Grafico 15: sono tuttavia presenti dei picchi nei valori di consumo specifico [kWh/m³], che si ripresentano in modo quasi analogo nei consumi specifici destagionalizzati [Wh/(GG*m³)] in Grafico 16, facendo comprendere come non sia nemmeno i Gradi Giorno totali [-] dei rispettivi edifici a influenzare quei valori anomali.

Commento alle anomalie: osservando tali valori in Grafico 15, si intuisce come il problema sia legato o ai consumi totali della stagione [kWh] che, per quello specifico edificio, potrebbero essere stati riportati errati e quindi troppo elevati oppure alla volumetria riscaldata [m³] in quanto troppo piccola. È stato pertanto ricontrollato il dato di volume di cui si disponeva nel database, facendo una verifica almeno qualitativa con il valore calcolato tramite Google Earth, per gli edifici sotto riportati. Tali valori dovranno tuttavia essere congiuntamente verificati con la C.M.T. e con ANTAS.

Edifici a gas naturale con i seguenti identificativi:

- Torino_69: I.P. C GIULIO + Succursale + I.M. “REGINA MARGHERITA”.

Tabella 36 - Edificio 69. Confronto volumetrie

volumetria [m³] da database	volumetria [m³] da Google Earth
21.013	43.370

Usando il valore di volumetria determinato attraverso Google Earth, tale edificio non costituirebbe più un’anomalia.

- Ciriè_113: I T C G ‘FERMI’ + L.S. "GALILEI" Palestra.

Tabella 37 - Edificio 113. Confronto volumetrie

volumetria [m ³] da database	volumetria [m ³] da Google Earth
11.752	27.215

Usando il dato di volumetria determinato attraverso Google Earth, Ciriè_113 cesserebbe di essere un’anomalia. Un’altra possibile spiegazione ai 71 kWh/m³ di consumo specifico (vedasi tabella Excel completa della stagione 14-15) potrebbe essere dovuta al fatto che tale edificio, essendo una palestra, venga utilizzato anche in orario extrascolastico (pomeriggio e sera), facendo dunque aumentare i consumi totali della stagione [kWh], e con una temperatura interna maggiore dei 20°C presenti nei locali scolastici.

- Torino_70: I.T.C. “MAJORANA” (Ex I.T.C. “XI/VALLETTA”).

Tabella 38 - Edificio 70. Confronto volumetrie

volumetria [m ³] da database	volumetria [m ³] da Google Earth
2.853	18.000

Questo edificio presenta, rispetto a tutti gli altri edifici scolastici, valori di consumo specifico [kWh/m³] circa nove volte superiori. Se, tuttavia, si utilizzasse il dato di volumetria calcolato tramite Google Earth, anche Torino_70 non rappresenterebbe più un’anomalia.

- Pinerolo_25: I PS A “PREVERT” (Palestra).

Tabella 39 - Edificio 25. Confronto volumetrie

volumetria [m ³] da database	volumetria [m ³] da Google Earth
3.958	#N/D

In questo caso, non è stato possibile calcolare qualitativamente la volumetria dell’edificio tramite Google Earth, in quanto non disponibile la visualizzazione del fabbricato in modalità Street View che avrebbe permesso di ricavare l’altezza dell’edificio da moltiplicare per la corrispondente superficie in pianta. Tuttavia, come per il sopra citato Ciriè_113, una possibile spiegazione per gli 84 kWh/m³ di consumo specifico (vedasi tabella Excel completa della stagione 14-15) potrebbe essere dovuta al fatto che tale edificio, essendo una palestra, venga utilizzato anche in orario extrascolastico (pomeriggio e sera), facendo dunque aumentare i consumi totali della stagione [kWh] (legati perciò al tipo di utilizzo dell’immobile), e con una temperatura interna maggiore dei 20°C presenti nei locali scolastici.

- Osasco_987: Istituto Agrario PREVER sezione staccata.

Tabella 40 - Edificio 987. Confronto volumetrie.

volumetria [m ³] da database	volumetria [m ³] da Google Earth
3.317	5.200

Usando il dato di volumetria determinato attraverso Google Earth, tale edificio cesserebbe di essere un'anomalia.

Edifici a gasolio con i seguenti identificativi:

- Pianezza_22: ITAS "Dalmazzo" Azienda Agraria.
Una spiegazione per il consumo specifico di 43 kWh/m³ potrebbe essere dovuta al fatto che la struttura comprende anche due serre riscaldabili.
- Torino_200: Comunità alloggio.
Trattasi di un immobile destinato a dormitorio per stranieri: essendo dunque utilizzato in modo più continuativo (al pari di un'abitazione), possono essere maggiormente giustificati i valori di consumo totale della stagione [kWh] e i conseguenti consumi specifici [kWh/m³]. In questo caso trattandosi di un singolo alloggio, la volumetria non è determinabile tramite Google Earth.
- Novalesa_195: Abbazia di Novalesa (Grafico 16).
L'edificio costituisce un'anomalia in quanto in questa stagione, nel database, presenta un valore di TOT GG pari a 478, evidentemente errato trovandosi l'Abbazia in zona climatica F e se confrontato con il valore delle stagioni successive.
- Stagione 15-16: si è proceduto come per la stagione 14-15.

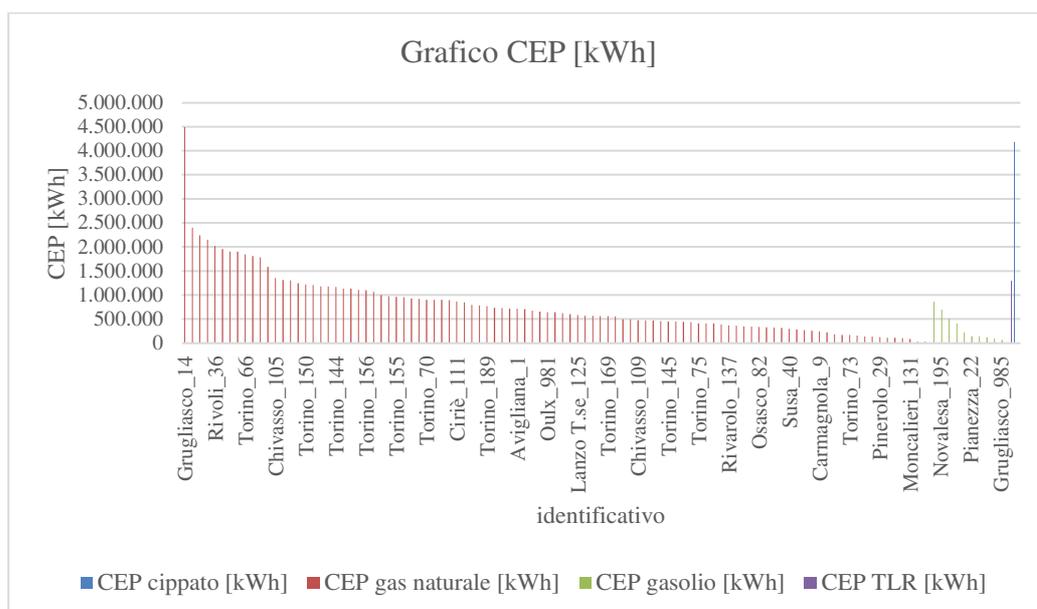


Grafico 17 - CEP [kWh] edifici oggetto di studio. Stagione 15-16

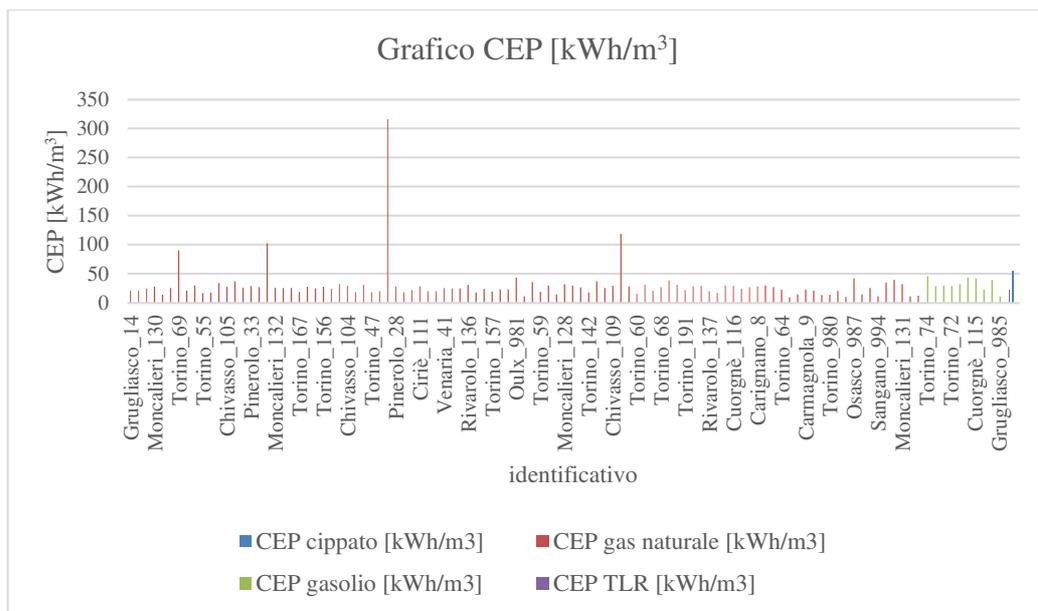


Grafico 18 - CEP specifici [kWh/m³] edifici oggetto di studio. Stagione 15-16

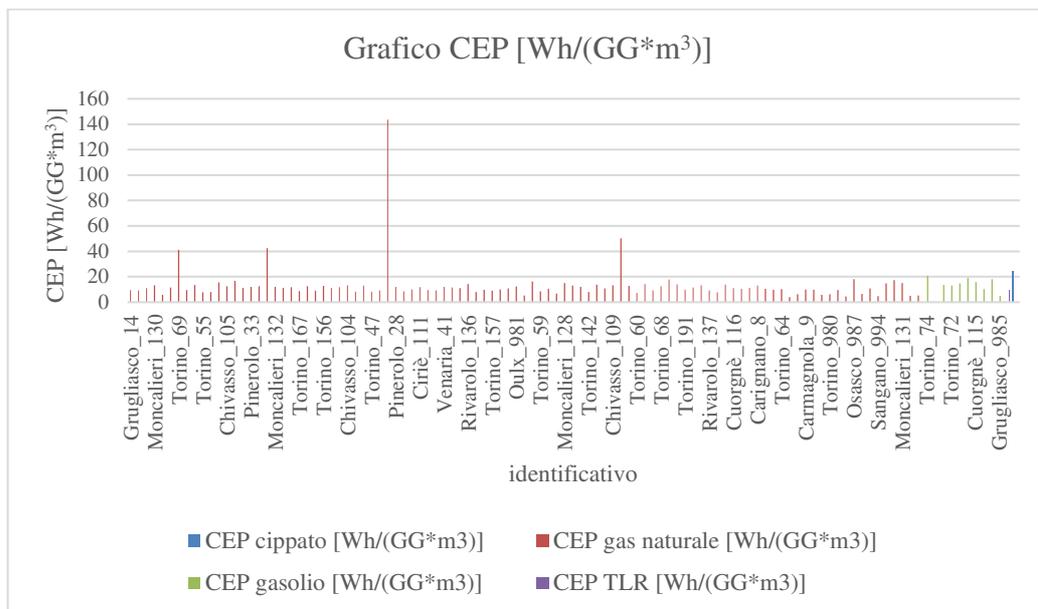


Grafico 19 - CEP specifici destagionalizzati [Wh/(GG*m³)] edifici oggetto di studio. Stagione 15-16

Commento ai grafici: analogo a quello della stagione 14-15.

Commento alle anomalie: come per la stagione 14-15. Per gli edifici a gas naturale (Torino_69, Ciriè_113, Torino_70, Pinerolo_25) valgono le stesse considerazioni già fatte per la precedente stagione. In questo caso Osasco_987 non presenta valori anomali. Per gli edifici a gasolio (Pianezza_22, Torino_200) valgono le stesse considerazioni già fatte per la precedente stagione. A questi tuttavia si aggiunge l'edificio scolastico Torino_74: L.A. "COTTINI".

Tabella 41 - Edificio 74. Confronto volumetrie

volumetria [m³] da database	volumetria [m³] da Google Earth
18.726	23.700

Usando il valore di volumetria determinato attraverso Google Earth, Torino_74 non costituirebbe più un'anomalia.

- *Stagione 16-17*: si è proceduto come per le stagioni precedenti.

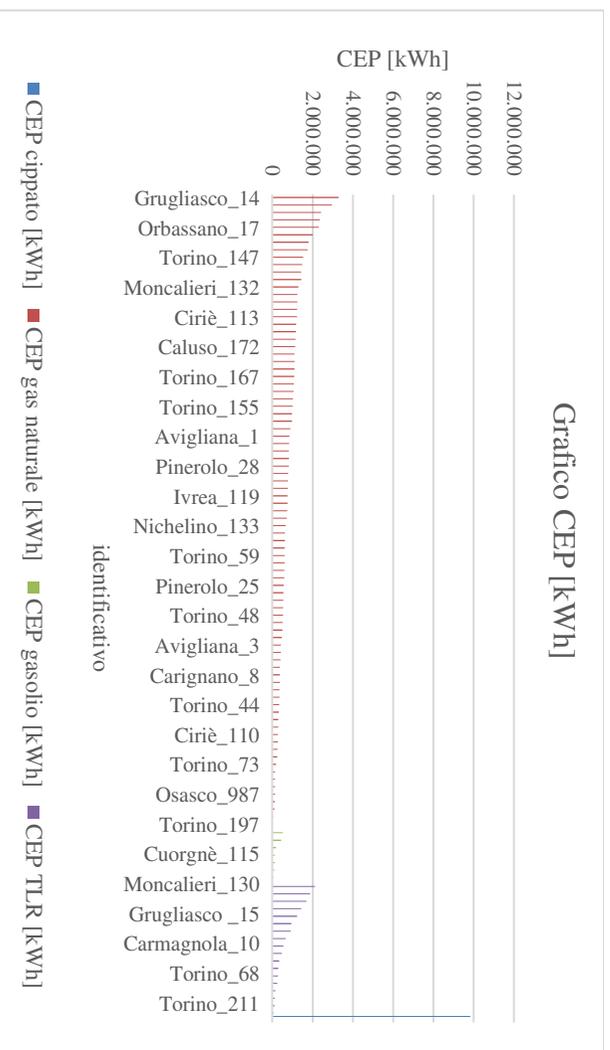


Grafico 20 - CEP [kWh] edifici oggetto di studio. Stagione 16-17

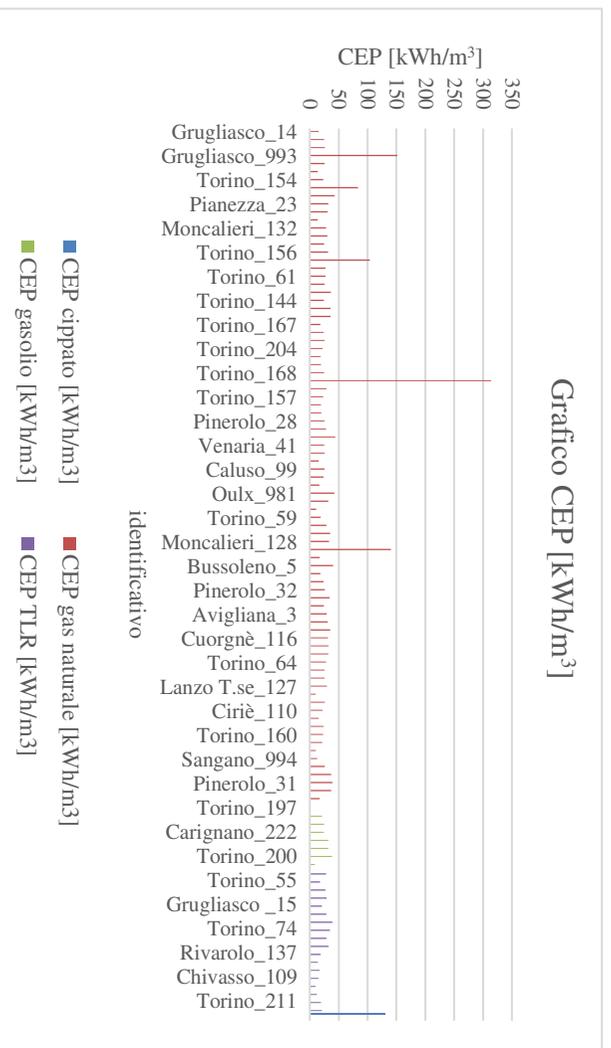


Grafico 21 - CEP specifici [kWh/m³] edifici oggetto di studio. Stagione 16-17

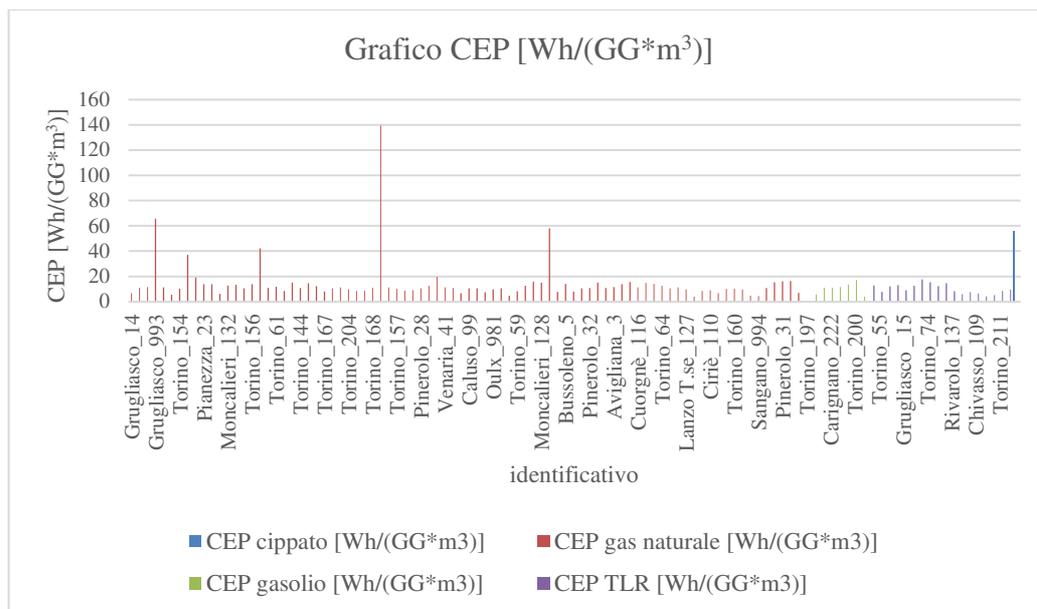


Grafico 22 - CEP specifici destagionalizzati [Wh/(GG*m³)] edifici oggetto di studio. Stagione 16-17

Commento ai grafici: analogo a quello delle stagioni precedenti. Tuttavia, occorre notare che il valore di consumo (Grafico 20) dell'edificio Ivrea_120 è molto elevato, circa cinque volte rispetto a quello della stagione 14-15 e due volte rispetto a quello della stagione 15-16. Ciò potrebbe trovare una possibile giustificazione nel fatto che i fabbricati Officine e Palestra (facenti parte del plesso scolastico) vengano maggiormente utilizzati rispetto al passato.

Commento alle anomalie: come per le stagioni precedenti. Per gli edifici a gas naturale (Torino_69, Ciriè_113, Torino_70, Pinerolo_25) valgono le stesse considerazioni già fatte per le altre stagioni. A questi si aggiunge l'edificio Grugliasco_993: Centro Mezzi Meccanici. Osservandone i consumi mensili di ENERGIA PRIMARIA per la stagione in esame all'interno del database, si nota come CMEP_ott-nov_16-17 sia molto elevato. È pertanto questo valore a falsare il dato di consumo totale della stagione [kWh] e conseguentemente il consumo specifico [kWh/m³]. Non disponendo tuttavia dei consumi mensili di ENERGIA SECONDARIA [MWh], non è stato possibile ricalcolare l'esatto valore di CMEP_ott-nov_16-17. Per gli edifici a gasolio (Pianezza_22, Torino_200) valgono le medesime riflessioni già fatte per le precedenti stagioni. Per l'edificio a cippato Ivrea_120 si rimanda al commento nelle righe di cui sopra.

- Stagione 17-18: si è proceduto come per le precedenti stagioni.

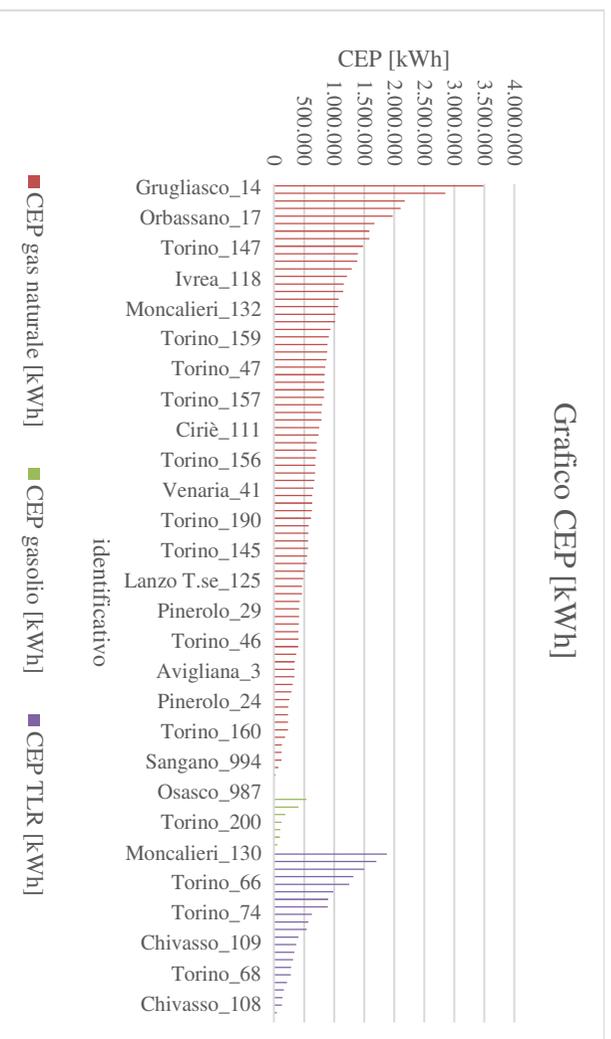


Grafico 23 - CEP [kWh] edifici oggetto di studio. Stagione 17-18

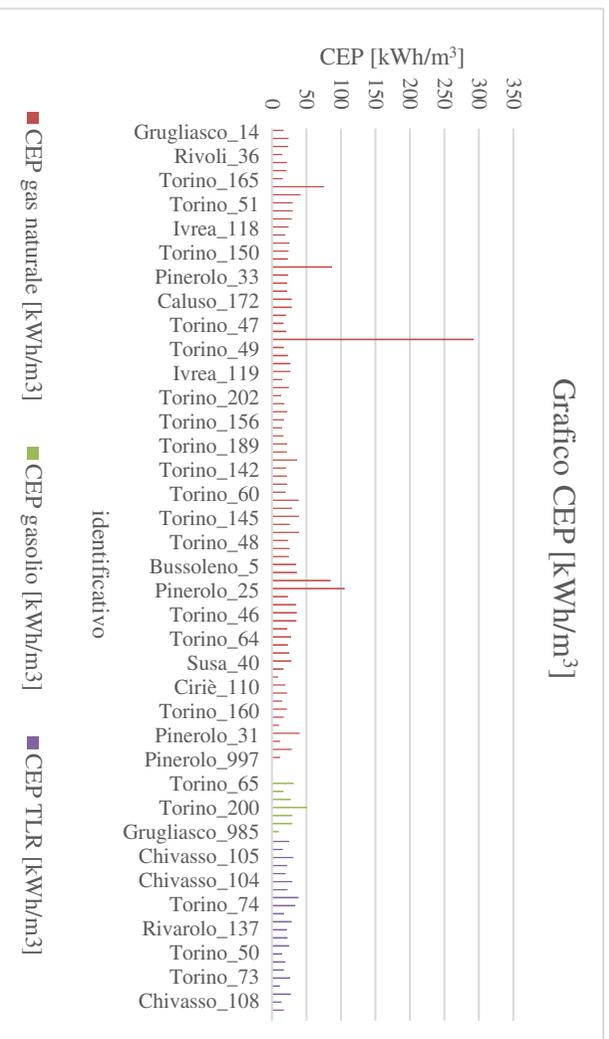


Grafico 24 - CEP specifici [kWh/m³] edifici oggetto di studio. Stagione 17-18

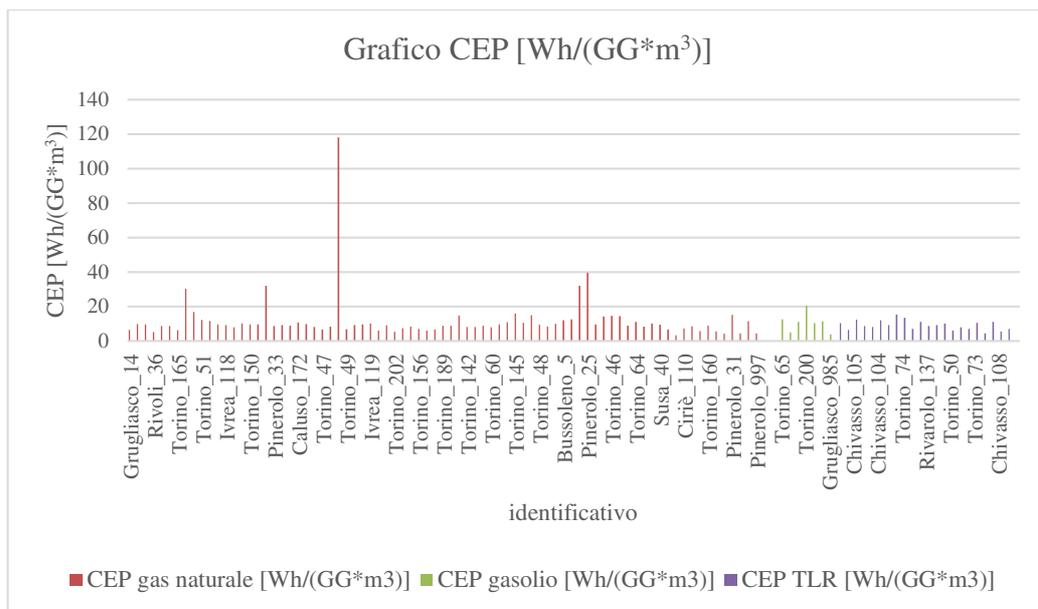


Grafico 25 - CEP specifici destagionalizzati [Wh/(GG*m³)] edifici oggetto di studio. Stagione 17-18

Commento ai grafici: come per le stagioni precedenti. Occorre fare una precisazione: per rendere leggibili i grafici di cui sopra, dalla rappresentazione è stato filtrato l'edificio con identificativo Ivrea_120 in quanto con valori di consumo molto elevati (consumo totale stagione [kWh] quasi cinque volte superiore rispetto a quello della stagione 16-17).

Commento alle anomalie: per gli edifici a gas naturale (Torino_70, Pinerolo_25, Ciriè_113, Torino_69) analoghe considerazioni già fatte per le altre stagioni. A questi si aggiunge l'edificio Pinerolo_29: I.T.C. G. "BUNIVA" Prefabbricato Succursale. Tale fabbricato presenta un consumo totale della stagione [kWh] circa quattro volte superiore rispetto a quello della stagione 16-17. Per l'edificio a gasolio Torino_200 valgono le medesime riflessioni già fatte per le precedenti stagioni. Per l'edificio a cippato Ivrea_120 si rimanda al commento nelle righe di cui sopra.

- Stagione 18-19: si è proceduto come per le stagioni precedenti.

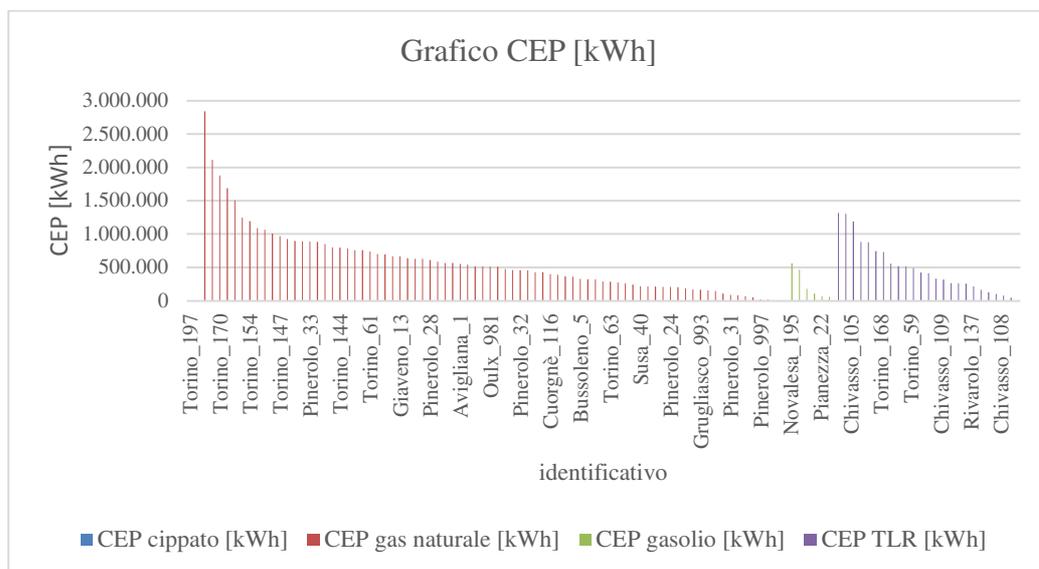


Grafico 26 - CEP [kWh] edifici oggetto di studio. Stagione 18-19

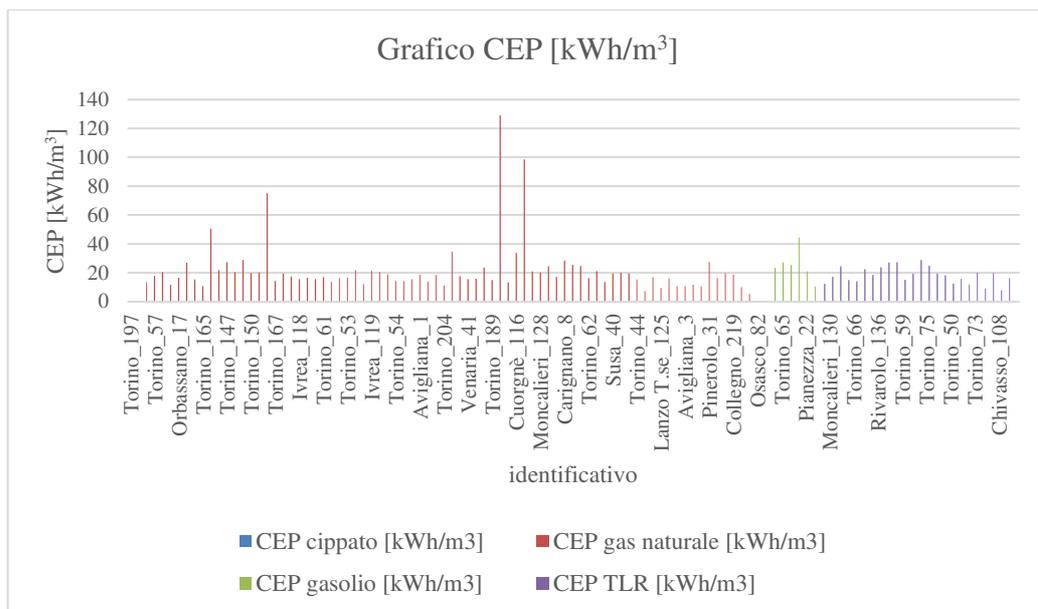


Grafico 27 - CEP specifici [kWh/m³] edifici oggetto di studio. Stagione 18-19

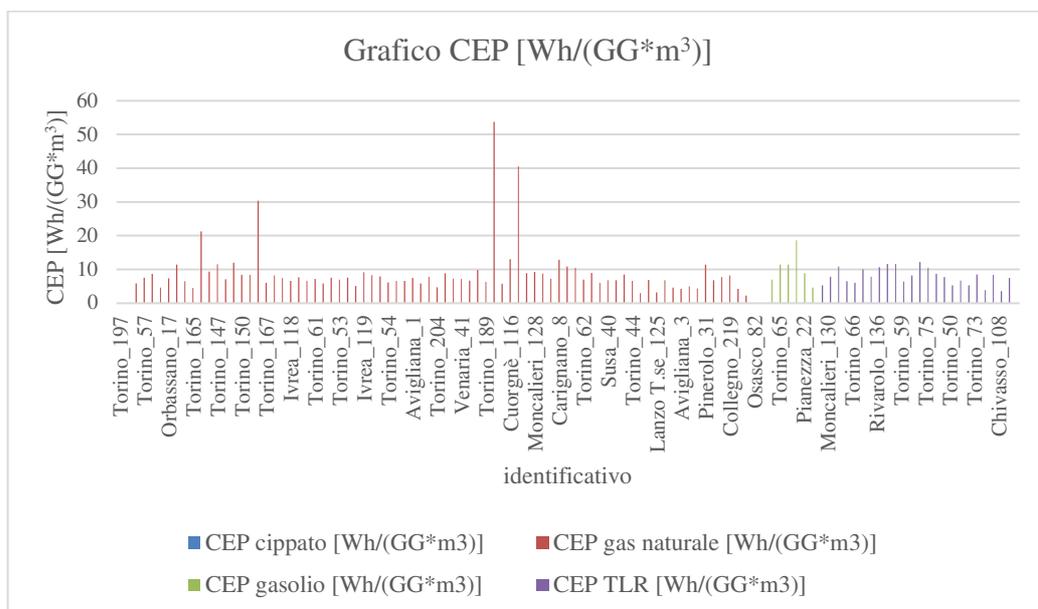


Grafico 28 - CEP specifici destagionalizzati [Wh/(GG*m³)] edifici oggetto di studio. Stagione 18-19

Commento ai grafici: come per le stagioni precedenti. Si precisa tuttavia che, in questa stagione, l'edificio Ivrea_120 ha un consumo totale della stagione [kWh] pari a zero (in quanto dato mancante dai file della C.M.T.) e gli edifici Torino_197 e Torino_202 sono stati dismessi.

Commento alle anomalie: per gli edifici a gas naturale (Torino_69, Ciriè_113, Pinerolo_25) analoghe considerazioni già fatte per le altre stagioni. A questi si aggiunge nuovamente l'edificio Osasco_987 con valori di consumo specifico [kWh/m³] circa sei volte superiori rispetto al consumo specifico medio degli altri edifici scolastici della stagione (vedasi grafici sopra riportati). Per l'edificio a gasolio Torino_200 valgono le medesime riflessioni già fatte per le precedenti stagioni. Per l'edificio a cippato Ivrea_120 si rimanda al commento nelle righe di cui sopra.

Al termine di tutto ciò, si è deciso di creare un foglio Excel che, per ogni edificio, riportasse le seguenti informazioni:

1. codice edificio;
2. anno intervento (*campo vuoto se intervento non eseguito*);
3. tipologia di intervento (dati estrapolati da tabella costruita sulla base dei pdf di cui al *Capitolo 0*):
 - Riqualficazione C.T. (Centrale Termica);
 - Upgrade sistema di Telecontrollo;
 - Ottimizzazione sottostazione A.C.S. (Acqua Calda Sanitaria);
 - Ottimizzazione sottostazione di distribuzione;
 - Riqualficazione dei circuiti di distribuzione.

Se uno degli interventi sopra citati non è stato eseguito, viene indicato con la simbologia “/”.

4. identificativo edificio;
5. consumi specifici destagionalizzati delle stagioni indagate, ovvero:
 - CEP_14-15 [Wh/(GG*m³)];
 - CEP_15-16 [Wh/(GG*m³)];
 - CEP_16-17 [Wh/(GG*m³)];
 - CEP_17-18 [Wh/(GG*m³)];
 - CEP_18-19 [Wh/(GG*m³)];
6. combustibile dell'edificio nelle stagioni indagate;
7. grafico a colonne raggruppate, per vedere l'evoluzione nel tempo dei consumi specifici destagionalizzati delle cinque stagioni termiche in esame.

Dal momento che la procedura doveva essere ripetuta uguale per tutti quanti gli edifici, si è cercato di automatizzarla quanto più possibile. Il foglio Excel è stato pertanto costruito in modo tale che, inserendo unicamente il codice numerico dell'edificio nella cella B2, riportasse nelle altre celle (in cui erano state inserite formule che sulla base del codice numerico dell'edificio andassero a prendere l'informazione corrispondente nel rispettivo foglio Excel presente nel database) le informazioni di cui nell'elenco sopra. Lo step successivo è stato scrivere una Macro, ossia un algoritmo, in VBA (Microsoft Virtual Basic) all'interno di Excel, la quale, prendendo di un edificio alla volta il rispettivo codice numerico contenuto all'interno di un vettore (Array dove i = codice numerico edificio) e inserendolo all'interno di un ciclo for (che a sua volta lo inseriva nella cella B2 del foglio “grafico riepilogo”), ha permesso la costruzione del foglio Excel proprio del singolo edificio con tutte le informazioni di cui sopra, salvandolo con nome (“codice numerico edificio_metodo vecchio”) all'interno di una cartella specificata in un determinato percorso (Path) sul pc. Concluso il ciclo for per l'edificio con codice numerico “ i ”, l'algoritmo chiude il corrispondente foglio appena creato e itera le suddette operazioni per l'edificio con il codice numerico successivo (Next i). Il tutto è ripetuto fino all'ultimo termine del vettore.

