

**ENEA**

Ente per le Nuove tecnologie,  
l'Energia e l'Ambiente



*Ministero dello Sviluppo Economico*

## **RICERCA SISTEMA ELETTRICO**

---

### **Definizione degli indici e livelli di fabbisogno dei vari centri di consumo energetico degli edifici adibiti a scuole - consumi energetici delle scuole primarie e secondarie**

**F. Bianchi, M. Altomonte, M. E. Cannata, G. Fasano**





Ente per le Nuove tecnologie,  
l'Energia e l'Ambiente



*Ministero dello Sviluppo Economico*

## RICERCA SISTEMA ELETTRICO

Definizione degli indici e livelli di fabbisogno dei vari centri di  
consumo energetico degli edifici adibiti a scuole - consumi  
energetici delle scuole primarie e secondarie

*F. Bianchi, M. Altomonte, M. E. Cannata, G. Fasano*

DEFINIZIONE DEGLI INDICI E LIVELLI DI FABBISOGNO DEI VARI CENTRI DI CONSUMO ENERGETICO DEGLI EDIFICI ADIBITI A SCUOLE - CONSUMI ENERGETICI DELLE SCUOLE PRIMARIE E SECONDARIE

F. Bianchi, M. Altomonte, M. E. Cannata (Dipartimento di Progettazione e studio dell'architettura dell'Università Roma Tre)

G. Fasano (ENEA)

Marzo 2009

Report Ricerca Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Area: Usi finali

Tema: Sviluppo di linee guide e indici di riferimento per il legislatore

Responsabile Tema: Gaetano Fasano, ENEA

Questo è un documento dell'attività "Definizione degli indici e livelli di fabbisogno dei vari centri di consumo energetico degli edifici", alla quale ha contribuito il Dipartimento di Progettazione e studio dell'architettura dell'Università Roma TRE

## **INDICE DEL RAPPORTO:**

### **CAP 1: INTRODUZIONE AL PROBLEMA**

- 1.1 IL QUADRO NORMATIVO
- 1.2 IL CONTESTO ITALIANO IN RAPPORTO ALL'EUROPA

### **CAP 2: RACCOLTA DATI**

- 2.1 LETTERE DI RICHIESTA
- 2.2 ENTI E SOCIETA' CONTATTATI

### **CAP 3: METODI DI ANALISI DEI DATI**

- 3.1 SUDDIVISIONE DEL TERRITORIO NAZIONALE IN ZONE CLIMATICHE
- 3.2 DEFINIZIONI E INDICATORI
  - 3.2.1 DEFINIZIONI
  - 3.2.2 INDICATORI

### **CAP 4: ANALISI DEI DATI ELETTRICI**

- 4.1 DATI ELETTRICI IN RELAZIONE A S/V
- 4.2 DATI ELETTRICI IN RAPPORTO ALLA MEDIA

### **CAP 5: ANALISI DEI DATI TERMICI**

- 5.1 DATI TERMICI IN RELAZIONE A S/V
- 5.2 DATI TERMICI IN RAPPORTO ALLA MEDIA

### **CAP 6: CONCLUSIONI**

- 6.1 CRITICITA' DEL PERCORSO DI RICERCA
- 6.2 LINEE GUIDA
- 6.3 POSSIBILI SVILUPPI
- 6.4 COMMENTI

## **ALLEGATI:**

**ALLEGATO 1: EDIFICI PASSIVI SCOLASTICI**

**ALLEGATO 2: TABULATI**

**ALLEGATO 3: ESEMPIO DIAGNOSI EDIFICIO-IMPIANTO**

## **CAP.1 INTRODUZIONE AL PROBLEMA**

## CAP. 1.1 IL QUADRO NORMATIVO

Nel 1997 la **Conferenza di Kyoto** ha segnato il momento dell'acquisizione della coscienza collettiva planetaria della non sostenibilità dei fattori ambientali e climatici dell'attuale modello di sviluppo, in particolare per effetto del ciclo produzione-consumo dell'energia; ha inoltre evidenziato i rischi per l'Unione Europea che derivano dalla sua sempre crescente dipendenza energetica dalle fonti fossili di altri Paesi.

Le azioni strategiche messe in atto a livello europeo sono principalmente:

- la sicurezza dell'approvvigionamento e la minor dipendenza da fonti energetiche esterne;
- l'apertura del mercato dell'energia;
- il miglioramento dell'efficienza energetica;
- lo sviluppo delle fonti rinnovabili;
- l'integrazione degli obiettivi di riduzione dei gas serra nella politica energetica.

Nella Conferenza **ONU Sviluppo e Ambiente (UNCED) di Rio de Janeiro** del 1992 era stato definito e sottoscritto da 180 Governi un Piano di Azione dell'ONU per lo sviluppo sostenibile in riferimento al 21° secolo denominato **Agenda 21**, è un documento di 800 pagine che parte dalla premessa che le società umane non possono continuare nella strada finora percorsa aumentando il divario economico tra le varie nazioni e tra gli strati di popolazione all'interno delle nazioni stesse, incrementando la povertà, la fame, le malattie e l'analfabetismo e causando il continuo deterioramento degli ecosistemi dai quali dipende il mantenimento della vita sul pianeta. La proposta di Agenda 21 è quella di cambiare direzione di sviluppo, migliorando gli standard di vita per tutti e proteggendo e gestendo meglio l'ambiente per un futuro più sano e più sereno per l'intera umanità.

Nel documento i leader del mondo invitano tutte le autorità locali ad intraprendere il processo consultivo con le loro popolazioni e a cercare il consenso su una Agenda 21 Locale.

L'Agenda 21 Locale è un processo di miglioramento volontario promosso a livello locale, contiene gli impegni in campo ambientale, economico e sociale, che una comunità locale si assume per il 21° secolo.

Dal 1992 moltissimi paesi hanno promosso Agenda 21 Locale, con esiti molto incoraggianti sulle politiche e soprattutto sul miglioramento del benessere economico, sociale ed ambientale. A livello europeo circa 400 comunità locali hanno sottoscritto la Carta delle Città Europee per uno sviluppo durevole e sostenibile, elaborata durante la prima conferenza europea ad Aalborg (1994), impegnandosi quindi ad attuare a livello locale l'Agenda 21 elaborata a Rio.

Nel "Piano d'azione per migliorare l'efficienza energetica nella Comunità europea", si sostiene che il potenziale economico di miglioramento dell'efficienza energetica tra il 1998 e il 2010 è circa il 18% rispetto al consumo annuo totale del 1995.

In particolare per quanto riguarda il risparmio energetico negli edifici, il 13 settembre 1993 è stata approvata la **direttiva 93/76/CEE del Consiglio "intesa a limitare le emissioni di biossido di carbonio migliorando l'efficienza energetica (SAVE)"**.

La direttiva prevede che gli Stati membri elaborino ed attuino programmi in alcuni settori:

- certificazione energetica degli edifici;
- fatturazione delle spese di riscaldamento, climatizzazione ed acqua calda per usi igienici sulla base del consumo effettivo;
- finanziamento tramite terzi degli investimenti di efficienza energetica nel settore pubblico;
- isolamento termico negli edifici nuovi che consideri le zone climatiche e l'uso dell'edificio;
- diagnosi energetiche presso imprese ad elevato consumo di energia.

Il 16 dicembre 2002 è stata emanata la **direttiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio "sul rendimento energetico nell'edilizia"** che prevede:

- l'istituzione di un quadro generale per il calcolo del rendimento energetico degli edifici;
- l'introduzione di requisiti minimi di rendimento energetico distinguendo tra edifici esistenti e di nuova costruzione e tra diverse categorie;
- l'enunciazione di criteri generali per la certificazione degli edifici di nuova costruzione ed esistenti e l'obbligo di mettere a disposizione del proprietario o del futuro acquirente l'attestato di certificazione energetica;
- ispezioni periodiche a caldaie e sistemi di condizionamento dell'aria, nonché una perizia del complesso degli impianti termici le cui caldaie abbiano più di 15 anni.

Nella Comunità Europea le fonti rinnovabili sono sfruttate in modo insufficiente e disomogeneo nonostante il loro considerevole potenziale.

La Commissione ha adottato il **Libro Bianco "Energia per il futuro: le fonti energetiche rinnovabili. Libro bianco per una strategia e un piano d'azione della Comunità"**, che propone di raddoppiare la quota di energia rinnovabile nei consumi interni all'Unione entro il 2010.

**Direttiva 2001/77/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 27 settembre 2001 sulla “promozione dell’energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell’elettricità”**, recepita a livello nazionale col decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387, che stabilisce che gli Stati membri promuovano l’aumento del consumo di elettricità prodotta da fonti rinnovabili perseguendo degli obiettivi indicativi nazionali modificabili ogni due anni e compatibili con gli impegni assunti sui cambiamenti climatici ai sensi del protocollo di Kyoto.

La Commissione, al fine di ridurre le emissioni dei gas climalteranti, in accordo con gli impegni assunti col protocollo di Kyoto, ha:

- emanato la **direttiva 99/296/CE** che stabilisce un meccanismo per la sorveglianza delle emissioni dei gas serra e impone agli Stati membri di comunicare alla Commissione i loro piani nazionali relativi alla diminuzione delle emissioni;
- emanato la comunicazione “preparazione dell’attuazione del Protocollo di Kyoto” nella quale si afferma che, in base ai dati rilevati, le emissioni di biossido di carbonio sono in aumento e che, se questa tendenza non sarà contrastata, l’obiettivo di Kyoto non sarà rispettato;
- adottato il **Libro Verde “sullo scambio dei diritti di emissione di gas a effetto serra all’interno dell’Unione Europea”** concernente lo scambio (o commercio) dei diritti di emissione.
- adottato la comunicazione “sulle politiche e misure dell’Unione europea per ridurre le emissioni di gas a effetto serra: verso un programma europeo per il cambiamento climatico (ECCP)”, che descrive le politiche e le misure dell’Unione europea per ridurre le emissioni di gas ad effetto serra.
- emanato la **direttiva 2003/87/CE del Parlamento e del Consiglio “che istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissione dei gas a effetto serra nella Comunità e che modifica la direttiva 96/61/CE del Consiglio”**.

Secondo la **direttiva 2004/8/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio dell’11 febbraio 2004 sulla promozione della cogenerazione basata su una domanda di calore utile nel mercato interno dell’energia e che modifica la direttiva 92/42/CEE**, attualmente nella Comunità il potenziale per l’uso della cogenerazione come mezzo per risparmiare l’energia è sottoutilizzato.

L’adozione di nuove misure per ridurre la domanda energetica è essenziale sia per ridurre la dipendenza dalle importazioni che per limitare le emissioni di gas a effetto serra. Nella sua risoluzione del 15 novembre 2001 sul Libro verde, il Parlamento europeo chiede incentivi per incoraggiare il passaggio a impianti di produzione di energia efficienti, compresa la produzione combinata di calore ed elettricità.

L’uso crescente della cogenerazione orientato verso il risparmio di energia primaria, potrebbe costituire un elemento importante del pacchetto di misure necessarie per rispettare il protocollo di Kyoto della Convenzione quadro delle Nazioni unite sul cambiamento climatico e di qualsiasi altro pacchetto politico per onorare ulteriori impegni.

Il principale strumento di politica energetica nazionale è il **Piano Energetico Nazionale (PEN)**, aggiornato l’ultima volta nell’agosto del 1988, questo lo identifica come un documento ormai datato.

**Il 9 gennaio 1991 è stata emanata la legge n.9 “Norme per l’attuazione del nuovo Piano energetico nazionale: aspetti istituzionali, centrali elettriche ed elettrodotti, idrocarburi e geotermia, autoproduzione e disposizioni fiscali”**; ha introdotto la parziale liberalizzazione della produzione dell’energia da fonti rinnovabili e assimilate e la possibilità per le imprese di produrre energia elettrica per l’autoconsumo o per la cessione all’ENEL.

**Il 9 gennaio 1991 è stata emanata inoltre la legge n.10 “Norme per l’attuazione del Piano energetico nazionale in materia dell’uso razionale di energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia”**. E’ prevista l’attuazione di norme sulle tipologie tecnico-costruttive in merito all’edilizia, all’impiantistica e ai trasporti.

**Il D.P.R. 26 agosto 1993, n.412 è il decreto attuativo dell’articolo 4 comma 4 della legge sovracitata “Regolamento recante norme per la progettazione, l’installazione, l’esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici, ai fini del contenimento dei consumi di energia in attuazione dell’art. 4 comma 4 della legge 9 gennaio 1991 n.10” poi modificato e integrato dal D.P.R. 21 dicembre 1999, n.551 “Regolamento recante modifiche al decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n.412 in materia di progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici degli edifici, ai fini del contenimento dei consumi di energia”**.

Tale regolamento ha introdotto:

- la suddivisione del territorio nazionale in sei zone climatiche in funzione dei gradi giorno comunali e indipendentemente dall’ubicazione geografica;
- la durata giornaliera di attivazione e il periodo annuale di accensione degli impianti di riscaldamento per ogni zona;
- una classificazione degli edifici in otto categorie a seconda delle destinazioni d’uso e per ogni categoria ha stabilito la temperatura massima interna consentita;

- un rendimento stagionale medio da garantire per gli impianti termici nuovi o da ristrutturare, calcolato in base alla potenza termica del generatore;
- dei valori limite di rendimento per i generatori di calore ad acqua calda ed aria calda sanitaria;
- una periodica ed annuale manutenzione degli impianti termici;
- un limite al fabbisogno energetico degli edifici.

**Il Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n.192 si pone come obiettivo l'attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.** Esso stabilisce i criteri, le condizioni, e le modalità per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici per favorire lo sviluppo, la valorizzazione e l'integrazione delle fonti rinnovabili e la diversificazione energetica, contribuire a conseguire gli obiettivi nazionali di limitazione delle emissioni di gas a effetto serra posti dal protocollo di Kyoto, promuovere la competitività dei comparti più avanzati attraverso lo sviluppo tecnologico.

Lo Stato, le Regioni e le Province autonome avvalendosi di meccanismi di raccordo e cooperazione, predispongono programmi interventi e strumenti volti all'attuazione delle presenti norme ed alla promozione dell'uso razionale dell'energia e delle fonti rinnovabili.

