

## 1 PREMESSA

Nelle pagine che seguono sono riportati i risultati del progetto di diagnosi energetica degli edifici, ad uso non residenziale privato, di proprietà dei piccoli e medi Comuni, cofinanziato dalla Fondazione Cariplo e condotto tra il 5 novembre 2007 e il 31 Maggio 2008.

Il presente documento contiene una prima sezione di inquadramento generale al progetto con una breve sintesi sulle fasi di progetto e sui metodi di analisi utilizzati e una seconda sezione di presentazione dei risultati. In appendice sono riportate le schede sintetiche di tutti gli edifici in esame e le termografie effettuate per gli edifici oggetto di Audit di dettaglio.

La restituzione dei risultati è divisa in due parti: nella prima parte sono presentati i risultati della prima fase di progetto, ovvero gli Audit leggeri sull'intero patrimonio edilizio del Comune, mentre nella seconda parte sono presentate le relazioni relative agli Audit di dettaglio effettuati.

Questa analisi costituisce una base di riferimento su cui poter valutare eventuali interventi sui manufatti anche dal punto di vista energetico, individuando il potenziale di risparmio ottenibile attraverso alcune misure di ristrutturazione dell'involucro esterno dell'edificio o degli impianti. La pianificazione degli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria può eventualmente integrare alcuni di questi suggerimenti: quando la manutenzione funzionale ha un occhio anche al versante energetico le migliorie possono essere realizzate contenendo i costi di investimento e migliorandone di conseguenza i tempi di ritorno.

--	--

Pagina lasciata vuota intenzionalmente

## 2 IL PROGETTO

Il Comune promotore del progetto è il Comune di Cassano Magnano, situato in provincia di Varese.

Comune	Numero abitanti
Cassano Magnago	20.668

Il progetto si articola in due fasi tecnico operative distinte che si sono susseguite, un'attività formativa che ha accompagnato le fasi tecniche del progetto e una fase di divulgazione.

La prima fase tecnica consiste nell'audit leggero dell'intero patrimonio edilizio del Comune e ha incluso la raccolta, l'organizzazione e l'elaborazione, attraverso opportuni indicatori, dei dati che definiscono le caratteristiche geometriche, costruttive e impiantistiche, nonché la valutazione dei consumi relativi agli edifici in esame; la seconda fase consiste nell'audit di dettaglio su alcuni edifici selezionati, con l'obiettivo di simulare, attraverso un modello teorico, il comportamento energetico degli edifici, individuare interventi migliorativi e i potenziali di risparmio, i costi e i benefici.

### 2.1 Audit leggeri

La realizzazione di audit leggeri sull'intero parco edilizio di proprietà comunale ha permesso innanzitutto la creazione di una serie organizzata di dati, tra i quali vi sono quelli necessari alla valutazione del comportamento energetico degli edifici, e all'individuazione degli elementi più deboli e maggiormente responsabili del consumo.

I dati sono stati raccolti su base documentale e mediante sopralluoghi sul campo, con il supporto di specifiche check list e coinvolgendo direttamente il personale tecnico del Comune.

I dati raccolti, alcuni attraverso opportuni metodi di stima, sono riassumibili in:

- dati anagrafici (indirizzo, anno di costruzione e di ristrutturazione);
- destinazioni d'uso originarie e attuali;
- dati geometrico-dimensionali (superfici, volumetrie, orientamenti ed eventuali planimetrie);
- tipologie, tecniche costruttive e condizioni manutentive degli involucri edilizi;
- tipologie e condizioni manutentive degli impianti termici;
- verifica delle tipologie dei dispositivi elettrici presenti, e potenza assorbita;
- modalità occupazionali e di utilizzo degli edifici;
- consumi termici ed elettrici (dedotti da bollette e/o contratti di fornitura).

I dati contenuti nelle check list sono stati innanzitutto riordinati e sistematizzati in un database che ha consentito in primo luogo di evidenziare l'andamento dei consumi energetici registrati di ogni edificio e in seconda battuta costruire indicatori di consumo specifico per permettere un confronto trasversale nelle prestazioni energetiche di tutti gli edifici o di edifici con analoga destinazione d'uso.

Mediante un modello di calcolo semplificato in formato excel, denominato SiStre (Sistema per la Stima del Risparmio Energetico) che recepisce ed elabora i dati sopra citati è stato possibile stimare il fabbisogno energetico teorico di ogni singolo edificio sia allo stato attuale sia in caso di eventuali trasformazioni e migliorie.