Si riporta il codice della Macro e un esempio di foglio creato per il singolo edificio:

```

(generale)
Sub Prova()
'
' Prova Macro
'

Dim edifici As Variant

edifici = Array(1, 3, 5, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 17, 22, 23, 24, 25, 28, 29, 31, 32, 33, 36, 38, 40, 41, 44, 45, 46, 47, 48, 49)

For i = LBound(edifici) To UBound(edifici)
Sheets("grafico_riepilogo").Activate
Range("B2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = edifici(i)
Path = "C:\Users\Matteo\Desktop\TESI MAGISTRALE\Materiale di lavoro Matteo\191023_Firme Energetiche Matteo Definitivo\prova"
Filename = edifici(i) & "_metodo vecchio"
ActiveWorkbook.SaveAs Filename:=Path & Filename & ".xlsm", FileFormat:=xlOpenXMLWorkbookMacroEnabled, CreateBackup:=False
Next i
End Sub

```

Figura 11 - Codice Macro per creazione foglio riassuntivo per ogni edificio con grafico dei consumi specifici destagionalizzati delle cinque stagioni termiche

Tabella 42 - Anno di intervento, interventi eseguiti e consumi specifici destagionalizzati [Wh/(GG*m³)] per l'edificio con codice numerico 1

cod. edif.	1				
anno intervento	2018				
interventi:	Riquilibratura CT	Upgrade sistema telecontrollo	Ottimizzazione sottostazione ACS	Ottimizzazione sottostazione distribuzione	Riquilibratura circuiti distribuzione
	/	Sì	/	/	Sì
identificativo	CEP_14-15 [Wh/(GG*m³)]	CEP_15-16 [Wh/(GG*m³)]	CEP_16-17 [Wh/(GG*m³)]	CEP_17-18 [Wh/(GG*m³)]	CEP_18-19 [Wh/(GG*m³)]
Avigliana_1	11	10	12	10	8
	gas naturale	gas naturale	gas naturale	gas naturale	gas naturale

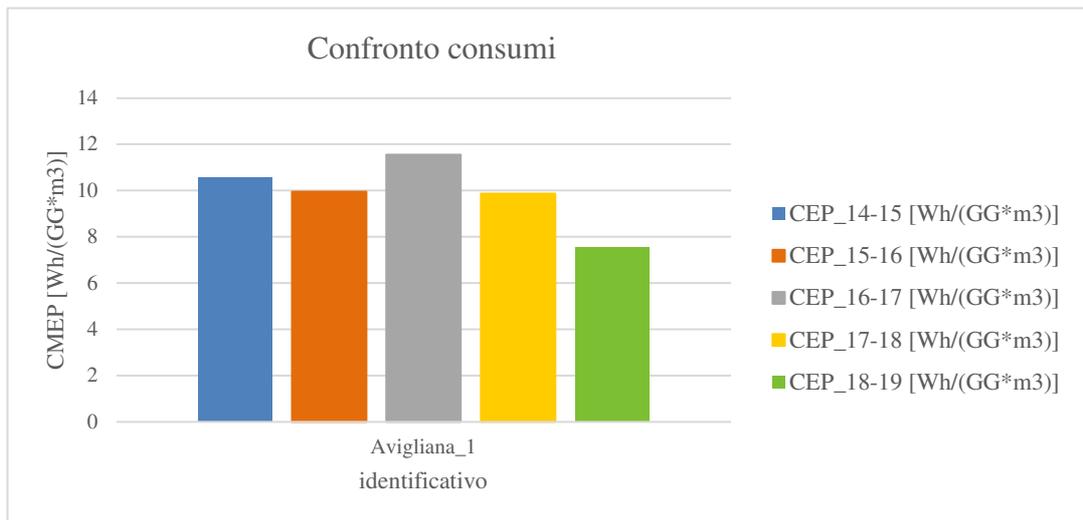


Grafico 29 -Evoluzione nel tempo dei consumi specifici destagionalizzati dell'edificio Avigliana_1. Intervento nel 2018

Per i fogli di tutti gli altri edifici si rimanda al capitolo *Allegati* al fondo della tesi.

5.2 Distribuzione di frequenze: consumi specifici destagionalizzati

Per ogni stagione termica è stata svolta un'analisi statistica in merito alla distribuzione di frequenze dei consumi specifici destagionalizzati [Wh/GG*m³], *in base alla somma in percentuale di volumetria riscaldata degli edifici*, i cui consumi specifici destagionalizzati ricadono all'interno di una ben determinata classe di frequenza di consumi, *rispetto al totale complessivo della volumetria riscaldata degli edifici indagati*.

Il punto di partenza è stato realizzare una tabella Pivot per ogni tabella Excel costruita *per ciascuna stagione termica* (vedasi paragrafo precedente). Sulla base dei dati in esse contenute, la singola tabella Pivot è stata organizzata nel seguente modo:

- campo *Filtri*: vuoto;
- campo *Colonne*: inseriti i campi
 - tag destinazione d'uso;
 - tag intervento;
- campo *Righe*: inserito il campo CEP gas naturale [Wh/(GG*m³)];
- campo Σ *valori*: inserito il campo volumetria riscaldata [m³] degli edifici, riepilogando i valori per *somma* e mostrandoli come *% del totale complessivo*.

Si rimanda all'immagine di cui sotto.

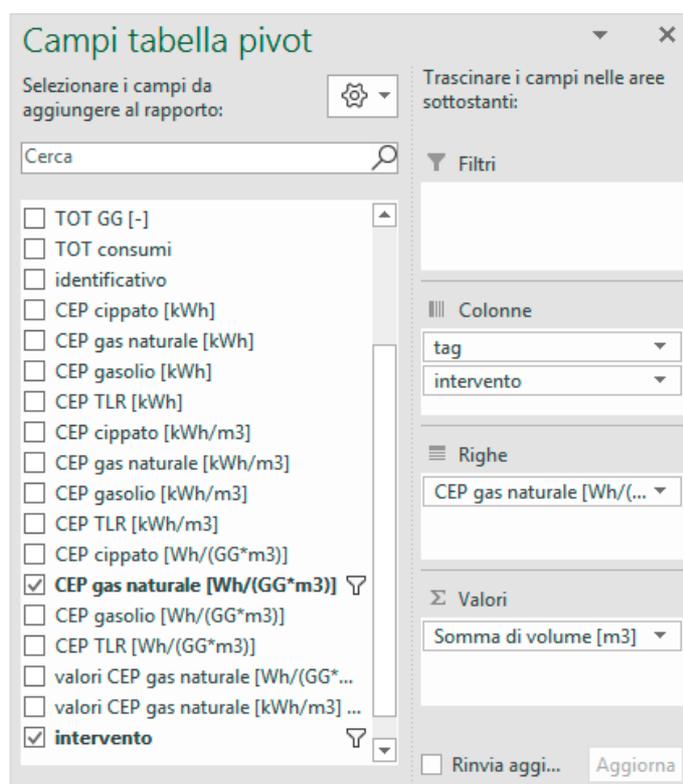


Figura 12 – Interfaccia per costruzione tabella Pivot con dati da tabella Excel costruita per la singola stagione

Approfondendo il campo “tag intervento”: sono state codificate le tipologie di interventi possibili per ciascun edificio (già definite al capitolo 3),

- int_A: Riqualficazione C.T. (Centrale Termica);
- int_B: Upgrade sistema di Telecontrollo;
- int_C: Ottimizzazione sottostazione A.C.S. (Acqua Calda Sanitaria);
- int_D: Ottimizzazione sottostazione di distribuzione;
- int_E: Riqualficazione dei circuiti di distribuzione;

All'interno del suddetto campo sono state riportate le combinazioni di interventi possibili per ciascun edificio. Nello specifico:

- /, per indicare nessun tipo di intervento eseguito;
- int_AB;
- int_ABC;
- int_ABD;
- int_BE;

Riguardo alle Pivot create:

- *Pivot Stagione 14-15*. Relativamente a questa stagione, sono stati filtrati:
 - edifici con codice numerico 25, 69, 70, 113, 987 riscontrati, per il vettore energetico gas naturale, come anomalie nel paragrafo precedente. Di conseguenza sono stati filtrati i rispettivi consumi specifici destagionalizzati [Wh/(GG*m³)].
 - edifici con tag intervento "I", al fine di analizzare unicamente i fabbricati su cui sono stati eseguiti interventi.

Tabella 43 - Tabella Pivot in base alla destinazione d'uso e alla combinazione di interventi (COLONNE), alle classi di frequenza dei consumi specifici destagionalizzati di gas naturale (RIGHE), alla volumetria riscaldata riepilogata per somma e mostrata come % della volumetria riscaldata totale complessiva (CELLE). Stagione 14-15

Classi di frequenza	pls		scl				srv		Totale complessivo	
	int_AB	pls Totale	int_AB	int_ABC	int_ABD	int_BE	int_AB	srv Totale		
3-4	0,00%	0,00%	2,61%	0,00%	0,00%	0,00%	2,61%	0,00%	0,00%	2,61%
5-6	0,71%	0,71%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,71%
6-7	0,00%	0,00%	5,27%	0,00%	0,00%	0,00%	5,27%	0,00%	0,00%	5,27%
7-8	0,00%	0,00%	4,17%	0,00%	5,80%	0,00%	9,96%	0,00%	0,00%	9,96%
8-9	0,00%	0,00%	14,31%	0,00%	0,00%	0,00%	14,31%	0,00%	0,00%	14,31%
9-10	0,00%	0,00%	32,38%	0,00%	0,00%	0,00%	32,38%	0,00%	0,00%	32,38%
10-11	0,00%	0,00%	12,83%	2,35%	0,00%	1,69%	16,87%	0,00%	0,00%	16,87%
11-12	0,00%	0,00%	8,52%	0,00%	0,00%	0,00%	8,52%	0,00%	0,00%	8,52%
12-13	0,00%	0,00%	5,24%	0,00%	0,00%	0,00%	5,24%	0,00%	0,00%	5,24%
13-14	0,00%	0,00%	1,72%	0,00%	0,00%	0,00%	1,72%	0,18%	0,18%	1,90%
14-15	0,00%	0,00%	1,59%	0,00%	0,00%	0,00%	1,59%	0,00%	0,00%	1,59%
19-20	0,00%	0,00%	0,64%	0,00%	0,00%	0,00%	0,64%	0,00%	0,00%	0,64%
Totale complessivo	0,71%	0,71%	89,28%	2,35%	5,80%	1,69%	99,11%	0,18%	0,18%	100,00%

In merito alla tabella soprastante: in primo luogo, si nota che i consumi specifici destagionalizzati sono stati raggruppati in classi di frequenza con ampiezza 1. In secondo luogo, si capisce come gli edifici scolastici (scl) con intervento del tipo int_AB rappresentano l'89,29% della volumetria riscaldata totale complessiva degli edifici indagati. Infine, si può osservare come scl sia la destinazione d'uso con la frequenza assoluta maggiore e relativamente ad essa, int_AB sia la combinazione di interventi con la frequenza assoluta maggiore.

I dati contenuti nella tabella vengono rappresentati con un grafico a colonne in pila.

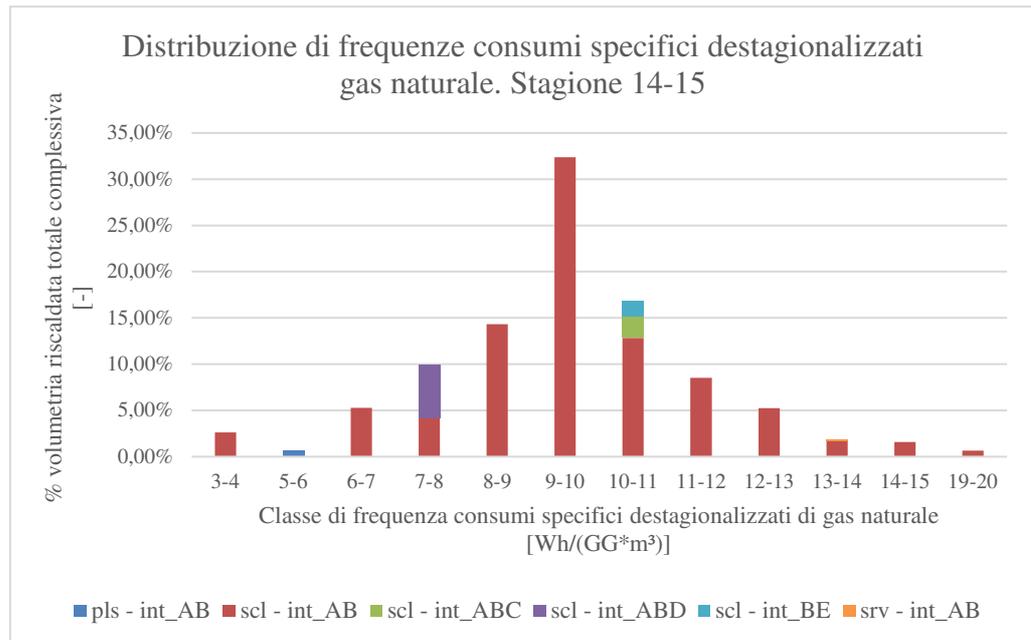


Grafico 30 - Distribuzione di frequenze dei consumi specifici destagionalizzati di gas naturale. Stagione 14-15. Distinzione in base a destinazione d'uso e tipologia di intervento

In merito al grafico di cui sopra: la base di ogni rettangolo rappresenta l'ampiezza di ciascuna classe (nel caso in esame, ampiezza unitaria). La frequenza assoluta di ogni classe è rappresentata dall'area di ciascun rettangolo e per estensione, dal momento che tutte le classi hanno la medesima ampiezza, dall'altezza. La lettura del grafico è analoga a quella della tabella: ad esempio, gli edifici scl con interventi int_AB e con valore di consumo specifico destagionalizzato di gas naturale ricompreso nella classe di frequenza (9-10) dei già citati consumi, costituiscono circa il 32% della volumetria riscaldata totale complessiva degli edifici indagati. Si può infine osservare come la distribuzione grafica dei dati sia in buona misura assimilabile ad una distribuzione gaussiana.

- *Pivot stagione 15-16.* Relativamente a questa stagione, sono stati filtrati:
 - edifici con codice numerico 25, 69, 70, 113 riscontrati, per il vettore energetico gas naturale, come anomalie nel paragrafo precedente. Di conseguenza sono stati filtrati i rispettivi consumi specifici destagionalizzati [Wh/(GG*m³)].
 - edifici con tag intervento “/”, al fine di analizzare unicamente i fabbricati su cui sono stati eseguiti interventi.

Tabella 44 - Tabella Pivot in base alla destinazione d'uso e alla combinazione di interventi (COLONNE), alle classi di frequenza dei consumi specifici destagionalizzati di gas naturale (RIGHE), alla volumetria riscaldata riepilogata per somma e mostrata come % della volumetria riscaldata totale complessiva (CELLE). Stagione 15-16

Classi di frequenza	pls	pls Totale	scl				scl Totale	srv	srv Totale	Totale complessivo
	int_AB		int_AB	int_ABC	int_ABD	int_BE		int_AB		
6-7	0,71%	0,71%	2,25%	0,00%	0,00%	0,00%	2,25%	0,00%	0,00%	2,96%
7-8	0,00%	0,00%	1,80%	0,00%	5,79%	0,00%	7,58%	0,00%	0,00%	7,58%
8-9	0,00%	0,00%	15,17%	0,00%	0,00%	0,00%	15,17%	0,00%	0,00%	15,17%
9-10	0,00%	0,00%	29,86%	0,00%	0,00%	1,69%	31,55%	0,00%	0,00%	31,55%
10-11	0,00%	0,00%	5,31%	0,00%	0,00%	0,00%	5,31%	0,00%	0,00%	5,31%
11-12	0,00%	0,00%	17,27%	0,00%	0,00%	0,00%	17,27%	0,00%	0,00%	17,27%
12-13	0,00%	0,00%	10,82%	2,34%	0,00%	0,00%	13,17%	0,00%	0,00%	13,17%
13-14	0,00%	0,00%	4,05%	0,00%	0,00%	0,00%	4,05%	0,00%	0,00%	4,05%
14-15	0,00%	0,00%	0,82%	0,00%	0,00%	0,00%	0,82%	0,18%	0,18%	0,99%
16-17	0,00%	0,00%	0,99%	0,00%	0,00%	0,00%	0,99%	0,00%	0,00%	0,99%
17-18	0,00%	0,00%	0,97%	0,00%	0,00%	0,00%	0,97%	0,00%	0,00%	0,97%
Totale complessivo	0,71%	0,71%	89,30%	2,34%	5,79%	1,69%	99,11%	0,18%	0,18%	100,00%

In merito alla tabella soprastante: considerazioni analoghe a quelle già fatte per la tabella Pivot della stagione precedente.

I dati contenuti nella tabella vengono rappresentati con un grafico a colonne in pila.

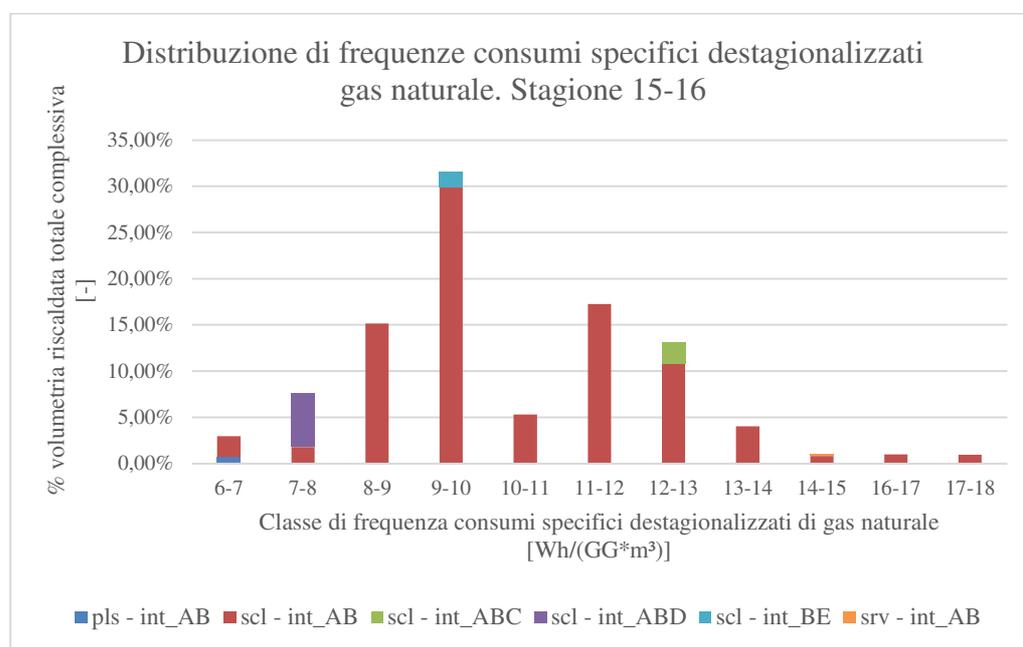


Grafico 31 - Distribuzione di frequenze dei consumi specifici destagionalizzati di gas naturale. Stagione 15-16. Distinzione in base a destinazione d'uso e tipologia di intervento

In merito al grafico di cui sopra: rispetto a Grafico 30, la distribuzione grafica dei dati non è più assimilabile ad una distribuzione gaussiana. Si nota infatti come i consumi specifici destagionalizzati che nel caso precedente ricadevano nelle classi di frequenza (3-4) e (5-6) dei consumi già citati, nella stagione 15-16, a seguito di interventi fatti, vengono ridistribuiti nelle altre

classi di consumi. Analogamente, anche se in misura minore, succede per i consumi delle altre classi (ad eccezione della classe (10-11) dove la differenza rispetto alla stagione 14-15 è più marcata).

- *Pivot stagione 16-17.* Relativamente a questa stagione, sono stati filtrati:
 - edifici con codice numerico 25, 69, 70, 113, 993 riscontrati, per il vettore energetico gas naturale, come anomalie nel paragrafo precedente. Di conseguenza sono stati filtrati i rispettivi consumi specifici destagionalizzati [Wh/(GG*m³)].
 - edifici con tag intervento “/”, al fine di analizzare unicamente i fabbricati su cui sono stati eseguiti interventi.

Tabella 45 - Tabella Pivot in base alla destinazione d'uso e alla combinazione di interventi (COLONNE), alle classi di frequenza dei consumi specifici destagionalizzati di gas naturale (RIGHE), alla volumetria riscaldata riepilogata per somma e mostrata come % della volumetria riscaldata totale complessiva (CELLE). Stagione 16-17

Classi di frequenza	pls	pls	scl				scl	srv	srv	Totale complessivo
	int_AB	Totale	int_AB	int_ABC	int_ABD	int_BE	Totale	int_AB	Totale	
4-5	0,71%	0,71%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,71%
6-7	0,00%	0,00%	12,03%	0,00%	5,79%	0,00%	17,81%	0,00%	0,00%	17,81%
7-8	0,00%	0,00%	4,05%	0,00%	0,00%	0,00%	4,05%	0,00%	0,00%	4,05%
8-9	0,00%	0,00%	16,15%	0,00%	0,00%	0,00%	16,15%	0,00%	0,00%	16,15%
9-10	0,00%	0,00%	0,69%	0,00%	0,00%	0,00%	0,69%	0,00%	0,00%	0,69%
10-11	0,00%	0,00%	20,58%	0,00%	0,00%	0,00%	20,58%	0,00%	0,00%	20,58%
11-12	0,00%	0,00%	18,01%	0,00%	0,00%	1,69%	19,69%	0,00%	0,00%	19,69%
12-13	0,00%	0,00%	4,19%	0,00%	0,00%	0,00%	4,19%	0,00%	0,00%	4,19%
13-14	0,00%	0,00%	5,62%	2,34%	0,00%	0,00%	7,96%	0,00%	0,00%	7,96%
14-15	0,00%	0,00%	2,51%	0,00%	0,00%	0,00%	2,51%	0,00%	0,00%	2,51%
15-16	0,00%	0,00%	4,36%	0,00%	0,00%	0,00%	4,36%	0,00%	0,00%	4,36%
16-17	0,00%	0,00%	0,14%	0,00%	0,00%	0,00%	0,14%	0,18%	0,18%	0,32%
19-20	0,00%	0,00%	0,99%	0,00%	0,00%	0,00%	0,99%	0,00%	0,00%	0,99%
Totale complessivo	0,71%	0,71%	89,30%	2,34%	5,79%	1,69%	99,11%	0,18%	0,18%	100,00%

In merito alla tabella soprastante: considerazioni analoghe a quelle già fatte per le tabelle Pivot delle stagioni precedenti.

I dati contenuti nella tabella vengono rappresentati con un grafico a colonne in pila.

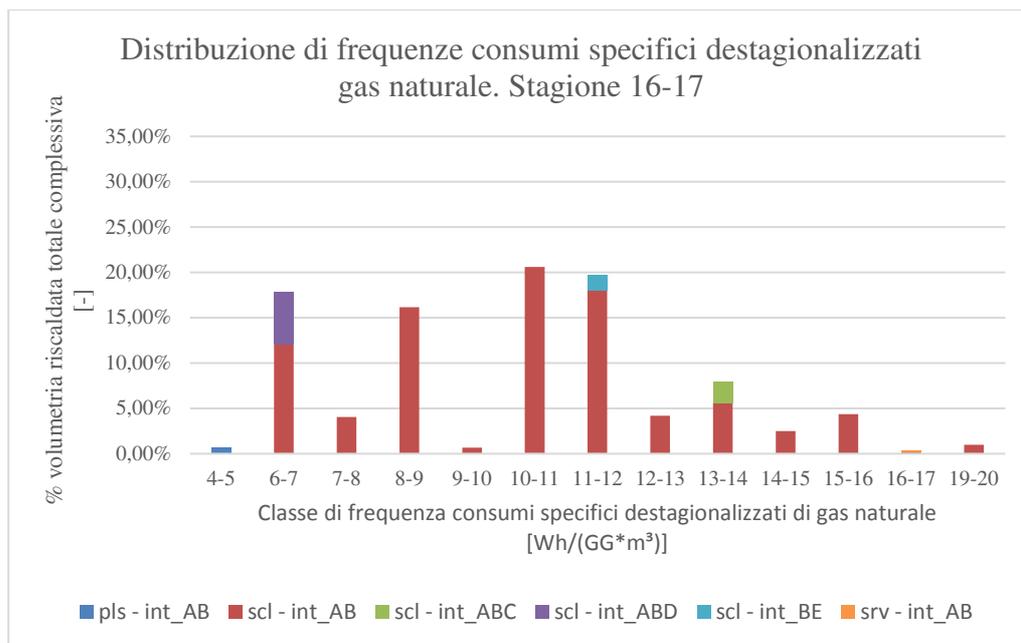


Grafico 32 - Distribuzione di frequenze dei consumi specifici destagionalizzati di gas naturale. Stagione 16-17. Distinzione in base a destinazione d'uso e tipologia di intervento

In merito al grafico di cui sopra: si osserva come i consumi specifici destagionalizzati si ridistribuiscono a seguito degli interventi eseguiti in questa stagione, rispetto alla precedente. Ad esempio, i consumi che ricadono nella classe di frequenza (9-10) dei già citati consumi, in questo caso rappresentano meno dell'1% della volumetria riscaldata totale complessiva degli edifici indagati, mentre nella stagione antecedente (vedasi Grafico 31) tali consumi, ora ridistribuiti, costituivano più del 30% della volumetria riscaldata totale complessiva degli edifici indagati.

- *Pivot stagione 17-18.* Relativamente a questa stagione, sono stati filtrati:
 - edifici con codice numerico 25, 29, 69, 70, 113 riscontrati, per il vettore energetico gas naturale, come anomalie nel paragrafo precedente. Di conseguenza sono stati filtrati i rispettivi consumi specifici destagionalizzati [Wh/(GG*m³)].
 - edifici con tag intervento "P", al fine di analizzare unicamente i fabbricati su cui sono stati eseguiti interventi.

Tabella 46 - Tabella Pivot in base alla destinazione d'uso e alla combinazione di interventi (COLONNE), alle classi di frequenza dei consumi specifici destagionalizzati di gas naturale (RIGHE), alla volumetria riscaldata riepilogata per somma e mostrata come % della volumetria riscaldata totale complessiva (CELLE). Stagione 17-18

Classi di frequenza	pls		scl				srv		Totale complessivo
	int_AB	Totale	int_AB	int_ABC	int_ABD	int_BE	int_AB	Totale	
0-1	0,00%	0,00%	0,20%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,20%	0,20%
4-5	0,75%	0,75%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,75%
6-7	0,00%	0,00%	18,30%	0,00%	6,10%	0,00%	0,00%	24,39%	24,39%
7-8	0,00%	0,00%	9,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	9,02%	9,02%
8-9	0,00%	0,00%	20,28%	2,47%	0,00%	0,00%	0,00%	22,75%	22,75%
9-10	0,00%	0,00%	26,77%	0,00%	0,00%	1,78%	0,00%	28,55%	28,55%
10-11	0,00%	0,00%	7,17%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	7,17%	7,17%

11-12	0,00%	0,00%	2,91%	0,00%	0,00%	0,00%	2,91%	0,00%	0,00%	2,91%
12-13	0,00%	0,00%	1,51%	0,00%	0,00%	0,00%	1,51%	0,00%	0,00%	1,51%
14-15	0,00%	0,00%	1,72%	0,00%	0,00%	0,00%	1,72%	0,00%	0,00%	1,72%
15-16	0,00%	0,00%	0,86%	0,00%	0,00%	0,00%	0,86%	0,19%	0,19%	1,05%
Totale complessivo	0,75%	0,75%	88,72%	2,47%	6,10%	1,78%	99,07%	0,19%	0,19%	100,00%

In merito alla tabella soprastante: considerazioni analoghe a quelle già fatte per le tabelle Pivot delle stagioni precedenti.

I dati contenuti nella tabella vengono rappresentati con un grafico a colonne in pila.

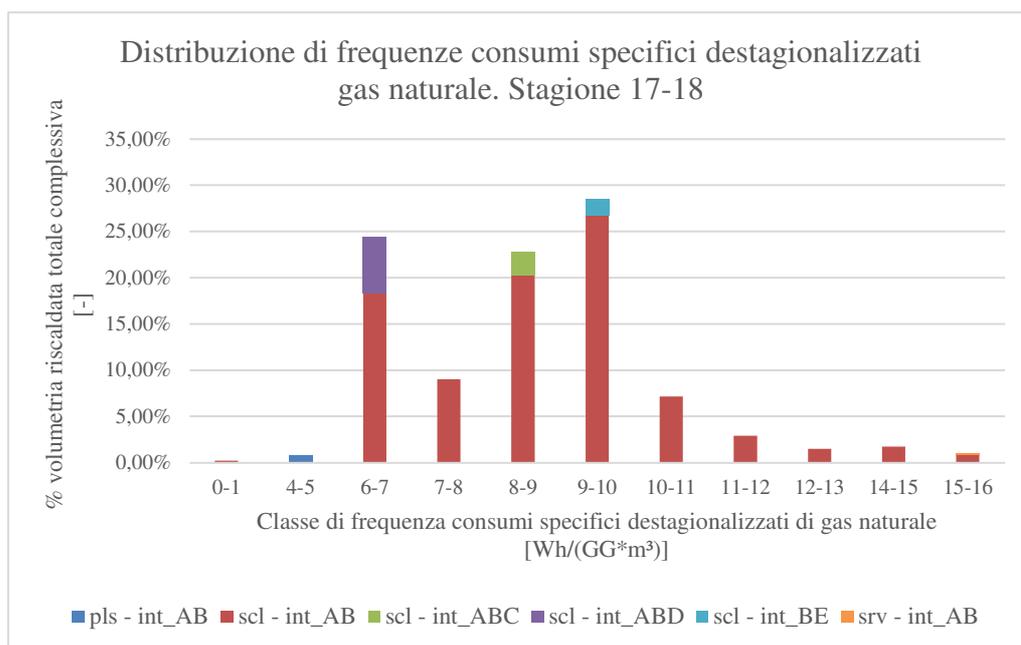


Grafico 33 - Distribuzione di frequenze dei consumi specifici destagionalizzati di gas naturale. Stagione 17-18. Distinzione in base a destinazione d'uso e tipologia di intervento

In merito al grafico di cui sopra: è presente la classe di frequenza (0-1) in quanto per la stagione in esame, come già illustrato al paragrafo precedente, l'edificio con codice numerico 987 ha valori di consumo specifico destagionalizzato pari a 0 Wh/(GG*m³). Si può inoltre osservare come i consumi si ridistribuiscono a seguito degli interventi eseguiti in questa stagione, rispetto alla precedente. Ad esempio, i consumi che ricadono nella classe di frequenza (9-10), in questo caso rappresentano circa il 28% della volumetria riscaldata totale complessiva degli edifici indagati, mentre nella stagione antecedente (vedasi Grafico 32) tali consumi, costituivano meno dell'1% della volumetria riscaldata totale complessiva degli edifici indagati.

- *Pivot stagione 18-19.* Relativamente a questa stagione, sono stati filtrati:
 - edifici con codice numerico 25, 69, 113, 987 riscontrati, per il vettore energetico gas naturale, come anomalie nel paragrafo precedente. Di conseguenza sono stati filtrati i rispettivi consumi specifici destagionalizzati [Wh/(GG*m³)].
 - edifici con tag intervento “/”, al fine di analizzare unicamente i fabbricati su cui sono stati eseguiti interventi.

In questa stagione termica, gli edifici con codice numerico 197 e 202 risultano dismessi.

Tabella 47 - Tabella Pivot in base alla destinazione d'uso e alla combinazione di interventi (COLONNE), alle classi di frequenza dei consumi specifici destagionalizzati di gas naturale (RIGHE), alla volumetria riscaldata riepilogata per somma e mostrata come % della volumetria riscaldata totale complessiva (CELLE). Stagione 18-19

Classi di frequenza	pls		scl				scl		srv		Totale complessivo
	int_AB	pls Totale	int_AB	int_ABC	int_ABD	int_BE	scl Totale	int_AB	srv Totale		
2-3	0,00%	0,00%	0,17%	0,00%	0,00%	0,00%	0,17%	0,00%	0,00%	0,17%	
3-4	0,00%	0,00%	1,18%	0,00%	0,00%	0,00%	1,18%	0,00%	0,00%	1,18%	
4-5	0,76%	0,76%	0,89%	0,00%	6,20%	0,00%	7,09%	0,00%	0,00%	7,85%	
5-6	0,00%	0,00%	20,45%	0,00%	0,00%	0,00%	20,45%	0,00%	0,00%	20,45%	
6-7	0,00%	0,00%	21,67%	0,00%	0,00%	0,00%	21,67%	0,00%	0,00%	21,67%	
7-8	0,00%	0,00%	26,31%	0,00%	0,00%	1,81%	28,12%	0,00%	0,00%	28,12%	
8-9	0,00%	0,00%	9,96%	2,51%	0,00%	0,00%	12,47%	0,00%	0,00%	12,47%	
9-10	0,00%	0,00%	4,61%	0,00%	0,00%	0,00%	4,61%	0,00%	0,00%	4,61%	
10-11	0,00%	0,00%	0,68%	0,00%	0,00%	0,00%	0,68%	0,00%	0,00%	0,68%	
11-12	0,00%	0,00%	1,89%	0,00%	0,00%	0,00%	1,89%	0,19%	0,19%	2,08%	
13-14	0,00%	0,00%	0,72%	0,00%	0,00%	0,00%	0,72%	0,00%	0,00%	0,72%	
Totale complessivo	0,76%	0,76%	88,52%	2,51%	6,20%	1,81%	99,05%	0,19%	0,19%	100,00%	

In merito alla tabella soprastante: considerazioni analoghe a quelle già fatte per le tabelle Pivot delle stagioni precedenti.

I dati contenuti nella tabella vengono rappresentati con un grafico a colonne in pila.

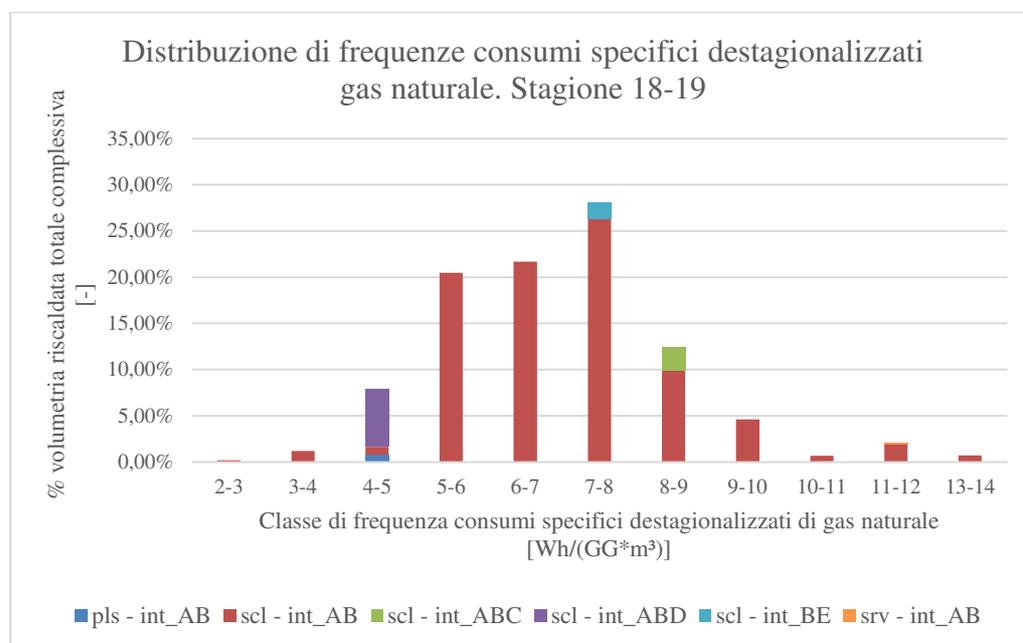


Grafico 34 - Distribuzione di frequenze dei consumi specifici destagionalizzati di gas naturale. Stagione 18-19. Distinzione in base a destinazione d'uso e tipologia di intervento

In merito al grafico di cui sopra: si può osservare come i consumi si ridistribuiscono a seguito degli interventi eseguiti in questa stagione, rispetto alla precedente. Ad esempio, i consumi che

ricadono nella classe di frequenza (7-8), in questo caso rappresentano circa il 28% della volumetria riscaldata totale complessiva degli edifici indagati, mentre nella stagione antecedente (vedasi Grafico 33) tali consumi, costituivano circa il 9% della volumetria riscaldata totale complessiva degli edifici indagati. I consumi che ricadono nella classe di frequenza (9-10), in questo caso rappresentano circa il 5% della volumetria riscaldata totale complessiva degli edifici indagati, mentre nella stagione antecedente (vedasi Grafico 33) tali consumi, costituivano circa il 28% della volumetria riscaldata totale complessiva degli edifici indagati.

Per meglio comprendere la redistribuzione nel tempo dei consumi *in base alla somma in percentuale di volumetria riscaldata totale complessiva degli edifici indagati*, si è proceduto a rappresentare su di un unico grafico i consumi specifici destagionalizzati delle stagioni 14-15 e 18-19.