**Decreto Ministeriale 27 Luglio 2005 “Norma concernente il regolamento d'attuazione della legge 9 gennaio 1991, n. 10 (articolo 4, commi 1 e 2), recante: «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».** Il presente decreto definisce i criteri generali tecnico-costruttivi e le tipologie per l'edilizia sovvenzionata e convenzionata nonché per l'edilizia pubblica e privata, anche riguardo alla ristrutturazione degli edifici esistenti, al fine di favorire ed incentivare l'uso razionale dell'energia, il contenimento dei consumi di energia nella produzione o nell'utilizzo di manufatti.

Si applica agli edifici di nuova costruzione ed a quelli esistenti oggetto di interventi di ristrutturazione importanti, come di seguito precisato, dotati di impianti di riscaldamento e/o climatizzazione.

**Il Decreto Legislativo 29 dicembre 2006, n.311 contiene le “Disposizioni correttive ed integrative al Dlgs 19 agosto 2005, n.192, recante attuazioni della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia.**

## **CAP 1.2 IL CONTESTO ITALIANO IN RAPPORTO ALLA SITUAZIONE EUROPEA, INDIVIDUAZIONE DEI CONSUMI**

Le principali criticità che investono il paese:

Dipendenza dall'estero per gli approvvigionamenti di fonti primarie di energia, in particolare di gas e petrolio. La domanda di energia in Italia è soddisfatta soprattutto attraverso il ricorso ai combustibili fossili, in particolare petrolio e gas.

La dipendenza dall'estero per gli approvvigionamenti di fonti primarie ha impatti su tutti e tre gli assi che definiscono la qualità di un sistema energetico:

sul piano della sicurezza (condizione perenne di rischio in caso di crisi energetiche)

sul piano della sostenibilità ambientale l'impiego di fonti inquinanti incide sulle emissioni di gas serra;

sul piano della competitività si determina una crescita dei costi dell'energia più alta della media europea.

La dipendenza dell'Italia dalle importazioni di fonti primarie è superiore alla media dei Paesi europei, 85% circa, rispetto ad una media europea di circa 53%.

Questa situazione di dipendenza dall'estero è aggravata dal fatto che le importazioni avvengono essenzialmente da aree ad alto rischio geopolitico.

Oltre il 70% delle importazioni di gas naturale proviene da due soli paesi, Algeria e Russia, mentre dal resto d'Europa proviene meno del 30% del gas utilizzato in Italia.

Per quanto riguarda il petrolio la diversificazione geografica delle aree di provenienza delle importazioni è più accentuata. In generale le importazioni provengono tutte da aree con elevato profilo di rischio geopolitico.

Questa situazione critica, poi, si ripercuote soprattutto sulla generazione elettrica che, caso unico in Europa, è prodotta per l'80% da fonti fossili.

Una percentuale notevole di elettricità è prodotta da fonti rinnovabili, mentre del tutto assente la generazione da energia nucleare, a differenza di quanto avviene in altri paesi europei.

Il secondo ordine di criticità riguarda le infrastrutture.

Il fatto che siano carenti, sia per il mercato del gas che per quello dell'elettricità, aggrava la vulnerabilità del paese rispetto alla sicurezza degli approvvigionamenti, riducendo la possibilità di diversificare le aree di provenienza delle fonti primarie. Inoltre, lo sviluppo ridotto di reti di interconnessione energetica con l'estero contribuisce a mantenere l'Italia in una posizione di perifericità rispetto ai grandi centri europei.

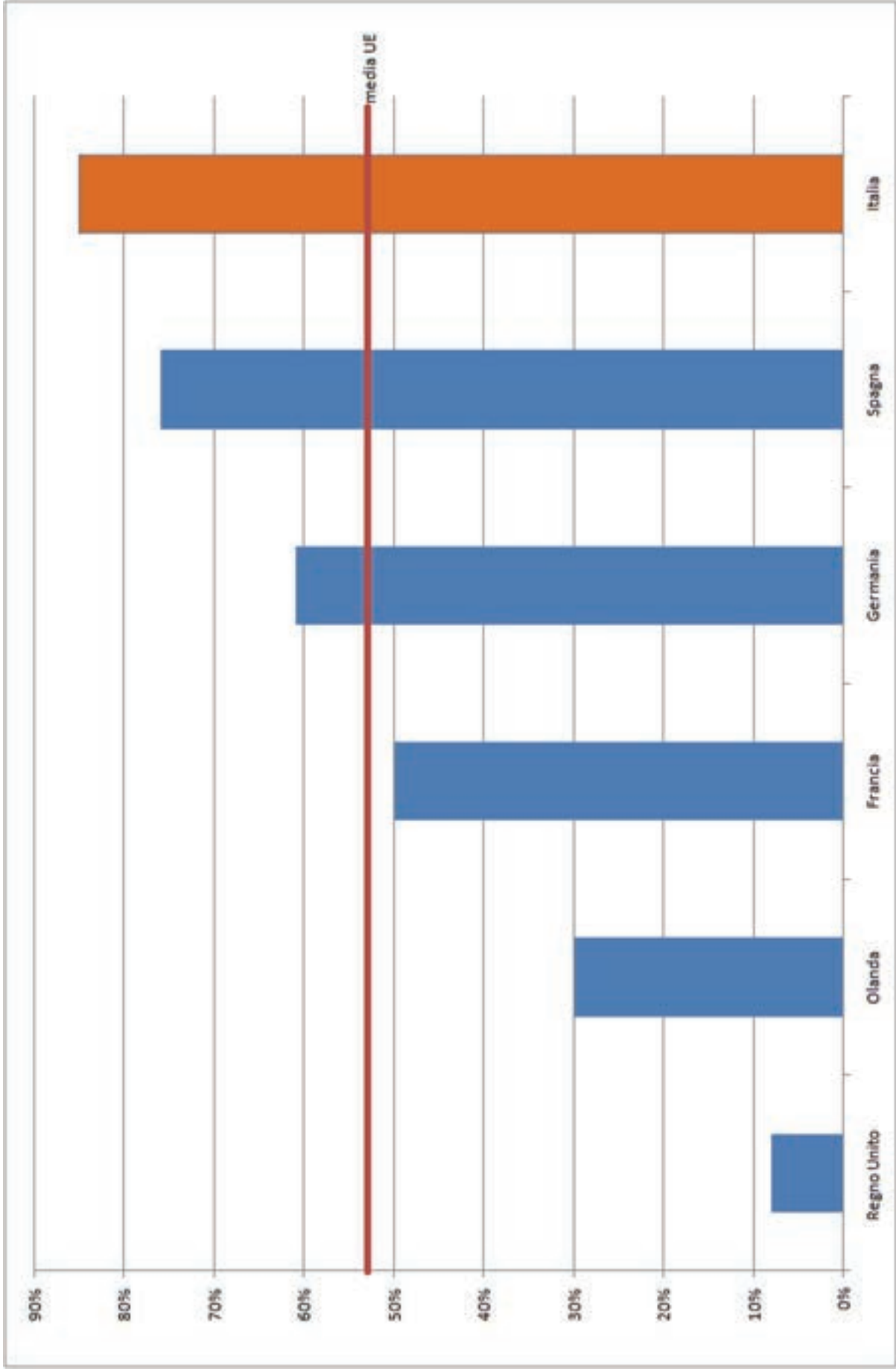
L'ultimo aspetto critico riguarda la governance nel settore dell'energia. La competenza istituzionale è divisa a livello centrale tra una serie di centri decisionali competenti per il proprio settore. Non c'è un unico soggetto che si occupi di elaborare un piano coerente, con ottica di lungo periodo relativo non solo agli approvvigionamenti, ma anche all'incentivazione delle fonti rinnovabili e all'efficienza energetica.

Inoltre, non va dimenticata la competenza delle regioni e degli altri enti locali, che si esplica soprattutto attraverso l'autorizzazione alla costruzione di opere infrastrutturali per l'energia.

Manca la definizione di obiettivi quantitativi da raggiungere a livello locale, in linea con la programmazione nazionale.

Le opere infrastrutturali non vengono realizzate e le fonti rinnovabili non sono sviluppate in modo coerente, ma a seconda dei piani di incentivazione e di crescita regionale.

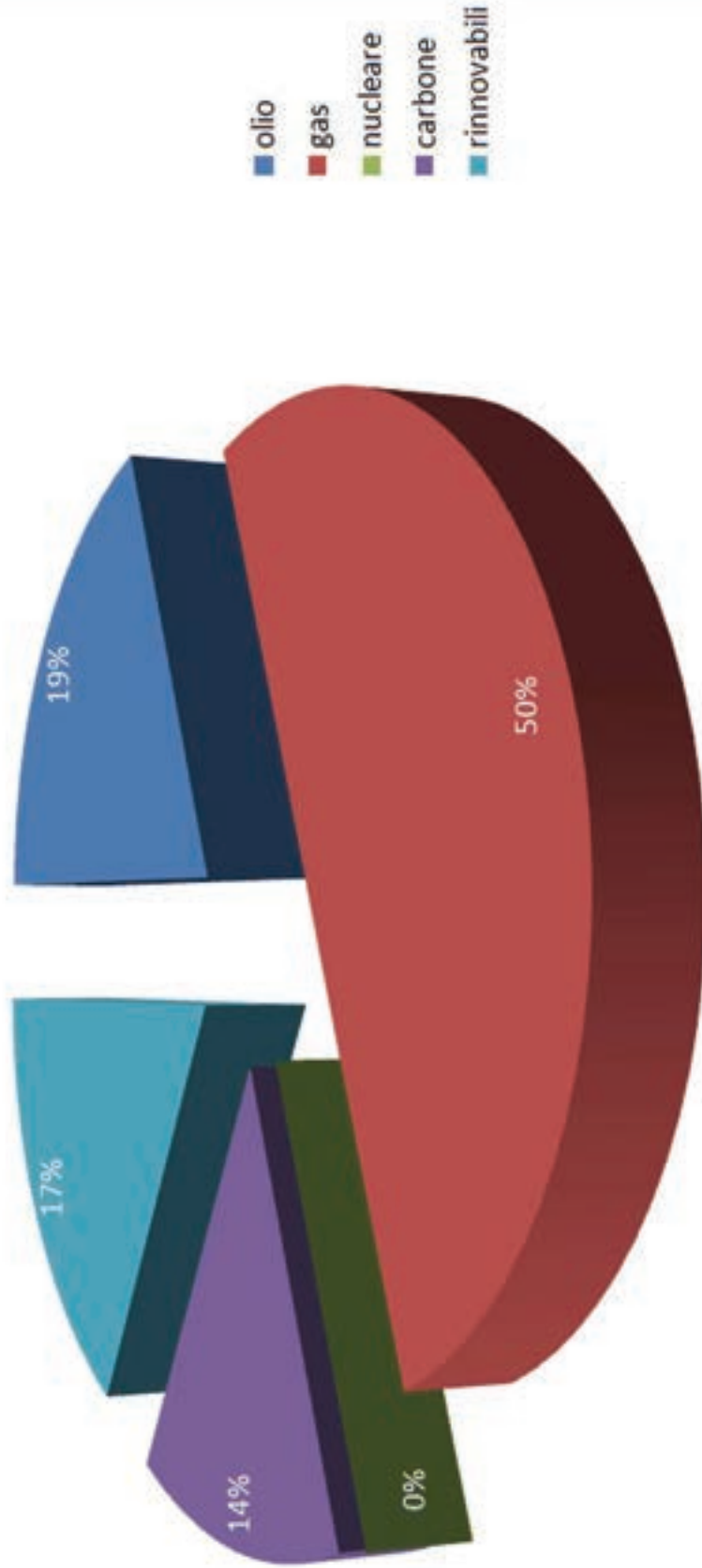
Spesso la contrapposizione locale determina un'informazione non ottimale e poco trasparente, che non consente la formazione di un'opinione pubblica condivisa su temi di rilevanza strategica per il paese, provoca invece posizioni di rifiuto aprioristico degli interventi strutturali.



Dipendenza dell'Italia dalle importazioni di fonti primarie

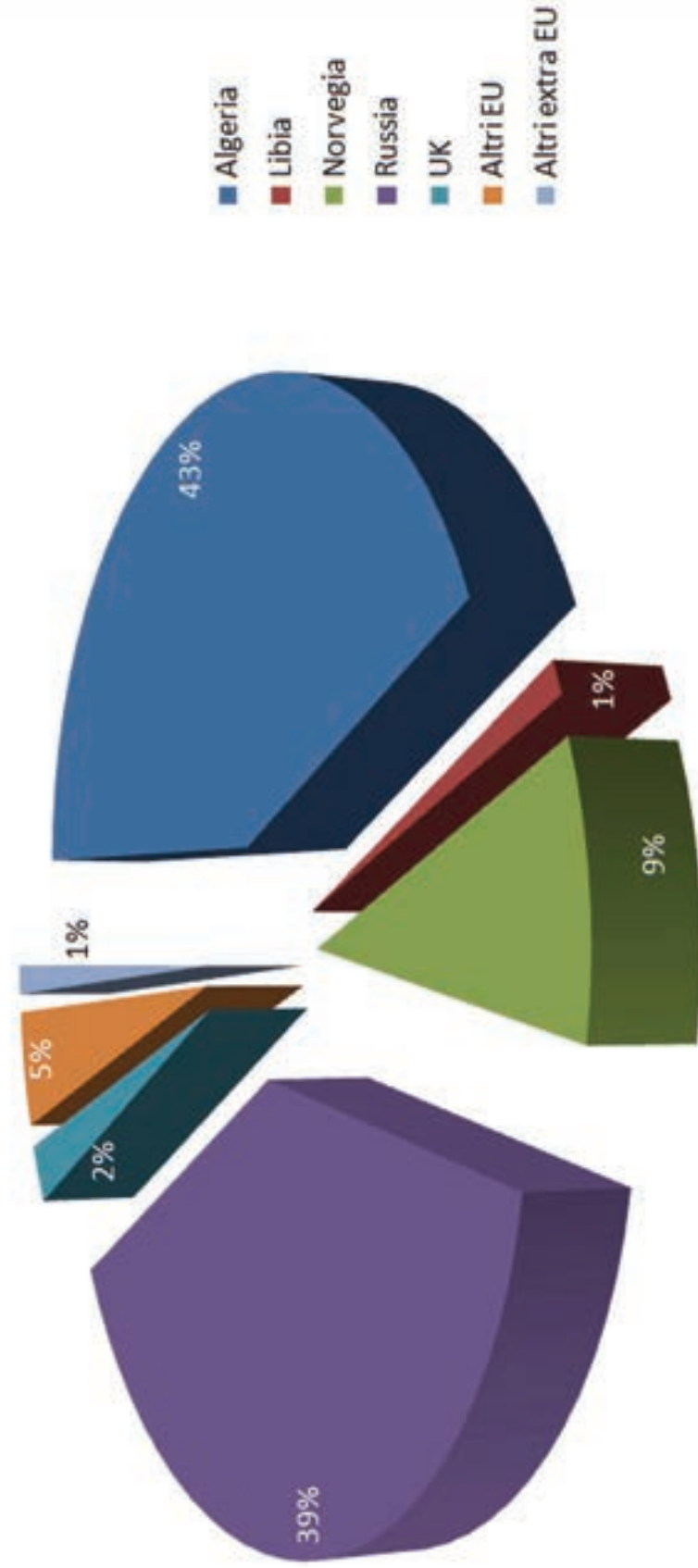
### Contributo delle varie fonti di energia alla copertura del fabbisogno energetico italiano