La sistematizzazione dei dati ha inoltre permesso di costruire un sistema di restituzione automatica dei risultati attraverso grafici e schede tecniche sintetiche (Appendice 1).

## 2.2 Audit di dettaglio

Un maggiore dettaglio sull'efficienza energetica degli edifici, sul risparmio ottenibile e sugli interventi di recupero proponibili è stato raggiunto eseguendo una diagnosi energetica più approfondita su alcuni edifici, selezionati perché di interesse o per particolari inefficienze riscontrate.

L'attività di audit è stata articolata in tre fasi: una prima di carattere conoscitivo e di modellizzazione numerica delle prestazioni energetiche dell'edificio allo stato attuale, una seconda volta a individuare i possibili interventi di razionalizzazione energetica sul lato domanda e offerta e alla loro simulazione numerica dettagliata, una terza finalizzata a una analisi energetico/economica per l'individuazione di combinazioni integrate di misure con i migliori rapporti costi/benefici.

L'analisi dettagliata del fabbisogno dell'edificio al variare della composizione della stratigrafia delle pareti e degli elementi che formano l'involucro edilizio è effettuata attraverso un modello teorico, con il supporto di un software specifico e può aiutare alla definizione degli obiettivi di risparmio perseguibili e desiderabili.

La fase di auditing e la definizione degli interventi di ottimizzazione energetica si riferiscono sia alla struttura architettonica, sia alla definizione dell'impianto per il riscaldamento ambienti e acqua calda sanitaria (acs).

Gli interventi individuati sono stati analizzati considerando i benefici ambientali, i costi e i tempi di ritorno degli investimenti, in modo da ottenere un quadro delle priorità di intervento e della loro efficacia sui fronti economico e ambientale.

## **AUDIT LEGGERI**

Pagina lasciata vuota intenzionalmente

### 3 ANALISI DELLE CONDIZIONI CLIMATICHE

Le condizioni climatiche standard dei comuni coinvolti dal progetto, come definite dal DPR 412/93 e dalle UNI 10349, sono riportate nella tabella che segue.

Dati climatici	Cassano Magnago
Gradi giorno	2909
Zona climatica	E
Durata convenzionale del periodo di riscaldamento	183 giorni
Altitudine sopra il livello del mare	261 m
Velocità max del vento	2,6 m/s
Direzione prevalente	N
Temperatura esterna estiva a bulbo secco	30,5°C
Temperatura esterna estiva a bulbo umido	22,3°C
Umidità relativa	50%

Il parametro più interessante ai fini dell'analisi sono i Gradi Giorno (GG), ovvero un parametro che definisce l'andamento delle temperature in una stagione termica. I GG indicano la somma annuale delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura convenzionale fissata a 20 °C, e la temperatura media esterna giornaliera. I GG definiti dal DPR 412/93 che vengono convenzionalmente presi per il calcolo del fabbisogno termico di un edificio, rappresentano il dato medio su 40 anni.

L'analisi della variabilità delle condizioni climatiche è il presupposto a qualsiasi valutazione del comportamento energetico di un edificio. In primo luogo infatti i consumi termici di un edificio variano al variare delle condizioni climatiche, pertanto ogni variazione non riconducibile all'aumento o alla diminuzione della temperatura esterna dipende da fattori legati all'uso e alla manutenzione dell'edificio.

I grafici sotto riportati indicano l'andamento annuale e mensile dei Gradi Giorno a partire dai dati climatici delle centraline della Rete Meteorologica dell'ARPA di Varese Controlli (dati annuali) e di Busto Arsizio (dati mensili), prese come riferimento della zona sotto esame in mancanza di centraline localizzate sul territorio comunale. Dai grafici si evidenzia un trend di riduzione delle temperature nel corso degli anni.