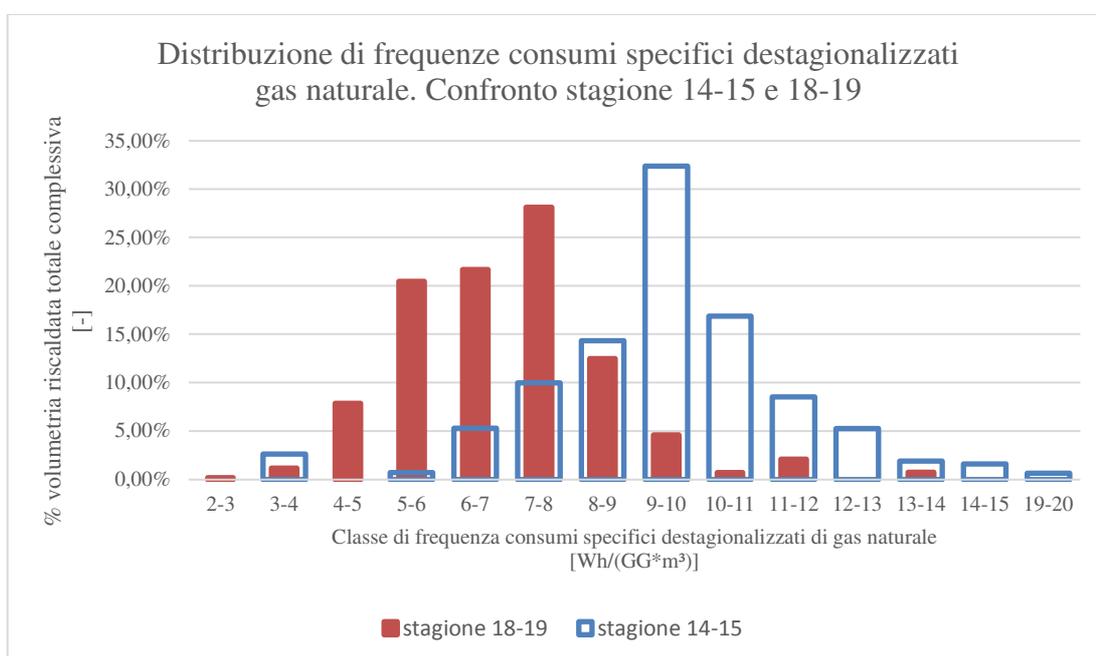


Grafico 35 – Confronto delle distribuzioni di frequenze dei consumi specifici destagionalizzati di gas naturale, nelle stagioni 14-15 e 18-19, in base alla somma mostrata in percentuale di volumetria riscaldata totale complessiva degli edifici indagati

In merito al grafico di cui sopra: si può osservare come i dati di consumo della stagione 14-15, a seguito degli interventi eseguiti sugli edifici nelle stagioni successive, si siano ridistribuiti nel tempo verso sinistra, ovvero verso classi di frequenza con valori minori di consumo specifico destagionalizzato. Si è passati da una moda (coincidente con il valore più frequente) all'interno della classe di frequenza di consumi (9-10) nella stagione 14-15 ad una moda all'interno della classe di frequenza di consumi (7-8) nella stagione 18-19. Ciò significa che, *in riferimento ai picchi delle due distribuzioni di frequenze dei consumi sulla base della somma mostrata in percentuale di volumetria riscaldata totale complessiva*, c'è stata una riduzione dei consumi specifici destagionalizzati di circa il 20% (passaggio da classe di frequenza (9-10) dei suddetti consumi nella stagione 14-15 alla classe di frequenza (7-8) nella stagione 18-19).

Per meglio comprendere la redistribuzione nel tempo dei consumi *in base alla somma in percentuale di consumi totali complessivi degli edifici indagati*, si è proceduto a rappresentare su di un unico grafico i consumi specifici destagionalizzati delle stagioni 14-15 e 18-19.

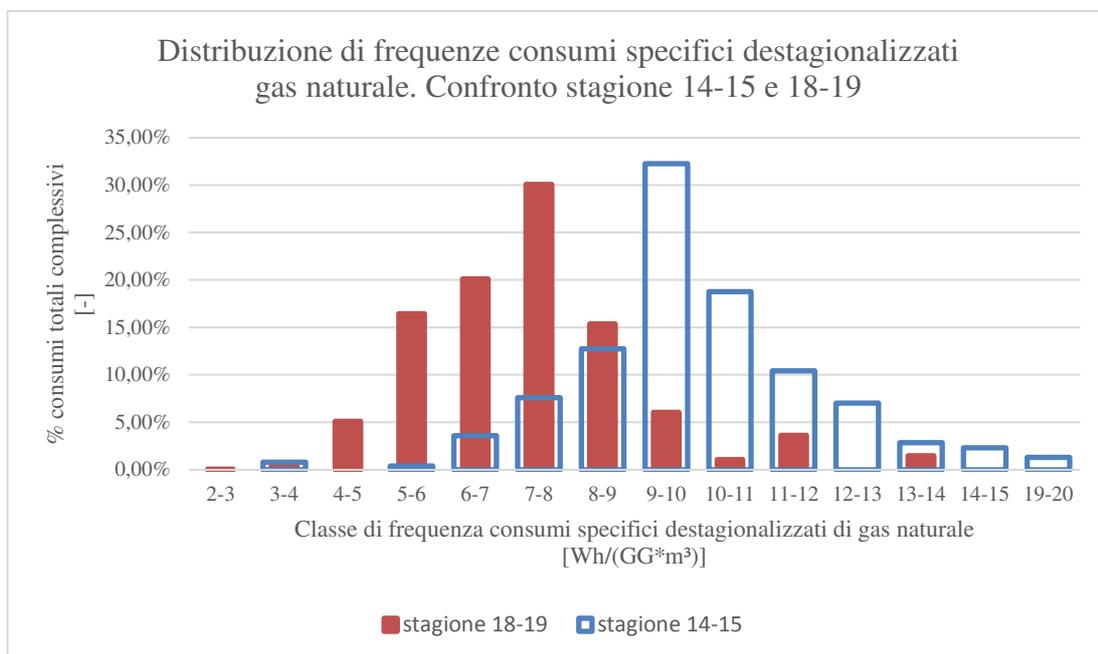


Grafico 36 - Confronto delle distribuzioni di frequenze dei consumi specifici destagionalizzati di gas naturale, nelle stagioni 14-15 e 18-19, in base alla somma in percentuale di consumi totali complessivi degli edifici indagati

In merito al grafico di cui sopra: si può osservare come i dati di consumo della stagione 14-15, a seguito degli interventi eseguiti sugli edifici nelle stagioni successive, si siano ridistribuiti nel tempo verso sinistra, ovvero verso classi di frequenza con valori minori di consumo specifico destagionalizzato. Si è passati da una moda all'interno della classe di frequenza di consumi (9-10) nella stagione 14-15 ad una moda all'interno della classe di frequenza di consumi (7-8) nella stagione 18-19. Ciò significa che, *in riferimento ai picchi delle due distribuzioni di frequenze dei consumi sulla base della somma mostrata in percentuale di consumi totali complessivi*, c'è stata una riduzione dei consumi specifici destagionalizzati di circa il 20% (passaggio da classe di frequenza (9-10) dei suddetti consumi nella stagione 14-15 alla classe di frequenza (7-8) nella stagione 18-19).

6 Firme Energetiche

6.1 Metodologia PROBIS e cenni teorici

Per la trattazione dei dati contenuti all'interno del database, si è deciso di seguire la metodologia usata dal Dipartimento di Ingegneria Energetica del Politecnico di Torino nell'ambito del progetto europeo Public Procurement of Building Innovative Solutions (PROBIS) e pertanto di adottare la firma energetica “*quale strumento di codifica dei consumi energetici così da analizzare le variazioni dei consumi dell'edificio nelle situazioni precedente (ante-operam) e successiva (post-operam) rispetto alla realizzazione degli interventi dove previsti*”. [10]

La firma energetica prevede la costruzione di un grafico cartesiano in cui sull'asse delle ascisse è presente la media mensile delle temperature esterne per la località studiata, mentre sull'asse delle ordinate si trova il valore di energia consumata. Nel caso in esame verrà trattato *il consumo specifico di energia nel giorno medio mensile [Wh/(giorni*m³)]* (ossia il consumo medio mensile trasformato in Wh diviso per il numero di giorni del mese considerato (al fine di evitare il disallineamento dei consumi nei mesi con 28 o 29, 30 e 31 giorni) e per la volumetria dell'edificio oggetto di studio). La costruzione del grafico cartesiano realizza una dispersione di punti che caratterizzano ognuno dei mesi considerati in termini di una coppia di valori “Temperatura media mensile” – “Consumo specifico di energia nel giorno medio mensile”. Sulla base dei vettori energetici analizzati (gasolio, gas naturale, TLR, cippato) si individuano due modalità di utilizzo dell'energia: la prima relativa alla stagione “invernale” (per la durata di tale periodo si veda quanto riportato alla voce *zona climatica* nel paragrafo 4.2), in cui è presente una proporzionalità diretta tra energia consumata e temperatura esterna, mentre la seconda relativa alla stagione “estiva” (ossia i mesi al di fuori del periodo di riscaldamento in cui il vettore energetico è utilizzato unicamente per la produzione di ACS (Acqua Calda Sanitaria)), in cui l'energia consumata è considerata costante e indipendente dalla temperatura esterna. [10] L'espressione della firma energetica ha pertanto la seguente formulazione:

$$\begin{cases} y = a \cdot T + b & \text{per } T < T_x \\ y = c & \text{per } T \geq T_x \end{cases}$$

dove:

- y: consumo specifico di energia nel giorno medio mensile;
- T: temperatura esterna media mensile misurata in una delle località oggetto di studio;
- T_x: temperatura esterna al di sotto della quale si inizia a riscaldare l'edificio in esame;
- a: coefficiente angolare (o pendenza) della retta, che ha il significato fisico di coefficiente globale di dispersione dell'edificio;
- b: intersezione (o intercetta) della retta con l'asse delle ordinate. Rappresenta il consumo specifico di energia nel giorno medio mensile in corrispondenza di una temperatura media esterna pari a 0°C;
- c: valore costante di energia consumata (tipico del periodo “estivo”).

La prima equazione è la retta di regressione lineare.

6.2 Applicazione metodologia PROBIS

Si è deciso di creare un file Excel denominato “BASE” suddiviso nei fogli di cui sotto, a cui applicare, per ogni edificio, la metodologia PROBIS:

Foglio “INPUT_ANTE”. Per ciascuno edificio, vengono riportate le informazioni che seguono:

1. codice edificio;
2. tag destinazione d’uso;
3. zona climatica;
4. volumetria riscaldata [m³];
5. anno intervento (*campo vuoto se intervento non eseguito*);
6. tag intervento (*campo con simbolo “/” se intervento non eseguito*);
7. giorni periodo estivo [-];
8. CEP_est [kWh], ossia il consumo estivo di ENERGIA PRIMARIA;
9. giorni di ciascun mese di ogni stagione [-];
10. temperatura esterna media di ciascun mese di ogni stagione [°C];
11. CMEP [kWh], ossia il consumo di ENERGIA PRIMARIA di ciascun mese di ogni stagione.

Approfondendo alcuni campi di cui sopra:

- *tag intervento*: per la spiegazione di tale campo si rimanda al paragrafo 5.2;
- *giorni periodo estivo*: in base alla destinazione d’uso e alla zona climatica. Caso particolare è rappresentato dall’edificio con codice numerico 981 (Liceo Des Ambrois) sito a Oulx per il quale la stagione invernale include anche i mesi di maggio e settembre.

Tabella 48 - Giorni periodo estivo

tag	giorni_est_E	giorni_est_F	giorni_est_F_981
<i>scl</i>	90	70	19
<i>scl_p</i>	90	70	19
<i>scl_s_p</i>	90	70	19
<i>pls</i>	90	70	19
<i>srv</i>	90	70	19
<i>atr</i>	151	131	80

Si precisa che, qualora fosse certo che gli edifici con tag *scl_p*, *scl_s_p*, *pls* vengano utilizzati anche in orario extrascolastico, i rispettivi valori nella tabella di cui sopra dovrebbero essere modificati di conseguenza in quanto il periodo estivo non coinciderebbe più con il periodo di chiusura delle scuole (da metà giugno a metà settembre).

- *CEP_est [kWh]*: come già anzidetto al paragrafo 4.2, riguardo ai consumi estivi, si è ipotizzato in via semplificativa di riportarli uguali, nel corso di ogni stagione, per ciascun edificio. Si rammenta che sono altresì stati ricompresi nei consumi fine stagione di ciascuna stagione di ogni edificio e pertanto al momento di eseguire dei calcoli occorre da questi ultimi sottrarli.
- *giorni di ciascun mese di ogni stagione [-]*: in base della zona climatica. Caso particolare è rappresentato dall’edificio con codice numerico 981 (Liceo Des Ambrois) sito a Oulx.

Tabella 49 - Giorni di ciascun mese di ogni stagione in base alla zona climatica

Mese	Stagione	giorni_E	giorni_F	giorni_F_981
ott-nov	14-15	47	52	72
dic	14-15	31	31	31
gen	14-15	31	31	31
feb	14-15	28	28	28
mar	14-15	31	31	31
fs	14-15	15	30	61
ott-nov	15-16	47	52	72
dic	15-16	31	31	31
gen	15-16	31	31	31
feb	15-16	29	29	29
mar	15-16	31	31	31
fs	15-16	15	30	61
ott-nov	16-17	47	52	72
dic	16-17	31	31	31
gen	16-17	31	31	31
feb	16-17	28	28	28
mar	16-17	31	31	31
fs	16-17	15	30	61
ott-nov	17-18	47	52	72
dic	17-18	31	31	31
gen	17-18	31	31	31
feb	17-18	28	28	28
mar	17-18	31	31	31
fs	17-18	15	30	61
ott-nov	18-19	47	52	72
dic	18-19	31	31	31
gen	18-19	31	31	31
feb	18-19	28	28	28
mar	18-19	31	31	31
fs	18-19	15	30	61

Nota 14: ott-nov è l'aggregato dei mesi di ottobre e novembre.

- *temperatura esterna media di ciascun mese di ogni stagione [°C] e CMEP [kWh]:* si riportano come esempio i dati dell'edificio con codice numerico 1.

Tabella 50 – Edificio con codice numerico 1.
Temperature esterne medie mensili di ogni stagione e CMEP di ogni stagione

Mese_stagione	Temperatura [°C]	CMEP [kWh]
ott-nov_14-15	10,2	134.534
dic_14-15	4,2	122.035
gen_14-15	3,9	175.488
feb_14-15	3,6	160.634
mar_14-15	9,0	99.440
fs_14-15	12,3	36.675

ott-nov_15-16	8,1	136.049
dic_15-16	3,3	188.824
gen_15-16	2,8	129.262
feb_15-16	5,5	122.650
mar_15-16	8,4	104.887
fs_15-16	13,4	31.122
ott-nov_16-17	8,6	148.464
dic_16-17	2,7	184.689
gen_16-17	0,6	236.049
feb_16-17	4,9	136.820
mar_16-17	10,9	111.997
fs_16-17	14,4	30.865
ott-nov_17-18	8,4	113.408
dic_17-18	1,1	193.748
gen_17-18	4,7	180.313
feb_17-18	2,0	140.427
mar_17-18	6,5	133.832
fs_17-18	10,9	36.385
ott-nov_18-19	/	/
dic_18-19	/	/
gen_18-19	/	/
feb_18-19	/	/
mar_18-19	/	/
fs_18-19	/	/

Osservando la tabella di cui sopra si può notare che al posto delle temperature esterne medie mensili e dei CMEP della stagione 18-19 è riportata la simbologia “/”. Si anticipa che ciò è avvenuto a seguito dell’automazione nella compilazione della tabella dell’edificio in questione (edificio con codice numerico 1) che ha utilizzato l’anno dell’intervento (2018) quale fattore di discriminazione per la compilazione. Come già per la creazione dei grafici a colonne raggruppate dei consumi specifici destagionalizzati ($Wh/(GG \cdot m^3)$] (vedasi paragrafo 5.1), si procederà alla scrittura di una Macro dal momento che la metodologia PROBIS va applicata allo stesso modo per tutti gli edifici. Ogni foglio Excel di cui si parlerà nel seguito, già compreso “*INPUT_ANTE*”, verrà compilato automaticamente dall’algoritmo semplicemente inserendo il codice numerico dell’edificio nella cella E2 del foglio “*INPUT_ANTE*”. Ogni altra cella delle tabelle costruite riporterà infatti al suo interno formule che sulla base del codice numerico dell’edificio andranno a prendere l’informazione corrispondente in altre tabelle contenute all’interno del suddetto foglio o di altri fogli comunque nel file Excel “*BASE*”. Più avanti si vedrà pertanto come, all’interno di un altro foglio, sarà presente una tabella simile a quella sopra riportata, con le celle dei campi delle temperature esterne medie mensili e dei CMEP dalla stagione 14-15 alla stagione 17-18 contenenti il simbolo “/”, mentre le celle della stagione 18-19 con i corrispondenti valori.

Si precisa infine che i campi riferiti a ott-nov_14-15 non verranno utilizzati nella successiva trattazione (per la motivazione si rimanda al paragrafo 4.4).

Foglio “ANTE INTERVENTI”: per l’edificio in questione vengono riportate le seguenti informazioni:

1. stagione;
2. mese;
3. giorni di ciascun mese di ogni stagione;
4. temperatura esterna media di ciascun mese di ogni stagione;
5. consumo specifico [kWh/m³] di ciascun mese di ogni stagione;
6. consumo specifico di energia nel giorno medio mensile di ogni stagione [Wh/(giorni*m³)], dove:

$$(\text{consumo specifico giorno medio mensile})_{\text{stagione } i\text{-esima}} = \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} \cdot \frac{1000}{\text{giorni}_{\text{mese } k\text{-esimo}}}$$

Di seguito un esempio dei dati di cui sopra per l’edificio con codice numerico 1:

Tabella 51 - Esempio dati edificio con codice numerico 1

Stagione	Mese	Giorni mese	Temperatura [°C]	Consumo specifico [kWh/m ³]	Consumo specifico giorno medio mensile [Wh/(giorni * m ³)]
14-15	dic	31	4,2	4,1	133
14-15	gen	31	3,9	5,9	191
14-15	feb	28	3,6	5,4	193
14-15	mar	31	9,0	3,4	108
14-15	fs	15	12,3	0,8	53
15-16	ott-nov	47	8,1	4,6	98
15-16	dic	31	3,3	6,4	205
15-16	gen	31	2,8	4,4	141
15-16	feb	29	5,5	4,1	143
15-16	mar	31	8,4	3,5	114
15-16	fs	15	13,4	0,6	40
16-17	ott-nov	47	8,6	5,0	107
16-17	dic	31	2,7	6,2	201
16-17	gen	31	0,6	8,0	257
16-17	feb	28	4,9	4,6	165
16-17	mar	31	10,9	3,8	122
16-17	fs	15	14,4	0,6	40
17-18	ott-nov	47	8,4	3,8	81
17-18	dic	31	1,1	6,5	211
17-18	gen	31	4,7	6,1	196
17-18	feb	28	2,0	4,7	169
17-18	mar	31	6,5	4,5	146
17-18	fs	15	10,9	0,8	52
/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/

Si ricorda che, nella tabella soprastante, dai consumi specifici fine stagione di ciascuna stagione sono stati sottratti i consumi estivi. Per ulteriori chiarimenti si rimanda al paragrafo 4.2.

Foglio “*TERMICO INVERNALE ANTE INTERVENTI*”: tramite formule, vengono riportate le coppie di valori “Temperatura esterna media mensile” – “Consumo specifico nel giorno medio mensile” presenti nella tabella del foglio “*ANTE INTERVENTI*”. Come passo successivo viene definita, di tutti questi valori, la retta di regressione lineare, calcolandone pendenza e intercetta (mediante le rispettive funzioni Excel). Viene inoltre determinato (con la rispettiva funzione Excel) il valore di R^2 , coefficiente di determinazione, variabile tra 0 e 1, per capire se il modello utilizzato spiega o meno i dati analizzati. La formulazione della retta di regressione, come già anzidetto, è la seguente:

$$y = a \cdot T + b$$

dove:

- y: consumo specifico di energia nel giorno medio mensile;
- T: temperatura esterna media mensile misurata nella località dell’edificio oggetto di studio;
- a: pendenza (o coefficiente angolare) della retta;
- b: intercetta (o intersezione) della retta con l’asse delle ordinate.

Con i valori di pendenza e intercetta appena calcolati e inserendo al posto di T, all’interno della suddetta equazione, ogni valore riportato di “Temperatura esterna media mensile” di ciascuna stagione per la località in esame, viene determinato ogni *valore teorico* di consumo specifico nel giorno medio mensile di ciascuna stagione termica. È infine calcolato in termini di valore assoluto il delta, ovvero lo scostamento, tra ogni consumo specifico *reale* (ossia della tabella del foglio “*ANTE INTERVENTI*”) nel giorno medio mensile e ogni consumo *teorico* determinato nel giorno medio mensile di ciascuna stagione. Il delta maggiore indicherà così la rispettiva coppia di valori “Temperatura esterna media mensile” – “Consumo specifico nel giorno medio mensile” che dovrà essere esclusa dai calcoli successivi. Tale coppia di valori viene salvata nelle celle delle colonne a fianco. Dopodiché, di nuovo nelle celle delle colonne a fianco, viene copiata ciascuna coppia di valori “Temperatura esterna media mensile” – “Consumo specifico nel giorno medio mensile”, esclusa quella che nei precedenti passaggi aveva presentato lo scostamento maggiore, in valore assoluto, tra consumo specifico nel giorno medio mensile reale e teorico.

Tutta la procedura di cui sopra viene iterata uguale per un numero di volte pari a sei (valore fissato da metodologia PROBIS per disporre ancora di un numero sufficiente di coppie di punti per la rappresentazione della firma energetica). Tale numero trova spiegazione per il fatto che si cercano le coppie di valori “Temperatura esterna media mensile” – “Consumo specifico nel giorno medio mensile” da escludere in quanto dovute ad anomalie di funzionamento o a cattiva gestione dell’impianto di riscaldamento e che pertanto falserebbero il comportamento energetico dell’edificio. La depurazione da tali valori porta conseguentemente, ad ogni iterazione, ad un miglioramento nel valore calcolato di R^2 .

Si riporta l’esempio relativo all’edificio con codice numerico 1, dove l’iterazione 0 è quella con i valori della tabella contenuta nel foglio “*ANTE INTERVENTI*”.

Tabella 52 - Iterazione 0. Termini retta di regressione lineare e R²

0	pendenza	-13,85
	intercetta	228,07
	R ²	0,84

Tabella 53 - Iterazione 0. Consumi REALI e TEORICI e corrispondente scostamento

Delta	Temperatura [°C]	Consumo specifico giorno medio mensile REALE [Wh/(giorni * m ³)]	Consumo specifico giorno medio mensile TEORICO [Wh/(giorni * m ³)]
37	4,2	133	170
17	3,9	191	174
15	3,6	193	178
5	9,0	108	103
5	12,3	53	58
18	8,1	98	116
23	3,3	205	182
49	2,8	141	189
9	5,5	143	152
2	8,4	114	112
2	13,4	40	42
2	8,6	107	108
10	2,7	201	191
37	0,6	257	220
5	4,9	165	160
45	10,9	122	77
11	14,4	40	29
31	8,4	81	112
2	1,1	211	213
33	4,7	196	163
31	2,0	169	200
8	6,5	146	138
25	10,9	52	77
/	/	/	/
/	/	/	/
/	/	/	/
/	/	/	/
/	/	/	/
/	/	/	/

Lo scostamento (delta) maggiore è quello presente nella cella con sfondo rosso.

Tabella 54 - Iterazione 1. Termini retta di regressione lineare e R²

1	pendenza	-14,41
	intercetta	234,05
	R ²	0,88
49	2,8	141

Nella tabella di cui sopra, nelle celle con sfondo rosso, è riportato il delta maggiore calcolato nell'iterazione 0 e la rispettiva coppia di valori "Temperatura esterna media mensile" – "Consumo specifico nel giorno medio mensile" esclusa in iterazione 1.

Tabella 55 - Iterazione 1. Consumi REALI e TEORICI e corrispondente scostamento

Delta	Temperatura [°C]	Consumo specifico giorno medio mensile REALE [Wh/(giorni * m³)]	Consumo specifico giorno medio mensile TEORICO [Wh/(giorni * m³)]
41	4,2	133	174
13	3,9	191	178
11	3,6	193	182
4	9,0	108	104
4	12,3	53	57
20	8,1	98	117
19	3,3	205	186
12	5,5	143	155
1	8,4	114	113
1	13,4	40	41
3	8,6	107	109
6	2,7	201	195
31	0,6	257	225
1	4,9	165	163
45	10,9	122	77
13	14,4	40	27
32	8,4	81	113
7	1,1	211	218
30	4,7	196	166
36	2,0	169	205
5	6,5	146	140
25	10,9	52	77
/	/	/	/
/	/	/	/
/	/	/	/
/	/	/	/
/	/	/	/
/	/	/	/
/	/	/	/
/	/	/	/

Lo scostamento (delta) maggiore è quello presente nella cella con sfondo rosso.

Tabella 56 - Iterazione 2. Termini retta di regressione lineare e R²

2	pendenza	-15,03
	intercetta	235,92
	R²	0,90
45	10,9	122
49	2,8	141

Nella tabella di cui sopra, nelle celle con sfondo rosso, è riportato il delta maggiore calcolato in iterazione 1 e in iterazione 0 e le corrispondenti coppie di valori “Temperatura esterna media mensile” – “Consumo specifico nel giorno medio mensile” esclusi rispettivamente in iterazione 2 e in iterazione 1.

Tabella 57 - Iterazione 2. Consumi REALI e TEORICI e corrispondente scostamento

Delta	Temperatura [°C]	Consumo specifico giorno medio mensile REALE [Wh/(giorni * m ³)]	Consumo specifico giorno medio mensile TEORICO [Wh/(giorni * m ³)]
40	4,2	133	173
14	3,9	191	177
12	3,6	193	182
7	9,0	108	101
2	12,3	53	51
16	8,1	98	114
19	3,3	205	186
11	5,5	143	153
4	8,4	114	110
6	13,4	40	35
1	8,6	107	106
6	2,7	201	195
30	0,6	257	227
2	4,9	165	162
20	14,4	40	20
29	8,4	81	110
9	1,1	211	219
31	4,7	196	165
37	2,0	169	206
7	6,5	146	138
20	10,9	52	72
/	/	/	/
/	/	/	/
/	/	/	/
/	/	/	/
/	/	/	/
/	/	/	/
/	/	/	/
/	/	/	/
/	/	/	/

Lo scostamento (delta) maggiore è quello presente nella cella con sfondo rosso.

...

...

...

...

Foglio “*FIRMA TERMICA ANTE INTERVENTI*”: vengono riportati i valori di R^2 calcolati in “*TERMICO INVERNALE ANTE INTERVENTI*”, con il corrispondente numero di coppie di valori “Temperatura esterna media mensile” – “Consumo specifico nel giorno medio mensile” esclusi nelle rispettive iterazioni. Ogni suddetto valore di R^2 viene confrontato con il valore di set point, posto dalla metodologia PROBIS pari a 0,85: risulta *accettabile il primo valore di R^2 calcolato che è uguale o superiore al valore di set point.*

Qualora tale verifica risultasse insoddisfatta, si terrebbe comunque l’ultimo valore definito di R^2 : se infatti nel foglio “*TERMICO INVERNALE ANTE INTERVENTI*” si fosse continuato a iterare la procedura escludendo coppie di valori per determinare R^2 , non sarebbe stato possibile costruire la firma energetica per scarsità di punti.

Si procede pertanto con la costruzione del grafico cartesiano (dispersione di punti) della firma energetica ante interventi per l’edificio in esame, sulla base delle coppie di valori “Temperatura” – “Consumo specifico nel giorno medio mensile” con le quali è calcolato il valore di R^2 che soddisfa la condizione di cui sopra (o R^2 dell’ultima iterazione se verifica non soddisfatta).

Per maggiore chiarezza si rimanda alle tabelle d’esempio di cui sotto relative all’edificio con codice numerico 1.

Tabella 60 - R^2 di set point, R^2 calcolato e coppie di valori esclusi. Ante interventi

R^2 di set point	0,85
R^2	0,88
Coppie di valori esclusi	1

Tabella 61 –Valori di R^2 e coppie di valori esclusi di tutte le iterazioni. Ante interventi

R^2	Coppie di valori esclusi
0,84	0
0,88	1
0,90	2
0,92	3
0,95	4
0,96	5
0,96	6

Nella tabella soprastante, nelle celle con sfondo arancione, è riportato, insieme al numero di coppie di valori esclusi, il valore di R^2 calcolato che, per l’edificio in esame, verifica il valore di R^2 di set point.

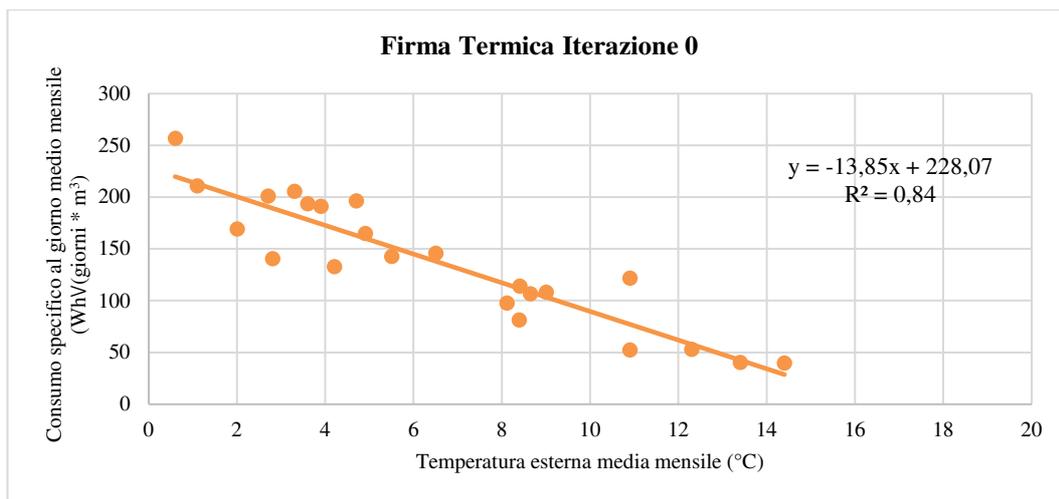


Grafico 37 - Firma energetica ante interventi. Iterazione 0. Stagione invernale

Tabella 62 - Coppie di valori (alle quali è riferito R^2 della cella con sfondo arancione nella tabella soprastante) per costruzione firma energetica ante interventi. Stagione invernale

Temperatura [°C]	Consumo specifico giorno medio mensile REALE [Wh/(giorni * m³)]
4,2	133
3,9	191
3,6	193
9,0	108
12,3	53
8,1	98
3,3	205
5,5	143
8,4	114
13,4	40
8,6	107
2,7	201
0,6	257
4,9	165
10,9	122
14,4	40
8,4	81
1,1	211
4,7	196
2,0	169
6,5	146
10,9	52
/	/
/	/
/	/
/	/
/	/
/	/
/	/

Tabella 63 - Coppie di valori esclusi nella stagione invernale. Ante interventi

Temperatura [°C]	Consumo specifico giorno medio mensile REALE [Wh/(giorni * m ³)]
2,8	141
#N/D	#N/D

Nella tabella di cui sopra, al valore di R² che verifica R² di set point corrisponde una coppia di valori esclusi.

In merito alla retta di regressione lineare della *stagione invernale*, vengono calcolate:

Tabella 64 - Tolleranza superiore retta di regressione lineare. Stagione invernale. Ante interventi

Tolleranza superiore	
Temperatura [°C]	Consumo specifico giorno medio mensile REALE [Wh/(giorni * m ³)]
0,6	270
18,9	7

dove:

- $T_1 = 0,6^{\circ}\text{C}$, calcolata come il valor minimo tra le temperature in *Tabella 62*;
- $T_2 = 18,9^{\circ}\text{C}$, calcolata sulla base di intercetta e pendenza della retta di regressione lineare con i valori di cui in *Tabella 62*;
- $\text{Consumo}_1 = 270 \text{ Wh}/(\text{giorni} \cdot \text{m}^3)$, calcolato sulla base di intercetta e pendenza della retta di regressione lineare con i valori di cui in *Tabella 62*;
- $\text{Consumo}_2 = 7 \text{ Wh}/(\text{giorni} \cdot \text{m}^3)$, è il Consumo_1 della tabella della tolleranza superiore della stagione estiva.

Tabella 65 - Tolleranza inferiore retta di regressione lineare. Stagione invernale. Ante interventi

Tolleranza inferiore	
Temperatura [°C]	Consumo specifico giorno medio mensile REALE [Wh/(giorni * m ³)]
0,6	181
12,9	3

dove:

- $T_1 = 0,6^{\circ}\text{C}$, calcolata come il valor minimo tra le temperature in *Tabella 62*;
- $T_2 = 12,9^{\circ}\text{C}$, calcolata sulla base di intercetta e pendenza della retta di regressione lineare con i valori di cui in *Tabella 62*;
- $\text{Consumo}_1 = 181 \text{ Wh}/(\text{giorni} \cdot \text{m}^3)$, calcolato sulla base di intercetta e pendenza della retta di regressione lineare con i valori di cui in *Tabella 62*;
- $\text{Consumo}_2 = 3 \text{ Wh}/(\text{giorni} \cdot \text{m}^3)$, è il Consumo_1 della tabella della tolleranza inferiore della stagione estiva.

In merito alla retta di regressione lineare della *stagione estiva*: si tratta di una retta costante in quanto l'energia consumata nel periodo estivo è considerata costante e indipendente dalla temperatura esterna.

Tabella 66 – Consumo costante e indipendente dalla temperatura esterna. Stagione estiva. Ante interventi

Temperatura [°C]	Consumo specifico giorno medio mensile REALE [Wh/(giorni * m ³)]
24,0	5

dove:

- T = 24°C, è la temperatura esterna media nel periodo estivo;
- Consumo = 5 Wh/(giorni*m³), è il CEP_est (trasformato in Wh) dell'edificio diviso per il corrispondente numero di giorni del periodo "estivo" e per la rispettiva volumetria da riscaldare.

Tabella 67 - Tolleranza superiore retta di regressione lineare. Stagione estiva. Ante interventi

Tolleranza superiore	
Temperatura [°C]	Consumo specifico giorno medio mensile REALE [Wh/(giorni * m ³)]
18,9	7
24,0	7

dove:

- T₁ = 18,9°C, è T₂ della tabella della tolleranza superiore della stagione invernale;
- T₂ = 24°C, è T di Tabella 66;
- Consumo₀₁ = 7 Wh/(giorni*m³), è calcolato riferendosi al valore di consumo di Tabella 66:

$$Consumo_1 = 5 + (5 \cdot 40\%)$$
- Consumo₀₂ = Consumo₀₁ in quanto la tolleranza superiore è calcolata sulla base dell'energia consumata nel periodo estivo (costante e indipendente dalla temperatura esterna).

Tabella 68 - Tolleranza inferiore retta di regressione lineare. Stagione estiva. Ante interventi

Tolleranza inferiore	
Temperatura [°C]	Consumo specifico giorno medio mensile REALE [Wh/(giorni * m ³)]
12,9	3
24,0	3

dove:

- T₁ = 12,9°C, è T₂ della tabella della tolleranza inferiore della stagione invernale;
- T₂ = 24°C, è T di Tabella 66;
- Consumo₀₁ = 3 Wh/(giorni*m³), è calcolato riferendosi al valore di consumo di Tabella 66:

$$Consumo_1 = 5 - (5 \cdot 40\%)$$
- Consumo₀₂ = Consumo₀₁ in quanto la tolleranza superiore è calcolata sulla base dell'energia consumata nel periodo estivo (costante e indipendente dalla temperatura esterna).

Si precisa che la percentuale (40%) che compare nelle equazioni di cui sopra, rappresenta l'intervallo di tolleranza per il periodo estivo così come fissato dalla metodologia PROBIS.

L'unione delle due rette ottenute (del periodo invernale e del periodo estivo) porta alla definizione di una firma complessiva del comportamento energetico dell'edificio ante interventi per il vettore energetico oggetto di analisi. [10] Per l'espressione algebrica di tale firma si rimanda al paragrafo 6.1.

Vengono infine definiti:

- capisaldi della tolleranza superiore del periodo invernale e del periodo estivo:

Tabella 69 – Capisaldi tolleranza superiore. Stagione invernale ed estiva. Ante interventi

Capisaldi	Temperatura [°C]	Consumo specifico giorno medio mensile REALE [Wh/(giorni * m ³)]
D	0,6	270
E	18,9	7
F	24,0	7

- capisaldi della tolleranza inferiore del periodo invernale e del periodo estivo:

Tabella 70 - Capisaldi tolleranza inferiore. Stagione invernale ed estiva. Ante interventi

Capisaldi	Temperatura [°C]	Consumo specifico giorno medio mensile REALE [Wh/(giorni * m ³)]
G	0,6	181
H	12,9	3
I	24,0	3

- capisaldi della firma energetica complessiva (unione delle due rette):

Tabella 71 - Capisaldi firma energetica complessiva. Ante interventi

Capisaldi	Temperatura [°C]	Consumo specifico giorno medio mensile REALE [Wh/(giorni * m ³)]
A	0,6	225
B	15,9	5
C	24,0	5

Per la rappresentazione di tutto ciò, si rimanda al grafico sottostante.

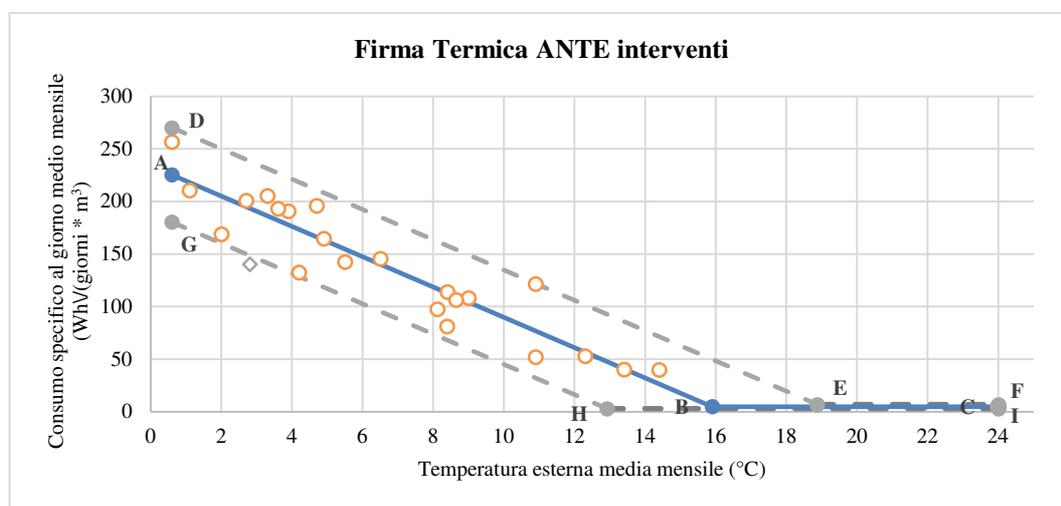


Grafico 38 - Firma energetica complessiva ante interventi. Edificio con codice numerico 1

Foglio “*TERMICO INVERNALE POST INTERVENTI*”: tramite formule, vengono riportate le coppie di valori “Temperatura esterna media mensile” – “Consumo specifico nel giorno medio mensile” presenti nella tabella del foglio “*POST INTERVENTI*”. Dopodiché si procede allo stesso modo di come già fatto in “*TERMICO INVERNALE ANTE INTERVENTI*”.