(Fonte: Enel, 2007, dati anno 2006)

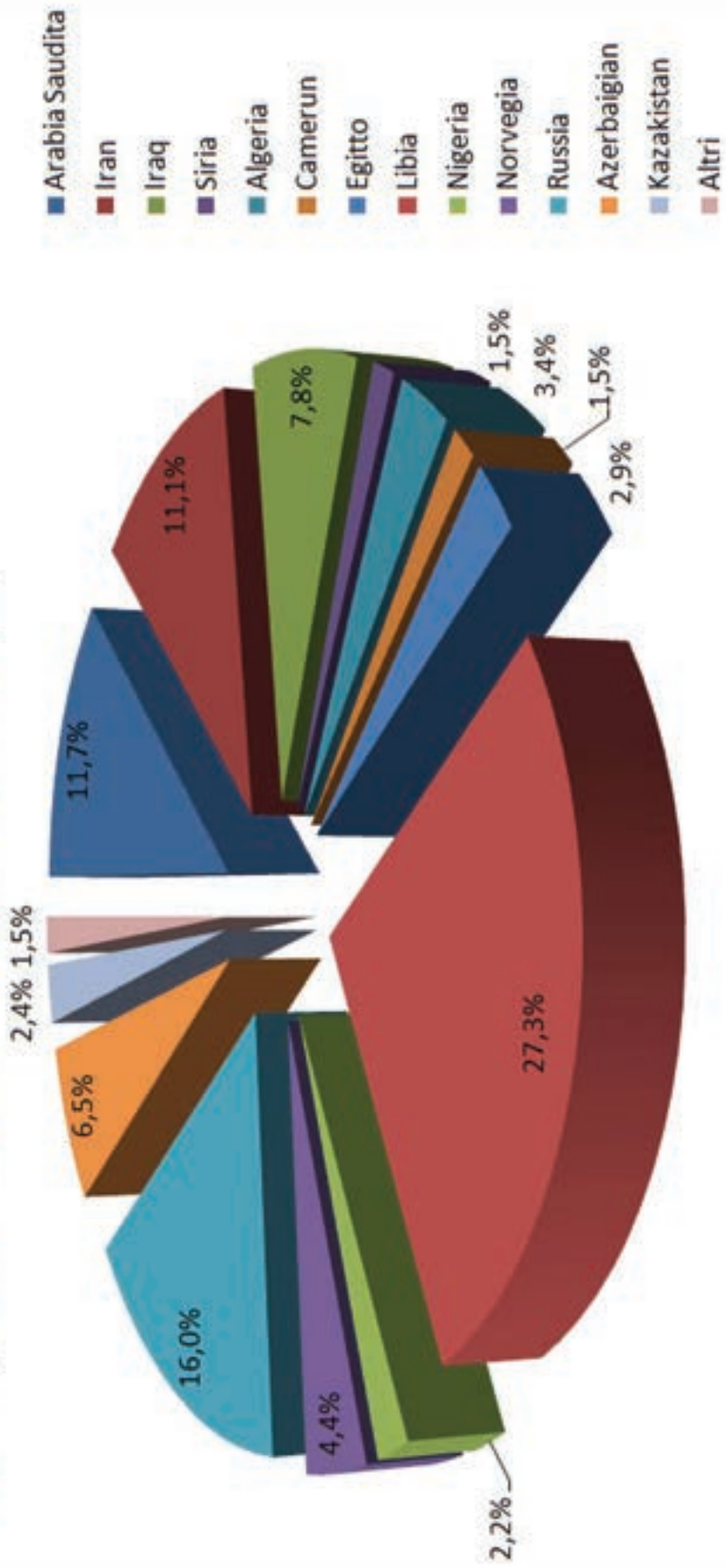


### Le aree di provenienza delle importazioni di gas naturale

(Fonte: elaborazione The European House- Ambrosetti su dati Ministero Sviluppo Economico-Osservatorio Statistico Energetico e Bollettino Petroliero, 2006)



**Le aree di provenienza delle importazioni di petrolio**  
 (Fonte: elaborazione The European House- Ambrosetti su dati Ministero Sviluppo Economico - Osservatorio Statistico Energetico e Bollettino Petrolifero, 2006)



## **CAP.2 RACCOLTA DATI**

## 2.1 LETTERE DI RICHIESTA

Lettera tipo inviata a comuni e province



Facoltà di Architettura  
prof. arch. Francesco Bianchi

Spett.le  
Provincia di ...  
Area ...  
Ufficio l...  
c.a. ...

Oggetto: determinazione dei consumi energetici elettrici nelle scuole

In base all'accordo di programma MSE-ENEA (Tema di ricerca 5.4.1.4 "Sviluppo di linee guida ed indici di riferimento per il legislatore") il nostro Dipartimento sta collaborando con l'ENEA ed il Politecnico di Milano per una ricerca congiunta avente lo scopo di valutare i consumi nell'edilizia esistente. L'obiettivo finale è mettere a disposizione del legislatore le informazioni necessarie allo sviluppo degli strumenti di "governance" in grado di incidere sulla convenienza delle soluzioni impiegabili, attraverso meccanismi di incentivazione e di tariffe, che prendano a riferimento la direttiva 2004/8/CE.

Condizione necessaria di questo processo è la raccolta e l'organizzazione dei dati disponibili dei consumi elettrici e termici e l'implementazione di opportuni database. Pertanto con riferimento all'accordo di programma, l'obiettivo che si propone di raggiungere è quello di realizzare un database energetico che si riferisca agli asili nido, scuole elementari, medie e licei, per le seguenti categorie:

- Riscaldamento
- Condizionamento
- Ventilazione
- Illuminazione
- Elettrodomestici
- Apparecchi elettronici
- Elevatori

Una volta assunti i dati di consumo, essi saranno correlati con i principali parametri termo-igrometrici di zona (temperatura, gradi-giorno), con i parametri dimensionali della scuola (numero degli alunni, superficie della scuola...), con i tipi di generatori utilizzati per il riscaldamento ed il combustibile utilizzato, rilevando inoltre la presenza o meno di ascensori ed altri apparati (eventuale presenza di cucina).

Di prioritaria importanza sarebbe poter individuare i flussi di consumo nell'arco temporale degli ultimi cinque anni, in modo da avere un database più attendibile e leggere le variazioni in relazione all'andamento della stagione invernale.

Chiediamo pertanto di volerci mettere a disposizione i dati di consumo elettrici per quel che riguarda gli Istituti superiori.

Nel ringraziarla per la collaborazione, la saluto cordialmente

f.to Francesco Bianchi

Spett.le  
Provincia di ...  
Settore ...  
c.a. ...

**Tema di ricerca 5.4.1.4 "Sviluppo di linee guida ed indici di riferimento per il legislatore"**

all'Accordo di Collaborazione tra ENEA

e

la Facoltà di Architettura dell'Università degli Studi di Roma Tre

**Definizione degli indici e livelli di fabbisogno dei vari centri di consumo energetico degli edifici.**

L'obiettivo è di realizzare un database dei dati di consumo termici ed elettrici (determinati in kWh/mc anno) delle scuole a livello nazionale: asili nido, elementari, medie e istituti superiori. Di prioritaria importanza sarebbe poter individuare i flussi di consumo nell'arco temporale degli ultimi cinque anni, in modo da avere un database più attendibile e leggere le variazioni in relazione all'andamento della stagione invernale. Tali dati reperiti negli uffici comunali e provinciali, verranno poi messi in paragone con i valori ottenuti nell'ambito di una ricerca a livello europeo.

**Risultato/Deliverable:** Rapporto sui consumi energetici degli edifici disaggregati per uso.

**Organo esecutore:** ENEA, Politecnico di Milano, Università Roma TRE

Università degli Studi di RomaTre

f.to Francesco Bianchi

Gentile ing. I

Oggetto: *richiesta di dati di consumo elettrici e termici delle scuole.*

La nostra università ha un accordo di collaborazione con l'ENEA per una attività di ricerca dal titolo " *Definizione degli indici e livelli di fabbisogno dei vari centri di consumo energetico degli edifici scolastici*" nell'ambito del tema 5.4.1.4 " *Sviluppo di linee guida ed indici di riferimento per il legislatore*".

L'obiettivo è di realizzare un database dei dati di consumo termici ed elettrici (determinati in kWh/mc anno ) delle scuole a livello nazionale: asili nido, elementari, medie e istituti superiori.

Ci occorre quindi conoscere i flussi di consumo nell'arco temporale degli ultimi cinque anni, in modo da avere un database più attendibile possibile e leggere le variazioni in relazione all'andamento della stagione invernale.

Abbiamo pertanto invitato a collaborare, per la raccolta dei dati di consumo ( elettrici e termici), le amministrazioni comunali e provinciali, ottenendo già alcuni risultati limitatamente alle città di Bologna, Pescara, Roma, Mantova, Padova e Milano.

Alleghiamo una delle schede, che abbiamo già compilato, come esempio.

Ringraziandola per l'attenzione, la saluto cordialmente.

Francesco Bianchi

Roma, li :

Allegato:

TABELLA DATI : ( esempio su di una scuola )

Regione	Lazio
Denominazione scuola	Principe di Piemonte
Tipologia	Scuola elementare
Località	Roma
Indirizzo	Via Ostiense 263/c
Codice Meccanografico	RMEE04900V
Gradi Giorno	1415
Zona climatica	D
Classificazione storico-tipologica	1972-77
Combustibile	Metano
Consumi combustibile	176184
Consumi combustibile (euro)	-----
Numero Alunni	-----
Refettorio	No
Palestra	No
Numero di piani	3
Volume lordo riscaldato (mc)	10980
Rapporto S/V	0.39
Tipo d'impianto	Caldaie standard
Potenza nominale utile (W)	523170
Struttura portante	Muratura
Isolamento pareti esterne	No
Isolamento solai	No
Permeabilità all'aria dei serramenti	Elevata
Schermatura serramenti	Non schermato
Sistema di regolazione	Climatico centralizzato
Stato d'uso della centrale termica	Medio
Fabbisogno di energia stagionale (MJ)	Nov-Apr 487834
Consumi energia elettrica (KW)	39885
Consumi energia elettrica (euro)	-----

## **2.2 ENTI E SOCIETA' CONTATTATI**

### **AUDIT SCUOLE:**

*Da Audit energetico degli edifici di proprietà dei piccoli comuni  
Bando Cariplo 2007  
Relazione Tecnica di Sintesi  
Scuola Elementare di Malgesso (VA)*

*Sito WEB della Scuola A.Zoli  
Lavoro di analisi energetica degli studenti della scuola stessa.*

*Programma nazionale per la promozione dell'energia solare "Il sole a scuola"  
Analisi energetica della ist. sup. A.Businco  
Rilevazione dei consumi energetici nella scuola*

*Piano d'azione energetico-ambientale della Val Pellice  
Cap\_8 scuola media Caffaro Bricherasio  
( mancante di consumi elettrici)*

*Dal Sito Web del Comune di Modena  
Accordo volontario sul risparmio energetico " Più energia alle scuole.... Più energia alla città!"  
Scuola elementare Saliceto Panaro  
Scuola elementare Palestrina  
Scuola elementare Rodari  
Scuola media Carducci*

*Dal Sito WEB energyregio.net  
Sintesi dei dati costruttivi ed energetici delle scuole:  
Scuola media G.Pascoli di Anzola dell'Emilia  
Scuola elementare di Calderino Monte San Pietro  
Scuola superiore ITC Rosa Luxemburg di Bologna*

*Da Progetto SAVE Attività cofinanziata da FONDAZIONE CARIPLLO  
Relazione di Audit energetico semplificato della scuola elementare "A.Moro"*

### **DATI ESTRATTI DA PIANI O RAPPORTI ENERGETICI COMUNALI E PROVINCIALI:**

*Programma energetico comunale di Bologna*

*Piano energetico ambientale della provincia di Benevento*

*Piano energetico ambientale del comune di Ravenna*

*Rapporto energetico 2005/2006 Bolzano*

## **DATI RICEVUTI DALLE AMMINISTRAZIONI COMUNALI E PROVINCIALI:**

### **Provincia di Lecco**

*Dott. Corrado Conti*

*Dott. Marilena Anghileri*

*Ing. Pietro Francesco Canali*

### **Provincia di Roma**

*Dott. Maria Rita Antonelli*

*Dott. Palmira Trinca*

### **Comune di Roma**

*Ing. Vecchi*

*Ing. Alessandro Giarè*

## **AMMINISTRAZIONI PROVINCIALI E COMUNALI CONTATTATE:**

### **Asti**

Provincia - Pubblica istruzione

### **Bolzano**

Provincia - Ufficio finanziamento scolastico

### **Brescia**

Comune – Provveditorato

### **Caltanissetta**

Provincia - Funzionario responsabile di posizione organizzativa

### **Campobasso**

Provincia - Ufficio amministrativo del servizio edilizia

### **Como**

Provincia - Gestione CFP

Comune – Ufficio Economato

### **Crotone**

Provincia - Amministrazione – Cultura e Pubblica Istruzione

### **Firenze**

Comune – Servizi educativi 0-3 anni

### **Frosinone**

Provincia – Settore edilizia scolastica

### **Milano**

Provincia – Edilizia Scolastica

### **Napoli**

Provincia – Direzione funzionamento edifici scolastici – ufficio utenze

### **Nuoro**

Provincia – Politiche scolastiche e università

### **Padova**

Provincia - Ufficio scolastico provinciale di Padova

### **Palermo**

Provincia – Direzione Patrimonio, Demanio e Provveditorato

### **Pordenone**

Provincia – Provveditorato

### **Potenza**

Provincia – Servizio provveditorato/Economato

**Prato**

Provincia – Pubblica Istruzione

**Ragusa**

Comune – Settore XIII Cultura, Istruzione, Sport e attività del tempo libero

**Oristano**

Comune – Pubblica Istruzione

**Salerno**

Provincia – Ufficio Scuola

**Venezia**

Provincia – Istruzione Scolastica

## **CAP.3 METODI DI ANALISI DEI DATI**

### 3.1 SUDDIVISIONE DEL TERRITORIO NAZIONALE IN ZONE CLIMATICHE

La suddivisione del territorio italiano in **zone climatiche** è da attribuirsi al **DPR n°412 del 26-08-1993** *Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n. 10*, un decreto attuativo della legge 10/91, la legge quadro in materia di uso razionale dell'energia e di risparmio energetico sul territorio nazionale.