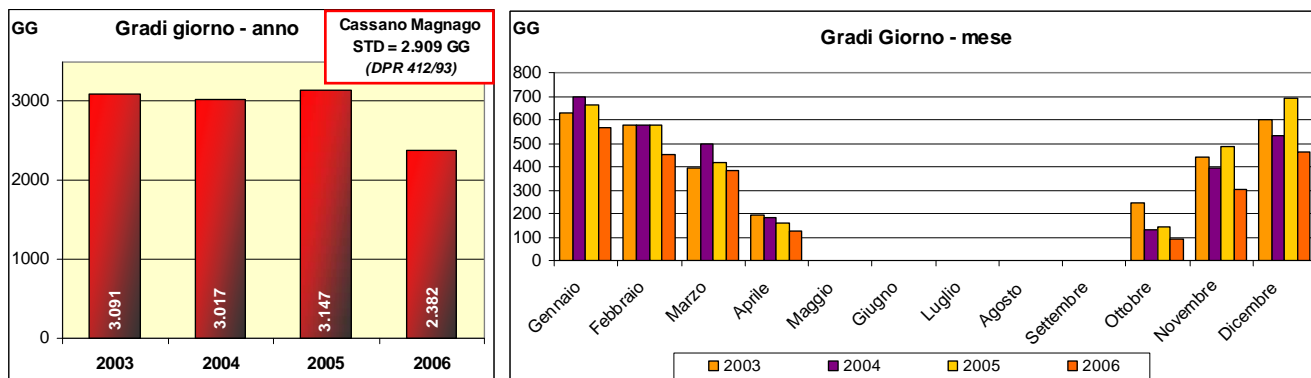


Figura 1: Gradi Giorno della zona di riferimento

#### 4 GLI EDIFICI

Gli edifici sono di proprietà del Comune di Cassano Magnago e sono diversi per epoca e destinazione d'uso. Di seguito si riporta l'elenco completo degli edifici oggetto della presente analisi.

-	Comune	Edifici	Indirizzo	anno costruzione edificio	anno ristrutturazione edificio
1	Cassano Magnago	Municipio	Via Volta n.4	1967/1985	2000
2	Cassano Magnago	Municipio (custode)	Via Volta n.5		
3	Cassano Magnago	Ex Palazzina Vigili	Via Marconi n.39	1910	2000
4	Cassano Magnago	Ex Chiesa S.Giulio	Via S.Giulio n.198		
5	Cassano Magnago	Colonia elioterapica e piscina + centro cottura perm.	Via Marconi n.56	1935	2006
6	Cassano Magnago	Colonia elioterapica - campo calcio	Via Marconi n.57		
7	Cassano Magnago	Asilo Nido Piazzale Lega Lombarda	Piazzale Lega Lombarda n.2	1976	
8	Cassano Magnago	Scuola Materna Via Adige	Via Adige n. 3	1973	
9	Cassano Magnago	Scuola Materna Via Garibaldi	Via Garibaldi n.76	1963	
10	Cassano Magnago	Scuola Materna Via Garibaldi - CC in congedo	Via Garibaldi n.76		
11	Cassano Magnago	Scuola Elementare Rodari	Via Brunelleschi n.23	1973	
12	Cassano Magnago	Scuola Elementare Dante Alighieri	Via Carducci n.20 /Via S.Giulio n.26	1909/1972	
13	Cassano Magnago	Scuola Elementare E. Fermi - palestra	Via Ungaretti n.1		
14	Cassano Magnago	Scuola Elementare E. Fermi	Via Ungaretti n.1	1983	
15	Cassano Magnago	Scuola Elementare E. Fermi - alloggio custode	Via Ungaretti n.1		
16	Cassano Magnago	Scuola Elementare Parini	Via Don Milani n.10	1980	
17	Cassano Magnago	Scuola media Orlandi	Via Galvani n.10	1965	
18	Cassano Magnago	Scuola Media Maino	Via Santa Caterina n.7	1993	
19	Cassano Magnago	Scuola Media Maino - palestra	Via Santa Caterina n.7		
20	Cassano Magnago	Villa Oliva	Via Volta n.15 - 17	fine Ottocento	
21	Cassano Magnago	Via S. D'Acquisto - Spogliatoio - Tribune - WC	Via Salvo D'Acquisto	1980	
22	Cassano Magnago	Palazzetto "Tacca" (ACS)	Piazzale Lega Lombarda n.4	1979	
23	Cassano Magnago	Palazzetto "Tacca"	Piazzale Lega Lombarda n.4		

Alcune semplici informazioni possono dare indicazioni molto preziose rispetto al potenziale comportamento energetico degli edifici in esame, ad esempio l'epoca costruttiva può orientare rispetto alla tipologia degli elementi edilizi che compongono l'involucro e la destinazione d'uso rispetto al tipo di occupazione. Se un edificio è stato costruito tra il 1800 e il 1950, la tipologia costruttiva delle strutture verticali potranno variare tra muratura in mattoni pieni muratura in sassi o strutture miste di mattoni e sassi. Se l'edificio è più recente la scelta sarà più orientata verso strutture a cassa vuota in mattoni forati o verso strutture prefabbricate in calcestruzzo. In assenza



di ristrutturazioni o in caso di ristrutturazioni lontane nel tempo, verranno tendenzialmente esclusi eventuali interventi di riqualificazione energetica volti a migliorare la trasmittanza delle strutture. In caso di ristrutturazioni recenti sarà verificato l'uso di eventuali materiali isolanti.