Foglio “*FIRMA TERMICA POST INTERVENTI*”: procedura analoga a quella già seguita in “*FIRMA TERMICA ANTE INTERVENTI*”. Si continua l’esempio dell’edificio con codice numerico 1.

Tabella 73 - R^2 di set point, R^2 calcolato e coppie di valori esclusi. Post interventi

R^2 di set point	0,85
R^2	0,89
Coppie di valori esclusi	0

Tabella 74 - Valori di R^2 e coppie di valori esclusi di tutte le iterazioni. Post interventi

R^2	Coppie di valori esclusi
0,89	0
0,99	1
1,00	2
1,00	3
1,00	4
#DIV/0!	5
#DIV/0!	6

Come si può osservare dalla tabella di cui sopra, nelle celle con sfondo arancione, è riportato, insieme al numero di coppie di valori esclusi, il valore di R^2 calcolato che, per l’edificio in esame, verifica il valore di R^2 di set point. Si nota inoltre che i valori di R^2 delle iterazioni 5 e 6 presentano la dicitura #DIV/0!: ciò è dovuto al fatto che all’iterazione 5 è presente solo una coppia di valori “Temperatura esterna media mensile” – “Consumo specifico nel giorno medio mensile”, mentre all’iterazione 6 non sono più presenti valori. Non è pertanto possibile determinare R^2 .

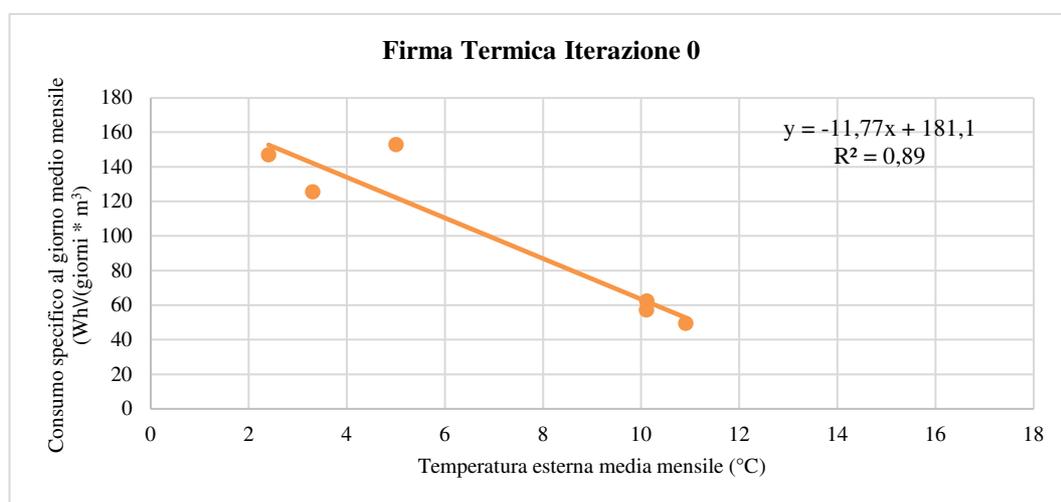


Grafico 39 - Firma energetica post interventi. Iterazione 0. Stagione invernale

Tabella 77 - Tolleranza superiore retta di regressione lineare. Stagione invernale. Post interventi

Tolleranza superiore	
Temperatura [°C]	Consumo specifico giorno medio mensile REALE [Wh/(giorni * m ³)]
2,4	183
17,4	7

Riguardo alla tabella soprastante, valgono le stesse considerazioni fatte per *Tabella 64*. La tabella a cui riferirsi è *Tabella 75*.

Tabella 78 - Tolleranza inferiore retta di regressione lineare. Stagione invernale. Post interventi

Tolleranza inferiore	
Temperatura [°C]	Consumo specifico giorno medio mensile REALE [Wh/(giorni * m ³)]
2,4	122
12,5	3

Riguardo alla tabella soprastante, valgono le stesse considerazioni fatte per *Tabella 65*. La tabella a cui riferirsi è *Tabella 75*.

In merito alla retta di regressione lineare della *stagione estiva*: si tratta di una retta costante in quanto l'energia consumata nel periodo estivo è considerata costante e indipendente dalla temperatura esterna. Avendo ipotizzato riguardo ai consumi estivi, in via semplificativa, di riportarli uguali nel corso di ogni stagione per ciascun edificio (si rimanda al paragrafo 4.2), si capisce come *Tabella 66* valga anche per la situazione post interventi.

Tabella 79 - Tolleranza superiore retta di regressione lineare. Stagione estiva. Post interventi

Tolleranza superiore	
Temperatura [°C]	Consumo specifico giorno medio mensile REALE [Wh/(giorni * m ³)]
17,4	7
24,0	7

Riguardo alla tabella soprastante, valgono le stesse considerazioni fatte per *Tabella 67*.

Tabella 80 - Tolleranza inferiore retta di regressione lineare. Stagione estiva. Post interventi

Tolleranza inferiore	
Temperatura [°C]	Consumo specifico giorno medio mensile REALE [Wh/(giorni * m ³)]
12,5	3
24,0	3

Riguardo alla tabella soprastante, valgono le stesse considerazioni fatte per *Tabella 68*.

L'unione delle due rette ottenute (del periodo invernale e del periodo estivo) porta alla definizione di una firma complessiva del comportamento energetico dell'edificio post interventi per il vettore energetico oggetto di analisi. [10] Per l'espressione algebrica di tale firma si rimanda al paragrafo 6.1.

Vengono infine definiti:

- capisaldi della tolleranza superiore del periodo invernale e del periodo estivo:

Tabella 81 - Capisaldi tolleranza superiore. Stagione invernale ed estiva. Post interventi

Capisaldi	Temperatura [°C]	Consumo specifico giorno medio mensile REALE [Wh/(giorni * m ³)]
D	2,4	183
E	17,4	7
F	24,0	7

- capisaldi della tolleranza inferiore del periodo invernale e del periodo estivo:

Tabella 82 - Capisaldi tolleranza inferiore. Stagione invernale ed estiva. Post interventi

Capisaldi	Temperatura [°C]	Consumo specifico giorno medio mensile REALE [Wh/(giorni * m ³)]
G	2,4	122
H	12,5	3
I	24,0	3

- capisaldi della firma energetica complessiva (unione delle due rette):

Tabella 83 - Capisaldi firma energetica complessiva. Post interventi

Capisaldi	Temperatura [°C]	Consumo specifico giorno medio mensile REALE [Wh/(giorni * m ³)]
A	2,4	153
B	15,0	5
C	24,0	5

Per la rappresentazione di tutto ciò, si rimanda al grafico sottostante.

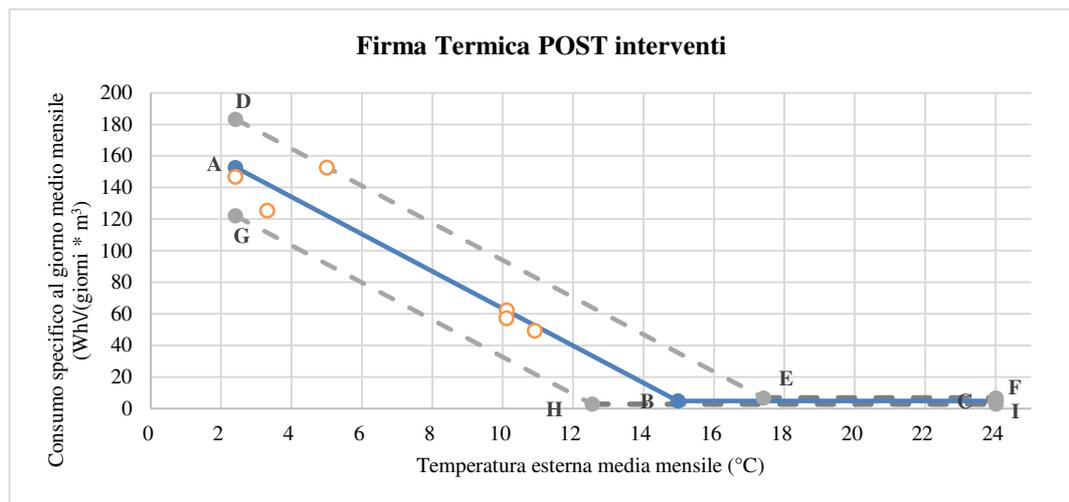


Grafico 40 - Firma energetica complessiva post interventi. Edificio con codice numerico 1

Foglio “*RISPARMIO ENERGETICO*”: il presente foglio è stato costruito al fine di calcolare, per il singolo edificio, il *risparmio energetico conseguibile* (in percentuale) tramite l’insieme degli interventi eseguiti da ANTAS [11]. È evidente che, per gli edifici per i quali non sono stati previsti ed eseguiti interventi, il risparmio energetico sarà pari a 0%.

Si continua la trattazione dell’esempio dell’edificio con codice numerico 1. Il punto di partenza è stato ricavare, dalla formulazione della firma energetica ante interventi, un *consumo energetico di riferimento ante operam* per il vettore energetico. Per tale motivo è stato definito un anno tipo di riferimento (nel nostro caso, *stagione tipo di riferimento*): è stata calcolata la temperatura mensile come media delle temperature medie mensili di tutte le stagioni termiche oggetto di analisi, ossia da stagione 14-15 a stagione 18-19 [11]. In riferimento alla località in cui si trova l’edificio in esame, risulta:

Tabella 84 - Stagione tipo di riferimento. Temperature medie mensili. Edificio con codice numerico 1

Stagione tipo di riferimento	ott-nov	dic	gen	feb	mar	fs
14-15	10,2	4,2	3,9	3,6	9,0	12,3
15-16	8,1	3,3	2,8	5,5	8,4	13,4
16-17	8,6	2,7	0,6	4,9	10,9	14,4
17-18	8,4	1,1	4,7	2,0	6,5	10,9
18-19	10,1	3,3	2,4	5,0	10,1	10,9
Temperatura media mensile di riferimento [°C]	9,1	2,9	2,9	4,2	9,0	12,4

Dalla formulazione della firma energetica ante interventi e dai dati di temperatura riportati nella tabella soprastante, è stato possibile calcolare il *consumo energetico specifico del giorno medio mensile di riferimento ante operam*. La somma dei valori di consumo specifico mensili ottenuti ha così definito il *consumo energetico specifico stagionale di riferimento ante operam* (cella con sfondo arancione nella tabella sottostante) per il vettore energetico considerato [11].

Tabella 85 - Consumo specifico stagionale di riferimento ante operam

Mese	Temperatura media mensile di riferimento [°C]	Giorni	Consumo specifico giorno medio mensile di riferimento [Wh/(giorni * m³)]	Consumo specifico mensile di riferimento [kWh/m³]
ott-nov	9,1	47	103	4.849
dic	2,9	31	192	5.951
gen	2,9	31	193	5.969
feb	4,2	28	174	4.859
mar	9,0	31	105	3.244
fs	12,4	15	56	835
Totale		183		25.706
				Consumo specifico stagionale di riferimento ante operam [kWh/m³]

dove :

- Temperatura media mensile di riferimento [°C]: valori di *Tabella 84*;
- Consumo specifico del giorno medio mensile di riferimento [Wh/(giorni*m³)]: ogni singolo valore è calcolato andando a inserire la corrispondente Temperatura media mensile di riferimento [°C] nell'equazione $y = a \cdot T + b$, dove "T" è la temperatura mentre "a" e "b" sono rispettivamente pendenza e intercetta della retta di regressione lineare (stagione invernale) ante interventi;
- Consumo specifico mensile di riferimento [kWh/m³]: ogni singolo valore è calcolato moltiplicando il rispettivo Consumo specifico del giorno medio mensile di riferimento [Wh/(giorni*m³)] per i corrispondenti Giorni del mese della stagione di riferimento;

Dalla formulazione della firma energetica post interventi e dai dati di temperatura riportati in *Tabella 84*, è stato possibile calcolare il *consumo energetico specifico del giorno medio mensile di riferimento post operam*. La somma dei valori di consumo specifico mensili ottenuti ha così definito il *consumo energetico specifico stagionale di riferimento post operam* (cella con sfondo arancione nella tabella sottostante) per il vettore energetico considerato [11].

Tabella 86 - Consumo specifico stagionale di riferimento post operam

Mese	Temperatura media mensile di riferimento [°C]	Giorni	Consumo specifico giorno medio mensile di riferimento [Wh/(giorni * m³)]	Consumo specifico mensile di riferimento [kWh/m³]
ott-nov	9,1	47	74	3.488
dic	2,9	31	147	4.549
gen	2,9	31	147	4.563
feb	4,2	28	132	3.687
mar	9,0	31	75	2.338
fs	12,4	15	35	531
Totale		183		19.155
				Consumo specifico stagionale di riferimento post operam [kWh/m³]

Riguardo alla tabella soprastante, valgono le stesse considerazioni fatte per *Tabella 85*.

Sulla base dei dati ottenuti nelle precedenti tabelle, è stato determinato il *risparmio energetico* (in percentuale) a consuntivo (ovvero post operam):

$$\% \text{risparmio energetico} = \left(1 - \frac{\text{consumo spec. stag. rif. POST}}{\text{consumo spec. stag. rif. ANTE}}\right) \cdot 100$$

Per l'edificio in esame è risultato essere pari al 25%.

Viene infine riportato il grafico di confronto delle firme energetiche ante operam e post operam.

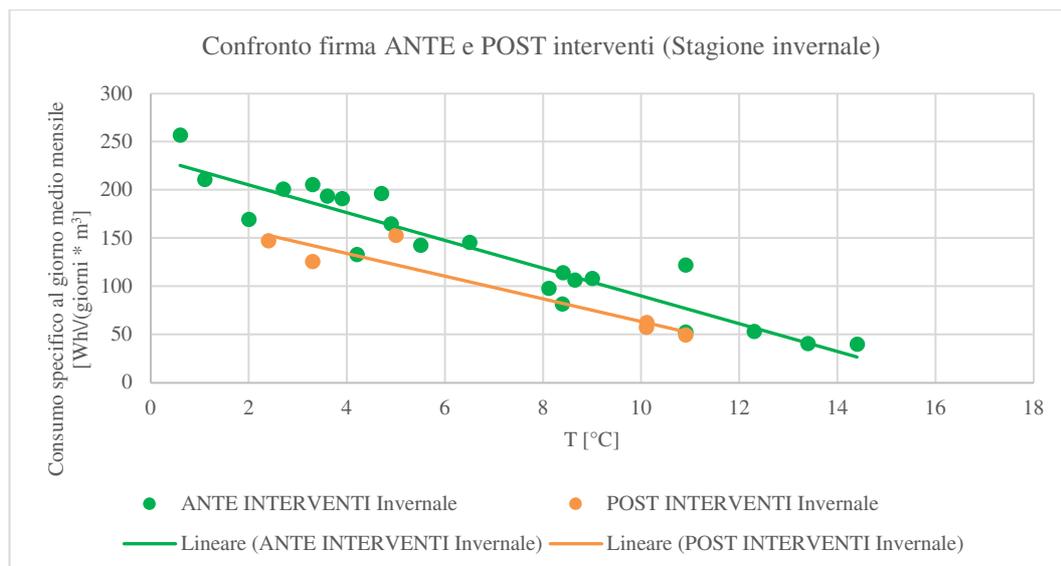


Grafico 41 - Confronto firme energetiche ANTE e POST interventi. Stagione invernale. Edificio con codice numerico 1

Foglio “RIASSUNTIVO”: trattasi di una scheda di riepilogo in cui vengono riportate, per ciascun edificio analizzato, le informazioni contenute nei fogli di cui sopra e nello specifico:

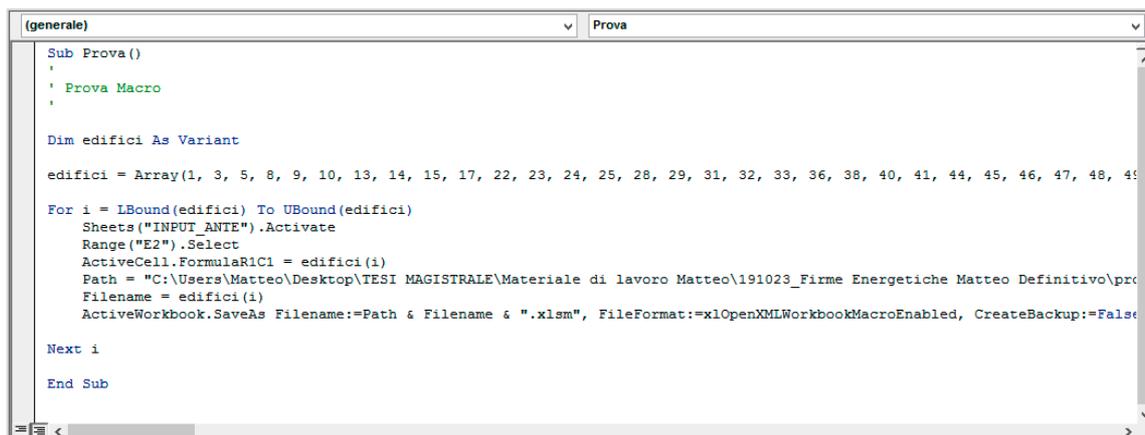
- codice numerico;
- tag destinazione d’uso;
- zona climatica;
- volumetria riscaldata [m³];
- anno intervento;
- tipologia di interventi;
- grafico firma energetica *ante interventi* iterazione 0;
- grafico firma energetica *ante interventi* (con R² che verifica valore di R² di set point);
- grafico firma energetica *post interventi* iterazione 0;
- grafico firma energetica *post interventi* (con R² che verifica valore di R² di set point);
- grafico di confronto firme energetiche ante e post interventi;
- % risparmio energetico post interventi;

Per la scheda riassuntiva relativa ad ogni singolo edificio, si rimanda al capitolo *Allegati* al fondo della tesi.

Occorre infine fare la seguente precisazione: dal momento che la procedura illustrata in questo paragrafo doveva essere ripetuta uguale per tutti gli edifici, si è cercato di automatizzarla quanto più possibile. Ogni foglio Excel è stato pertanto costruito in modo tale che, inserendo unicamente il codice numerico dell’edificio nella cella E2 del foglio “*INPUT ANTE*”, fossero riportate nelle altre celle (impostate con formule basate sul codice numerico dell’edificio) di ciascun foglio le informazioni di cui nei fogli sopra. Pertanto è stata scritta una Macro, ossia un algoritmo, in VBA (Microsoft Virtual Basic) all’interno di Excel, la quale, prendendo di un edificio alla volta il rispettivo codice numerico contenuto all’interno di un vettore (Array dove i = codice numerico edificio) e inserendolo all’interno di un ciclo for (che a sua volta

lo inseriva nella cella E2 del foglio “*INPUT ANTE*”), ha permesso la costruzione dei fogli Excel propri del singolo edificio con tutte le informazioni di cui sopra, salvandolo con nome (“codice numerico edificio”) all’interno di una cartella specificata in un determinato percorso (Path) sul pc. Concluso il ciclo for per l’edificio con codice numerico “i”, l’algoritmo chiude il corrispondente foglio appena creato e itera le suddette operazioni per l’edificio con il codice numerico successivo (Next i). Il tutto è ripetuto fino all’ultimo termine del vettore.

Si riporta il codice della Macro:



```

(generale)
Prova
Sub Prova ()
'
' Prova Macro
'

Dim edifici As Variant

edifici = Array(1, 3, 5, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 17, 22, 23, 24, 25, 28, 29, 31, 32, 33, 36, 38, 40, 41, 44, 45, 46, 47, 48, 49)

For i = LBound(edifici) To UBound(edifici)
  Sheets("INPUT_ANTE").Activate
  Range("E2").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = edifici(i)
  Path = "C:\Users\Matteo\Desktop\TESI MAGISTRALE\Materiale di lavoro Matteo\191023_Firme Energetiche Matteo Definitivo\prova"
  Filename = edifici(i)
  ActiveWorkbook.SaveAs Filename:=Path & Filename & ".xlsm", FileFormat:=xlOpenXMLWorkbookMacroEnabled, CreateBackup:=False
Next i

End Sub

```

Figura 13 - Codice Macro per creazione file Excel, suddiviso nei fogli di cui sopra, per ogni edificio analizzato

Nota 15: la Macro crea il file Excel, suddiviso nei singoli fogli, indistintamente per tutti gli edifici, anche per quelli per i quali non sono stati previsti ed eseguiti interventi. È facile intuire che per tali edifici i grafici delle firme energetiche *ante e post interventi* risulteranno uguali e il risparmio energetico percentuale (come già anticipato) sarà pari a 0%.

Infine, è stato costruito un foglio Excel denominato “*REPORT*”, attraverso una Macro che riportasse alcune informazioni contenute nei fogli del file Excel di cui sopra, di ogni singolo edificio analizzato, ed in particolare:

- codice numerico;
- tag destinazione d’uso;
- volumetria riscaldata [m³];
- anno intervento (0 se edificio che non ha subito interventi);
- interventi (Si se intervento eseguito, / se intervento non eseguito): quelli riportati al capitolo 5.2;
- % risparmio energetico conseguito post interventi (0% se edificio che non ha subito interventi).

In pratica l’algoritmo scritto in VBA (Microsoft Virtual Basic), apre il file Excel delle firme energetiche di un edificio alla volta (in base al codice numerico contenuto all’interno di un vettore (Array) dove i = codice numerico, inserito in un ciclo for), copia e incolla, a partire dalla cella A(x) (dove x è un contatore impostato che parte da x = 2) del foglio “*REPORT*”, una alla volta le informazioni di cui nell’elenco soprastante (contenute nei diversi fogli del file Excel delle firme energetiche di ciascun edificio). Concluse queste operazioni incrementa il valore del contatore x, ovvero x = x + 1. In questo modo terminato il ciclo for per

l'edificio con codice numerico "i" e chiuso il rispettivo file Excel, la Macro, iterando le operazioni anzidette per l'edificio con il codice numerico successivo (Next i), va a copiare le informazioni (di cui nell'elenco soprastante) a partire dalla cella A(x) della riga successiva. Il tutto è ripetuto fino all'ultimo termine dell'Array.

Si riporta uno stralcio del codice della Macro:

```

(generale) Macro2
Sub Macro2 ()
'
' Macro2 Macro
'
Dim edifici As Variant
Dim x As Integer
x = 2
edifici = Array(1, 3, 5, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 17, 22, 23, 24, 25, 28, 29, 31, 32, 33, 36, 38, 40, 41, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 54)
Path = "C:\Users\Matteo\Desktop\TESI MAGISTRALE\Materiale di lavoro Matteo\191023_Firme Energetiche Matteo Definitivo\prova macro\FIRME ENERGETICHE"

For i = LBound(edifici) To UBound(edifici)
    Filename = edifici(i)
    ' COPIA CODICE EDIFICIO
    Workbooks.Open Filename:=Path & Filename & ".xslm"
    Sheets("INPUT ANTE").Activate
    Range("E2").Select
    Selection.Copy
    Windows("REPORT.xslm").Activate
    Range("A" & x).Select
    ActiveSheet.Paste
    ' COPIA TAG EDIFICIO
    Windows(Filename & ".xslm").Activate
    Sheets("INPUT ANTE").Activate
    Range("H9").Select
    Selection.Copy
    Windows("REPORT.xslm").Activate
    Range("B" & x).Select
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
    ' COPIA VOLUME EDIFICIO
    Windows(Filename & ".xslm").Activate
    Sheets("INPUT ANTE").Activate
    Range("L9").Select
    Selection.Copy
    Windows("REPORT.xslm").Activate
    Range("C" & x).Select
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _

```

Figura 14 - Codice Macro per costruzione foglio "REPORT"

Si riporta uno stralcio d'esempio del foglio:

Tabella 87 – Stralcio d'esempio foglio "REPORT"

Cod. edif.	Tag	Volumetria [m ³]	Anno intervento	Int_A	Int_B	Int_C	Int_D	Int_E	% risparmio energetico POST interventi
1	scl	29.655	2018	/	Sì	/	/	Sì	25%
3	scl	14.530	2018	Sì	Sì	/	/	/	59%
5	scl	13.298	2017	Sì	Sì	/	/	/	32%
8	scl	11.339	0	/	/	/	/	/	0%

Per il foglio "REPORT" completo si rimanda al capitolo *Allegati* al fondo della tesi.

Occorre fare un'ultima *precisazione*: la percentuale di risparmio energetico post interventi calcolata per ogni singolo edificio analizzato *non è confrontabile quantitativamente* con l'obiettivo di risparmio energetico percentuale REP_{ij} [4], calcolato da ANTAS pari al 25% per ogni edificio (vedasi capitolo 2) per la formulazione dell'offerta della Gara SIE3. Il *confronto può essere solo qualitativo*, ovvero sull'ordine di grandezza dei valori calcolati. In primo luogo, poiché in questa tesi si è proceduto a depurare delle anomalie i dati di consumo delle stagioni termiche fornite dalla C.M.T. (cosa che ANTAS invece non ha fatto). In secondo luogo, poiché le percentuali di risparmio energetico sono state calcolate su una base diversa di consumi energetici storici: per questa tesi, i calcoli sono stati eseguiti a partire dalle stagioni 14-15 e 15-16

(ovvero le stagioni termiche antecedenti alla gestione impianti da parte di ANTAS), mentre ANTAS ha definito gli obiettivi di risparmio energetico percentuale sulla base di consumi energetici storici degli anni 2011, 2012 e 2013 [12]. Ciò significa che è stato diverso il trattamento dei dati per definire l'anno tipo di riferimento.

6.3 Analisi anomalie: individuazione e commenti

Attraverso la scheda di riepilogo (foglio “*RIASSUNTIVO*”) di ogni singolo edificio e il foglio “*REPORT*” (vedasi per entrambi il capitolo *Allegati* al fondo della tesi), è stato possibile individuare le anomalie di seguito riportate:

- Edificio con codice numerico 22: problemi nella rappresentazione grafica delle firme energetiche ante e post interventi, ciò a causa, in entrambi i grafici, di coppie di valori “Temperatura media mensile” – “Consumo specifico di energia nel giorno medio mensile” *negativi* che la metodologia PROBIS (con la procedura illustrata nel paragrafo precedente) esclude. I suddetti valori negativi risultano a seguito della sottrazione del consumo estivo dai consumi fine stagione: è evidente che se il risultato di consumo è negativo, sono errati o i consumi fine stagione o il consumo estivo. Tali valori, e la loro conseguente esclusione, portano pertanto a falsare il comportamento energetico dell’edificio sia nella situazione ante operam sia nella situazione post operam.
- Edificio 51: analoga situazione del caso precedente. Presenti numerose coppie di valori “Temperatura media mensile” – “Consumo specifico di energia nel giorno medio mensile” negativi.
- Edificio 69: dal confronto della firma ante e post interventi di questo edificio (scl) con le firme ante e post interventi di tutti gli altri edifici (scl), è risultato come i consumi specifici nel giorno medio mensile di edificio 69 fossero molto elevati rispetto a quelli di tutti gli altri edifici con uguale destinazione d’uso.
- Edificio 70: osservando la firma energetica ante e post interventi si è potuto notare come i consumi specifici nel giorno medio mensile post operam fossero all’incirca 60 volte minori rispetto ai consumi ante operam. Problemi pertanto nei valori di consumo presenti nel database.
- Edificio 120: non è stato possibile definire la firma energetica post interventi (stagione 18-19) in quanto dati di consumo non disponibili.
- Edificio 133: problemi nei dati di consumo post interventi che hanno portato ad una firma energetica con andamento opposto rispetto a quanto ci si aspetta nella stagione invernale. È infatti risultata una retta di regressione lineare con pendenza positiva.
- Edificio 197: problemi nella definizione delle firme energetiche ante e post interventi in quanto presenti molte coppie di valori “Temperatura media mensile” – “Consumo specifico di energia nel giorno medio mensile” *nulli*. Ciò a causa del fatto che i consumi della stagione 16-17 e 17-18 sono a zero. Assenti inoltre i dati di consumo della stagione 18-19 in quanto, in tale stagione termica, edificio dismesso.
- Edificio 987: percentuale di risparmio energetico conseguibile pari a -253%. Tale valore può essere spiegato per il fatto che i consumi nella stagione 17-18 sono a zero e i consumi della stagione 18-19, invece, aumentano drasticamente e in modo anomalo (vedasi anche allegato “987_metodo vecchio”: grafico a colonne dei consumi specifici destagionalizzati).

Tutte le sopra citate anomalie hanno portato all’esclusione dei suddetti edifici dall’analisi statistica delle distribuzioni di frequenze delle pendenze ante e post interventi delle firme energetiche (vedasi paragrafo seguente).

Occorre infine fare una precisazione in merito alle percentuali *negative* di risparmio energetico, relative agli edifici con codice numerico 65, 116, 222, 980. Trattasi di edifici dove probabilmente, a seguito degli interventi eseguiti (riqualificazione C.T. e Upgrade del sistema di Telecontrollo), è cambiata la modalità di utilizzo degli stessi.

Si riporta l’esempio dell’edificio con codice identificativo 116 (percentuale di risparmio energetico pari a -6%):

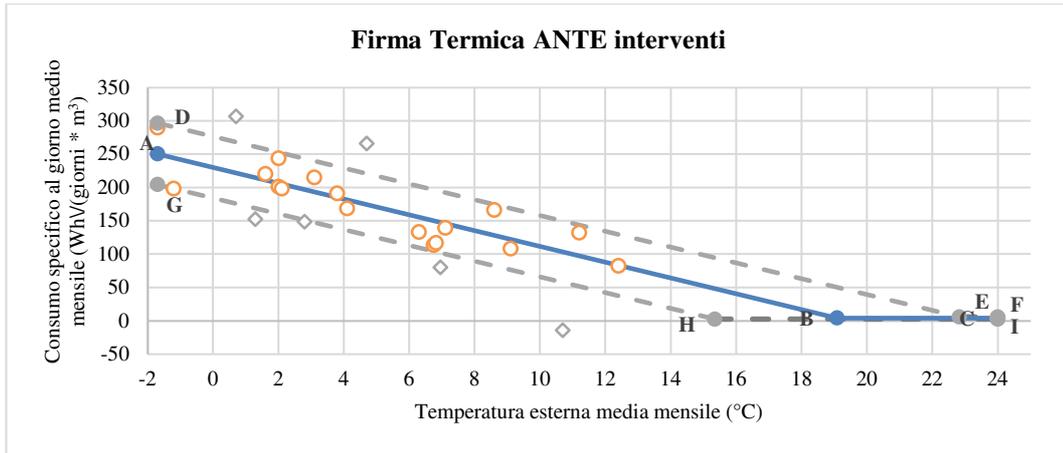


Grafico 42 - Firma energetica ante interventi. Edificio con codice numerico 116

Come si può osservare dal grafico di cui sopra, la temperatura al di sotto della quale, nella situazione ante interventi, si inizia a scaldare l'edificio è quella individuata dal caposaldo B, ovvero 19,1°C.

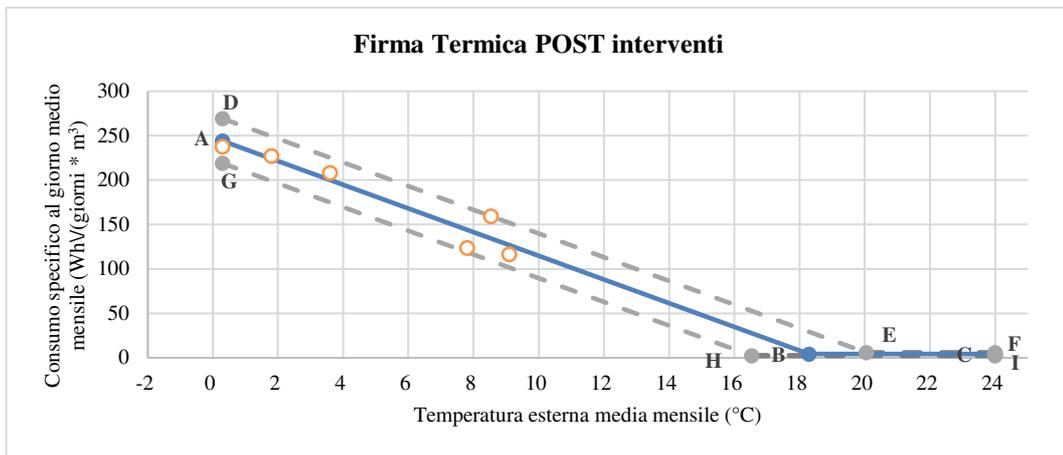


Grafico 43 - Firma energetica post interventi. Edificio con codice numerico 116

Come si può osservare dal grafico di cui sopra, la temperatura al di sotto della quale, nella situazione post interventi, si inizia a scaldare l'edificio è quella individuata dal caposaldo B, ovvero 18,3°C.

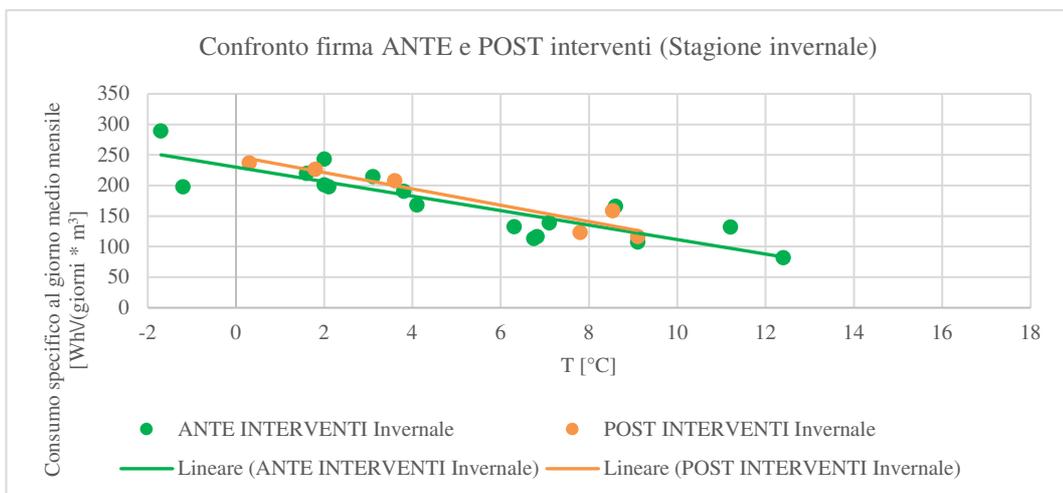


Grafico 44 - Confronto firme energetiche ANTE e POST interventi. Stagione invernale. Edificio con codice numerico 116

6.4 Distribuzione di frequenze: pendenze firme energetiche ante e post interventi

Mediante una Macro, è stato costruito un foglio Excel denominato “*REPORT bis*” in cui, per ciascun edificio analizzato, fossero riportate le seguenti informazioni:

- id.edificio (ovvero codice alfanumerico quale unione di “ED” e “codice numerico edificio”);
- tag destinazione d’uso;
- volumetria riscaldata [m³];
- anno intervento (0 se edificio che non ha subito interventi);
- tag intervento;
- *pendenza* firma energetica ante interventi;
- *intercetta* firma energetica ante interventi;
- *pendenza* firma energetica post interventi;
- *intercetta* firma energetica post interventi;

L’algoritmo scritto in VBA, apre il file Excel delle firme energetiche *di un edificio alla volta* (in base al codice numerico contenuto all’interno di un vettore (Array) dove i = codice numerico, inserito in un ciclo for), copia e incolla a partire dalla cella A(x) (dove x è un contatore impostato che parta da $x = 2$) del foglio “*REPORT bis*”, *una alla volta* le informazioni di cui nell’elenco soprastante (contenute nei diversi fogli del file Excel delle firme energetiche di ciascun edificio). Concluse tali operazioni incrementa il valore del contatore x , ovvero $x = x + 1$. In questo modo terminato il ciclo for per l’edificio con codice numerico “ i ” e chiuso il rispettivo file Excel, la Macro, iterando le operazioni anzidette per l’edificio con il codice numerico successivo (Next i), va a copiare le informazioni (di cui nell’elenco soprastante) a partire dalla cella A(x) della riga susseguente. Il tutto è ripetuto fino all’ultimo termine dell’Array.

Ai dati nell’elenco di cui sopra, *per ogni edificio*, si aggiungono:

- T_1 , ovvero valore di temperatura costante pari a 0°C;
- T_2 , ovvero valore di temperatura costante pari a 20°C;
- Consumo₁ ante interventi, ovvero (*pendenza ante* interventi* T_1 + *intercetta ante* interventi);
- Consumo₂ ante interventi, ovvero (*pendenza ante* interventi* T_2 + *intercetta ante* interventi);
- Consumo₁ post interventi, ovvero (*pendenza post* interventi* T_1 + *intercetta post* interventi);
- Consumo₂ post interventi, ovvero (*pendenza post* interventi* T_2 + *intercetta post* interventi);

Consumo₁ e Consumo₂ ante e post interventi sono espressi in Wh/(giorni*m³).