Le zone climatiche sono **sei**, vengono identificate dalle lettere alfabetiche [**A, B, C, D, E, F**] e ciascuna è definita in funzione dei valori assunti dai **gradi-giorno (GG)**.

I **gradi giorno** sono specifici di ogni località, indipendentemente dalla localizzazione geografica della stessa. Ogni Comune italiano è connotato da uno specifico valore della grandezza gradi-giorno.

Dal punto di vista matematico i **gradi-giorno di una località** si calcolano come la somma, estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura dell'ambiente, convenzionalmente fissata a 20°C, e la temperatura media esterna giornaliera. Ne consegue che il numero di gradi-giorno aumenta al diminuire della temperatura esterna (generalizzando: a località fredde corrispondono valori di gradi-giorno elevati; a località calde corrispondono valori di gradi-giorno bassi).

La temperatura media esterna giornaliera è influenzata dai fattori geografici, l'altezza sul livello del mare, la protezione dai venti dominanti, la vicinanza al mare o a specchi d'acqua, ecc.

**In virtù della conformazione geografica del territorio italiano (zone montagnose adiacenti a zone pianeggianti e/o lacustri e/o marine), dal punto di vista pratico la distribuzione dei gradi-giorno, caratteristici di ogni comune d'Italia, è "a pelle di leopardo"**

Le informazioni sul numero di gradi-giorno di ogni Comune d'Italia sono contenute nell'ALLEGATO A del **DPR n°412 del 26-08-1993**.

Una volta che ad ogni Comune d'Italia è stato attribuito un numero di gradi-giorno, i Comuni sono stati accorpati per **zone climatiche**, ovvero per categorie di numero di gradi-giorno.

Nella fattispecie:

I comuni che possiedono un numero di gradi-giorno non superiore a 600 sono compresi nella **zona climatica A**.

I comuni che possiedono un numero di gradi-giorno maggiore di 600 e non superiore a 900 sono compresi nella **zona climatica B**.

I comuni che possiedono un numero di gradi-giorno maggiore di 900 e non superiore a 1.400 sono compresi nella **zona climatica C**.

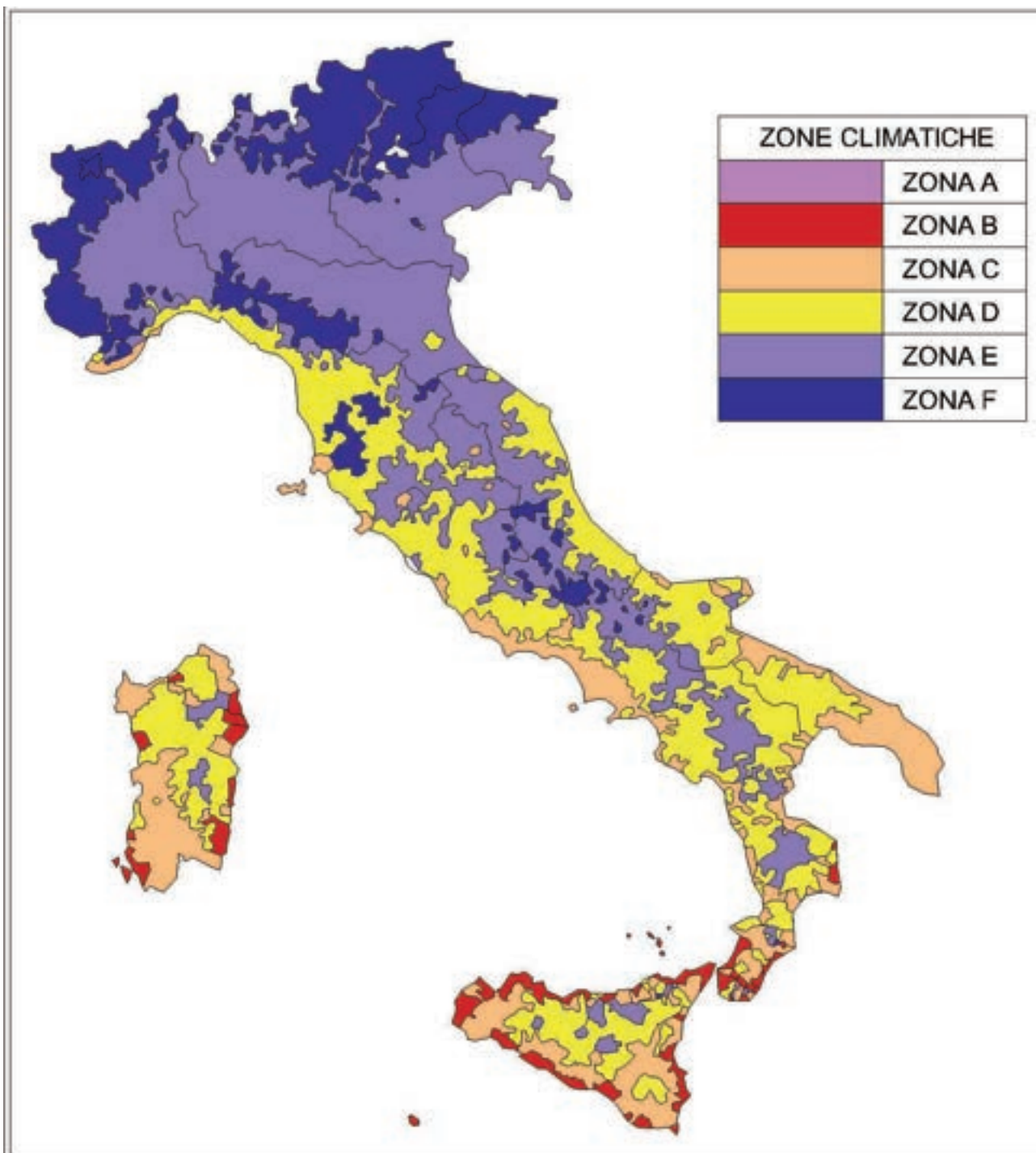
I comuni che possiedono un numero di gradi-giorno maggiore di 1.400 e non superiore a 2.100 appartengono alla **zona climatica D**.

I comuni che possiedono un numero di gradi-giorno maggiore di 2.100 e non superiore a 3.000 appartengono alla **zona climatica E**.

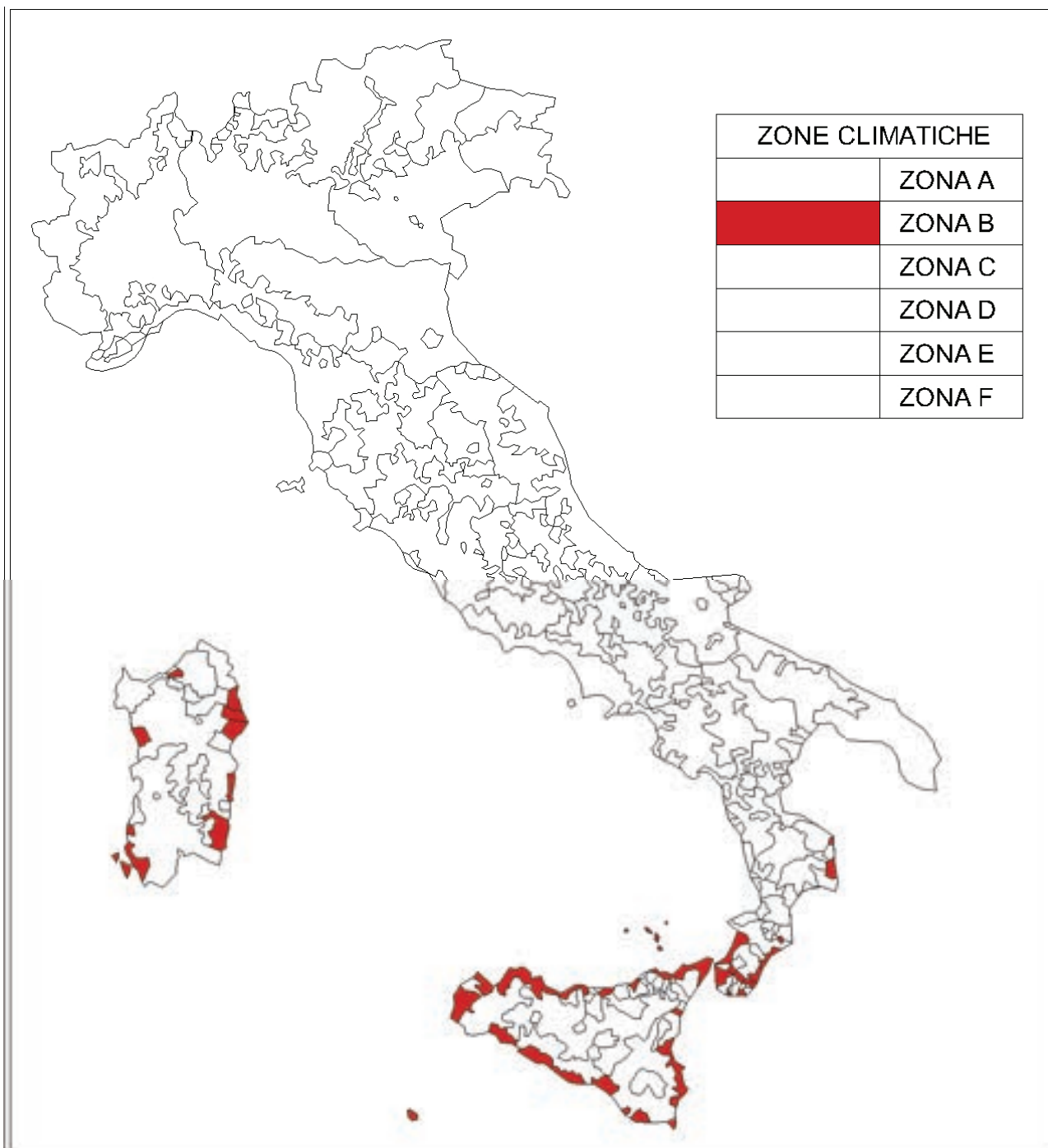
I comuni che possiedono un numero di gradi-giorno maggiore di 3.000 appartengono alla **zona climatica F**.

L'ALLEGATO A del **DPR n°412 del 26-08-1993** indica inoltre per ogni comune d'Italia la zona climatica di appartenenza.

Per le zone climatiche valgono le stesse osservazioni fatte per i gradi-giorno per cui, in prima battuta, la peculiare conformazione geografica dell'Italia fa sì che anche la distribuzione delle zone climatiche sul territorio non sia omogeneamente distribuita. Da cui si giustifica anche il fatto che Comuni ubicati nella stessa regione e/o nella stesso bacino di utenza provinciale siano connotati da una zona climatica differente.

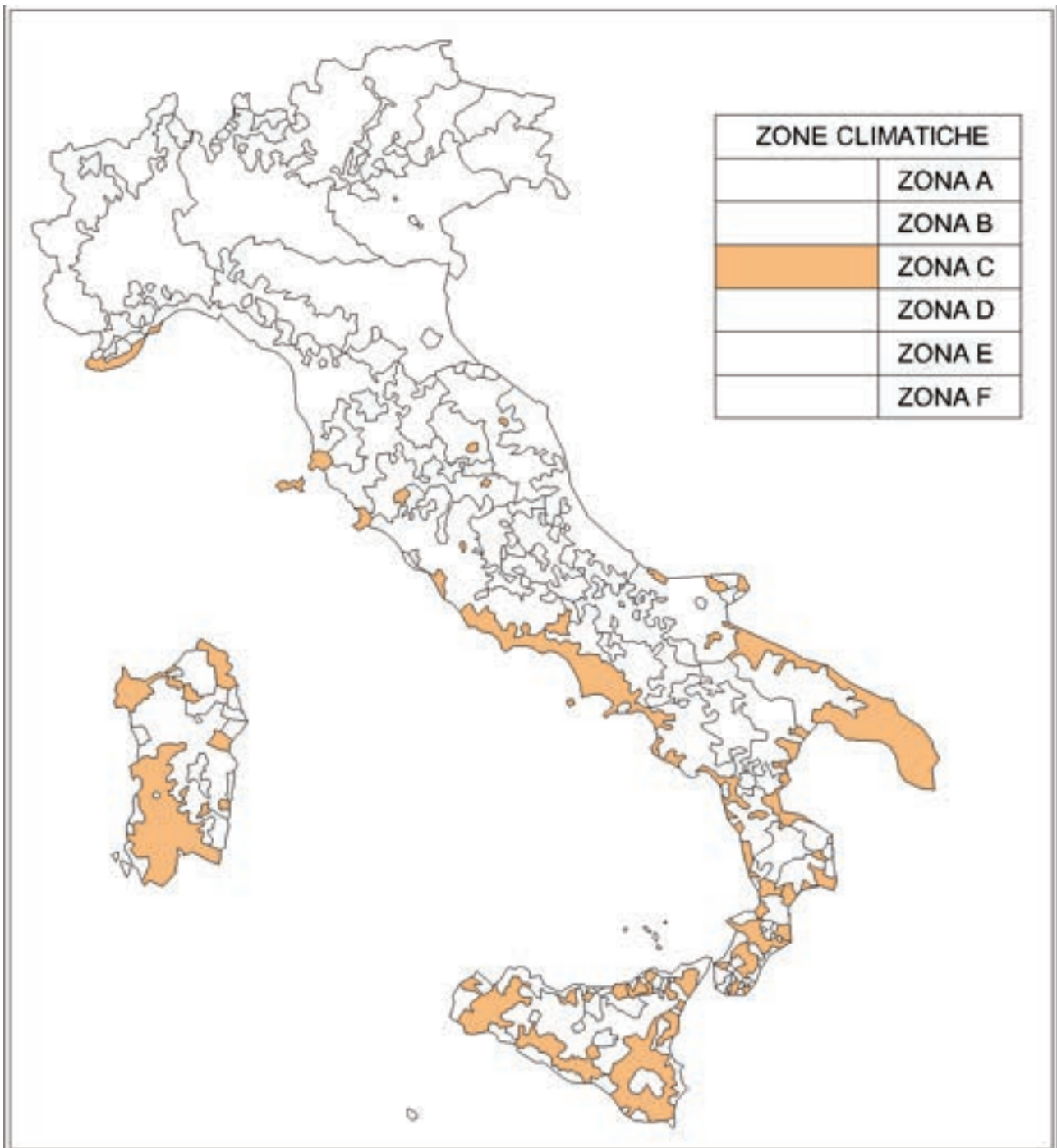


La zona A non viene presa in esame per la sua presenza estremamente limitata sul territorio nazionale (Lampedusa, Linosa, Porto Empedocle).