L'epoca di costruzione degli edifici in esame è piuttosto varia, occupando un arco temporale di circa un secolo. Come rappresentato dal grafico sottostante, un solo edificio – Villa Oliva – risale alla fine dell'Ottocento mentre il più recente – la Scuola media Maino – è stato costruito nel 1993. Tre strutture risalgono ai primi decenni del secolo scorso mentre i restanti edifici, in numero prevalente, si collocano tra i primi anni '60 e i primi anni '80.

La forma attuale di due edifici deriva da fasi costruttive distinte e collocate in epoche diverse: il primo impianto del Municipio è del 1967, con un secondo intervento edilizio che risale a circa vent'anni più tardi, mentre le fasi di edificazione della scuola Dante Alighieri risalgono al 1909 e al 1985.

Per soli tre edifici risultano interventi di ristrutturazione realizzati negli ultimi anni.

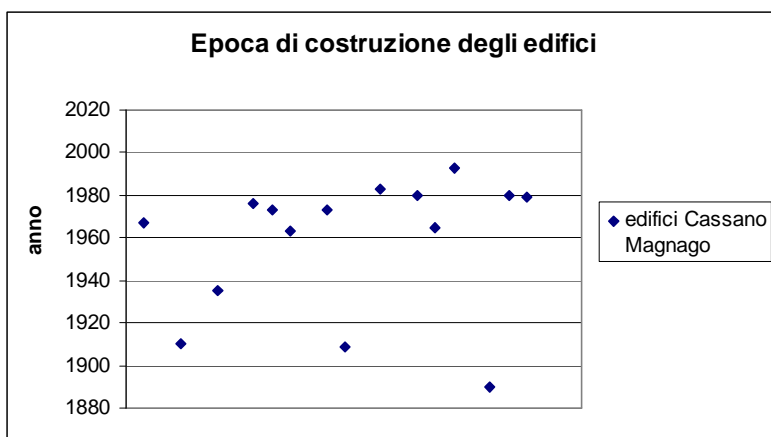


Figura 2: Epoca di costruzione degli edifici

Anche le tipologie costruttive variano da edificio a edificio; con riferimento agli edifici per cui è stato possibile reperire le informazioni, le pareti sono prevalentemente a cassa vuota in laterizio forato o in laterizio pieno, ma si rilevano anche elementi costruttivi in calcestruzzo e altri materiali. Le coperture sono realizzate in latero-cemento per la maggior parte degli edifici, con tipologia piana o a falda.

La realizzazione degli impianti termici si distribuisce in maniera sostanzialmente uniforme nel periodo tra il 1989 e il 2008 (dati riferiti a sedici degli edifici considerati).

I rendimenti dichiarati per tre degli impianti interessati variano tra il 91,2% e il 92,9%.

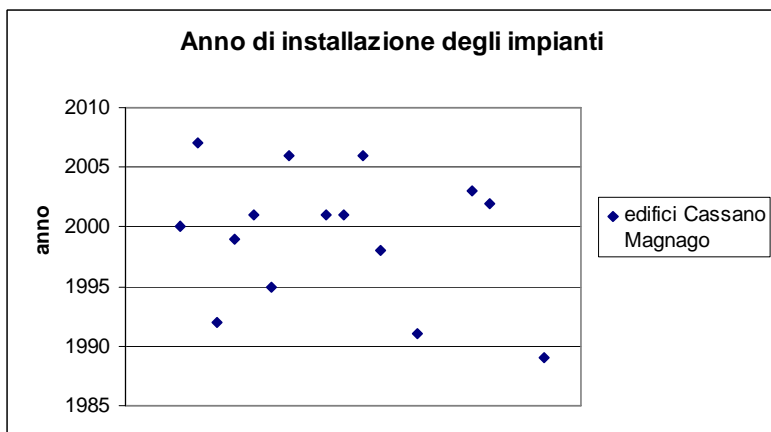


Figura 3: Anno di installazione delle caldaie

## 5 I CONSUMI

La diagnosi energetica degli edifici non può prescindere dall'analisi dei consumi degli edifici stessi. L'analisi dei dati di consumo permette di rilevare:

- l'andamento nei mesi e negli anni per verificare eventuali variazioni non giustificate da variabilità di condizioni climatiche;
- eventuali variazioni legate a interventi di manutenzione straordinaria;
- inefficienze nella contabilizzazione/monitoraggio dei consumi;
- eventuali sprechi rispetto al reale fabbisogno dell'edificio;
- eventuali perdite nell'impianto di distribuzione;
- eventuali irregolarità di gestione.

Il presente studio include:

- l'analisi dell'andamento dei consumi negli ultimi tre/quattro anni espressi in m<sup>3</sup> metano/lt gasolio (per unità di volume riscaldato);
- la verifica dei consumi specifici.

Per **consumi specifici** si intendono i consumi per unità di volume riscaldato e sono espressi in kWh/m<sup>3</sup> di volume riscaldato. La conversione da m<sup>3</sup> di metano a kWh termici è calcolata a partire dalle seguenti equivalenze

$$1 \text{ m}^3 \text{ metano} = 8.250 \text{ kcal} \quad 1 \text{ kcal} = 1,163 \text{ Wh}$$

$$1 \text{ lt gasolio} = 8.350 \text{ kcal} \quad 1 \text{ kcal} = 1,163 \text{ Wh}$$

Questa prima analisi di screening ha fatto sì che la scelta degli edifici su cui effettuare l'audit di dettaglio venisse orientata verso gli edifici con i consumi specifici più alti compatibilmente con esigenze di altra natura da parte del Comune stesso, quali la dismissione già programmata degli edifici indicati, interventi di manutenzione già programmati con il vantaggio quindi di poter integrare considerazioni di carattere energetico degli stessi per prevedere eventuali miglie e risparmi nei consumi, l'interesse strategico per alcuni edifici rispetto ad altri.

Nella fattispecie gli edifici selezionati sono:

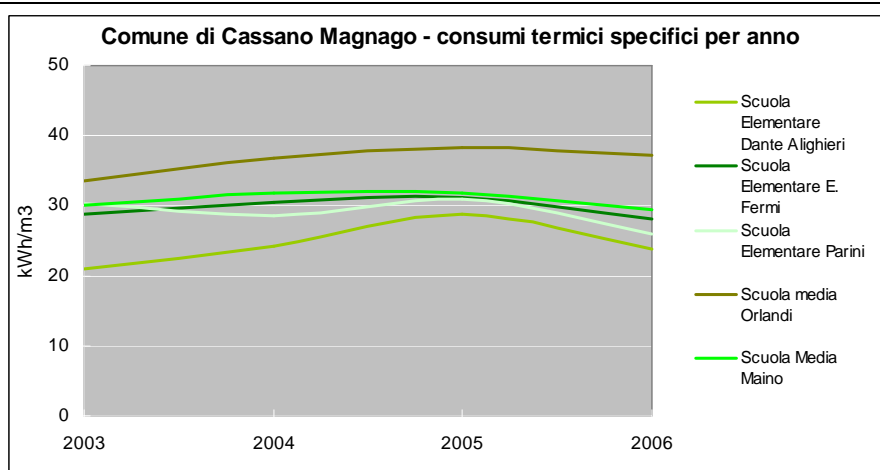
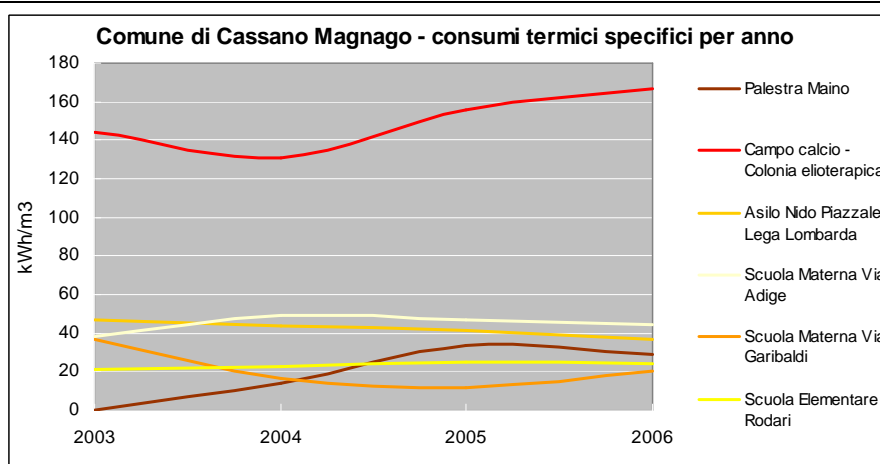
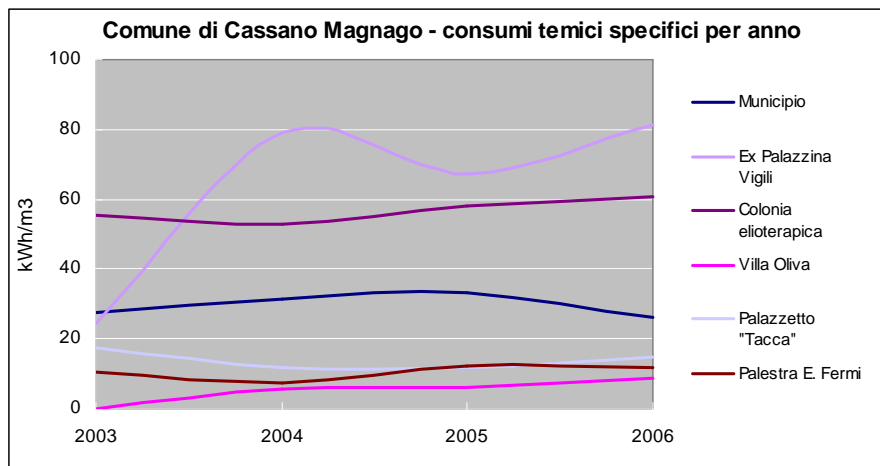
- Asilo Nido Piazzale Lega Lombarda
- Scuola elementare Enrico Fermi
- Scuola elementare Giuseppe Parini
- Ex palazzina vigili

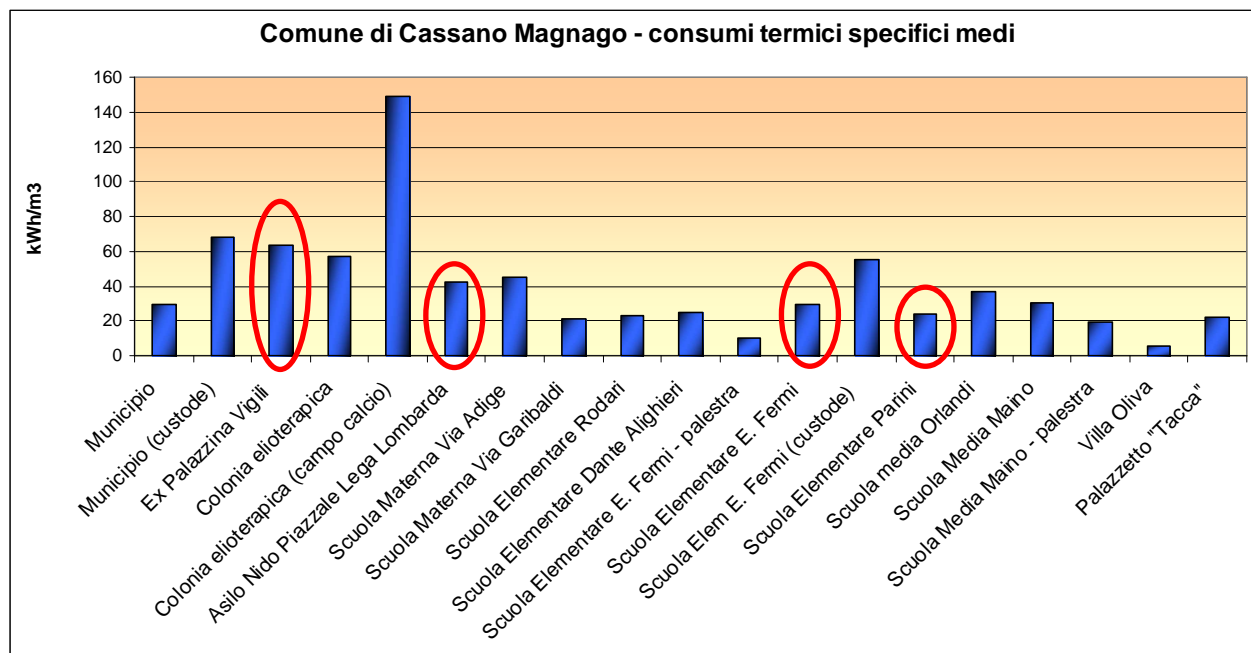
Di seguito sono riportati l'andamento dei consumi degli edifici nei vari anni e l'indicatore dei consumi termici specifici.