Avendo compreso al paragrafo 5.2 come *scl* fosse la destinazione d’uso con la frequenza assoluta maggiore e relativamente ad essa, *int_AB* fosse la combinazione di interventi con la frequenza assoluta maggiore, si è deciso di concentrare la successiva trattazione su tali edifici con tag intervento *int_AB*.

È stata svolta un’analisi statistica in merito alla distribuzione di frequenze delle pendenze ante e post interventi, *in base ai codici numerici degli edifici riepilogati per conteggio*.

Il punto di partenza è stato realizzare una tabella Pivot organizzata nel seguente modo:

- campo *Filtri*: inseriti i campi
 - codice numerico edificio;
 - tag destinazione d'uso;
 - tag intervento;
- campo *Colonne*: vuoto;
- campo *Righe*: inserito il campo pendenze ante interventi (valori arrotondati all'unità);
- campo Σ *Valori*: inserito il campo codice numerico degli edifici, riepilogando i dati per *conteggio*.

Si rimanda all'immagine di cui sotto.

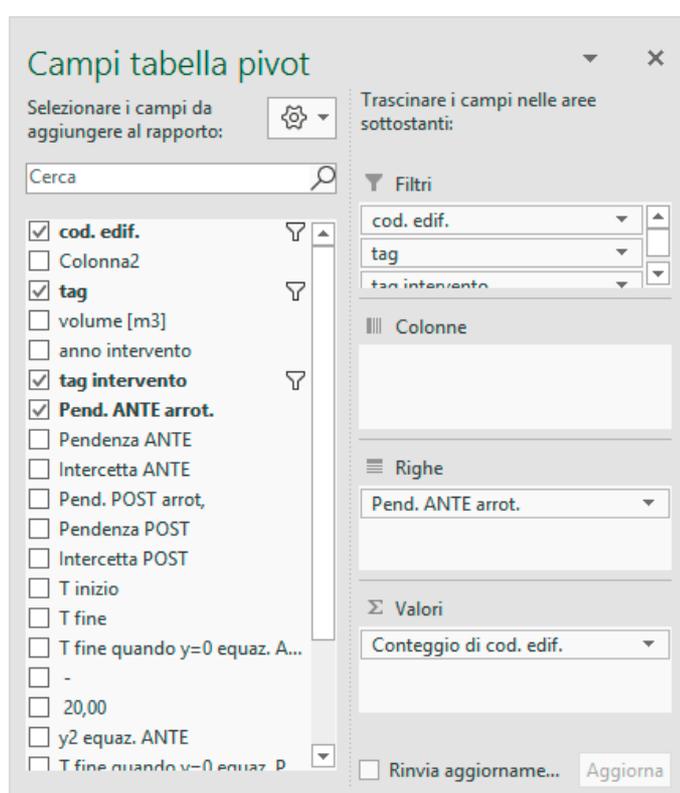


Figura 15 - Interfaccia per costruzione tabella Pivot con dati da foglio "REPORT bis"

Riguardo ai campi filtrati: *codice numerico edificio* è stato filtrato al fine di escludere le anomalie individuate al paragrafo precedente; *tag destinazione d'uso* è stato filtrato al fine di analizzare unicamente gli edifici *scl*; *tag intervento* è stato filtrato al fine di indagare gli edifici su cui sono stati eseguiti interventi *int_AB*.

Sono state così create le tabelle Pivot che seguono:

- *Pivot pendenze firme energetiche ante interventi:*

Tabella 88 - Tabella Pivot in base alle classi di frequenza delle pendenze delle firme ante interventi (RIGHE) ed al conteggio dei codici numerici degli edifici (COLONNE) con pendenze che ricadono all'interno delle suddette classi di frequenza. Filtri applicati a codice numerico edificio, tag destinazione d'uso, tag intervento

Filtri	
cod. edif.	(più elementi)
tag	scl
tag intervento	int_AB
Etichette di riga	Conteggio di cod. edif.
-24--23	1
-22--21	1
-20--19	6
-18--17	2
-16--15	9
-14--13	7
-12--11	11
-10--9	5
-8--7	2
-6--4	1
Totale complessivo	45

In merito alla tabella soprastante: si nota che le pendenze delle firme energetiche ante interventi sono state raggruppate in classi di frequenza con ampiezza 1. Inoltre, si capisce come gli edifici scolastici (scl) sui quali è stato eseguito la tipologia di intervento int_AB siano 45 sul totale di 111 edifici analizzati. Infine, si osserva che la classe (-12_-11) sia quella con la frequenza assoluta maggiore in quanto, in base al conteggio, 11 edifici sui 45 totali (edifici scl e int_AB) presentano valore di pendenza della firma energetica ante interventi che ricade all'interno di essa.

I dati contenuti nella tabella vengono rappresentati con un grafico a colonne:

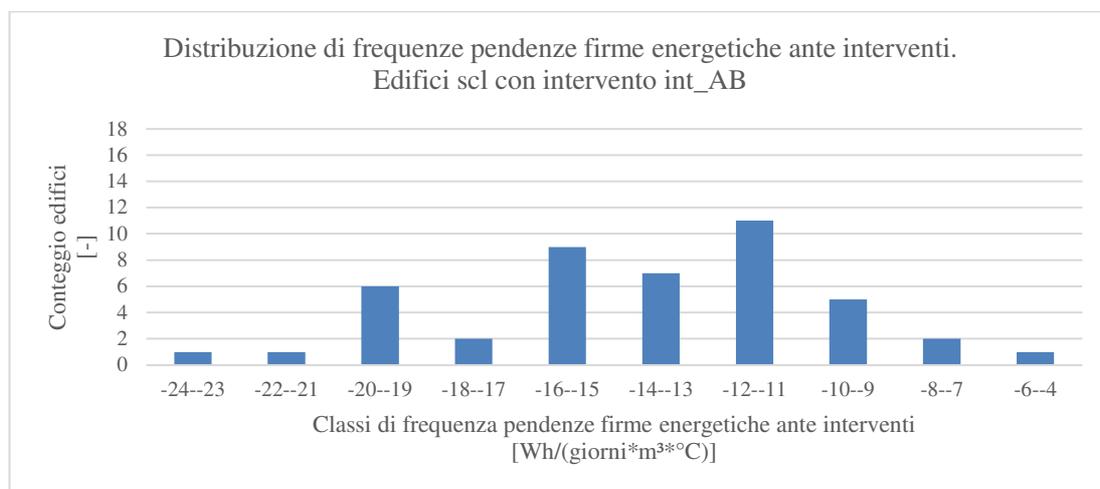


Grafico 45 - Distribuzione di frequenze delle pendenze delle firme energetiche ante interventi. Edifici scolastici (scl) con intervento int_AB.

In merito al grafico di cui sopra: la lettura del grafico è analoga a quella della tabella: ad esempio, gli edifici scl con interventi int_AB e con valore di pendenza della firma energetica ante interventi ricompreso nella classe di frequenza (-16_-15) delle già citate pendenze, sono 9 sui 45 edifici totali con la suddetta destinazione d'uso e tipologia di intervento.

- *Pivot pendenze firme energetiche post interventi:*

Tabella 89 - Tabella Pivot in base alle classi di frequenza delle pendenze delle firme post interventi (RIGHE) ed al conteggio dei codici numerici degli edifici (COLONNE) con pendenze che ricadono all'interno delle suddette classi di frequenza. Filtri applicati a codice numerico edificio, tag destinazione d'uso, tag intervento

Filtri	
cod. edif.	(più elementi)
tag	scl
tag intervento	int_AB
Etichette di riga	Conteggio di cod. edif.
-18--17	3
-16--15	3
-14--13	10
-12--11	7
-10--9	17
-8--7	4
-6--5	1
Totale complessivo	45

In merito alla tabella soprastante: analoghe considerazioni a quelle della tabella precedente. Si osserva che la classe (-10_-9) sia quella con la frequenza assoluta maggiore in quanto, in base al conteggio, 17 edifici sui 45 totali (scl e int_AB) presentano valore di pendenza della firma energetica post interventi che ricade all'interno di essa.

I dati contenuti nella tabella vengono rappresentati con un grafico a colonne:

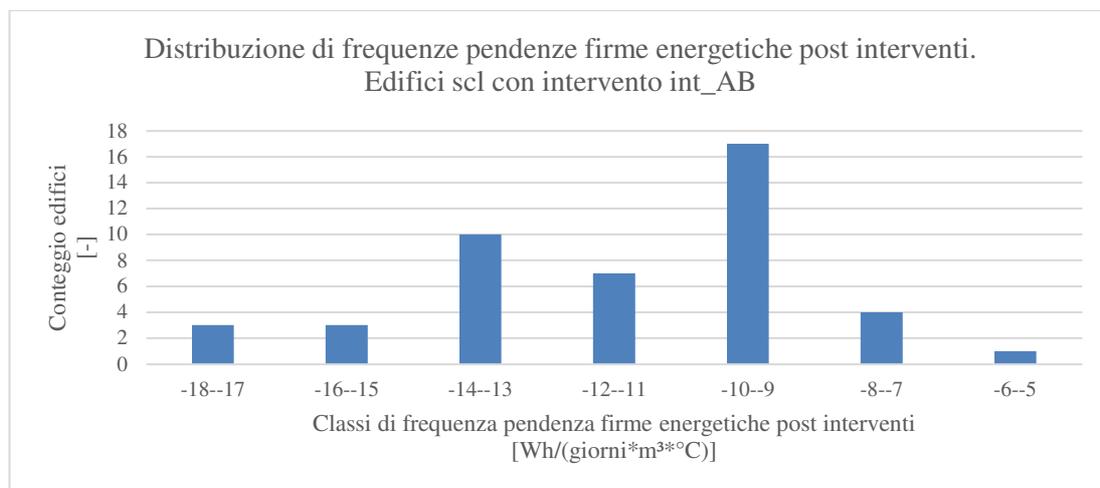


Grafico 46 - Distribuzione di frequenze delle pendenze delle firme energetiche post interventi. Edifici scolastici (scl) con intervento int_AB

In merito al grafico di cui sopra: la lettura del grafico è analoga a quella della tabella: ad esempio, gli edifici scl con interventi int_AB e con valore di pendenza della firma energetica post interventi ricompreso nella classe di frequenza (-14_-13) delle già citate pendenze, sono 10 sui 45 edifici totali con la suddetta destinazione d'uso e tipologia di intervento.

Per meglio comprendere *come cambiano ante e post interventi* le pendenze delle firme energetiche, si è proceduto a rappresentare su di un unico grafico a colonne le classi di frequenza delle suddette pendenze *sulla base del conteggio dei codici numerici degli edifici (scl e int_AB)*.

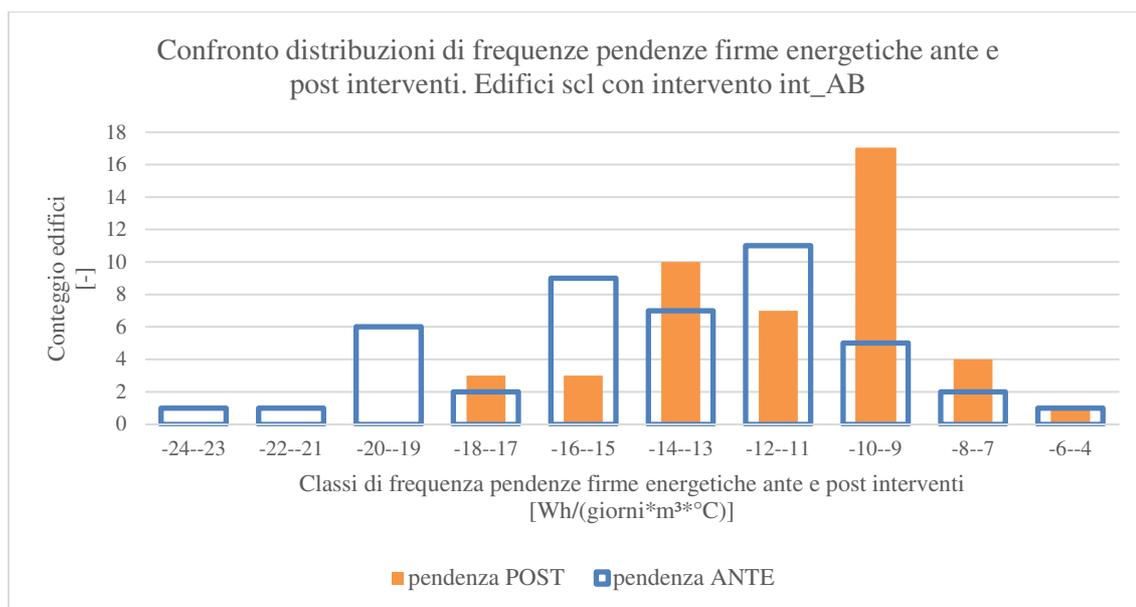


Grafico 47 – Confronto distribuzioni di frequenze delle pendenze delle firme energetiche ante e post interventi. Edifici scolastici (scl) con intervento int_AB

In merito al grafico di cui sopra: il grafico deve essere letto da sinistra verso destra in quanto trattasi di valori *negativi* delle pendenze delle firme energetiche (stagione invernale). Si può osservare come, dal confronto tra la situazione ante e post interventi, i valori di pendenza delle firme energetiche, a seguito degli interventi int_AB eseguiti, si siano ridistribuiti. Si è infatti passati da un valore di picco ante operam nella classe di frequenza (-12_-11) delle pendenze ad un valore di picco post operam nella classe di frequenza (-10_-9). I picchi, in base al conteggio del codice numerico degli edifici, delle pendenze delle firme energetiche post interventi all'interno delle classi di frequenza (-10_-9), 17 edifici, e (-14_-13), 10 edifici, sono stati ulteriormente analizzati e rappresentati mediante grafici a dispersione xy con linee rette.

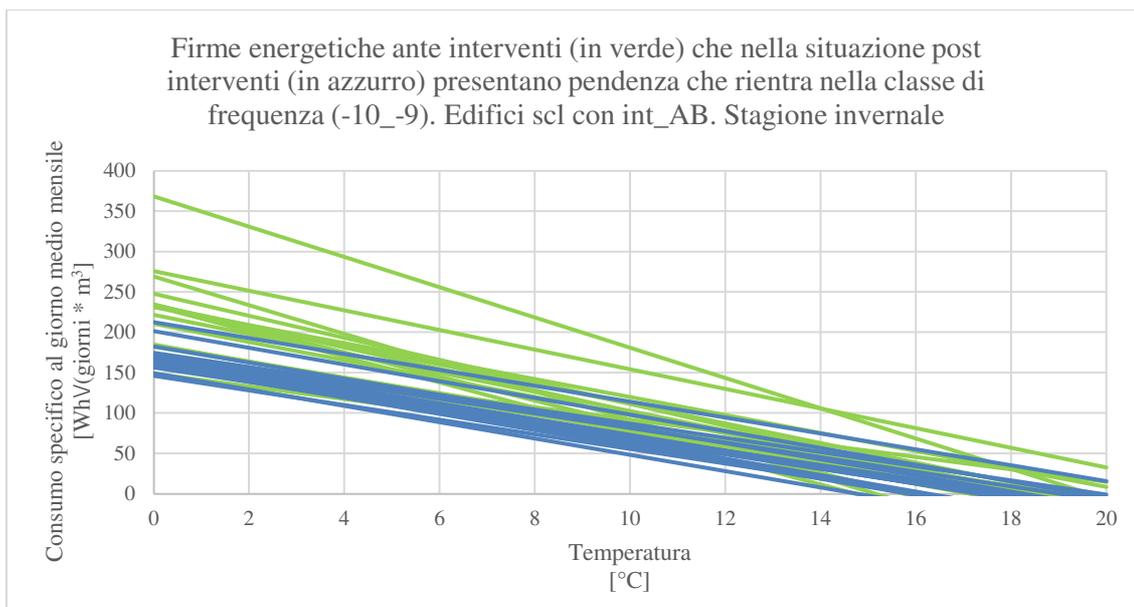


Grafico 48 – Firme energetiche ante interventi (in verde) che nella situazione post interventi (in azzurro) presentano pendenza che rientra nella classe di frequenza (-10_-9). Edifici scolastici (scl) con intervento int_AB. Stagione invernale

In merito al grafico di cui sopra: in verde sono rappresentate le firme energetiche ante interventi dei 17 edifici scolastici (scl) che nella situazione post interventi, in azzurro, a seguito dell'intervento int_AB presentano firme energetiche con pendenze che ricadono all'interno della classe di frequenza (-10_-9) delle suddette pendenze. Si passa pertanto da una rappresentazione delle firme energetiche più dispersa (in verde) ad una meno dispersa (in azzurro). Ciò è spiegabile principalmente per la migliore regolazione degli impianti a seguito dell'Upgrade del sistema di Telecontrollo (vedasi intervento int_B al paragrafo 5.2). I consumi degli edifici, con pendenza delle firme energetiche post interventi che rientra nella classe di frequenza (-10_-9) delle suddette pendenze, passano da un valor medio ante interventi a 0°C di circa 225 Wh/(giorni*m³) ad un valor medio post interventi a 0°C di circa 170 Wh/(giorni*m³), ovvero c'è una diminuzione di consumi di circa il 32%.

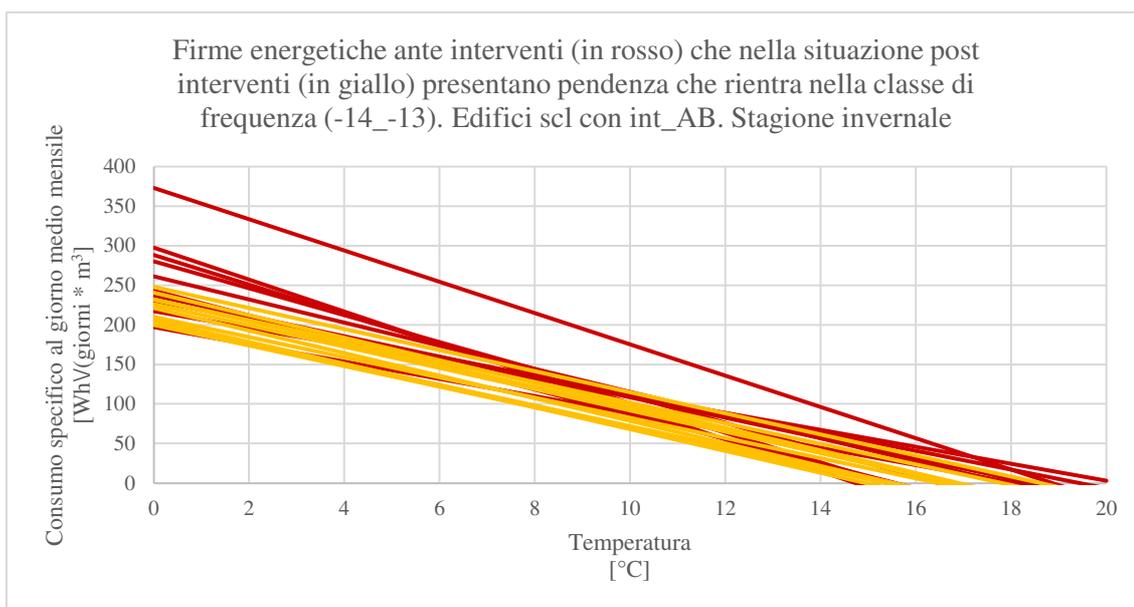


Grafico 49 - Firme energetiche ante interventi (in rosso) che nella situazione post interventi (in giallo) presentano pendenza che rientra nella classe di frequenza (-14_-13). Edifici scolastici (scl) con intervento int_AB. Stagione invernale

In merito al grafico di cui sopra: analoghe considerazioni già fatte per il grafico precedente. In rosso sono rappresentate le firme energetiche ante interventi dei 10 edifici scolastici (scl) che nella situazione post interventi, in giallo, a seguito dell'intervento int_AB presentano firme energetiche con pendenze che ricadono all'interno della classe di frequenza (-14_-13) delle suddette pendenze. Si passa pertanto da una rappresentazione delle firme energetiche più dispersa (in rosso) ad una meno dispersa (in giallo). Ciò è spiegabile principalmente per la migliore regolazione degli impianti a seguito dell'Upgrade del sistema di Telecontrollo (vedasi intervento int_B al paragrafo 5.2). I consumi degli edifici, con pendenza delle firme energetiche post interventi che rientra nella classe di frequenza (-14_-13) delle suddette pendenze, passano da un valor medio ante interventi a 0°C di circa 262 Wh/(giorni*m³) ad un valor medio post interventi a 0°C di circa 220 Wh/(giorni*m³), ovvero diminuiscono di circa il 16%.

Occorre fare la seguente *osservazione*: dal punto di vista termotecnico, gli interventi int_AB (Riqualificazione C.T. insieme ad Upgrade del sistema di Telecontrollo) eseguiti sui suddetti edifici hanno modificato i rendimenti di generazione (η_{gen}) e di regolazione (η_{reg}). Questa variazione di rendimenti ante e post operam, teoricamente non potrebbe spiegare le diminuzioni di consumi sopra citate, in quanto riduzioni troppo elevate. Tuttavia tali consumi trovano giustificazione nel momento in cui il funzionamento *reale* del singolo edificio si discosta per temperature di esercizio, anomalie di funzionamento e problemi di gestione dal modello costruito su base normativa che spiega il funzionamento standard di un edificio, ossia quando il funzionamento reale è difforme dai parametri medi standard calcolabili mediante certificazione energetica con Legge 10/91 [13]. Trattasi di due approcci differenti.

Infine, si è deciso di dare un'*ulteriore rappresentazione* del Grafico 47 relativo al confronto delle distribuzioni di frequenze delle pendenze delle firme energetiche ante e post interventi. Si sono combinate le informazioni di cui in *Tabella 88* e *Tabella 89*, tramite una tabella Pivot organizzata nel seguente modo:

- campo *Filtri*: inseriti i campi
 - id.edificio (ovvero codice alfanumerico quale unione di “ED” e “codice numerico edificio”);
 - tag destinazione d'uso;
 - tag intervento;
- campo *Colonne*: inserito il campo pendenze post interventi (valori arrotondati all'unità);
- campo *Righe*: inserito il campo pendenze ante interventi (valori arrotondati all'unità);
- campo Σ *valori*: inserito il campo id.edificio, riepilogando i dati per *conteggio*.

Si rimanda all'immagine di cui sotto.

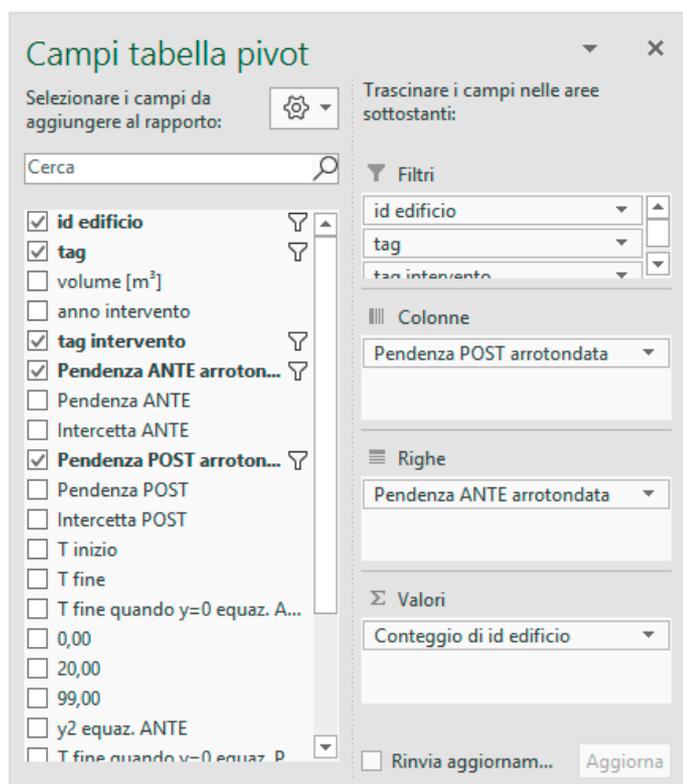


Figura 16 - Interfaccia per costruzione tabella Pivot di combinazione pendenze firme energetiche ante e post interventi (valori arrotondati all'unità)

Riguardo ai campi filtrati: analoghe considerazioni a quelle già riportate in riferimento alla Figura 15.

Tabella 90 - Tabella Pivot in base alle pendenze delle firme ante interventi (RIGHE), alle pendenze delle firme post interventi (COLONNE) ed al conteggio dei codici id. edificio degli edifici (CELLE). Filtri applicati a codice numerico edificio, tag destinazione d'uso, tag intervento

	-18	-17	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-5
-24	1											
-21			1									
-20					2							
-19				1		2		1				
-18									1			
-17				1								
-16	1				1			1		1		
-15			1		1	1		1				1
-14		1							1			
-13				1		1	2		1			
-12					1	1		2	1			
-11			1	1	1			1	2			
-10								1	2		1	
-9											1	
-8								2				
-4										1		

Per maggior chiarezza di rappresentazione, è stata creata una *matrice quadrata* sulla base dei dati presenti nella tabella Pivot soprastante:

Tabella 91 - Matrice quadrata con pendenze delle firme ante interventi (RIGHE), pendenze delle firme post interventi (COLONNE) e conteggio dei codici id. edificio degli edifici (CELLE). Edifici scolastici (scl) con intervento int_AB

	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4		
-24							1																1
-23																							0
-22																							0
-21									1														1
-20											2												2
-19										1		2		1									4
-18																1							1
-17											1												1
-16							1					1			1		1						4
-15										1		1	1		1						1		5
-14								1									1						2
-13											1		1	2			1						5
-12												1	1			2	1						5
-11										1	1	1				1	2						6
-10																1	2		1				4
-9																			1				1
-8																2							2
-7																							0
-6																							0
-5																							0
-4																							1
	0	0	0	0	0	0	2	1	0	3	4	6	5	2	9	8	2	2	0	1	0		

In merito alla tabella soprastante: trattasi dei 45 edifici scl su cui sono stati eseguiti interventi int_AB. Se nulla fosse cambiato tra la situazione ante e post interventi, unicamente la diagonale principale della matrice avrebbe dovuto essere popolata. Invece, avendo eseguito gli interventi sopra citati, si osserva come vi sia una redistribuzione delle pendenze, in base al conteggio degli edifici, delle firme ante e post interventi. Idealmente avrebbe dovuto popolarsi solo la parte al di sopra della diagonale principale della matrice, tuttavia, si osserva che:

- 32 edifici hanno una pendenza della firma energetica post interventi *minore* (al di sopra della diagonale principale) rispetto a quella della firma energetica ante interventi;
- 3 edifici hanno pendenza *uguale* della firma energetica ante e post interventi (sulla diagonale principale), probabilmente ciò che è cambiato è l'intercetta della firma energetica e non la pendenza;
- 10 edifici hanno pendenza della firma energetica post interventi *maggiore* (al di sotto della diagonale principale) rispetto a quella della firma energetica ante interventi;

Ad esempio: gli edifici che presentavano pendenza della firma energetica ante interventi pari a -24, nella situazione post interventi presentano un valore pari a -18 (miglioramento: *al di sopra della diagonale della matrice*). Gli

edifici che presentavano pendenza ante interventi pari a -16, nella situazione post interventi hanno una distribuzione più varia, ovvero presentano valori pari a -18 (peggioramento: *al di sotto della diagonale della matrice*), -13, -10, -8 (miglioramenti: *al di sopra della diagonale della matrice*). Gli edifici che presentavano pendenza della firma energetica ante interventi pari a -15, nella situazione post interventi presentano valori pari a -15 (invariato: *sulla diagonale della matrice*), -13, -12, -10, -5 (miglioramenti: *al di sopra della diagonale della matrice*).

Come si nota dalla matrice, a destra è stata calcolata, *per righe*, la somma degli edifici che ricadono con valore di pendenza all'interno di ciascuna classe di pendenza delle firme energetiche *ante interventi* ricavando in questo modo, per conteggio, la rispettiva distribuzione delle pendenze; in basso, *per colonne*, è stata calcolata la somma degli edifici che ricadono con valore di pendenza all'interno di ciascuna classe di pendenza delle firme energetiche *post interventi* ricavando in questo modo, per conteggio, la rispettiva distribuzione delle pendenze. Si può così osservare che i valori di pendenza più frequenti della firma energetica post interventi siano -10 (9 edifici) e -9 (8 edifici), perciò in totale 17 edifici. Ciò a conferma del dato che già si conosceva da Grafico 47 (conteggiati 17 edifici all'interno della classe di frequenza (-10_9) delle pendenze delle firme energetiche post interventi).

Le suddette somme per righe (ante interventi) e per colonne (post interventi) sulla base del conteggio degli edifici, sono state infine colorate tramite *formattazione condizionale su scala di colori verde – giallo – rosso* dove verde è il colore del valore più frequente di conteggio degli edifici riferito alla rispettiva classe di frequenza di pendenza della firma energetica (9 edifici con pendenza firma energetica post interventi, all'interno della classe -10).

Tabella 92 – Conteggio degli edifici riferiti alle rispettive classi di frequenza (ampiezza 1) di pendenza delle firme energetiche

Pendenza ANTE	1	0	0	1	2	4	1	1	4	5	2	5	5	6	4	1	2	0	0	0	1
Pendenza POST	0	0	0	0	0	0	2	1	0	3	4	6	5	2	9	8	2	2	0	1	0

Le classi di frequenza di pendenza delle firme energetiche vengono infine ridefinite raggruppandole a due a due così da poter facilmente confrontare la tabella seguente con Grafico 47.

Tabella 93 - Conteggio degli edifici riferiti alle rispettive classi di frequenza (a gruppi di 2) di pendenza delle firme energetiche

Pendenza ANTE	1	1	6	2	9	7	11	5	2	0	1
Pendenza POST	0	0	0	3	3	10	7	17	4	1	0

Si tratta di un diverso modo di lettura, basato sui colori piuttosto che su di un grafico a colonne, del Grafico 47, per capire come si sono ridistribuite le pendenze, in base al conteggio degli edifici, dalla situazione ante operam alla situazione post operam.

7 Conclusioni

L'obiettivo della tesi è stato la valutazione dei risultati di risparmio energetico conseguibili a seguito di interventi di riqualificazione energetica eseguiti dall'Esco ANTAS S.r.l. su uno stock di edifici ad uso della Pubblica Amministrazione della Città Metropolitana di Torino, attraverso due differenti modelli di analisi: la definizione dei consumi specifici destagionalizzati e l'applicazione della metodologia della firma energetica.

Il primo modello ha permesso di indagare da un punto di vista più generale e complessivo i consumi specifici destagionalizzati dei singoli edifici e vedere la loro evoluzione nel tempo a seguito degli interventi eseguiti. Il secondo modello ha invece permesso un'analisi più dettagliata del comportamento termico di ogni edificio per ciascun mese di tutte le stagioni termiche e di accorgersi anche di anomalie nei valori di consumo, imputabili a problemi di funzionamento e/o di gestione degli impianti e/o di modifica nelle modalità di utilizzo da parte degli utenti, che unicamente con il primo metodo di analisi difficilmente si sarebbero potute cogliere.

Nonostante alcuni problemi legati all'acquisizione dei dati dal lato gestore, l'uso combinato di entrambi i metodi si è rivelato uno strumento di analisi valido, a livello della Pubblica Amministrazione, per fare un confronto tra edifici di un ampio parco edilizio con caratteristiche di consumo, architettoniche e geografiche differenti.

Occorre tuttavia precisare che in diversi casi si è ottenuta una riduzione di consumi energetici tra ante e post operam, a seguito degli interventi eseguiti sui singoli edifici, superiore a quella che sarebbe derivata dall'applicazione del caso da letteratura tecnica. Ciò trova in parte anche spiegazione nelle anomalie di consumo riscontrate, che hanno in alcuni casi favorito il gestore nel raggiungimento degli obiettivi di risparmio offerti in sede di gara. A fronte di questa considerazione si può pertanto affermare che prima di procedere con gli interventi previsti sarebbe stato bene cercare di analizzare con maggiore attenzione i valori di consumo disponibili, mediante ad esempio lo strumento della firma energetica, ed il possibile scenario di consumo futuro e vedere in questo modo se si sarebbe potuti giungere ad un risultato con un ordine di grandezza uguale o simile attraverso interventi minori e agire pertanto su altri edifici interni alla Convenzione Servizio Integrato Energia.

8 Bibliografia

- [1] ENEA, *I numeri dell'energia*, Roma, 2015.
- [2] Citterio e Fasano, *Indagine sui consumi degli edifici pubblici (direzionale e scuole) e potenzialità degli interventi di efficienza energetica* - ENEA, 2009.
- [3] ANTAS, *Allegato 5 - Capitolato Tecnico per l'affidamento del Servizio Integrato Energia*.
- [4] ANTAS, *Piano Tecnico Economico rev.1*.
- [5] *D.P.R n°. 492 del 26 agosto 1993*, 1993.
- [6] ANTAS, *Interventi di riqualificazione energetica_2016*, 2016.
- [7] ANTAS, *Interventi di riqualificazione energetica_2017*, 2017.
- [8] AEEG, *Delibera EEN 9/11*, 2011.
- [9] V. Francescato, A. Paniz, M. Negrin, E. Antonini e L. Zuccoli, in *LEGNA, CIPPATO E PELLETT*, AIEL - Associazione Italiana Energie Agroforestali, 2012, p. 28.
- [10] Politecnico di Torino - Dipartimento Energia, *PROBIS Allegato C - Definizione e validazione della firma energetica ante-operam dell'edificio*.
- [11] Politecnico di Torino - Dipartimento Energia, *PROBIS Allegato I - Metodologia di calcolo del risparmio energetico a consuntivo*.
- [12] ANTAS, *05_Allegato 1 - Città Metropolitana di Torino*.
- [13] Ministero dell'Economia e delle Finanze, *Legge 9 gennaio 1991, n. 10 - Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia..*

9 Allegati

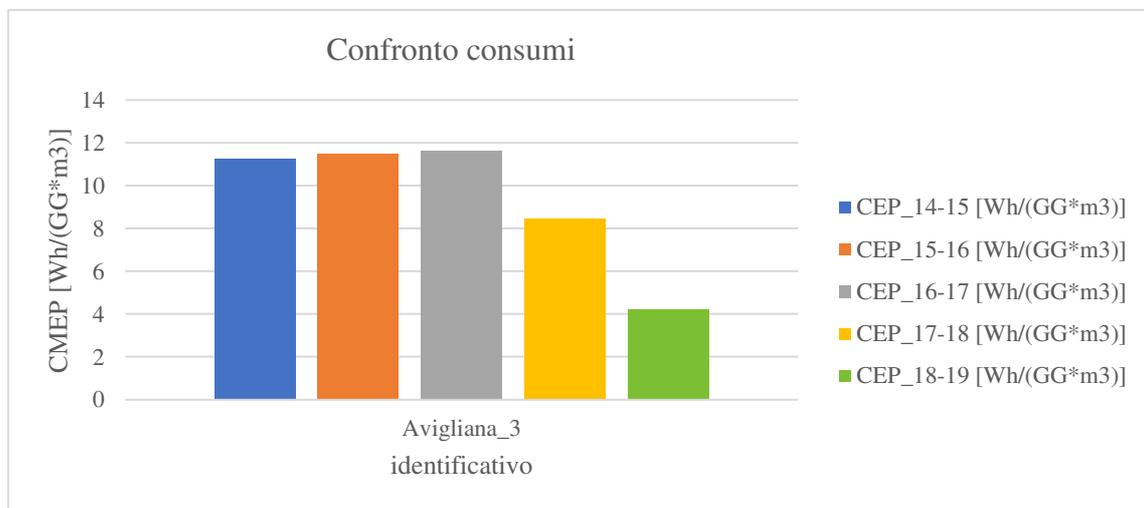
Nel seguito si riportano a titolo d'esempio:

- i grafici a colonne raggruppate dei consumi specifici destagionalizzati degli edifici scolastici (scl) con codice numerico 3, 5, 23, 38, 40, 44, 45, 48, 54, 61 su cui sono stati eseguiti interventi del tipo int_AB nelle stagioni termiche indagate;
- le rispettive firme energetiche ante e post operam;
- il foglio "*REPORT*" con le informazioni di codice numerico, tag destinazione d'uso, volumetria riscaldata [m³], anno intervento e tipologia di interventi di tutti gli edifici analizzati.