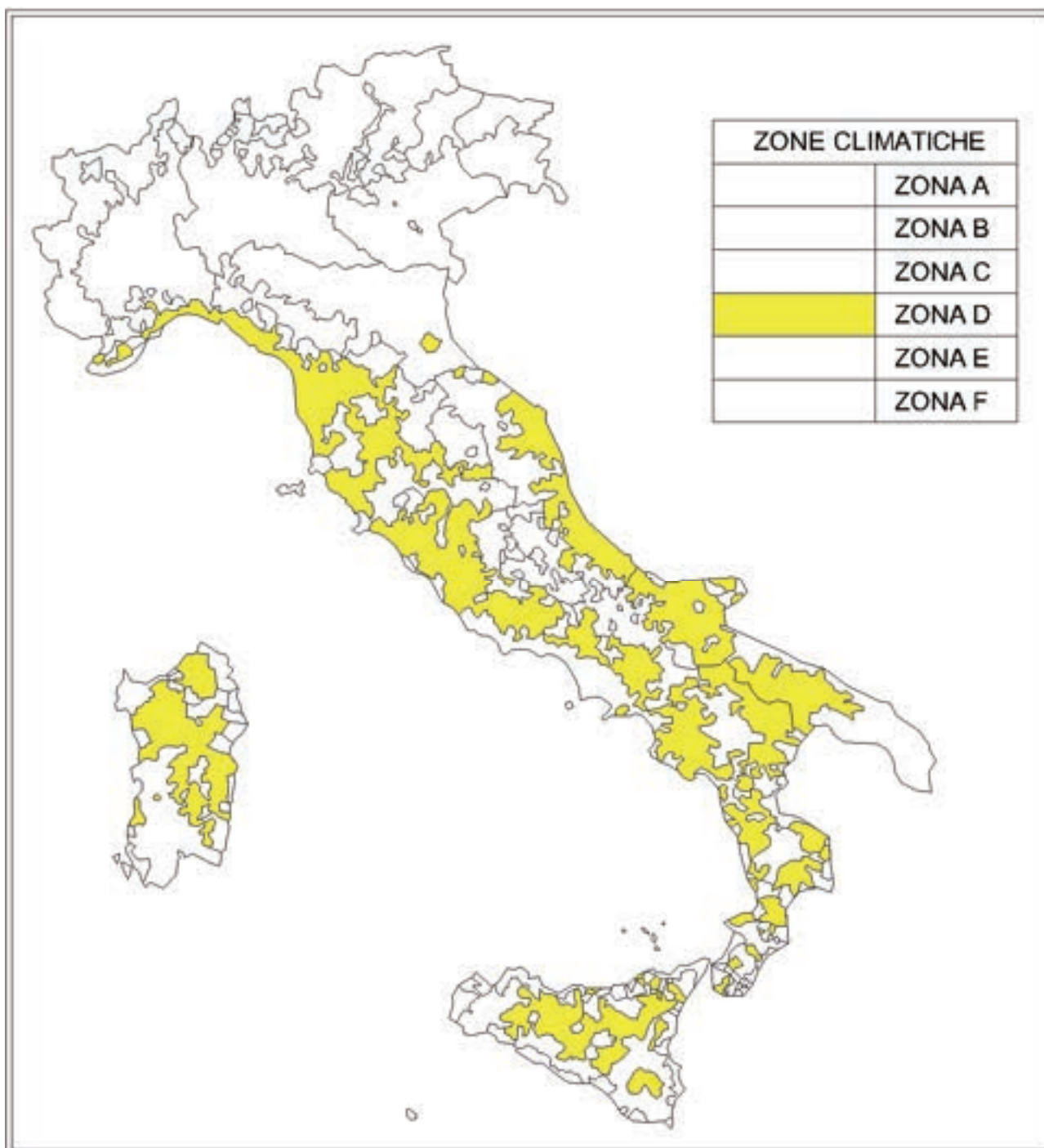
**ZONA CLIMATICA B:**

Esempi: Agrigento, Catania, Crotone, Messina, Palermo, Reggio Calabria, Siracusa, Trapani.



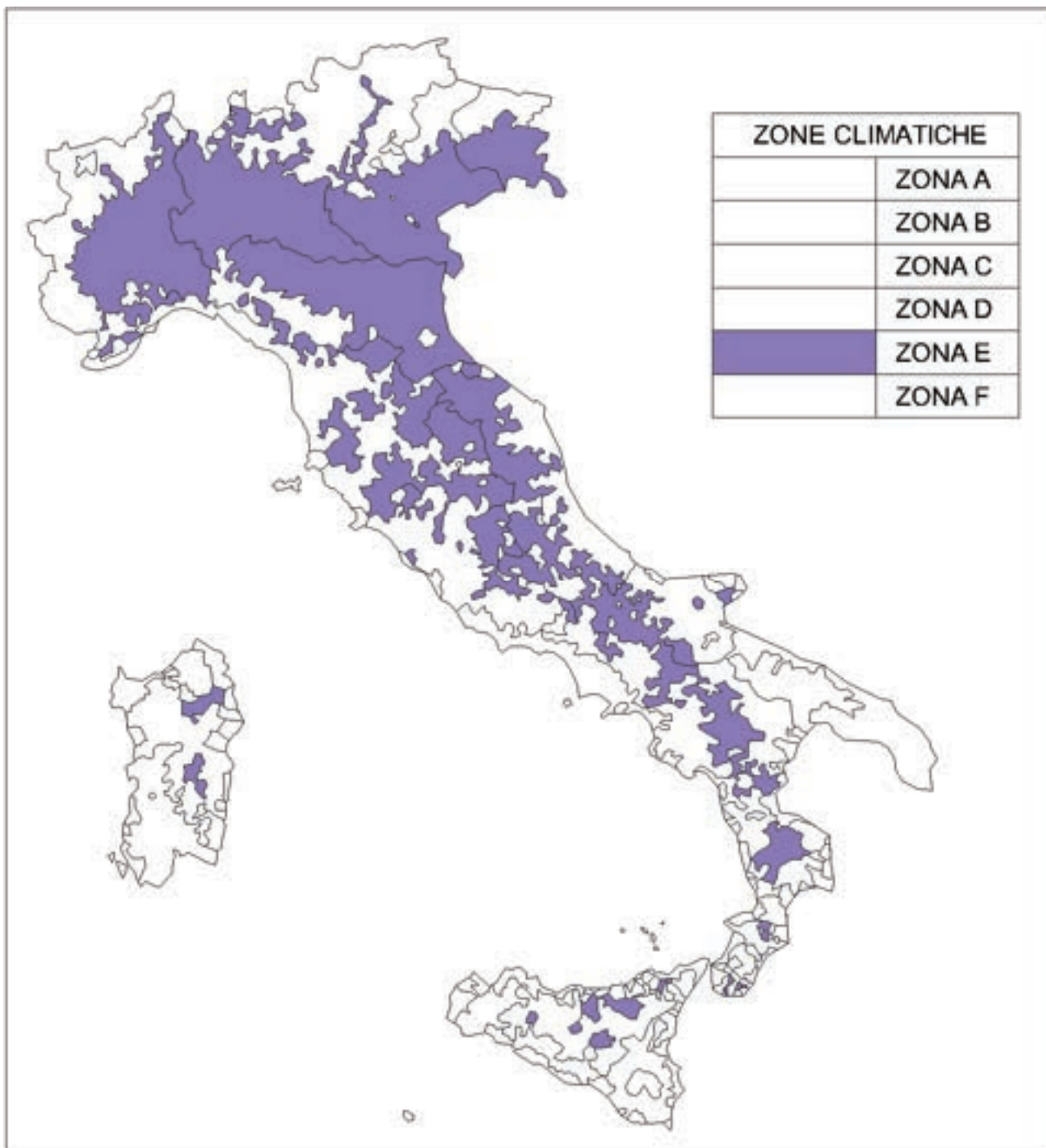
**ZONA CLIMATICA C:**

Esempi: Bari, Benevento, Brindisi, Cagliari, Caserta, Catanzaro, Cosenza, Imperia, Latina, Lecce, Napoli, Oristano, Ragusa, Salerno, Sassari, Taranto.



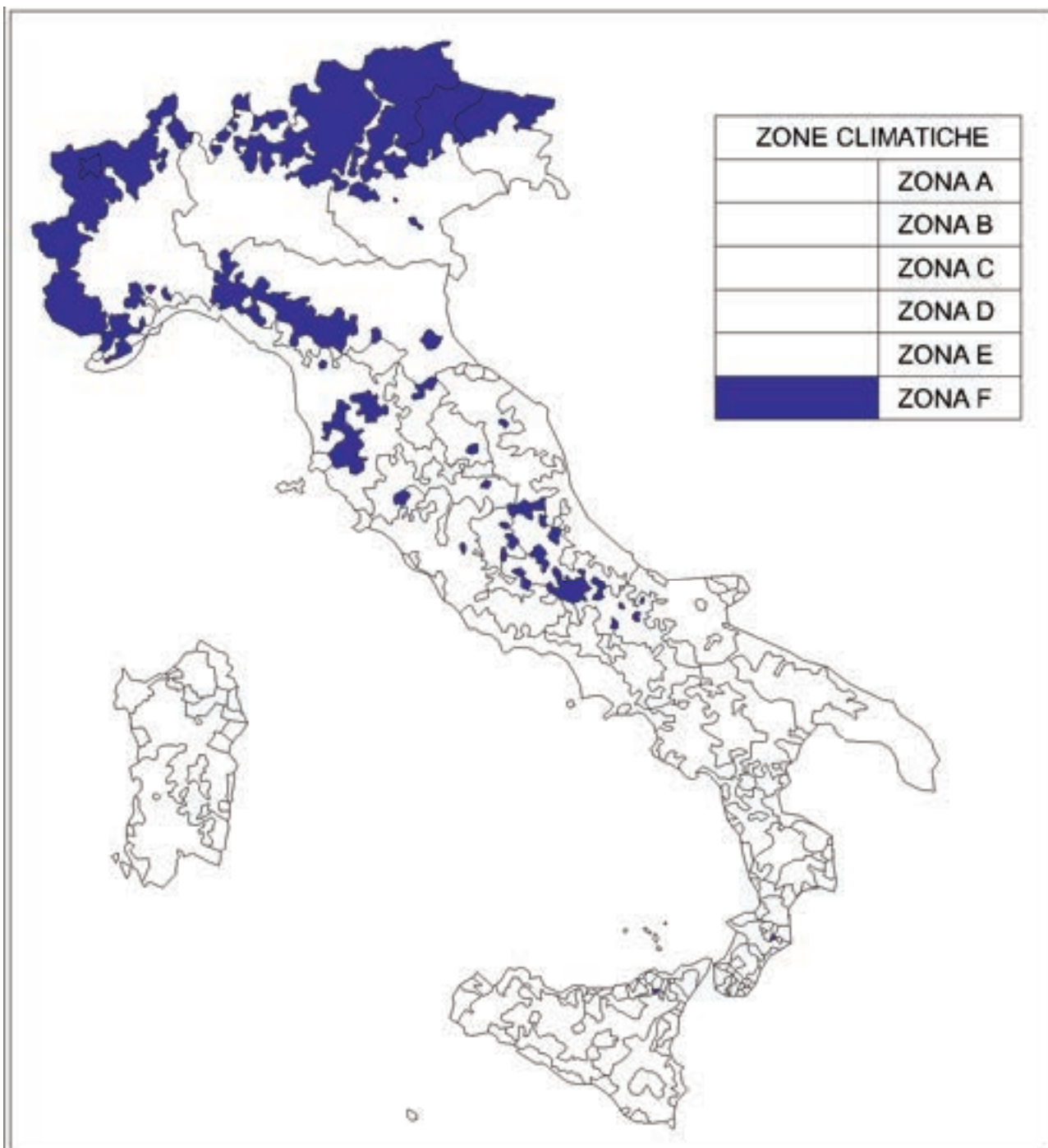
**ZONA CLIMATICA D:**

Esempi: Ancona, Ascoli Piceno, Avellino, Caltanissetta, Chieti, Firenze, Foggia, Forlì, Genova, Grosseto, Isernia, La Spezia, Livorno, Lucca, Macerata, Massa, Carrara, Matera, Nuoro, Pesaro, Pescara, Pisa, Pistoia, Prato, Roma, Savona, Siena, Teramo, Terni, Verona, Vibo Valentia, Viterbo.