## Consumi termici

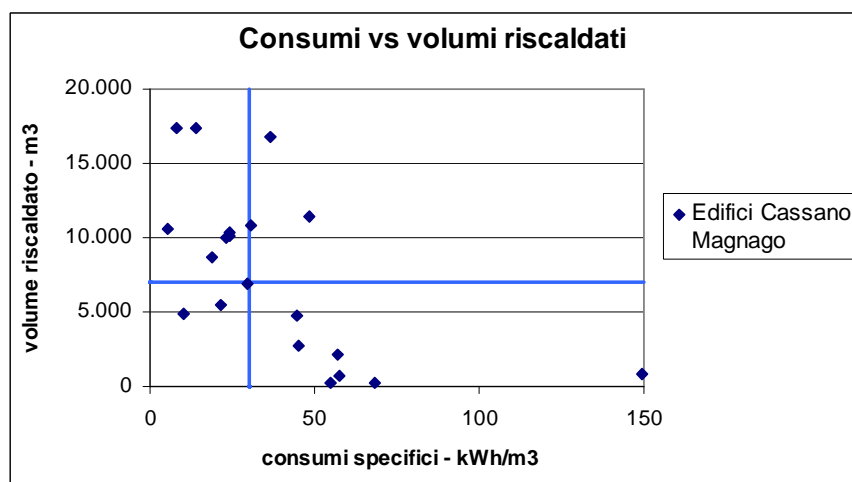
### Comune di Cassano Magnago

Il trend dei consumi è prevalentemente coerente con la riduzione delle temperature già rilevata, ad eccezione di alcuni casi. Le anomalie però si riscontrano soprattutto in edifici che hanno un uso del tutto particolare, ovvero palestre e palazzetti sportivi, dove, in primo luogo, l'utilizzo dell'edificio è molto variabile e, in secondo luogo, il contributo ai consumi imputabile all'uso di acqua calda per le docce è molto alto. Un'altra evidente anomalia è rappresentata dalla colonia elioterapica, dove vengono preparati i pasti per le scuole, con consumi di metano associati alla cottura dei cibi e quindi, anche in questo caso indipendenti dalle condizioni climatiche. Rimane da approfondire la forte oscillazione dei consumi registrati nell'ex palazzina dei vigili urbani.





Il confronto tra i volumi riscaldati e i consumi specifici evidenzia la concentrazione prevalente degli edifici su due quadranti: edifici con volumi elevati e consumi relativamente bassi (inferiori a 30 kWh/m<sup>3</sup>) e strutture più piccole, con volumi inferiori ai 5.000 m<sup>3</sup> e consumi elevati.



Al fine di valutare e giudicare la bontà del comportamento energetico attuale di ciascun edificio analizzato i consumi specifici reali sono messi a confronto con:

- i dati di consumo teorico calcolati attraverso il modello di calcolo semplificato SISTRE;
- i limiti di fabbisogno energetico primario per la climatizzazione invernale definiti dal recente Dlgs 311/06 per gli edifici di nuova costruzione e le ristrutturazioni integrali e il DGR 5773 della Regione Lombardia;
- nel caso di edifici scolastici, le classi di merito dei consumi specifici delle scuole (Buono – Sufficiente - Insufficiente) definite dal FIRE1 a partire da un campione rappresentativo di scuole su scala nazionale, circa 62.000, divise per tipologia (scuola materna, elementare, media e superiore).

I confronti forniti sono da considerarsi indicativi e non vincolanti.

Queste ultime informazioni, insieme a quelle sopra descritte, sono riportate nelle schede di sintesi di ciascun edificio in Appendice 1, come da esempio riportato di seguito

<sup>1</sup> ENEA, FIRE, Guida per il contenimento della spesa energetica nelle scuole