cod. edif. 3

anno intervento 2018

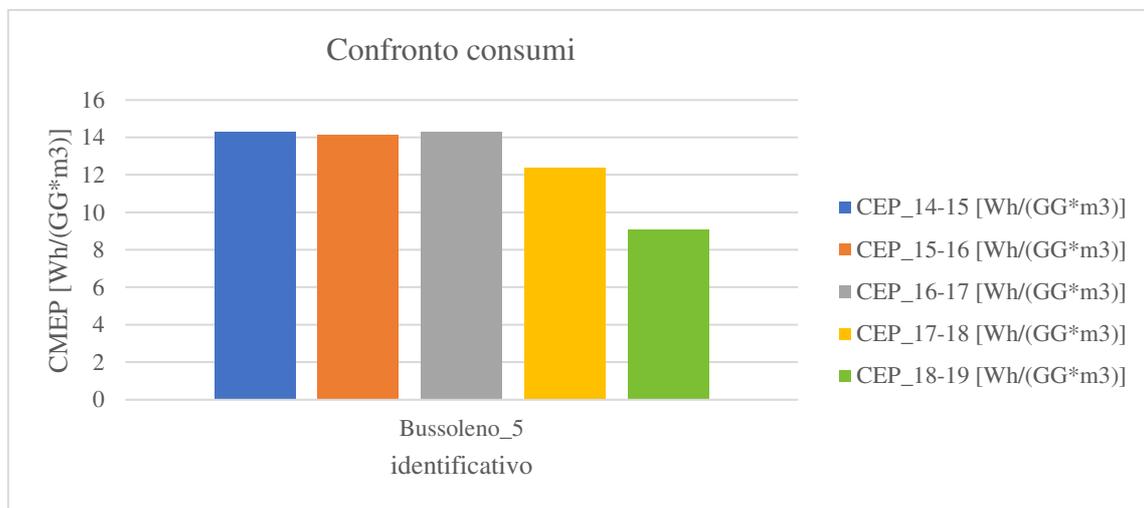
interventi:	Riqualificazione CT	Upgrade sistema telecontrollo	Ottimizzazione sottostazione ACS	Ottimizzazione sottostazione distribuzione	Riqualificazione circuiti distribuzione
	Sì	Sì	/	/	/
identificativo	CEP_14-15 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_15-16 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_16-17 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_17-18 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_18-19 [Wh/(GG*m ³)]
Avigliana_3	11 gas naturale	11 gas naturale	12 gas naturale	8 gas naturale	4 gas naturale



cod. edif. 5

anno intervento 2017

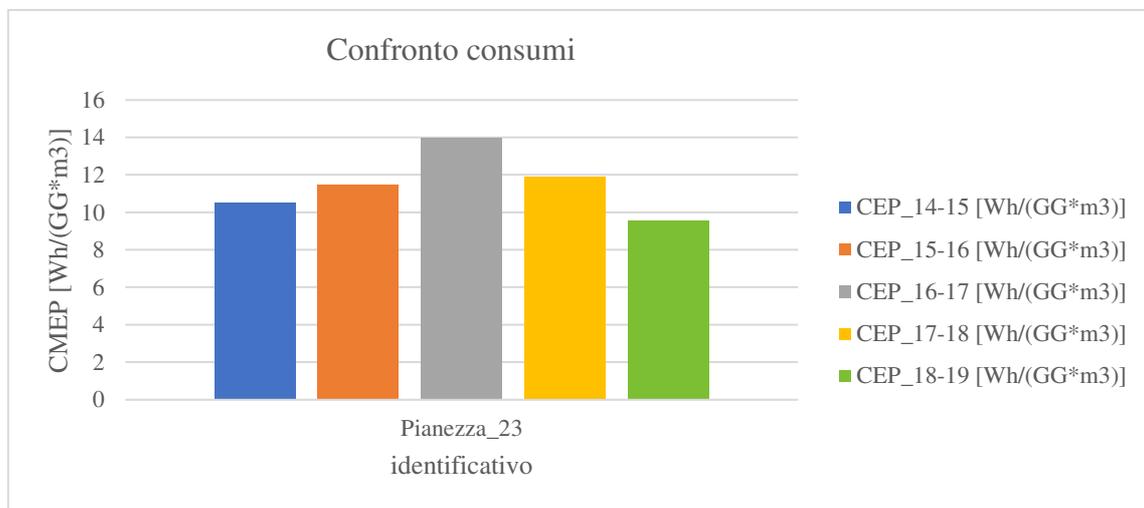
interventi:	Riqualificazione CT	Upgrade sistema telecontrollo	Ottimizzazione sottostazione ACS	Ottimizzazione sottostazione distribuzione	Riqualificazione circuiti distribuzione
	Sì	Sì	/	/	/
identificativo	CEP_14-15 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_15-16 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_16-17 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_17-18 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_18-19 [Wh/(GG*m ³)]
Bussoleno_5	14 gas naturale	14 gas naturale	14 gas naturale	12 gas naturale	9 gas naturale



cod. edif. 23

anno intervento 2018

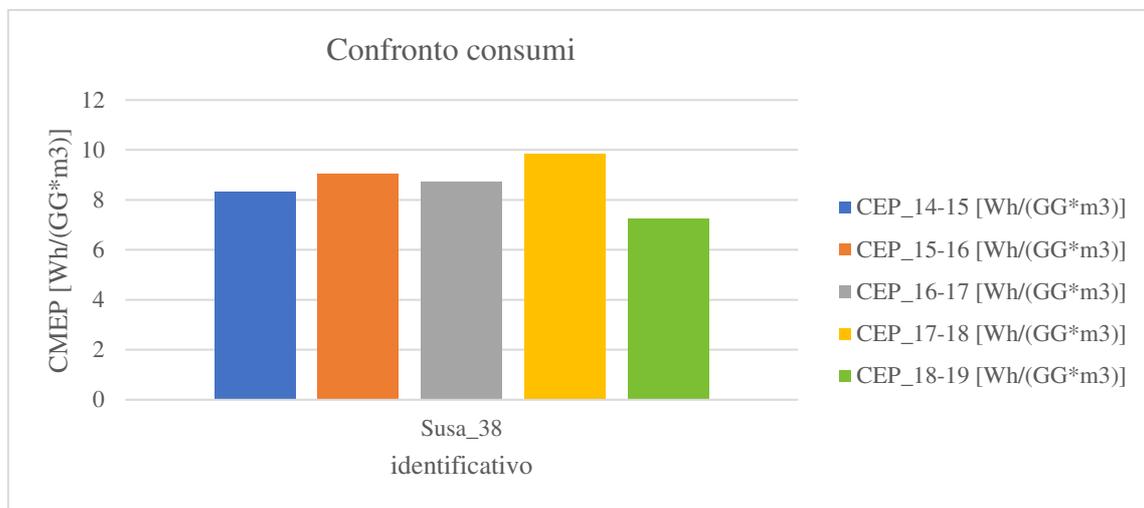
interventi:	Riqualificazione CT	Upgrade sistema telecontrollo	Ottimizzazione sottostazione ACS	Ottimizzazione sottostazione distribuzione	Riqualificazione circuiti distribuzione
	Sì	Sì	/	/	/
identificativo	CEP_14-15 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_15-16 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_16-17 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_17-18 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_18-19 [Wh/(GG*m ³)]
Pianezza_23	11 gas naturale	11 gas naturale	14 gas naturale	12 gas naturale	10 gas naturale



cod. edif. 38

anno intervento 2017

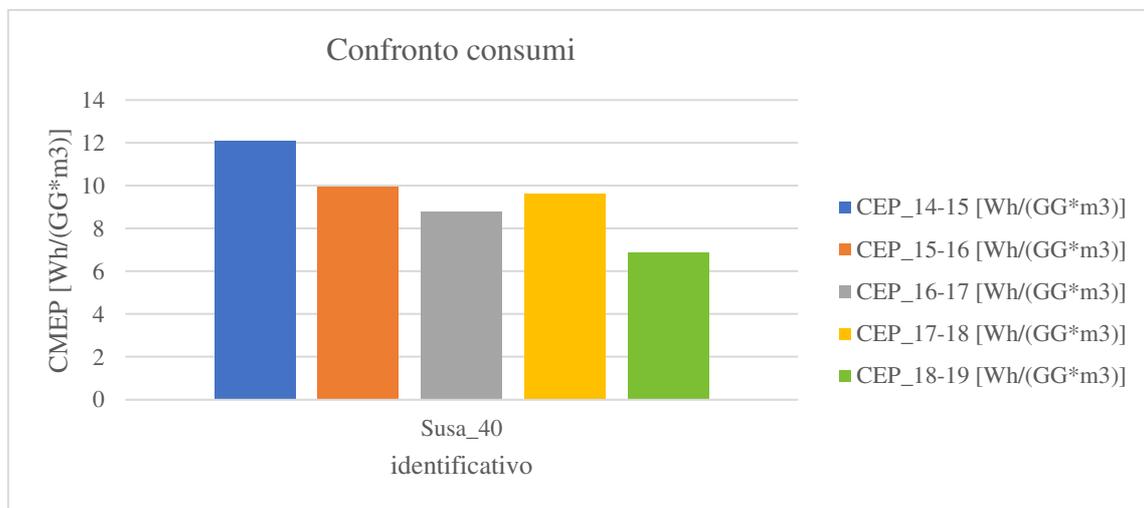
interventi:	Riqualificazione CT	Upgrade sistema telecontrollo	Ottimizzazione sottostazione ACS	Ottimizzazione sottostazione distribuzione	Riqualificazione circuiti distribuzione
	Sì	Sì	/	/	/
identificativo	CEP_14-15 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_15-16 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_16-17 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_17-18 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_18-19 [Wh/(GG*m ³)]
Susa_38	8 gas naturale	9 gas naturale	9 gas naturale	10 gas naturale	7 gas naturale



cod. edif. 40

anno intervento 2017

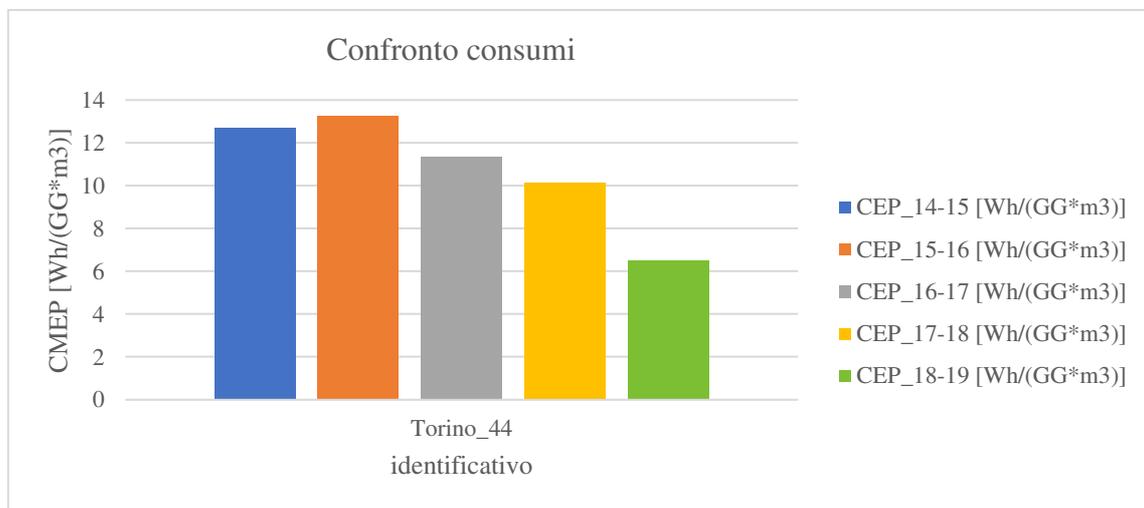
interventi:	Riqualificazione CT	Upgrade sistema telecontrollo	Ottimizzazione sottostazione ACS	Ottimizzazione sottostazione distribuzione	Riqualificazione circuiti distribuzione
	Sì	Sì	/	/	/
identificativo	CEP_14-15 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_15-16 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_16-17 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_17-18 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_18-19 [Wh/(GG*m ³)]
Susa_40	12	10	9	10	7
	gas naturale	gas naturale	gas naturale	gas naturale	gas naturale



cod. edif. 44

anno intervento 2017

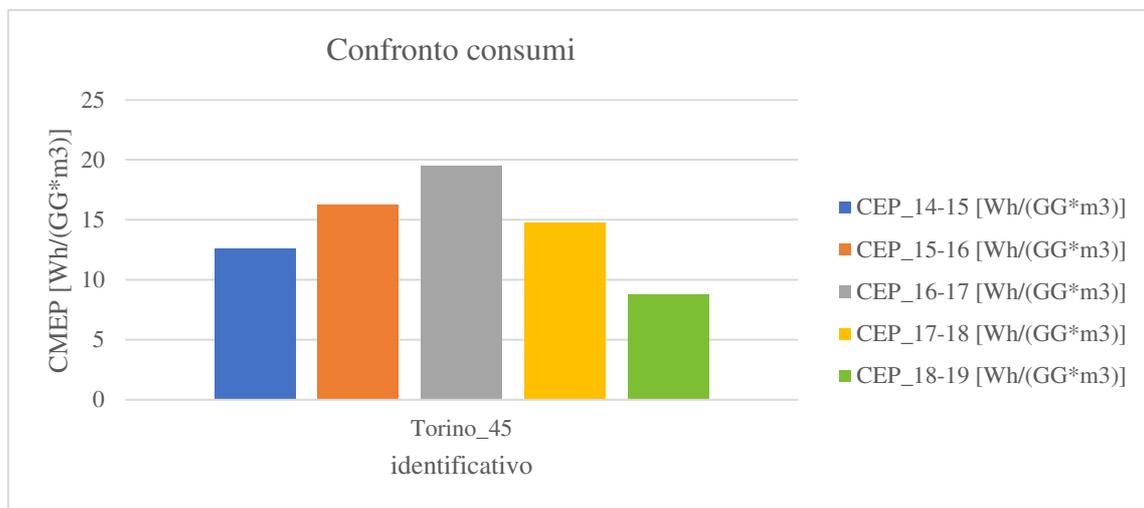
interventi:	Riqualificazione CT	Upgrade sistema telecontrollo	Ottimizzazione sottostazione ACS	Ottimizzazione sottostazione distribuzione	Riqualificazione circuiti distribuzione
	Sì	Sì	/	/	/
identificativo	CEP_14-15 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_15-16 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_16-17 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_17-18 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_18-19 [Wh/(GG*m ³)]
Torino_44	13 gas naturale	13 gas naturale	11 gas naturale	10 gas naturale	7 gas naturale



cod. edif. 45

anno intervento 2018

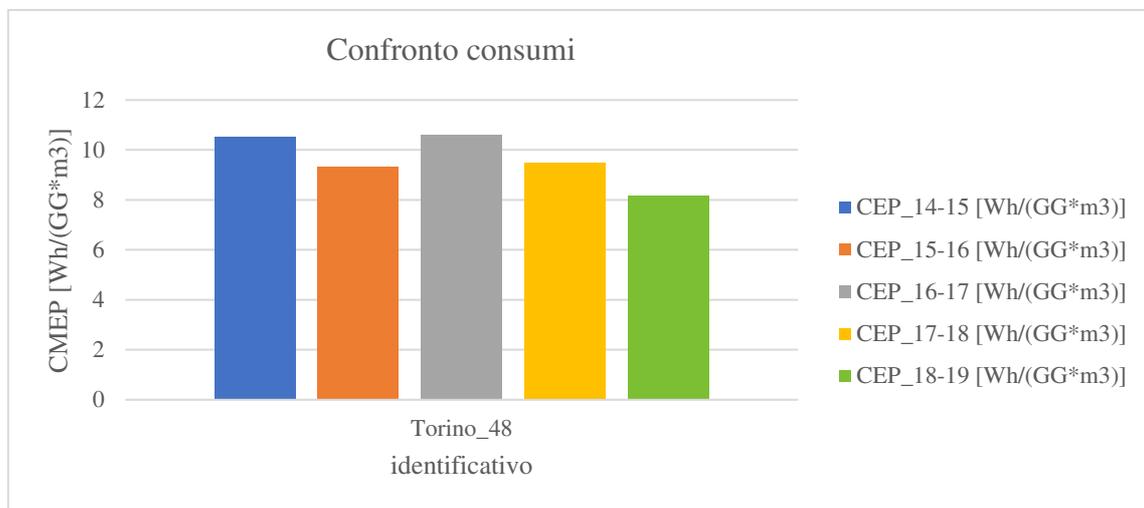
interventi:	Riqualificazione CT	Upgrade sistema telecontrollo	Ottimizzazione sottostazione ACS	Ottimizzazione sottostazione distribuzione	Riqualificazione circuiti distribuzione
	Sì	Sì	/	/	/
identificativo	CEP_14-15 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_15-16 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_16-17 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_17-18 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_18-19 [Wh/(GG*m ³)]
Torino_45	13 gas naturale	16 gas naturale	20 gas naturale	15 gas naturale	9 gas naturale



cod. edif. 48

anno intervento 2017

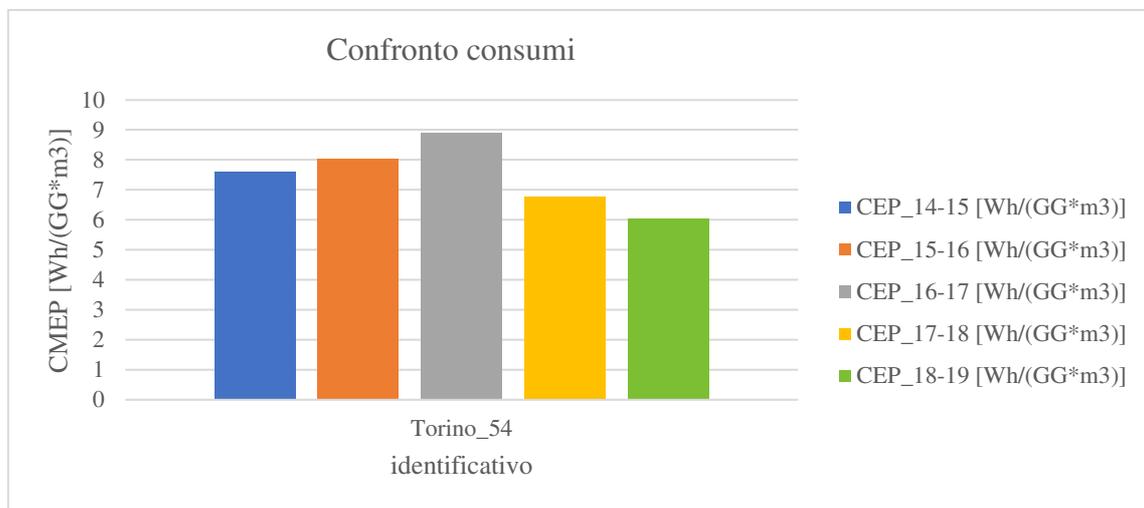
interventi:	Riqualificazione CT	Upgrade sistema telecontrollo	Ottimizzazione sottostazione ACS	Ottimizzazione sottostazione distribuzione	Riqualificazione circuiti distribuzione
	Sì	Sì	/	/	/
identificativo	CEP_14-15 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_15-16 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_16-17 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_17-18 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_18-19 [Wh/(GG*m ³)]
Torino_48	11 gas naturale	9 gas naturale	11 gas naturale	9 gas naturale	8 TLR



cod. edif. 54

anno intervento 2017

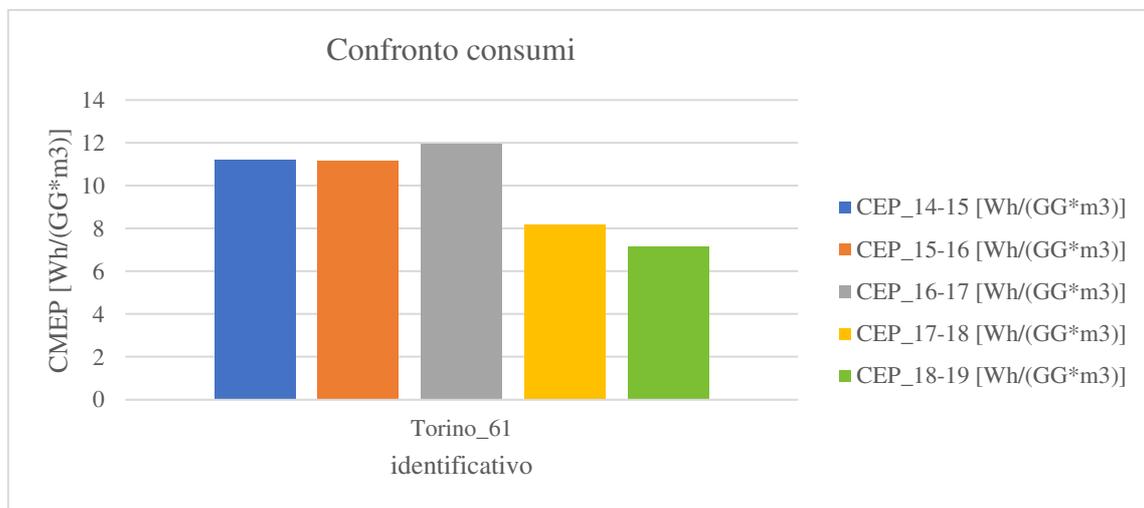
interventi:	Riqualificazione CT	Upgrade sistema telecontrollo	Ottimizzazione sottostazione ACS	Ottimizzazione sottostazione distribuzione	Riqualificazione circuiti distribuzione
	Sì	Sì	/	/	/
identificativo	CEP_14-15 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_15-16 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_16-17 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_17-18 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_18-19 [Wh/(GG*m ³)]
Torino_54	8 gas naturale	8 gas naturale	9 gas naturale	7 gas naturale	6 gas naturale



cod. edif. 61

anno intervento 2017

interventi:	Riqualificazione CT	Upgrade sistema telecontrollo	Ottimizzazione sottostazione ACS	Ottimizzazione sottostazione distribuzione	Riqualificazione circuiti distribuzione
	Sì	Sì	/	/	/
identificativo	CEP_14-15 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_15-16 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_16-17 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_17-18 [Wh/(GG*m ³)]	CEP_18-19 [Wh/(GG*m ³)]
Torino_61	11 gas naturale	11 gas naturale	12 gas naturale	8 gas naturale	7 gas naturale

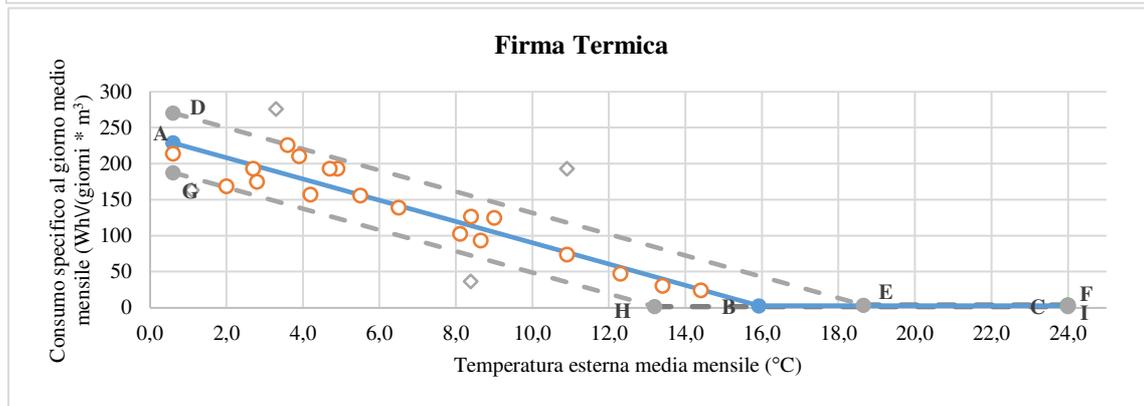
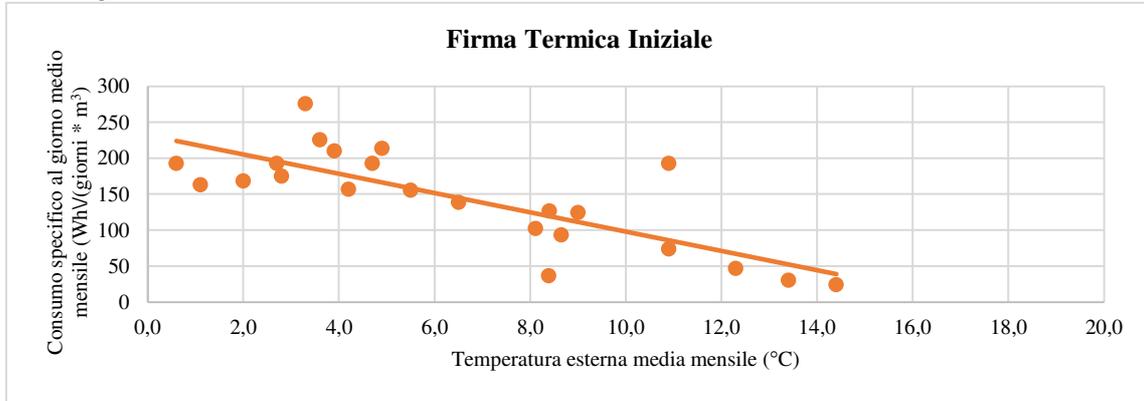


codice edificio	tag	zona climatica	volumetria [m ³]	anno intervento	
3	scl	E	14.530	2018	
interventi:	Riqualificazione CT	Upgrade sistema telecontrollo	Ottimizzazione sottostazione ACS	Ottimizzazione sottostazione distribuzione	Riqualificazione circuiti distribuzione
	Si	Si	/	/	/

Firma Energetica ANTE interventi

$$y = -14,79x + 238,12$$

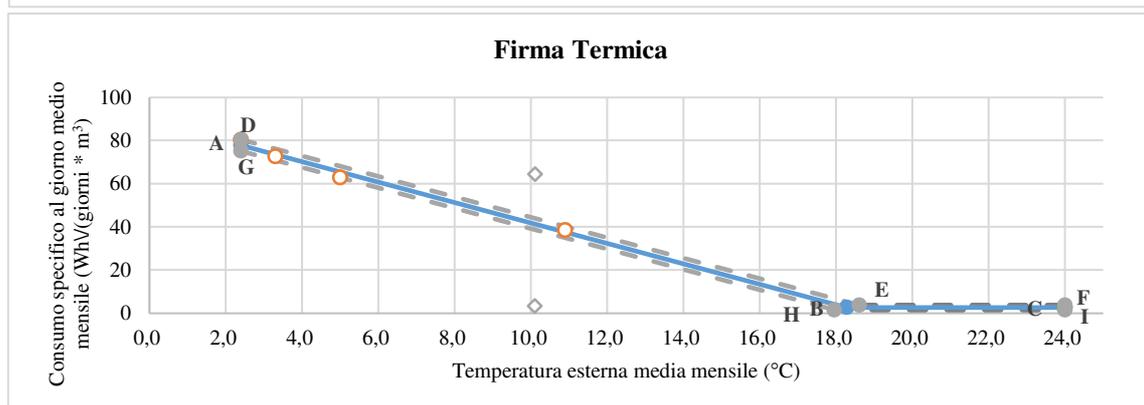
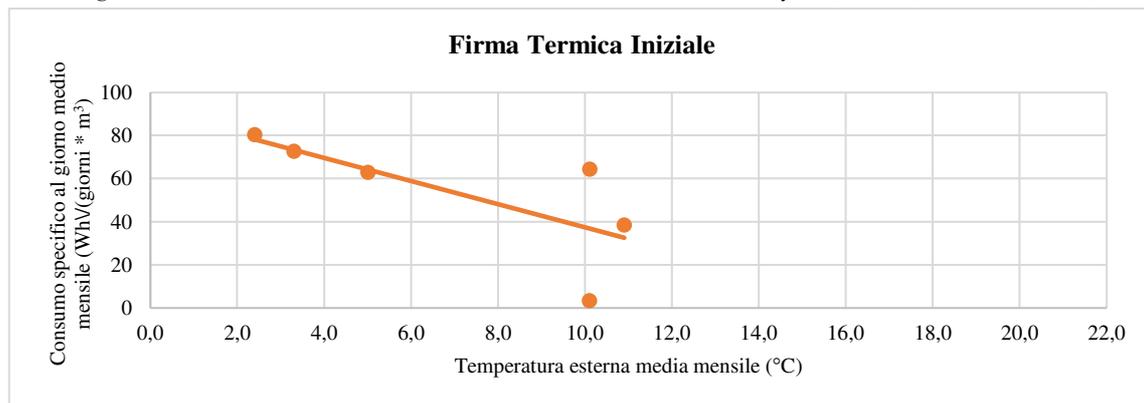
$$R^2 = 0,61$$



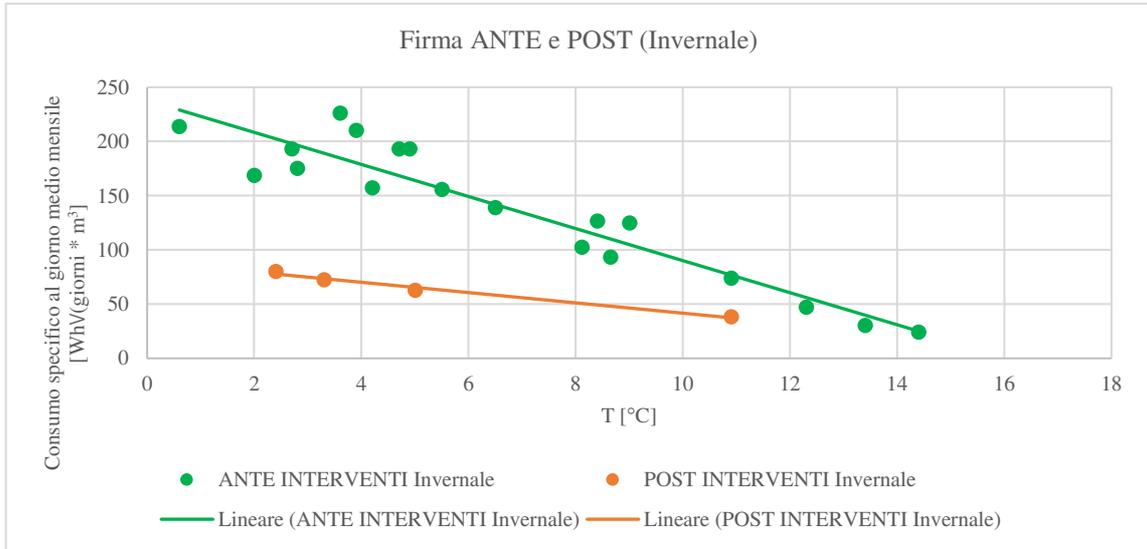
Firma Energetica POST interventi

$$y = -4,73x + 89,14$$

$$R^2 = 0,52$$



Confronto Firme Energetiche ANTE e POST interventi



% risparmio energetico POST interventi

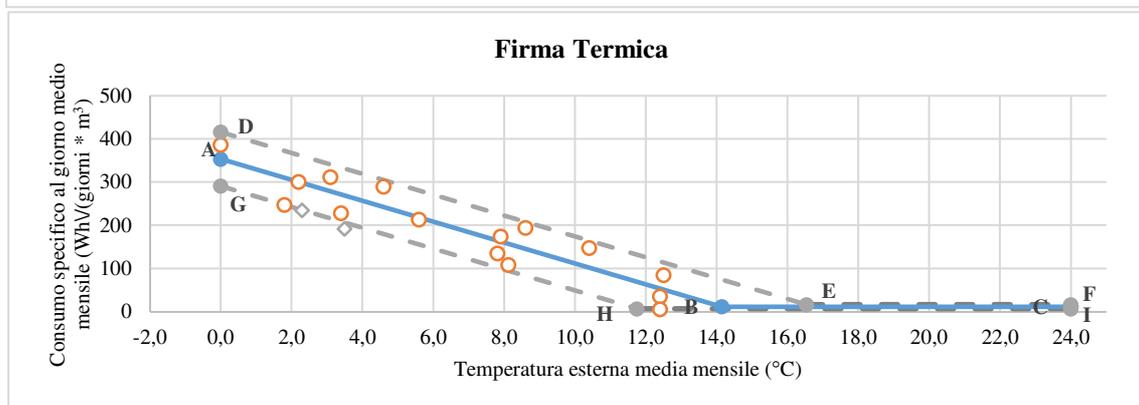
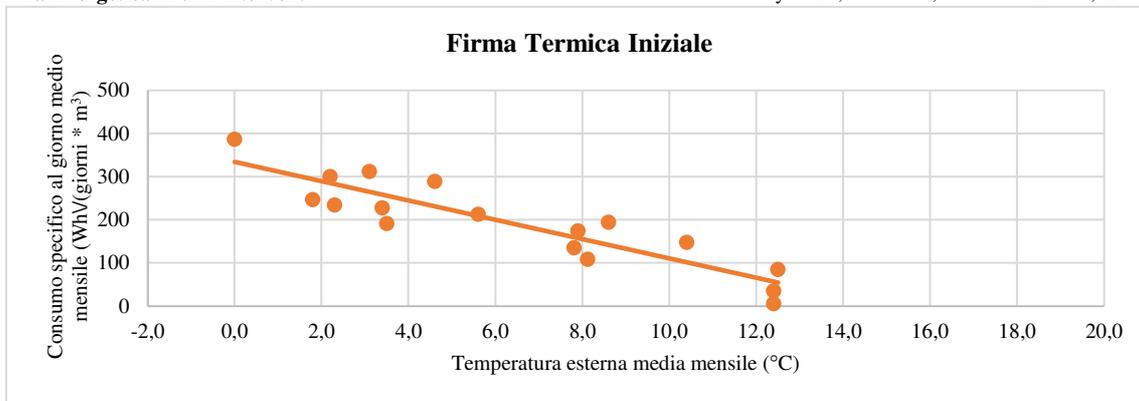
59%

codice edificio	tag	zona climatica	volumetria [m ³]	anno intervento	
5	scl	F	13.298	2017	
interventi:	Riqualificazione CT	Upgrade sistema telecontrollo	Ottimizzazione sottostazione ACS	Ottimizzazione sottostazione distribuzione	Riqualificazione circuiti distribuzione
	Si	Si	/	/	/

Firma Energetica ANTE interventi

$$y = -24,17x + 353,6$$

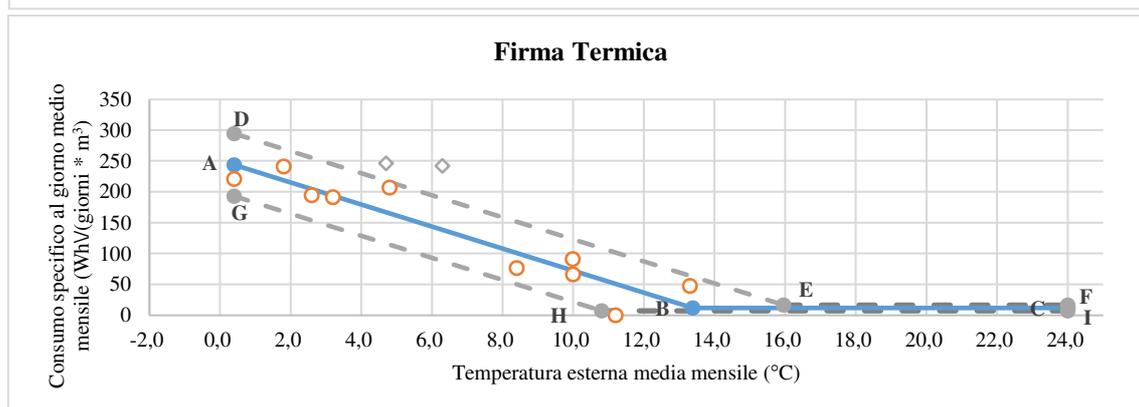
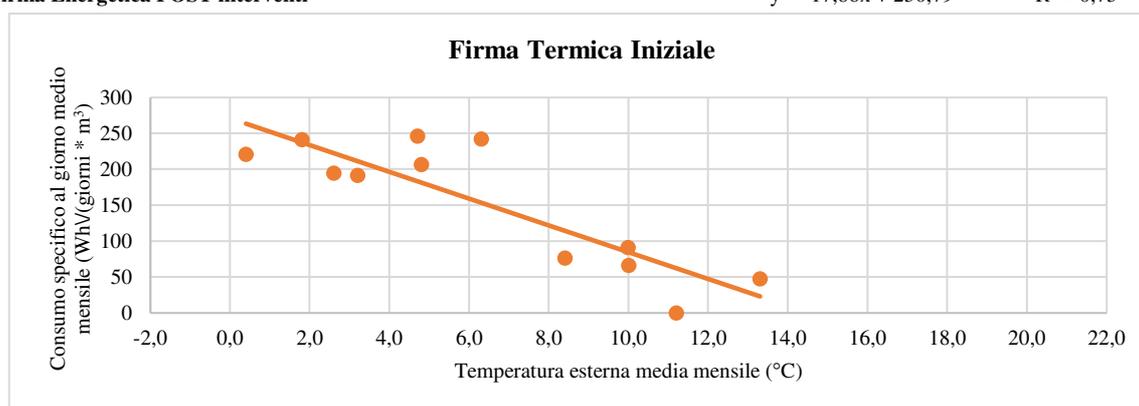
$$R^2 = 0,82$$