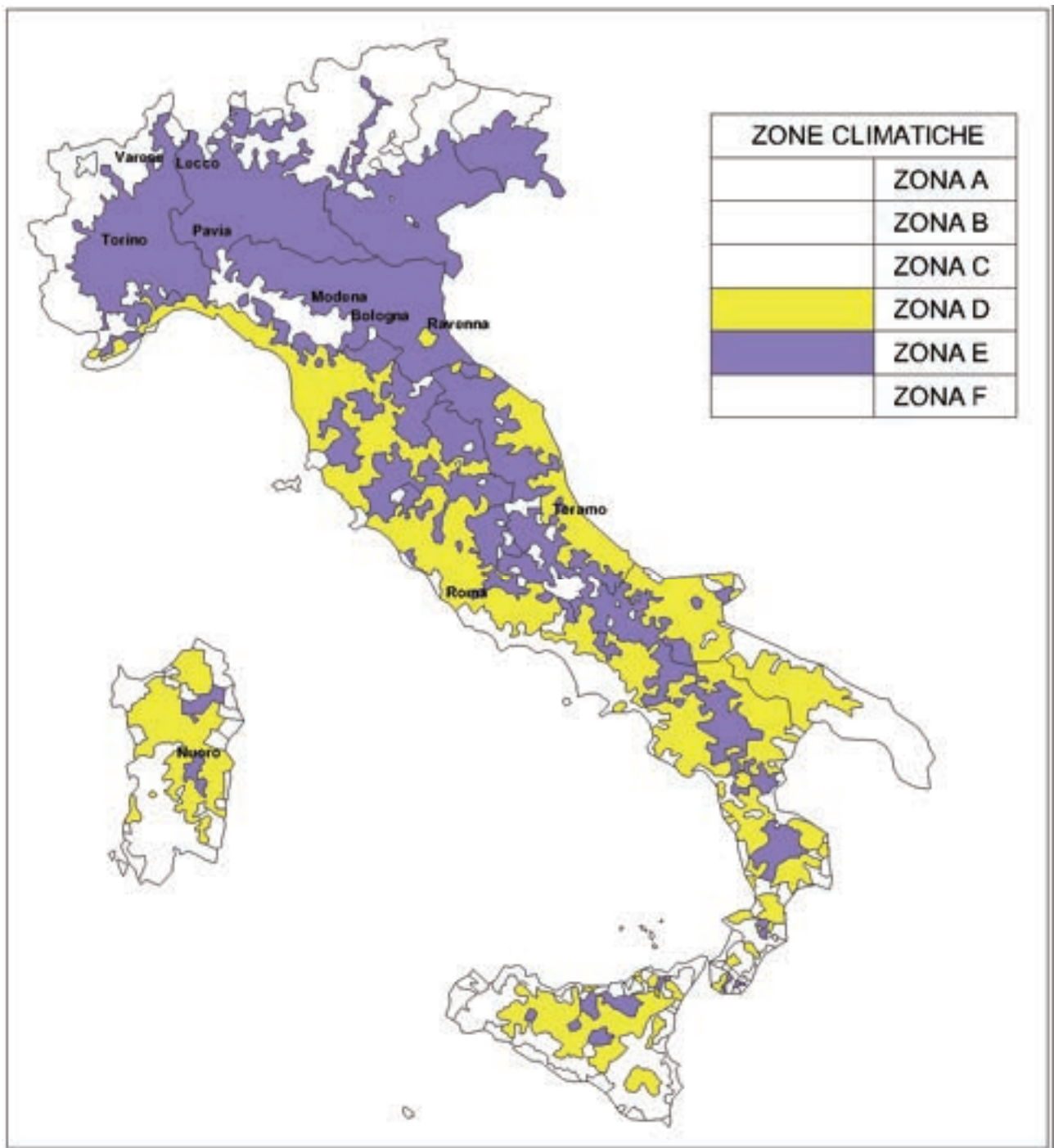
**ZONA CLIMATICA E:**

Esempi: Alessandria, Aosta, Arezzo, Bergamo, Biella, Bologna, Bolzano, Brescia, Campobasso, Como, Cremona, Enna, Ferrara, Cesena, Frosinone, Gorizia, L'Aquila, Lecco, Lodi, Mantova, Milano, Modena, Novara, Padova, Parma, Pavia, Perugia, Piacenza, Pordenone, Potenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rieti, Rimini, Rovigo, Sondrio, Torino, Trento, Treviso, Trieste, Udine, Varese, Venezia, Verbania, Vercelli, Vicenza.



**ZONA CLIMATICA F:**

Esempi: Belluno, Cuneo.



**ZONE CLIMATICHE D-E :**

Aree geografiche oggetto di ricerca.

## 3.2 DEFINIZIONI E INDICATORI

### 3.2.1 DEFINIZIONI

**Classe energetica o Classe di prestazione energetica:** intervallo convenzionale delimitato da soglie di riferimento volto a rappresentare sinteticamente la prestazione energetica di un edificio sulla base di predefiniti indicatori di prestazione energetica.

Le classi energetiche possono essere differenti a seconda della prestazione che attestano: climatizzazione invernale, estiva, produzione di acqua calda sanitaria, ventilazione, illuminazione e produzione di energia da fonte rinnovabile. Può venire utilizzato un indicatore a valutazione complessiva delle prestazioni.

La classe energetica è contrassegnata da lettere da G ad A per efficienza energetica crescente. Possono coesistere maggiori specificazioni per esempio con il ricorso alla classe A+ e A++.

**Diagnosi energetica:** procedura sistematica volta a fornire un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di una attività e/o impianto industriale o di servizi pubblici o privati, ad individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici e riferire in merito ai risultati.

**Durata della stagione di riscaldamento:** durata massima di esercizio degli impianti termici per la climatizzazione invernale degli ambienti con riferimento al periodo annuale di esercizio e alla durata giornaliera di attivazione dell'impianto, in conformità all'art. 9 del D.P.R. n. 412/93.

**Edificio:** sistema costruito dalle strutture edilizie esterne che delimitano uno spazio di volume definito, dalle strutture interne che ripartiscono detto volume e da tutti gli impianti e dispositivi tecnologici che si trovano stabilmente al suo interno; la superficie esterna che delimita un edificio può confinare con tutti o con alcuni di questi elementi: l'ambiente esterno, il terreno, altri edifici; il termine può riferirsi a un intero edificio ovvero a parti di edificio progettate o ristrutturate per essere utilizzate come unità immobiliari a sé stanti.

Gli edifici sono classificati in base alla loro destinazione d'uso nelle seguenti categorie:

#### E.1 Edifici adibiti a residenza e assimilabili:

E.1 (1) abitazioni adibite a residenza con carattere continuativo, quali abitazioni civili e rurali, collegi, conventi, case di pena, caserme;

E.1 (2) abitazioni adibite a residenza con occupazione saltuaria, quali case per vacanze, fine settimana e simili;

E.1 (3) edifici adibiti ad albergo, pensione ed attività similari;

E.2 Edifici adibiti a uffici e assimilabili: pubblici o privati, indipendenti o contigui a costruzioni adibite anche ad attività industriali o artigianali, purchè siano da tali costruzioni scorporabili agli effetti dell'isolamento termico;

E.3 Edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili: ivi compresi quelli adibiti a ricovero o cura di minori o anziani nonché le strutture protette per l'assistenza ed il recupero dei tossico-dipendenti e di altri soggetti affidati a servizi sociali pubblici;

E.4 Edifici adibiti ad attività ricreative, associative o di culto e assimilabili:

E.4 (1) quali cinema e teatri, sale di riunione per congressi;

E.4 (2) quali mostre, musei e biblioteche, luoghi di culto;

E.4 (3) quali bar, ristoranti, sale da ballo;

E.5 Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili: quali negozi, magazzini di vendita all'ingrosso o al minuto, supermercati, esposizioni;

E.6 Edifici adibiti ad attività sportive:

E.6 (1) piscine, saune e assimilabili;

E.6 (2) palestre e assimilabili;

E.6 (3) servizi di supporto alle attività sportive;

E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili;

E.8 Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili.

Qualora un edificio sia costituito da parti individuabili come appartenenti a categorie diverse, le stesse devono essere considerate separatamente e cioè ciascuna nella categoria che le compete.

**Fabbisogno annuo di energia primaria per la climatizzazione invernale:** quantità di energia primaria globalmente richiesta, nel corso dell'anno, per mantenere negli ambienti riscaldati la temperatura di progetto, in regime di attivazione continua. Analogamente per il fabbisogno per la climatizzazione estiva, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la illuminazione artificiale degli ambienti.

**Impianto termico:** impianto tecnologico destinato alla climatizzazione estiva e/o invernale degli ambienti con o senza produzione di acqua calda per usi igienici e sanitari o alla sola produzione centralizzata di acqua calda per gli stessi usi, comprendente eventuali sistemi di produzione, accumulo, distribuzione e utilizzazione del calore nonché gli organi di regolazione e di controllo; sono compresi negli impianti termici gli impianti individuali di riscaldamento, mentre non sono considerati impianti termici apparecchi quali: stufe, caminetti, apparecchi per il riscaldamento localizzato ad energia radiante, scaldacqua unifamiliari; tali apparecchi, se fissi, sono tuttavia assimilati agli impianti termici quando la somma delle potenze nominali del focolare degli apparecchi al servizio della singola unità immobiliare è maggiore o uguale a 15 Kw.

**Indice di prestazione energetica parziale:** esprime il consumo di energia primaria parziale riferito a un singolo uso energetico dell'edificio (a titolo d'esempio: alla sola climatizzazione invernale, climatizzazione estiva, o produzione di acqua calda per usi sanitari, illuminazione artificiale) riferito all'unità di superficie utile o di volume lordo, espresso rispettivamente in kWh/m<sup>2</sup>anno o kWh/m<sup>3</sup>anno.

**Il volume lordo riscaldato** è il volume lordo delle parti di edificio riscaldate, definito dalle superfici che lo delimitano.

**La superficie disperdente** è la superficie che delimita verso l'esterno, ovvero verso vani non dotati di impianti di riscaldamento.

S'intende per "esterno" tutto ciò che è ambiente esterno e vano privo di impianto di riscaldamento.

In riferimento al volume riscaldato, si considera involucro edilizio l'insieme delle strutture esterne, ovvero confinanti con ambienti privi di impianti di riscaldamento, che lo delimitano.

A parità di volume (V), il fabbisogno energetico di un edificio decresce progressivamente con il decrescere della superficie disperdente (S) (superficie che delimita verso l'esterno oppure verso ambienti non riscaldati, il volume riscaldato V).

Per ridurre la superficie disperdente bisogna intervenire sulla "compattezza" dell'edificio e ridurre il parametro che la caratterizza, il **rapporto di forma (S/V)**.

**I gradi giorno** sono la sommatoria estesa a tutto il periodo di riscaldamento della differenza tra la temperatura di riferimento interna e la temperatura media giornaliera esterna. Hanno il doppio ruolo di indicatore climatico e di termine di proporzionalità tra i consumi e la caratteristica di dispersione dell'edificio. Il numero dei gradi giorno aumenta al diminuire della temperatura esterna, ad esempio a località fredde corrispondono valori di gradi giorno elevati.

Per quanto riguarda l'Italia si fa riferimento al D.P.R. n.412/93.

La classificazione climatica dei comuni italiani (D.P.R. n.412/93 tabella A e successive modifiche e integrazioni) suddivide il territorio nazionale in sei zone climatiche.

**La zona climatica** di appartenenza indica in quale periodo e per quante ore è possibile accendere il riscaldamento negli edifici:

- **zona A:** periodo di accensione 1 dicembre – 15 marzo; orario consentito 6 ore giornaliere;
- **zona B:** periodo di accensione 1 dicembre – 31 marzo; orario consentito 8 ore giornaliere;
- **zona C:** periodo di accensione 15 novembre – 31 marzo; orario consentito 10 ore giornaliere;
- **zona D:** periodo di accensione 1 novembre – 15 aprile; orario consentito 12 ore giornaliere;
- **zona E:** periodo di accensione 15 ottobre – 15 aprile; orario consentito 14 ore giornaliere;
- **zona F:** nessuna limitazione.

### 3.2.2 INDICATORI

L'indice dell'efficienza energetica degli edifici è il fabbisogno energetico per metro quadrato e anno (kWh/mq\*a) necessario per il riscaldamento, per la produzione di acqua calda e per il raffrescamento estivo. Includendo inoltre il consumo energetico dell'illuminazione e degli apparecchi elettrici, si ottiene l'indice energetico complessivo.

Gli edifici convenzionali non corrispondenti alle normative sul risparmio energetico consumano:

- **tra i 220 e i 250 kWh/mq\*a**; gli edifici convenzionali corrispondenti alle più recenti normative
- **tra 80 e i 100 kWh/mq\*a**; gli edifici a basso consumo energetico
- **tra 30 e 50 kWh/mq\*a**; gli edifici passivi consumano meno di 15 kWh/mq\*a
- **edifici a consumo energetico zero** ovvero non consumano affatto.

## **CAP.4 ANALISI DEI DATI ELETTRICI**

#### 4.1 DATI ELETTRICI IN RELAZIONE A S/V

La prima parte del capitolo è dedicata all'analisi dei dati delle scuole di cui è stato raccolto il maggior numero di informazioni.

I grafici che ne derivano tengono conto sia dei consumi elettrici specifici che del rapporto di forma S/V e della zona climatica di appartenenza.