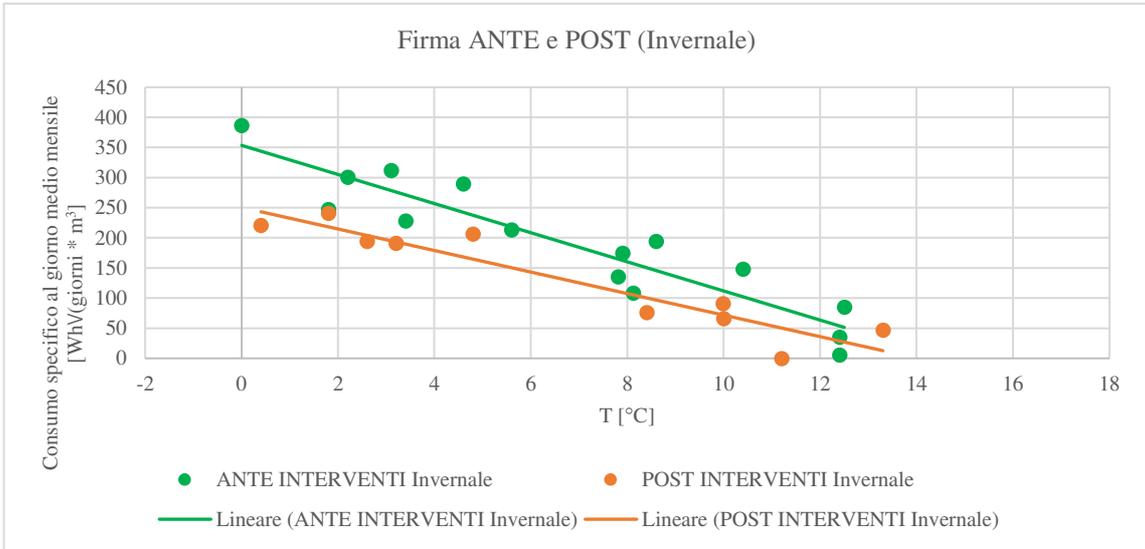
Firma Energetica POST interventi

$$y = -17,86x + 250,79$$

$$R^2 = 0,75$$



Confronto Firme Energetiche ANTE e POST interventi



% risparmio energetico POST interventi

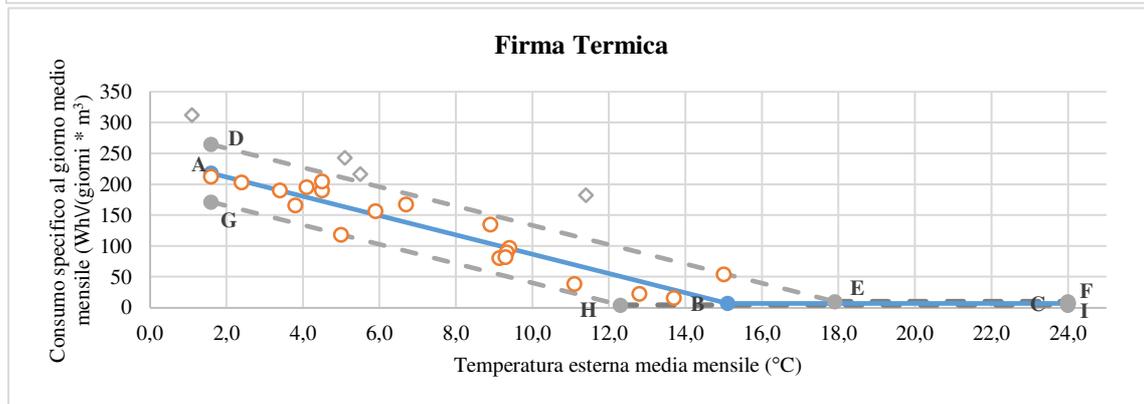
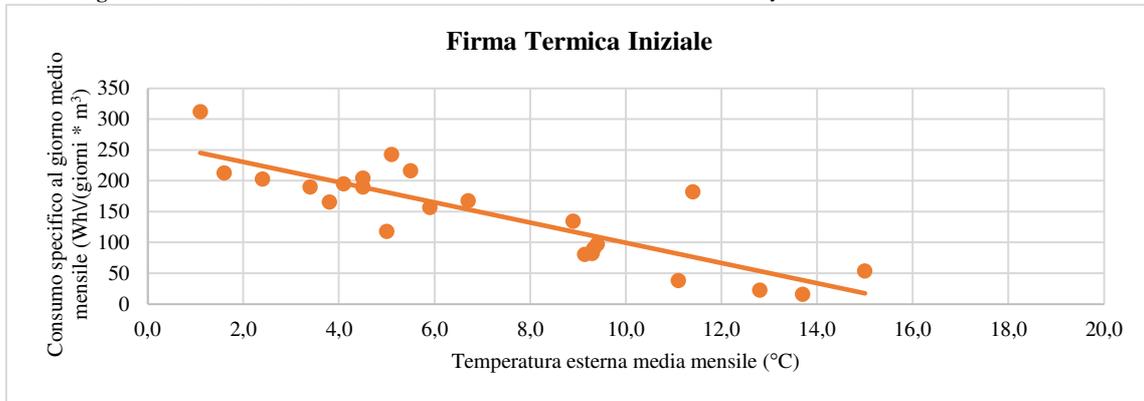
32%

codice edificio	tag	zona climatica	volumetria [m ³]	anno intervento	
23	scl	E	45.972	2018	
interventi:	Riqualificazione CT	Upgrade sistema telecontrollo	Ottimizzazione sottostazione ACS	Ottimizzazione sottostazione distribuzione	Riqualificazione circuiti distribuzione
	Si	Si	/	/	/

Firma Energetica ANTE interventi

$$y = -15,62x + 243,14$$

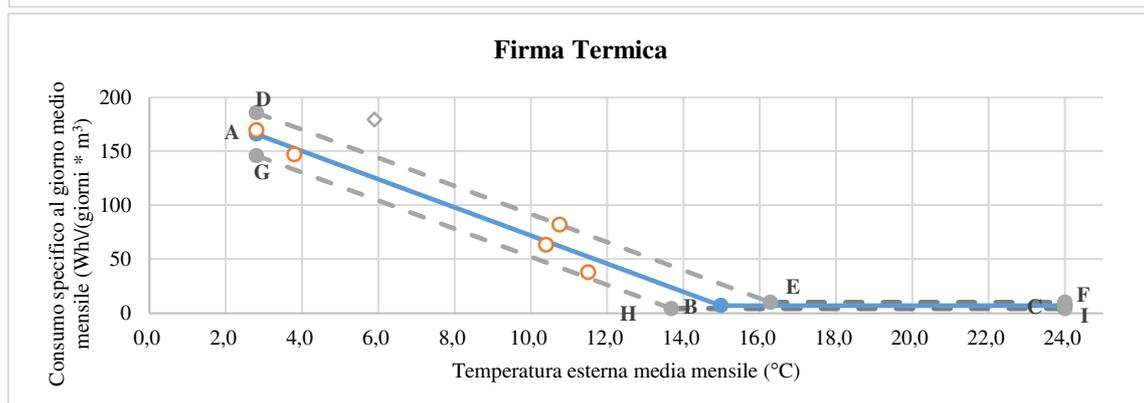
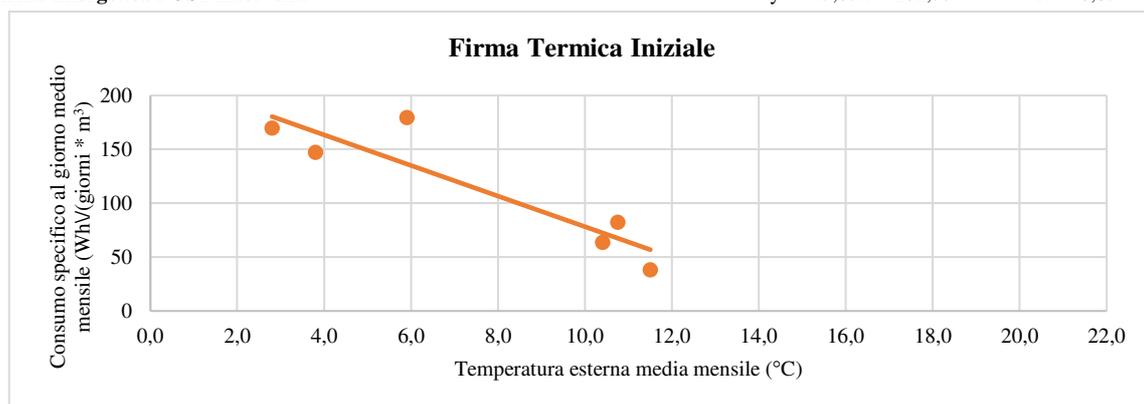
$$R^2 = 0,72$$



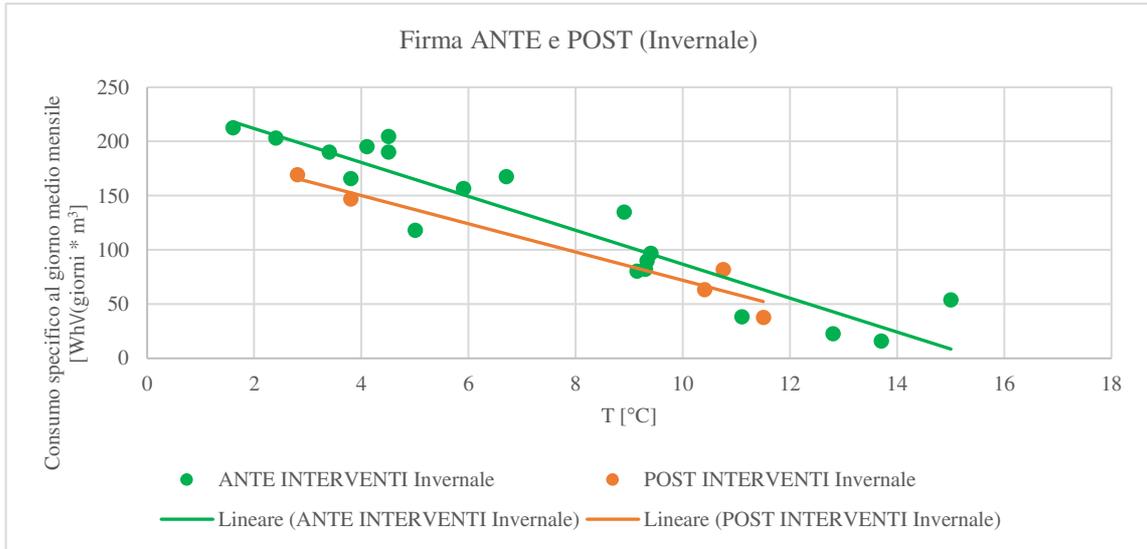
Firma Energetica POST interventi

$$y = -13,03x + 202,35$$

$$R^2 = 0,83$$



Confronto Firme Energetiche ANTE e POST interventi



% risparmio energetico POST interventi

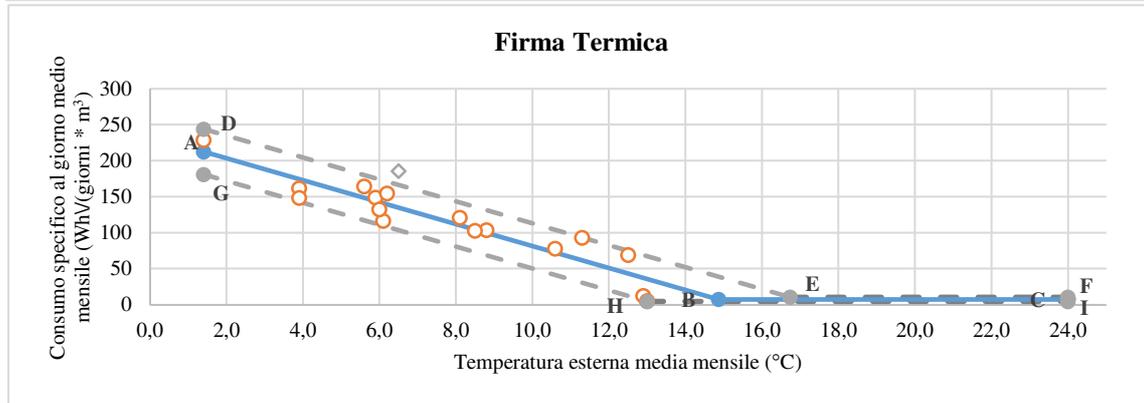
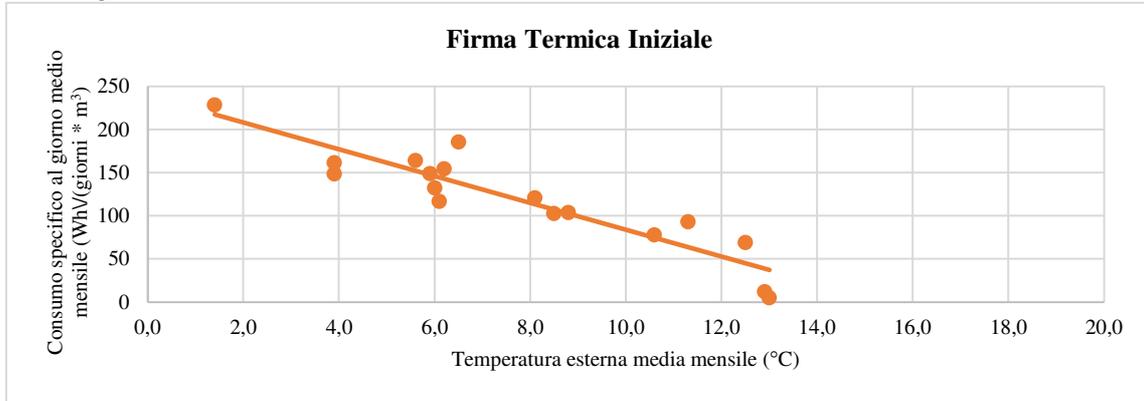
17%

codice edificio	tag	zona climatica	volumetria [m ³]	anno intervento	
38	scl	F	44.982	2017	
interventi:	Riqualificazione CT	Upgrade sistema telecontrollo	Ottimizzazione sottostazione ACS	Ottimizzazione sottostazione distribuzione	Riqualificazione circuiti distribuzione
	Si	Si	/	/	/

Firma Energetica ANTE interventi

$$y = -15,22x + 233,87$$

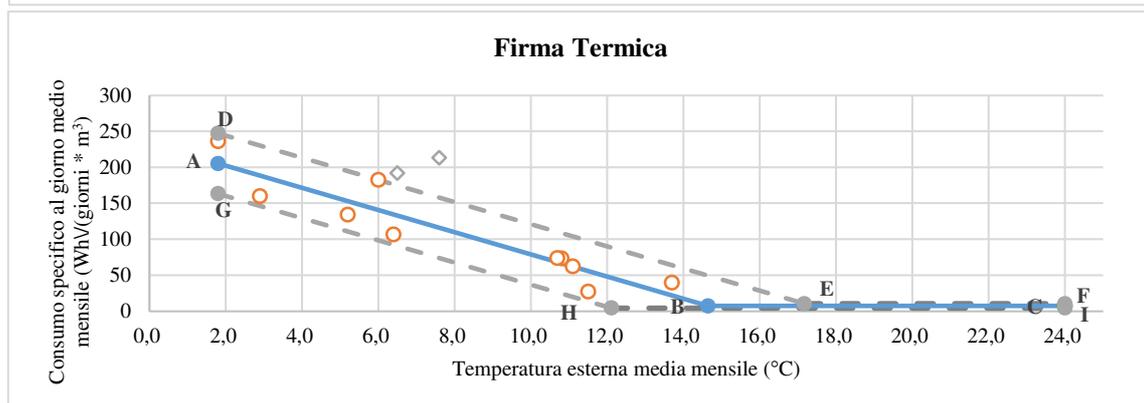
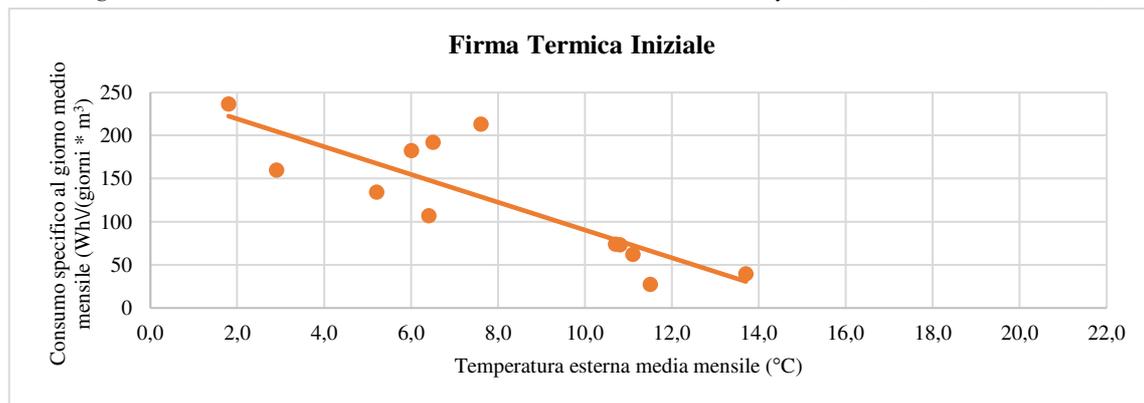
$$R^2 = 0,85$$



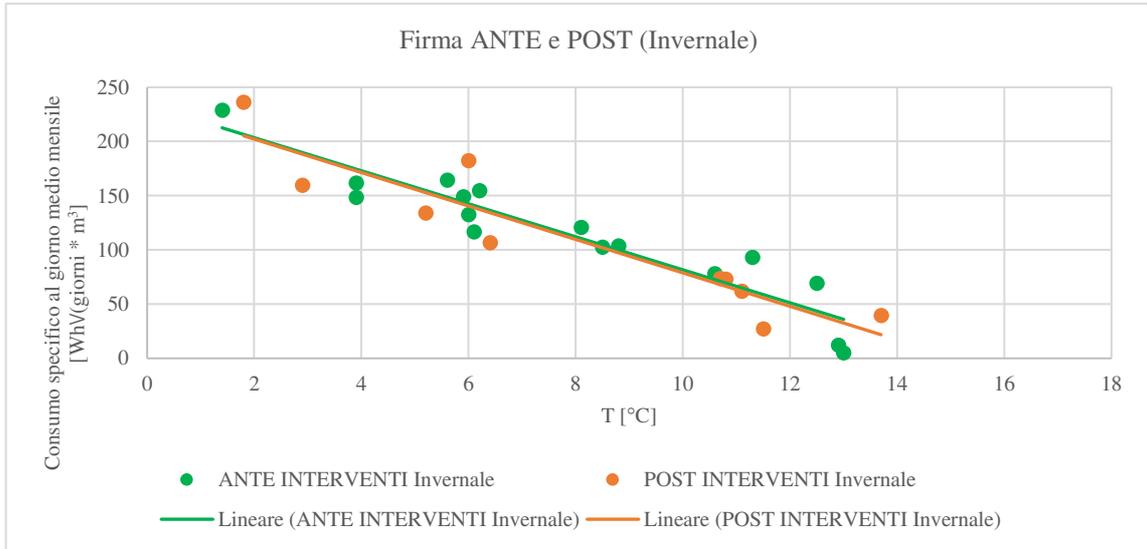
Firma Energetica POST interventi

$$y = -15,4x + 232,97$$

$$R^2 = 0,7$$



Confronto Firme Energetiche ANTE e POST interventi



% risparmio energetico POST interventi

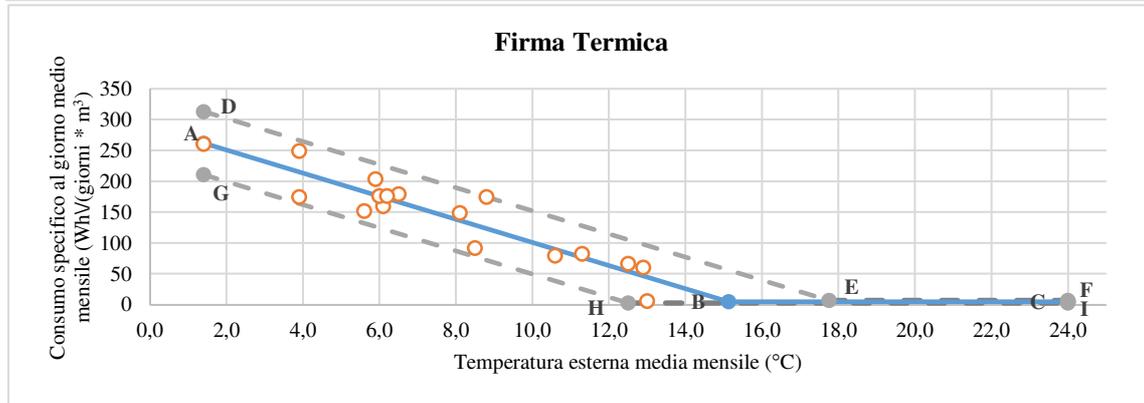
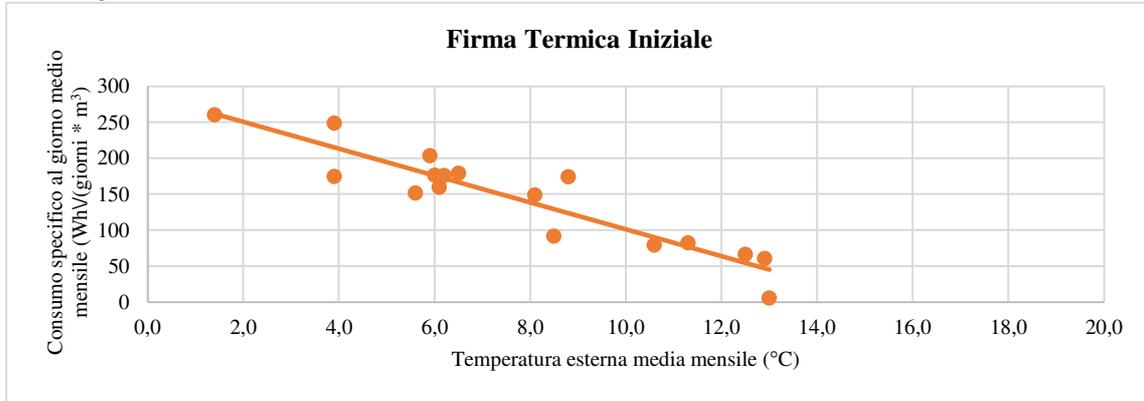
2%

codice edificio	tag	zona climatica	volumetria [m ³]	anno intervento	
40	scl	F	10.972	2017	
interventi:	Riqualificazione CT	Upgrade sistema telecontrollo	Ottimizzazione sottostazione ACS	Ottimizzazione sottostazione distribuzione	Riqualificazione circuiti distribuzione
	Si	Si	/	/	/

Firma Energetica ANTE interventi

$$y = -18,72x + 288,28$$

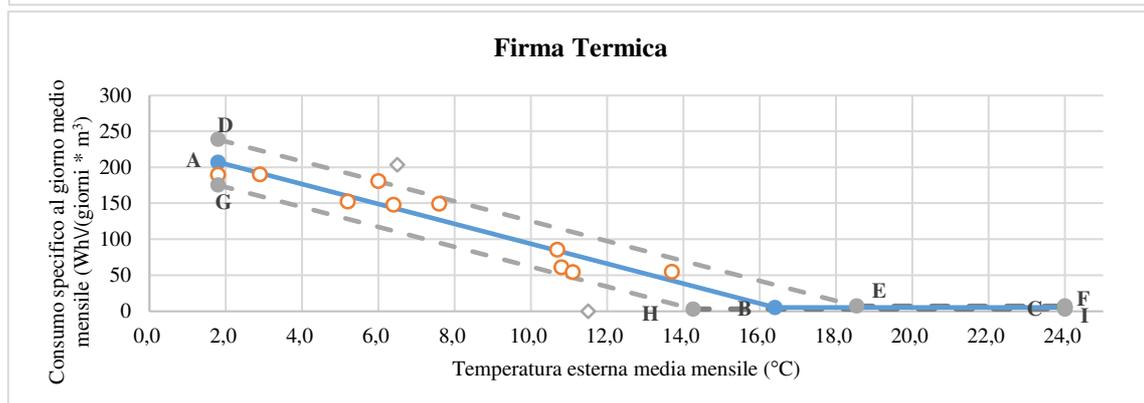
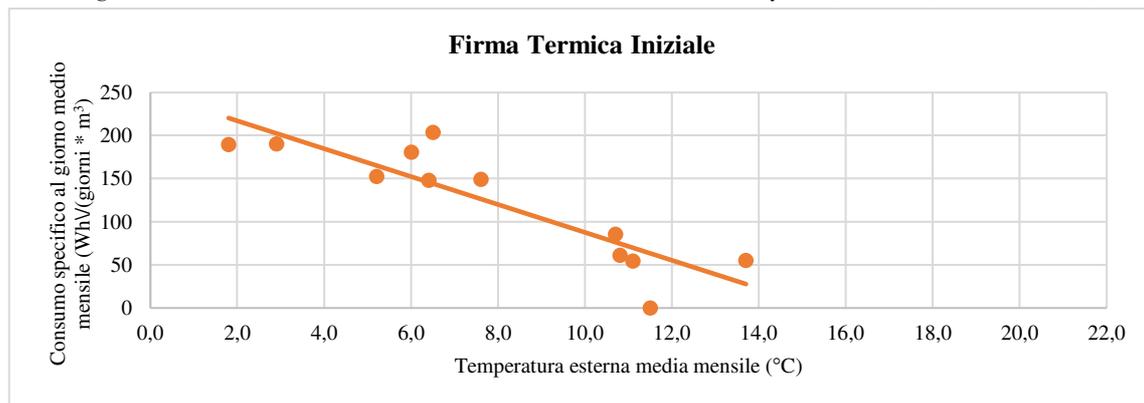
$$R^2 = 0,86$$



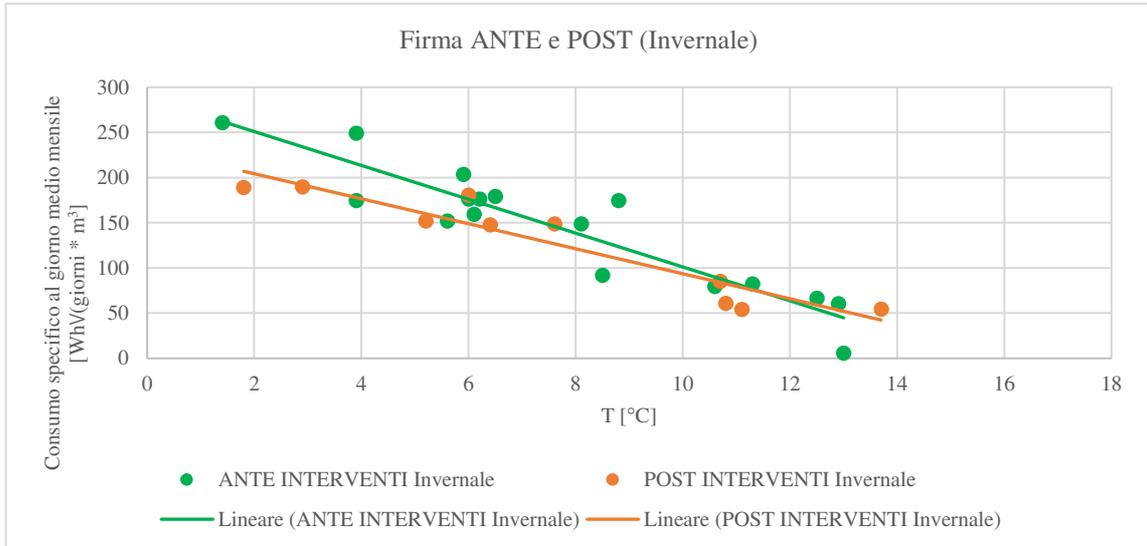
Firma Energetica POST interventi

$$y = -13,83x + 231,96$$

$$R^2 = 0,78$$



Confronto Firme Energetiche ANTE e POST interventi



% risparmio energetico POST interventi

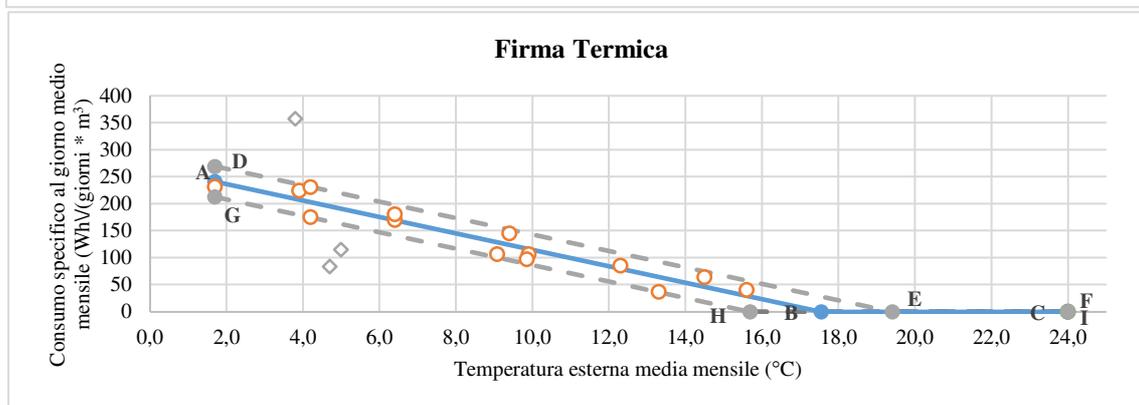
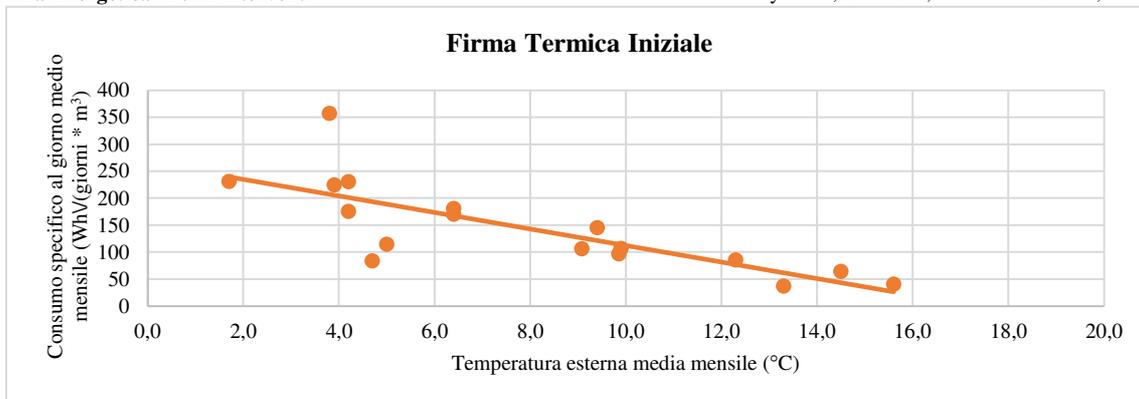
12%

codice edificio	tag	zona climatica	volumetria [m ³]	anno intervento	
44	scl	E	13.430	2017	
interventi:	Riqualificazione CT	Upgrade sistema telecontrollo	Ottimizzazione sottostazione ACS	Ottimizzazione sottostazione distribuzione	Riqualificazione circuiti distribuzione
	Si	Si	/	/	/

Firma Energetica ANTE interventi

$$y = -15,21x + 266,89$$

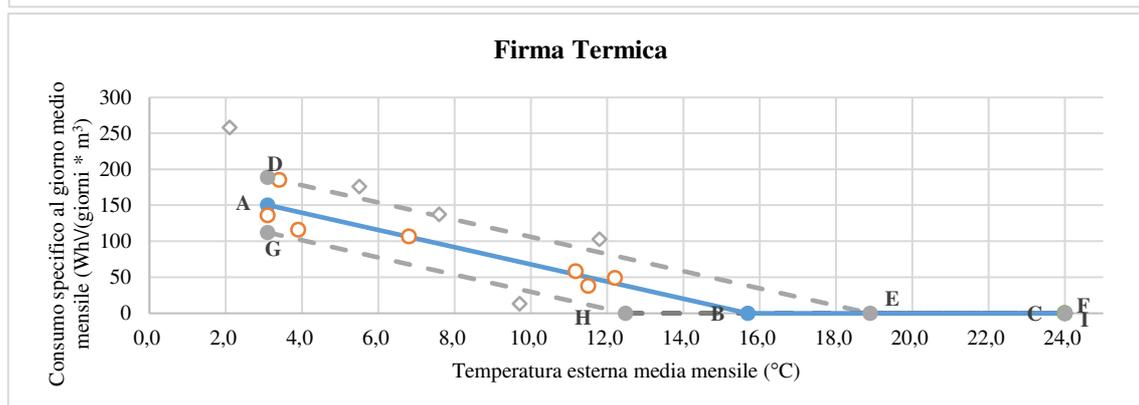
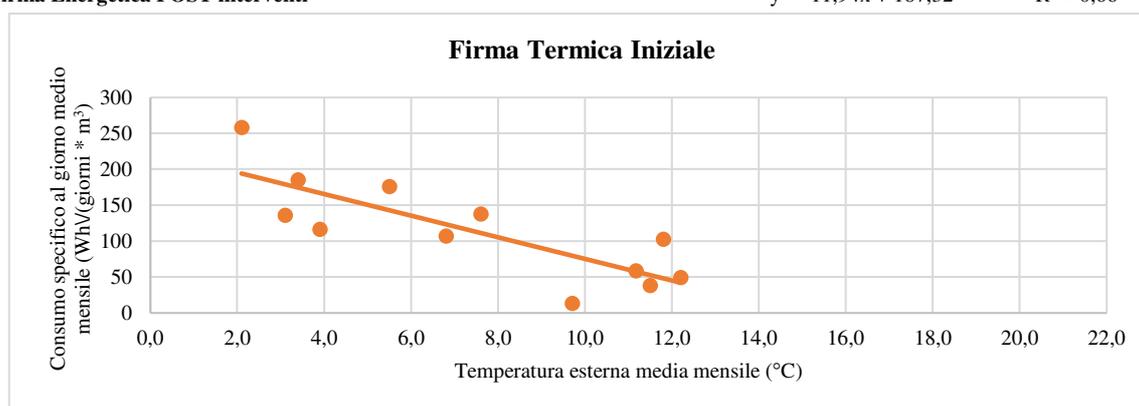
$$R^2 = 0,6$$



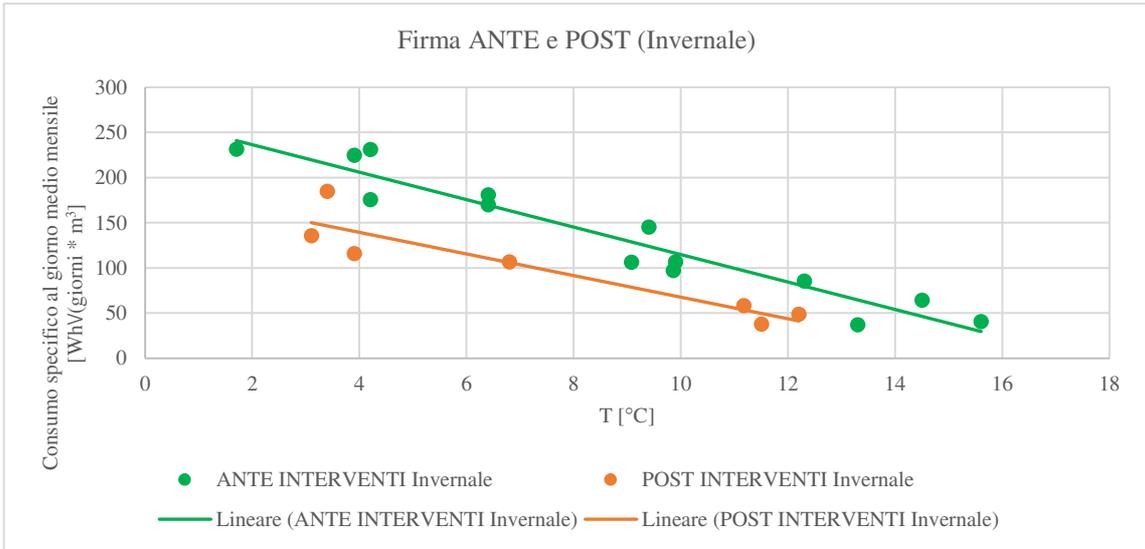
Firma Energetica POST interventi

$$y = -11,94x + 187,32$$

$$R^2 = 0,66$$



Confronto Firme Energetiche ANTE e POST interventi



% risparmio energetico POST interventi

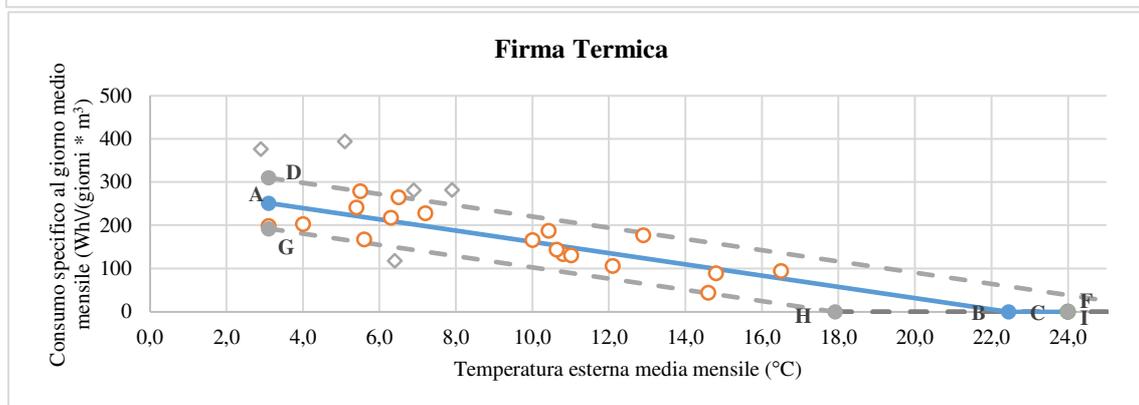
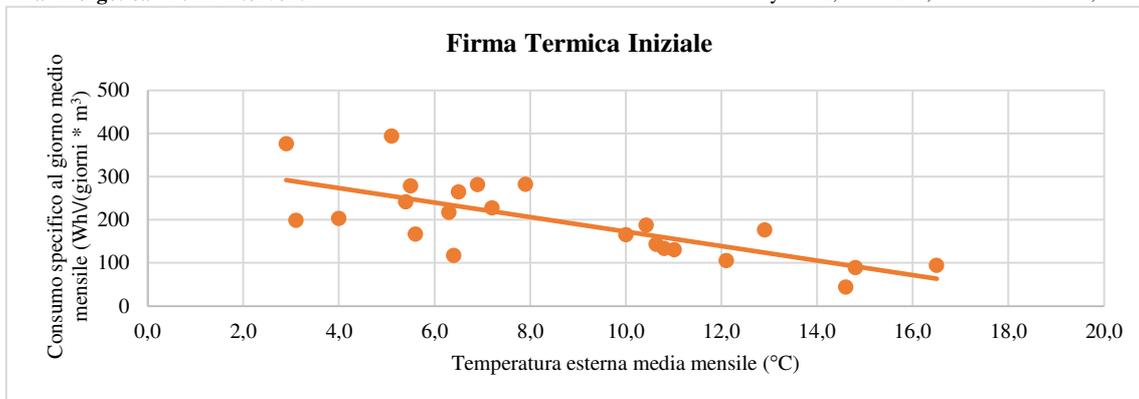
36%

codice edificio	tag	zona climatica	volumetria [m ³]	anno intervento	
45	scl	E	17.402	2018	
interventi:	Riqualificazione CT	Upgrade sistema telecontrollo	Ottimizzazione sottostazione ACS	Ottimizzazione sottostazione distribuzione	Riqualificazione circuiti distribuzione
	Si	Si	/	/	/

Firma Energetica ANTE interventi

$$y = -12,99x + 291,76$$

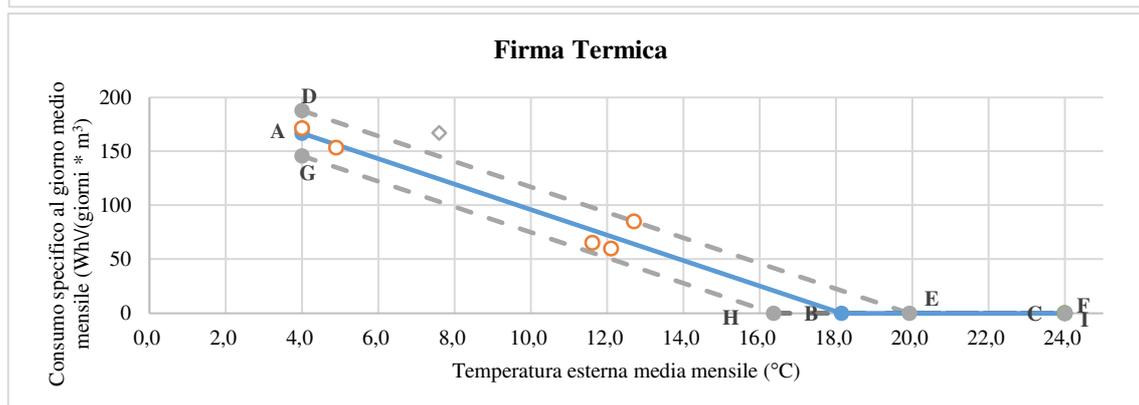
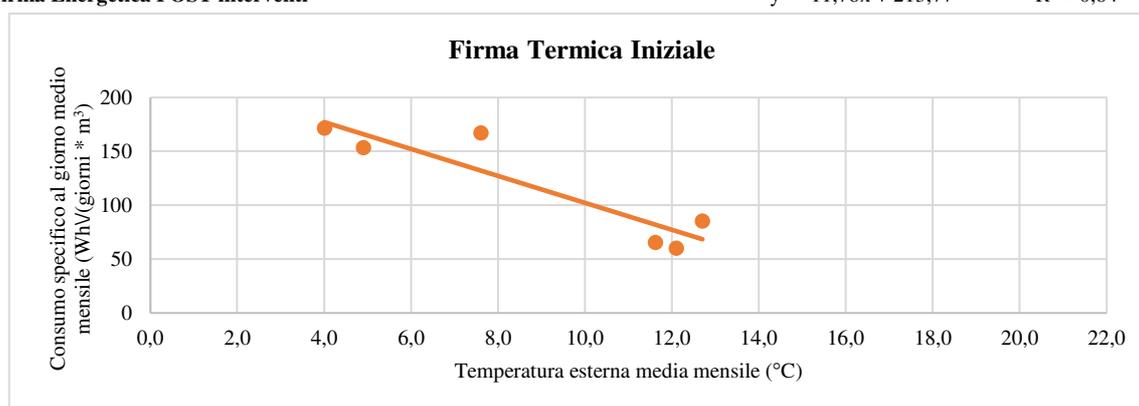
$$R^2 = 0,54$$



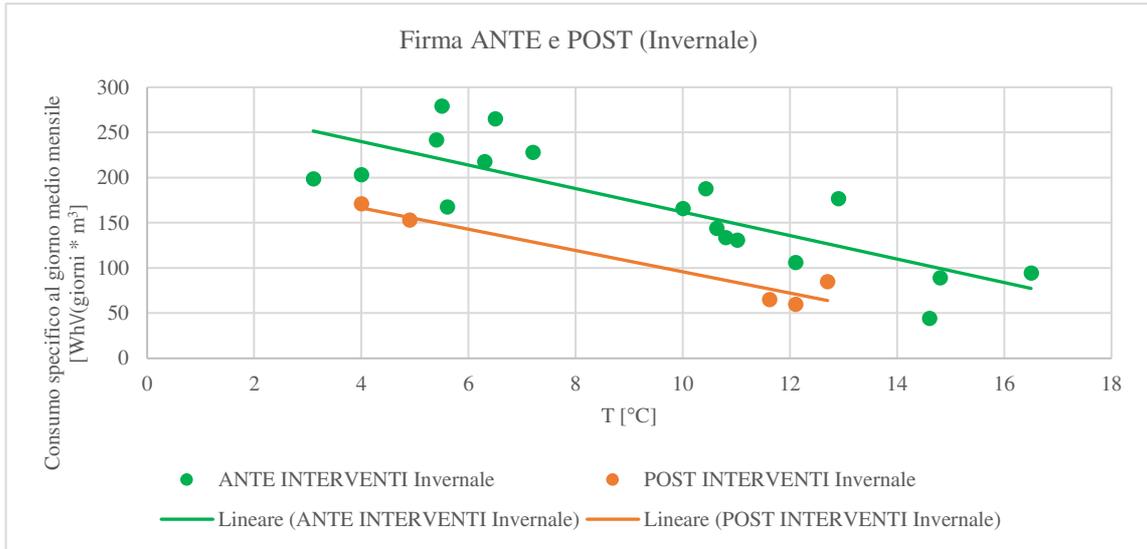
Firma Energetica POST interventi

$$y = -11,78x + 213,77$$

$$R^2 = 0,84$$



Confronto Firme Energetiche ANTE e POST interventi



% risparmio energetico POST interventi

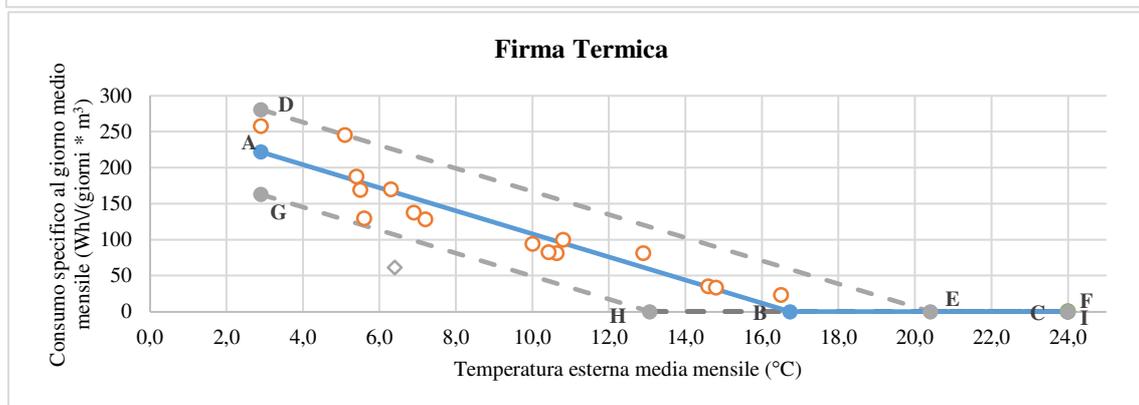
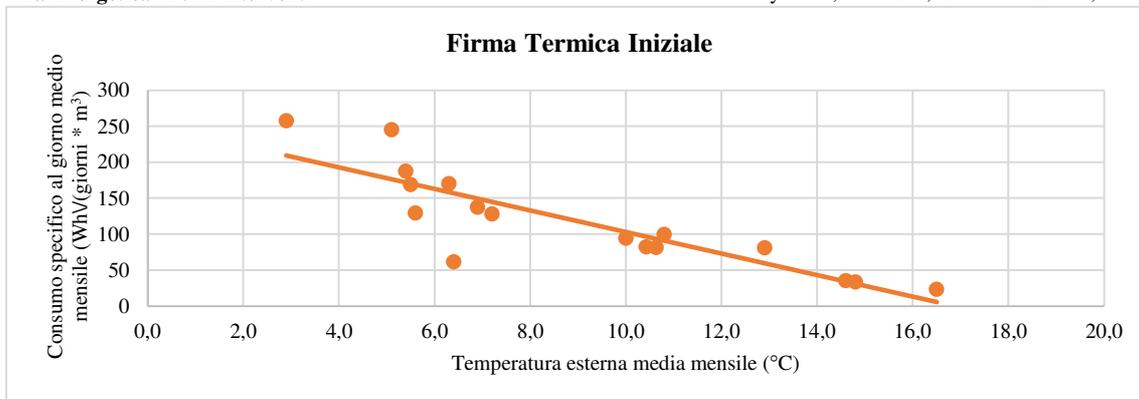
37%

codice edificio	tag	zona climatica	volumetria [m ³]	anno intervento	
48	scl	E	21.756	2017	
interventi:	Riqualificazione CT	Upgrade sistema telecontrollo	Ottimizzazione sottostazione ACS	Ottimizzazione sottostazione distribuzione	Riqualificazione circuiti distribuzione
	Si	Si	/	/	/

Firma Energetica ANTE interventi

$$y = -16,04x + 268,51$$

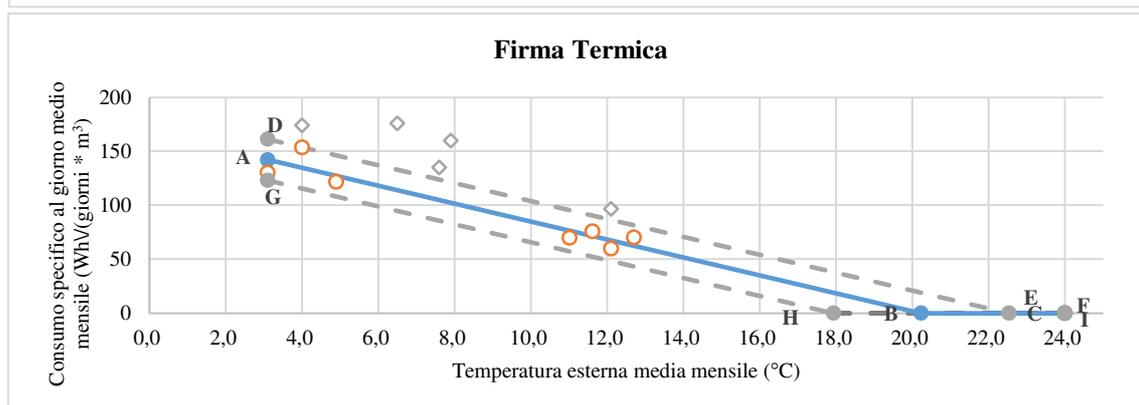
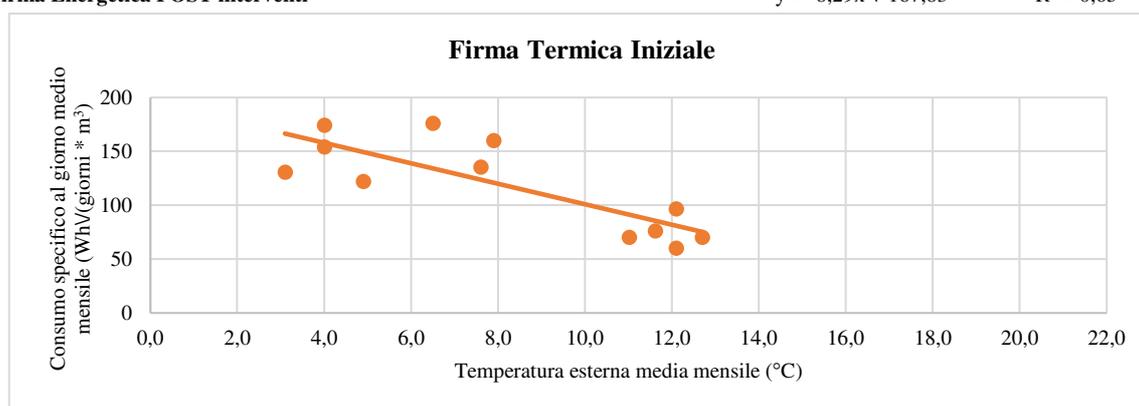
$$R^2 = 0,74$$



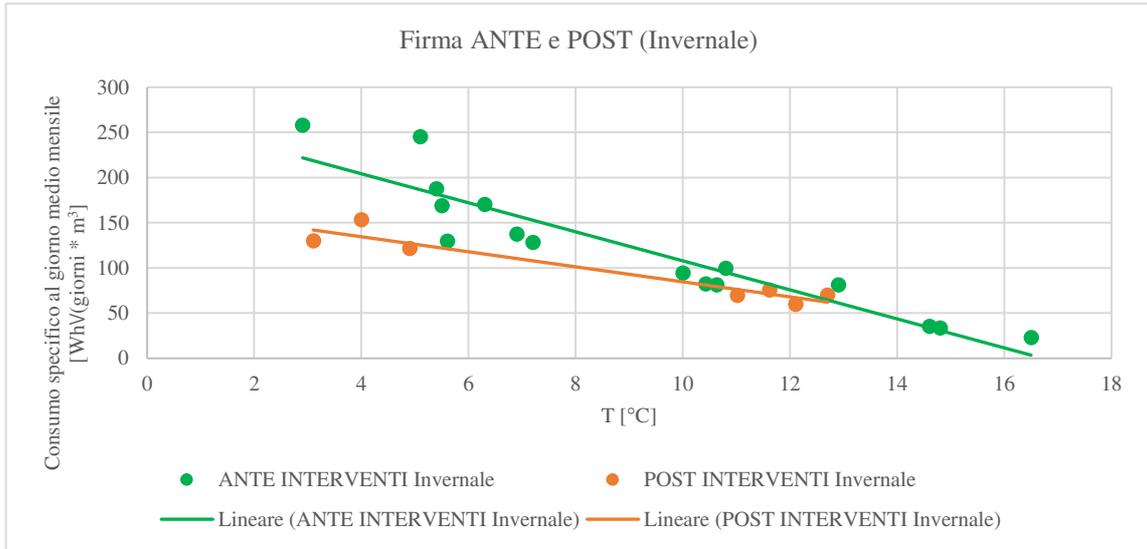
Firma Energetica POST interventi

$$y = -8,29x + 167,83$$

$$R^2 = 0,65$$



Confronto Firme Energetiche ANTE e POST interventi



% risparmio energetico POST interventi

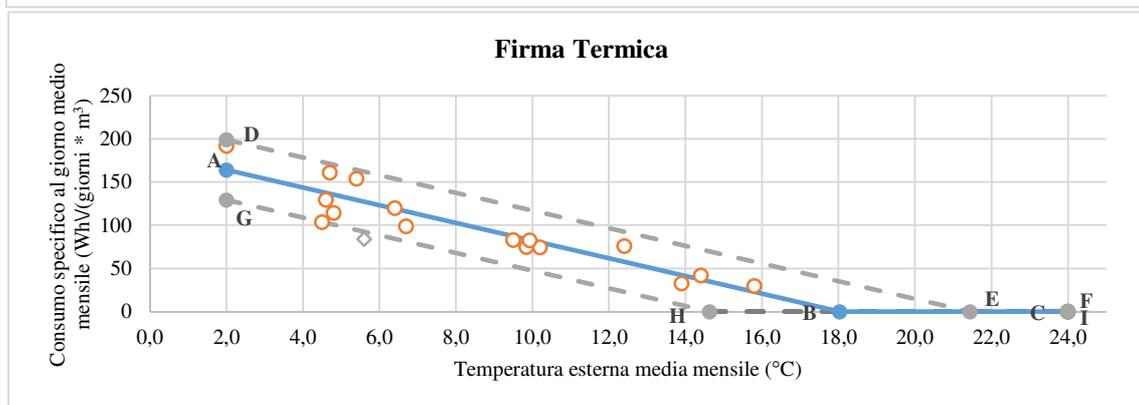
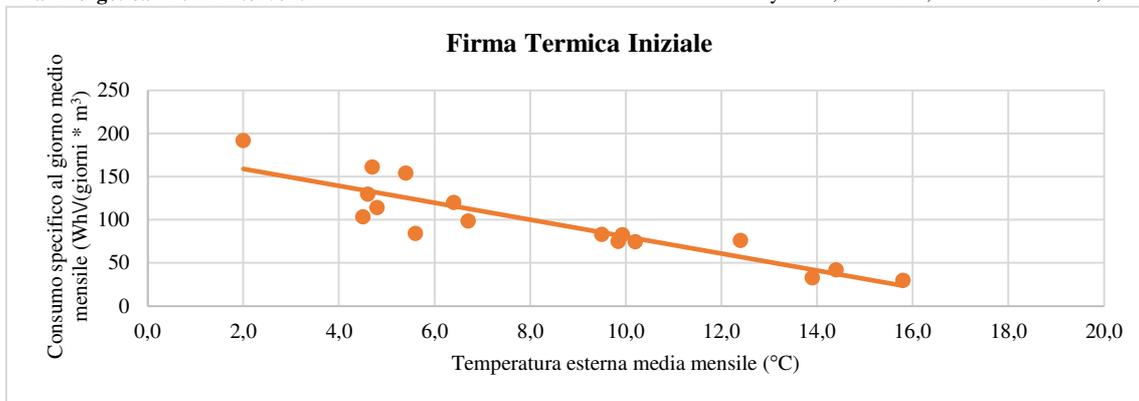
27%

codice edificio	tag	zona climatica	volumetria [m ³]	anno intervento	
54	scl	E	40.690	2017	
interventi:	Riqualificazione CT	Upgrade sistema telecontrollo	Ottimizzazione sottostazione ACS	Ottimizzazione sottostazione distribuzione	Riqualificazione circuiti distribuzione
	Si	Si	/	/	/

Firma Energetica ANTE interventi

$$y = -10,25x + 184,76$$

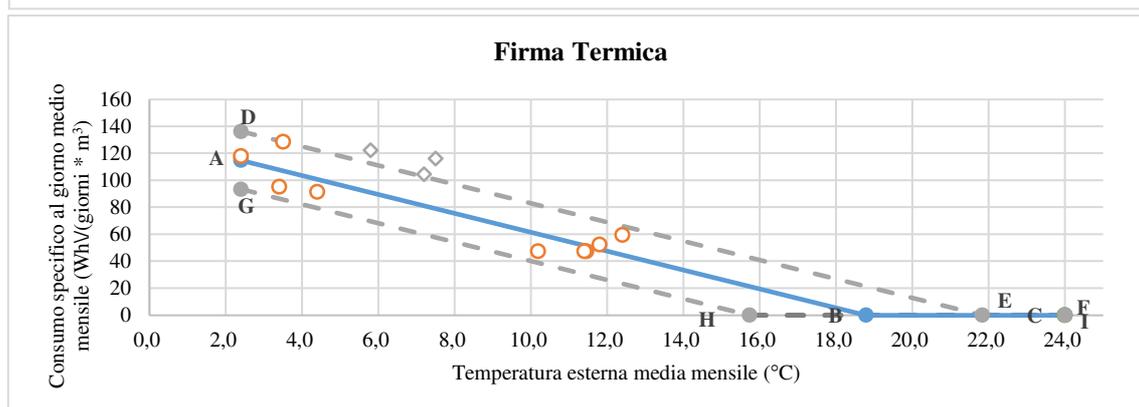
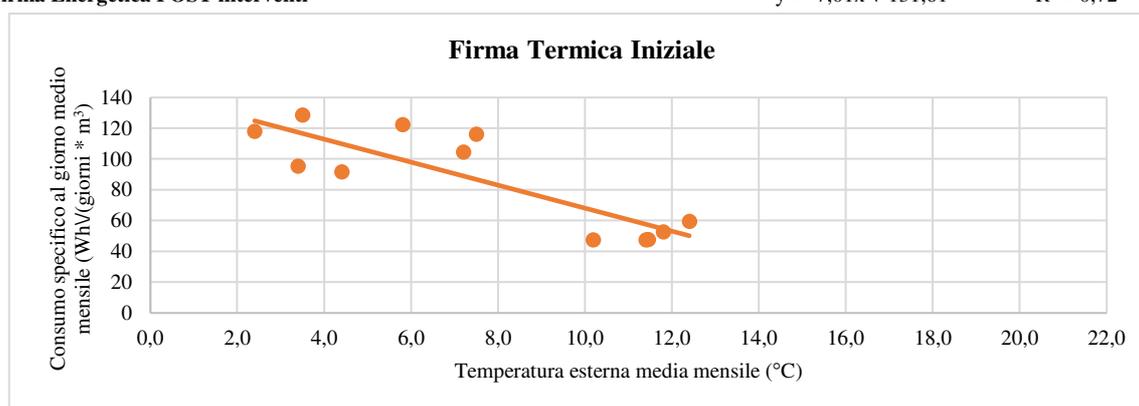
$$R^2 = 0,8$$



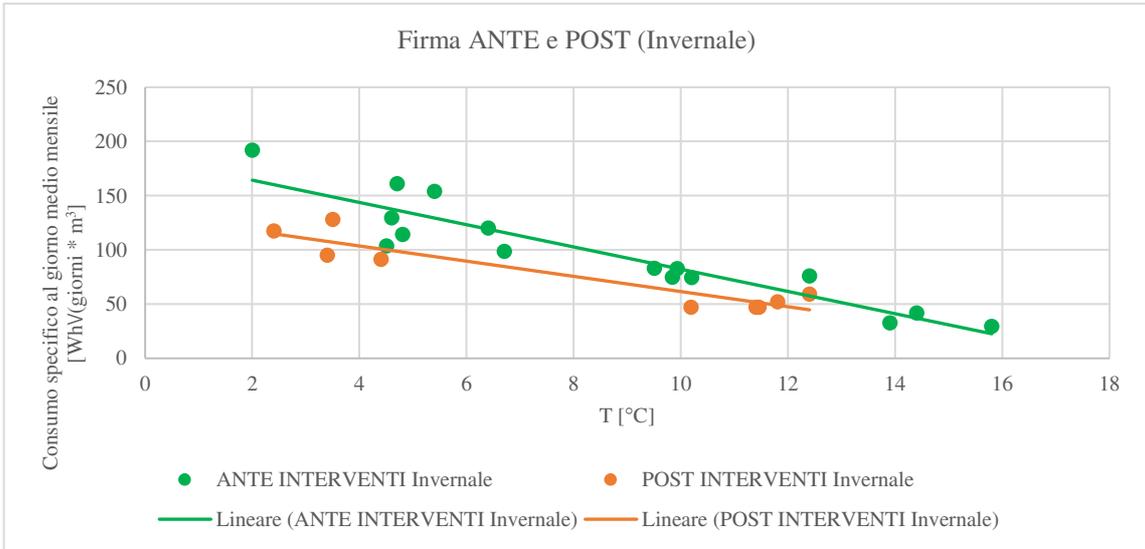
Firma Energetica POST interventi

$$y = -7,01x + 131,61$$

$$R^2 = 0,72$$



Confronto Firme Energetiche ANTE e POST interventi



% risparmio energetico POST interventi

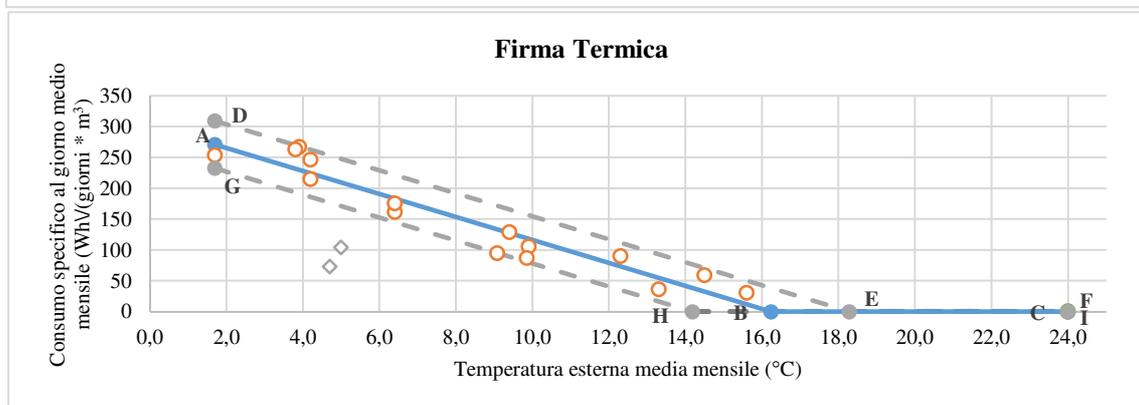
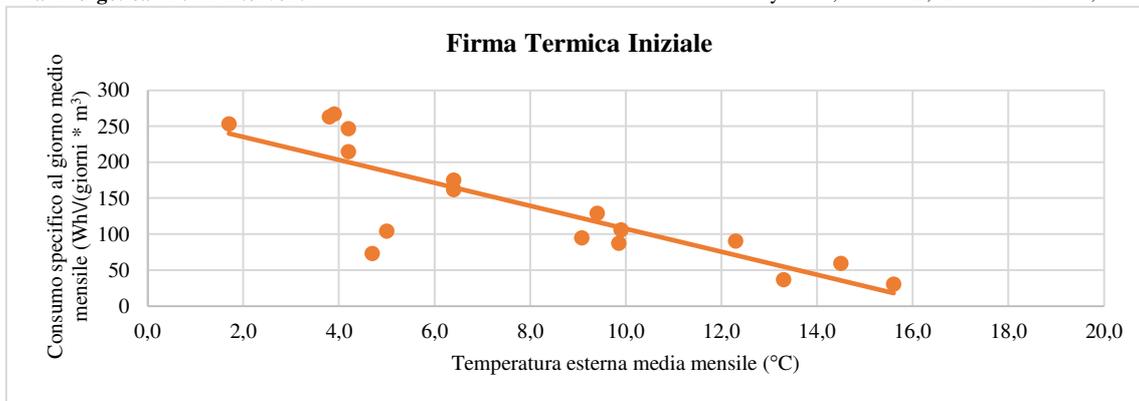
27%

codice edificio	tag	zona climatica	volumetria [m ³]	anno intervento	
61	scl	E	43.366	2017	
interventi:	Riqualificazione CT	Upgrade sistema telecontrollo	Ottimizzazione sottostazione ACS	Ottimizzazione sottostazione distribuzione	Riqualificazione circuiti distribuzione
	Si	Si	/	/	/

Firma Energetica ANTE interventi

$$y = -18,65x + 302,82$$

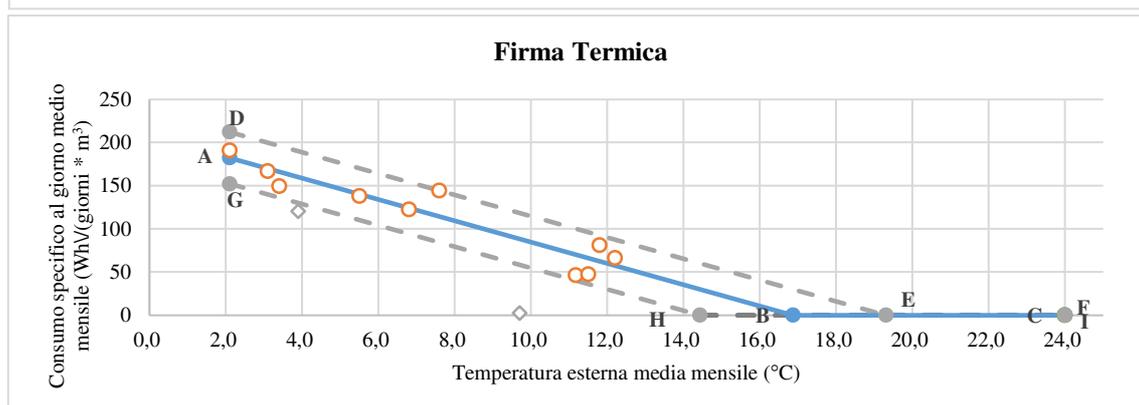
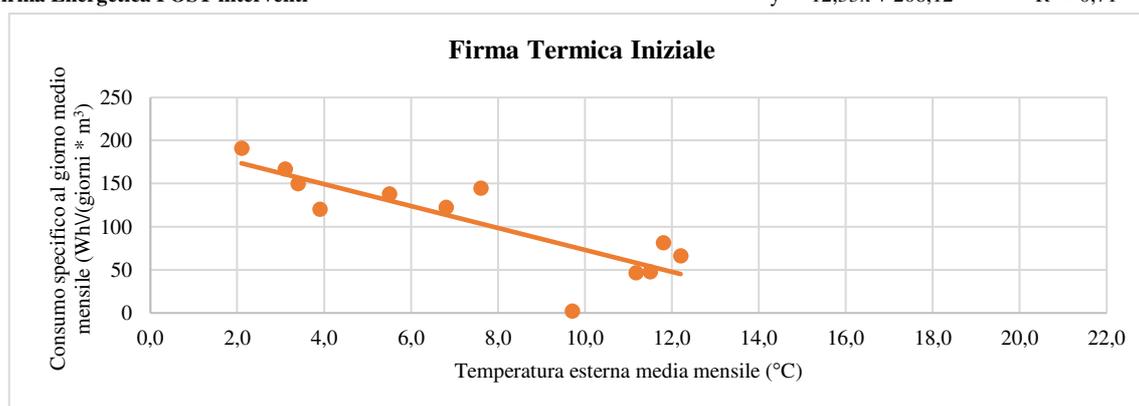
$$R^2 = 0,68$$



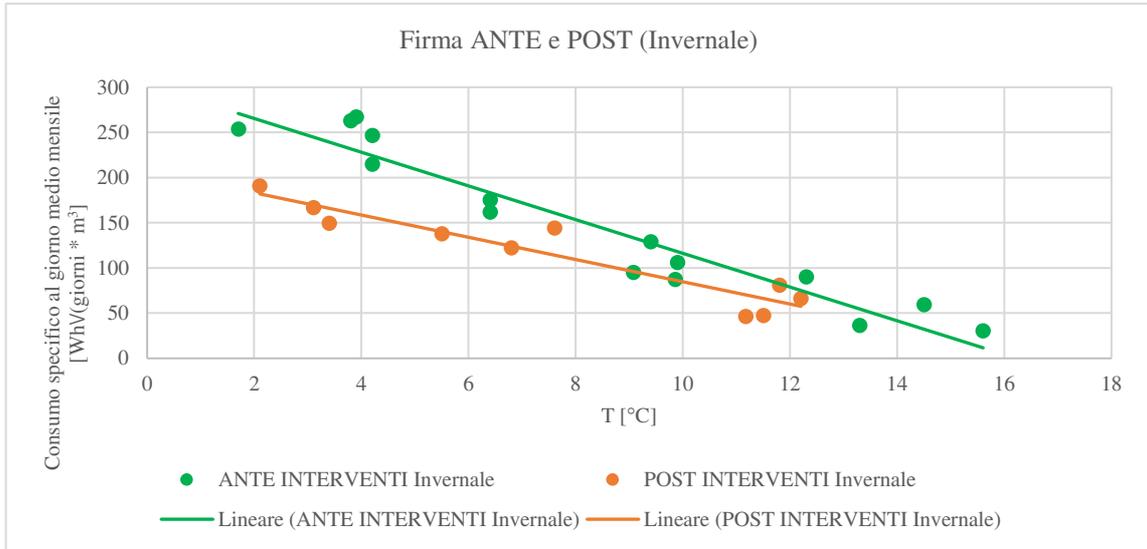
Firma Energetica POST interventi

$$y = -12,33x + 208,12$$

$$R^2 = 0,71$$



Confronto Firme Energetiche ANTE e POST interventi



% risparmio energetico POST interventi

29%

Cod. edif.	Tag	Volume [m ³]	Anno intervento	int_A	int_B	int_C	int_D	int_E	% risparmio energetico POST interventi
1	scl	29.655	2018	/	Si	/	/	Si	25%
3	scl	14.530	2018	Si	Si	/	/	/	59%
5	scl	13.298	2017	Si	Si	/	/	/	32%
8	scl	11.339	0	/	/	/	/	/	0%
9	scl	10.678	2018	Si	Si	/	/	/	12%
10	scl	19.007	0	/	/	/	/	/	0%
13	scl	30.577	0	/	/	/	/	/	0%
14	scl	211.147	2018	Si	Si	/	/	/	1%
15	scl	59.045	0	/	/	/	/	/	0%
17	scl	90.695	0	/	/	/	/	/	0%
22	scl	3.347	2018	Si	Si	/	/	/	37%
23	scl	45.972	2018	Si	Si	/	/	/	17%
24	scl	28.493	0	/	/	/	/	/	0%
25	pls	3.958	0	/	/	/	/	/	0%
28	scl	31.882	0	/	/	/	/	/	0%
29	scl	4.904	2017	Si	Si	/	/	/	33%
31	srv	3.096	2018	Si	Si	/	/	/	33%
32	scl	19.334	0	/	/	/	/	/	0%
33	scl	43.534	2018	Si	Si	/	/	/	24%
36	scl	144.374	0	/	/	/	/	/	0%
38	scl	44.982	2017	Si	Si	/	/	/	2%
40	scl	10.972	2017	Si	Si	/	/	/	12%
41	scl	30.438	2017	Si	Si	/	/	/	39%
44	scl	13.430	2017	Si	Si	/	/	/	36%
45	scl	17.402	2018	Si	Si	/	/	/	37%
46	scl	11.185	2017	Si	Si	/	/	/	38%
47	scl	51.387	0	/	/	/	/	/	0%
48	scl	21.756	2017	Si	Si	/	/	/	27%
49	scl	48.557	0	/	/	/	/	/	0%
50	scl	21.013	0	/	/	/	/	/	0%
51	scl	46.116	0	/	/	/	/	/	0%
53	scl	40.690	2017	Si	Si	/	/	/	31%
54	scl	40.690	2017	Si	Si	/	/	/	27%
55	scl	107.059	0	/	/	/	/	/	0%
57	scl	118.299	2017	Si	Si	/	/	/	23%
59	scl	32.342	2018	Si	Si	/	/	/	15%
60	scl	29.019	0	/	/	/	/	/	0%
61	scl	43.366	2017	Si	Si	/	/	/	29%
62	scl	16.625	2017	Si	Si	/	/	/	40%
63	scl	11.512	0	/	/	/	/	/	0%
64	scl	12.391	0	/	/	/	/	/	0%
65	scl	17.158	2017	Si	Si	/	/	/	-11%
66	scl	62.076	0	/	/	/	/	/	0%
68	scl	16.174	0	/	/	/	/	/	0%
69	scl	21.013	2016	Si	Si	/	/	/	20%
70	scl	2.853	2018	Si	Si	/	/	/	99%
72	scl	14.388	0	/	/	/	/	/	0%
73	srv	8.260	0	/	/	/	/	/	0%

74	scl	18.726	0	/	/	/	/	/	0%
75	scl	13.347	2017	Si	Si	/	/	/	34%
80	scl	14.172	0	/	/	/	/	/	0%
82	scl	13.745	0	/	/	/	/	/	0%
99	scl	28.904	2017	Si	Si	/	/	/	28%
104	scl	33.062	0	/	/	/	/	/	0%
105	scl	48.668	0	/	/	/	/	/	0%
108	pls	9.478	0	/	/	/	/	/	0%
109	scl	16.183	0	/	/	/	/	/	0%
110	scl	12.026	2017	Si	Si	/	/	/	18%
111	scl	30.737	2017	Si	Si	/	/	/	31%
113	pls	11.752	0	/	/	/	/	/	0%
115	scl	3.420	2018	Si	Si	/	/	/	41%
116	scl	11.780	2018	Si	Si	/	/	/	-6%
118	scl	50.102	2018	Si	Si	/	/	/	25%
119	scl	29.420	2017	Si	Si	/	/	/	12%
120	scl_s_p	75.216	2018	/	Si	/	/	Si	#N/D
125	scl	19.240	2017	Si	Si	/	/	/	36%
127	scl	10.568	0	/	/	/	/	/	0%
128	scl	17.727	0	/	/	/	/	/	0%
130	scl	75.593	0	/	/	/	/	/	0%
131	scl	2.569	0	/	/	/	/	/	0%
132	scl	45.675	2017	Si	Si	/	/	/	37%
133	scl	39.500	2018	Si	Si	/	/	/	71%
134	scl	42.305	2018	Si	Si	/	/	/	15%
136	scl	23.347	0	/	/	/	/	/	0%
137	scl	18.406	0	/	/	/	/	/	0%
142	scl	31.539	2017	Si	Si	/	/	/	4%
144	scl	45.515	2017	Si	Si	/	/	/	9%
145	scl	14.327	2017	Si	Si	/	/	/	11%
147	scl	35.441	0	/	/	/	/	/	0%
150	scl	44.843	2017	Si	Si	/	/	/	25%
154	scl	77.669	0	/	/	/	/	/	0%
155	scl	52.847	2017	Si	Si	/	/	/	32%
156	scl	39.326	2018	Si	Si	/	/	/	23%
157	scl	36.095	2018	Si	Si	/	/	/	24%
159	scl	41.111	2017	Si	Si	Si	/	/	24%
160	scl	10.410	0	/	/	/	/	/	0%
165	scl	101.566	2016	Si	Si	/	Si	/	19%
167	scl	59.308	2018	Si	Si	/	/	/	23%
168	scl	39.464	2017	Si	Si	/	/	/	7%
169	scl	21.062	0	/	/	/	/	/	0%
170	scl	91.943	0	/	/	/	/	/	0%
172	scl	31.013	2018	Si	Si	/	/	/	13%
189	scl	30.393	2018	Si	Si	/	/	/	28%
190	scl	27.797	2018	Si	Si	/	/	/	17%
191	scl	18.933	0	/	/	/	/	/	0%
195	atr	24.080	0	/	/	/	/	/	0%
197	atr	2.871	0	/	/	/	/	/	0%
200	atr	2.400	0	/	/	/	/	/	0%
202	atr	55.957	0	/	/	/	/	/	0%

204	atr	45.899	0	/	/	/	/	/	0%
211	atr	5.136	0	/	/	/	/	/	0%
218	scl	17.441	0	/	/	/	/	/	0%
219	scl	2.500	2017	Si	Si	/	/	/	45%
222	atr	6.969	2017	Si	Si	/	/	/	-4%
980	pls	12.447	2018	Si	Si	/	/	/	-7%
981	scl	14.766	0	/	/	/	/	/	0%
985	atr	5.659	0	/	/	/	/	/	0%
987	scl	3.317	2018	Si	Si	/	/	/	-253%
993	atr	15.526	0	/	/	/	/	/	0%
994	scl	10.230	0	/	/	/	/	/	0%
997	atr	1.856	0	/	/	/	/	/	0%