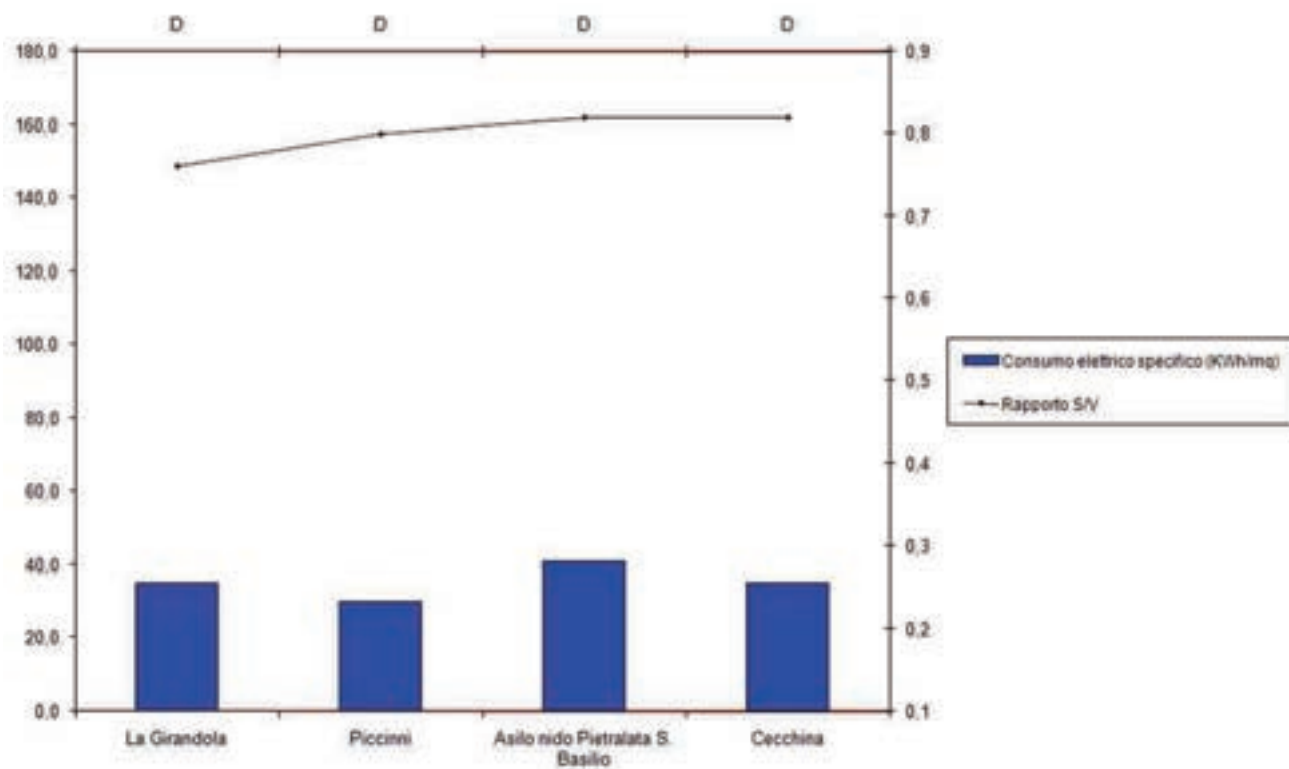
L'analisi evidenzia:

- che il rapporto di forma è minore negli istituti superiori, aumenta progressivamente fino a raggiungere i valori più alti negli edifici del ciclo prescolare;
- i dati più significativi riguardano le zone climatiche D ed E;

Nel caso in cui ci fosse stata una risposta maggiore da parte delle amministrazioni sia comunali che provinciali si sarebbe potuto ampliare notevolmente questo tipo di analisi molto più accurata rispetto a quella effettuata nella seconda sezione del capitolo.

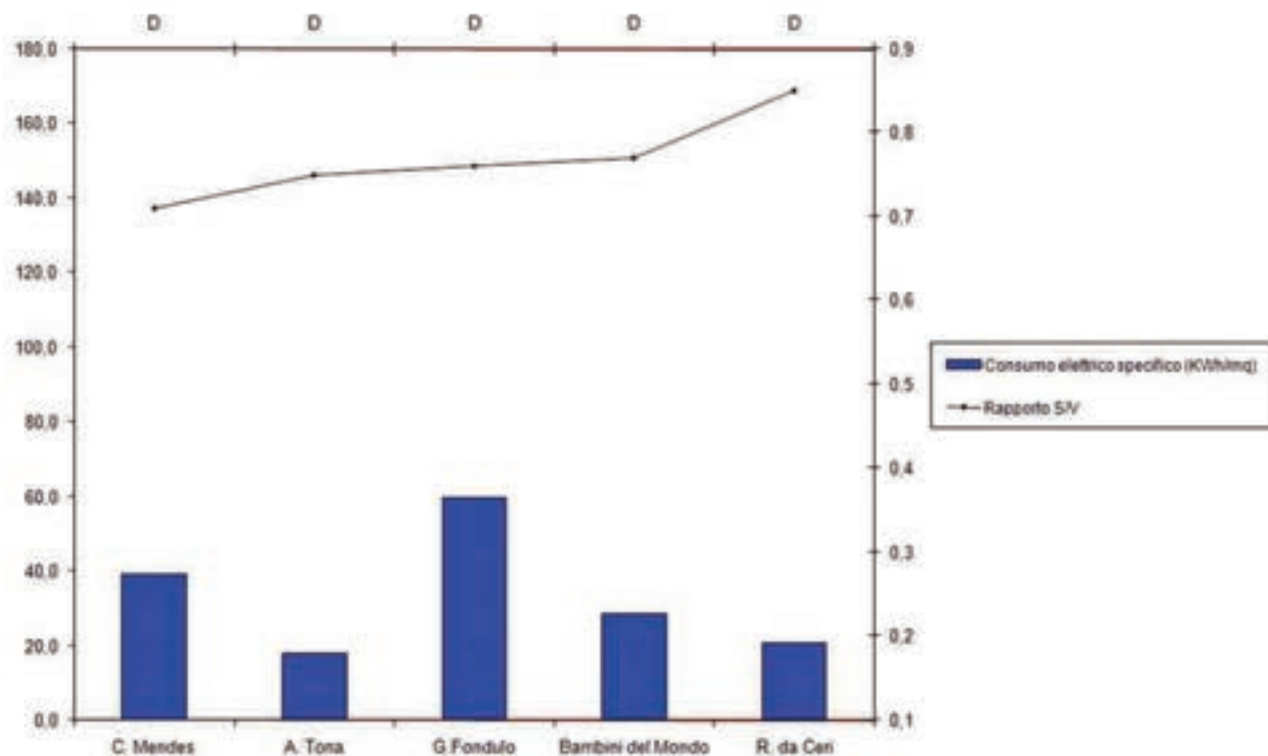
## Asili nido

### Rapporto consumi elettrici specifici – fattore di forma

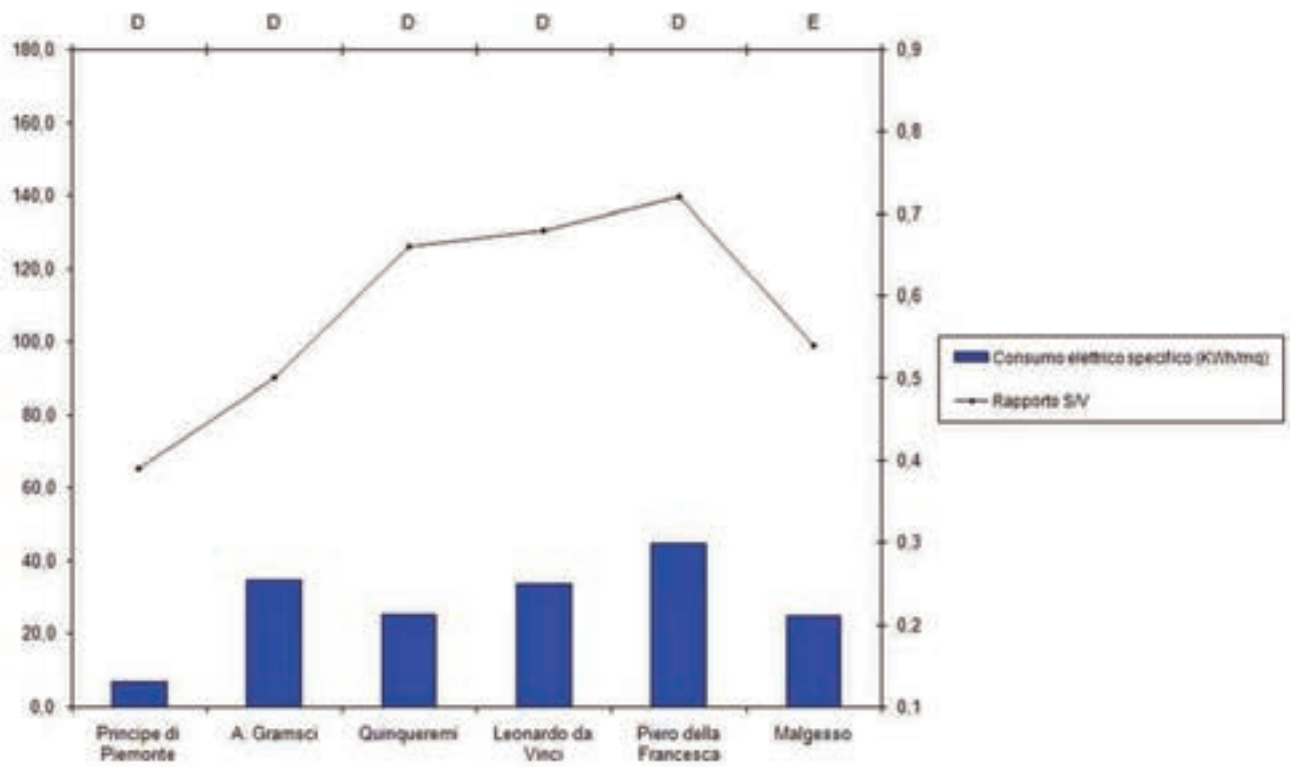


## Scuole materne

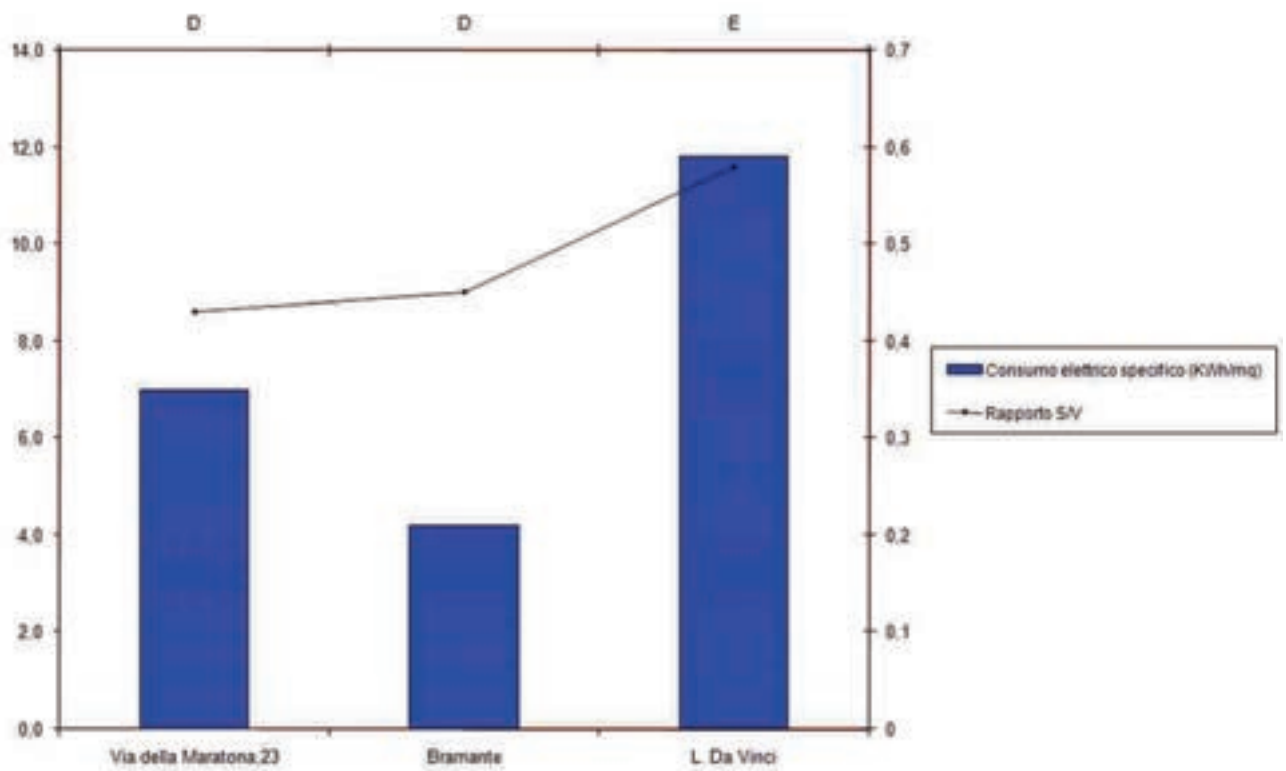
### Rapporto consumi elettrici specifici – fattore di forma



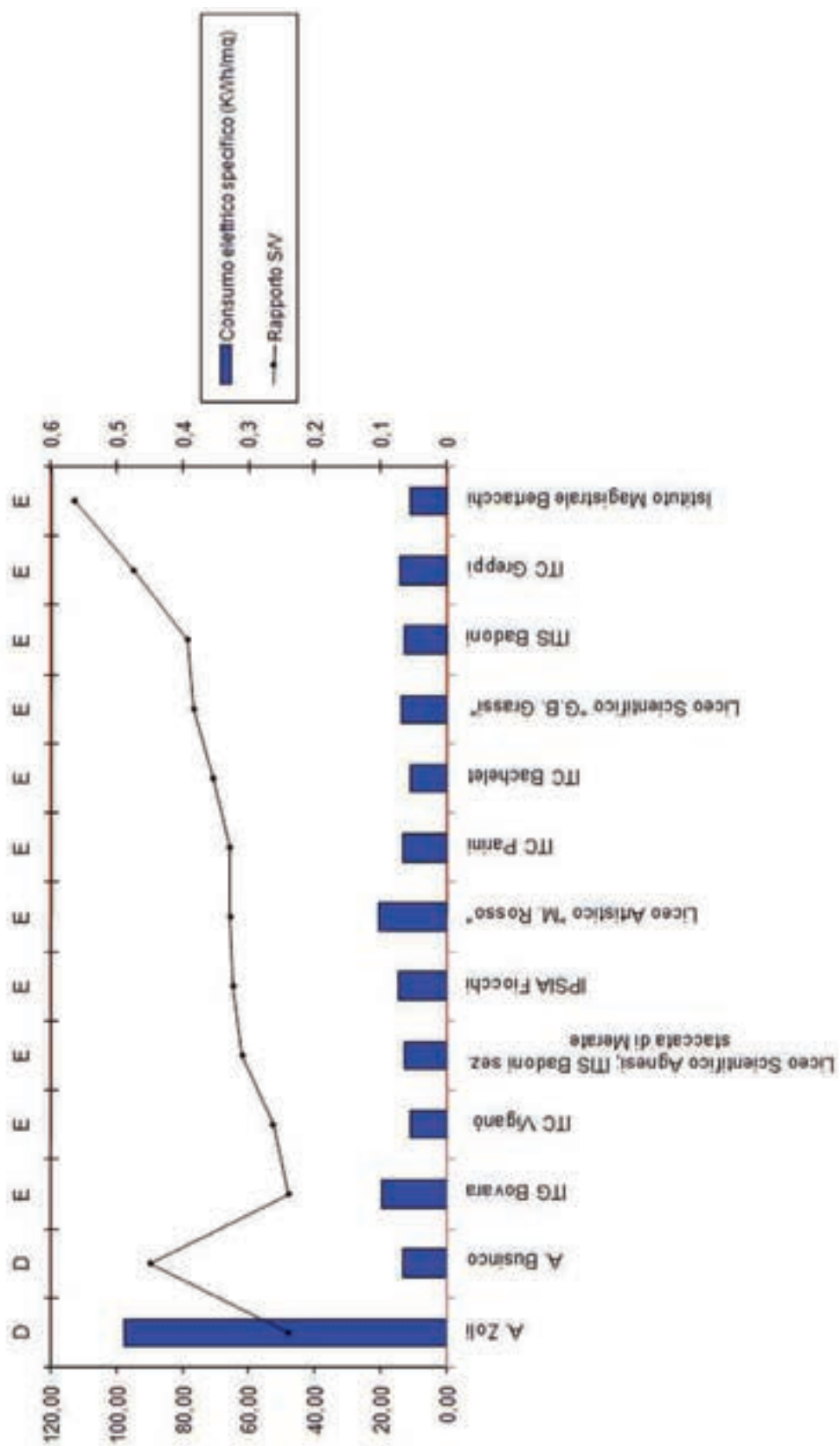
**Scuole elementari**  
**Rapporto consumi elettrici specifici – fattore di forma**



**Scuole medie**  
**Rapporto consumi elettrici specifici – fattore di forma**



Scuole superiori  
Rapporto consumi elettrici specifici – fattore di forma



## 4.2 DATI ELETTRICI IN RAPPORTO ALLA MEDIA

In questa parte abbiamo analizzato un numero molto maggiore di scuole non riportando i consumi al fattore di forma ma bensì alla media dei consumi specifici. Questo tipo di analisi generalizzata comprende anche scuole di cui non abbiamo un dettagliato database.

Da evidenziare che in questo caso sono state accorpate tipologie di scuole diverse, materne e asili nido.

Motivo di questa scelta è l'orario di frequentazione degli istituti da parte degli utenti ( bambini 0-5 anni).

Effettuando un paragone tra le medie ottenute dai vari grafici è evidente che il consumo medio si aggira intorno ai 20 kWh/mq\*a.

Il risultato sarebbe soddisfacente se fosse la somma dei consumi sia elettrici che termici ma purtroppo questo dato si riferisce solo a una parte dei suddetti.

Quindi quando andremo a sommare la media dei consumi termici ed elettrici il valore ottenuto sarà di molto superiore a quello ottimale.

Grafico consumi elettrici degli asili nido e delle scuole materne rapportati alla media

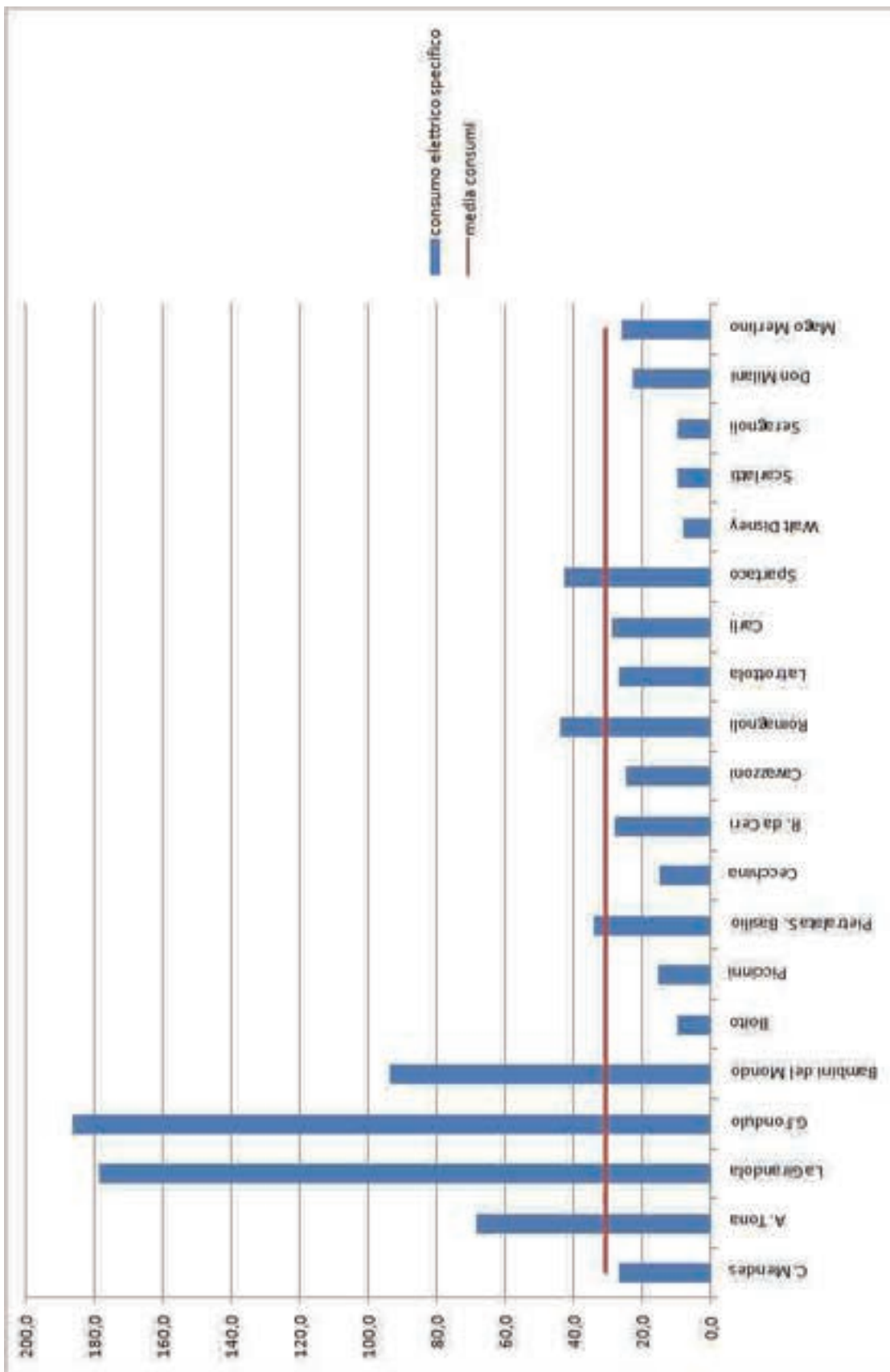


Grafico consumi elettrici delle scuole elementari rapportati alla media

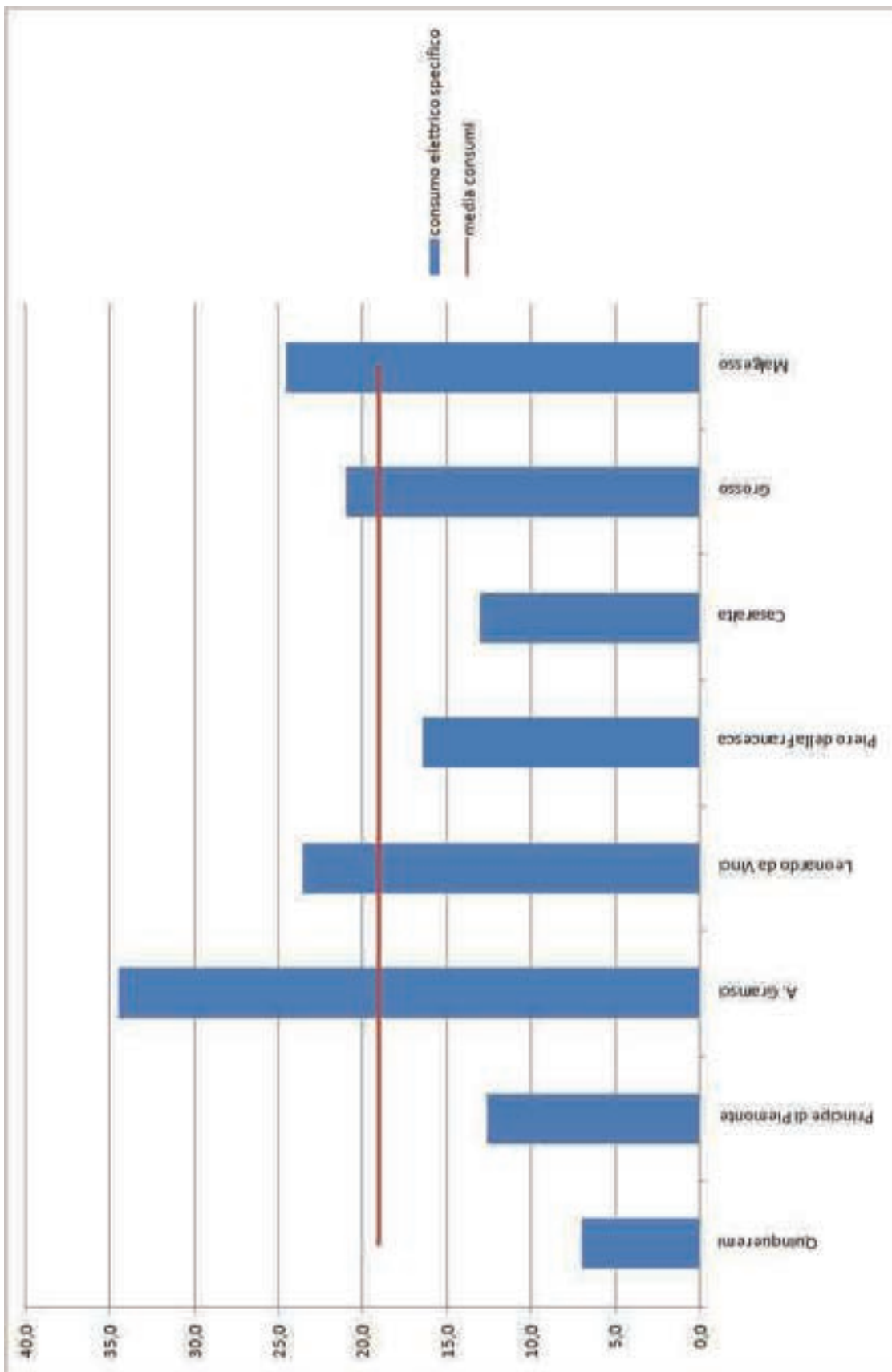


Grafico consumi elettrici delle scuole medie riportati alla media

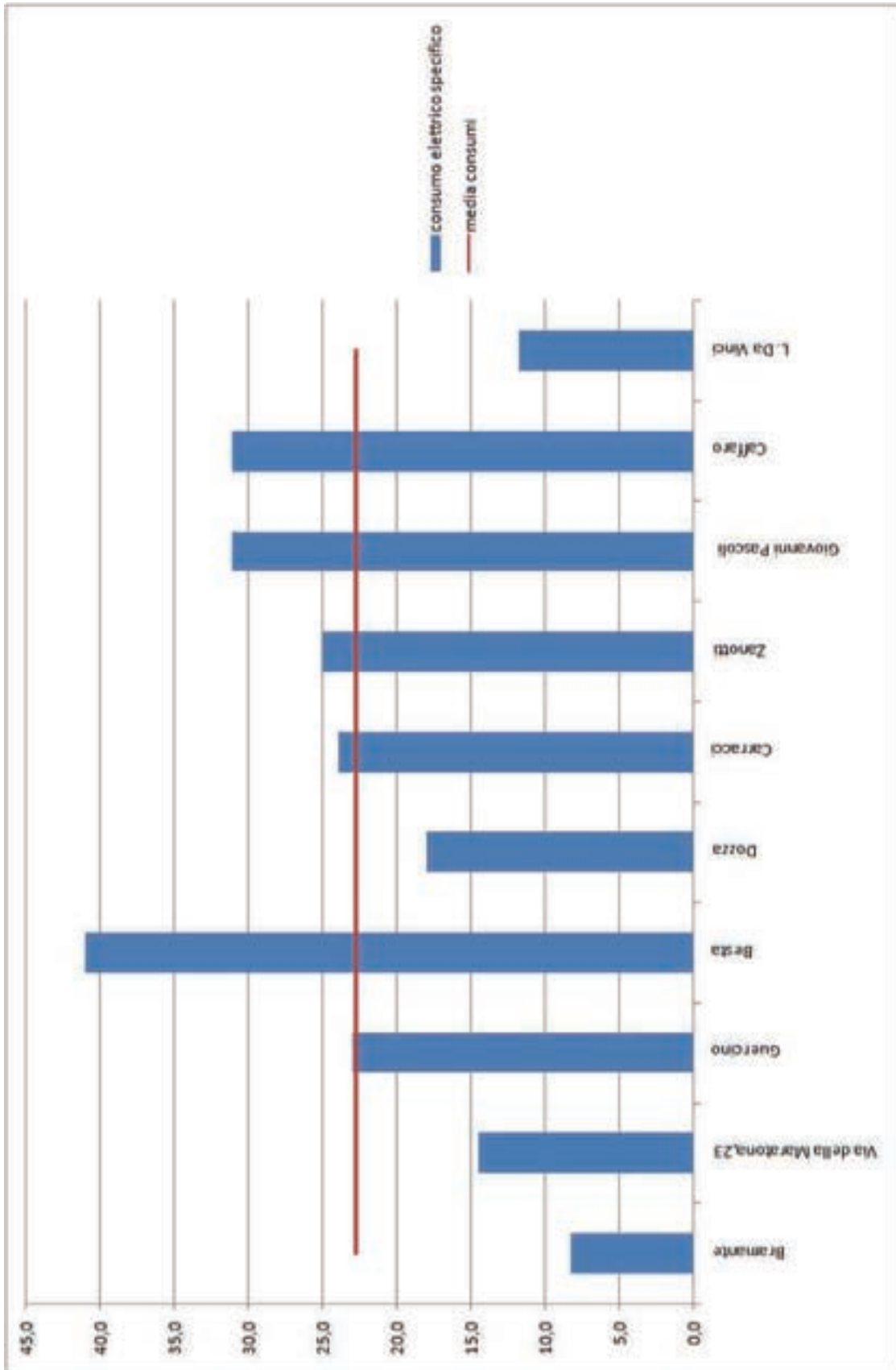


Grafico consumi elettrici delle scuole superiori riportati alla media



## **CAP.5 ANALISI DEI DATI TERMICI**

## 5.1 DATI TERMICI IN RELAZIONE A S/V

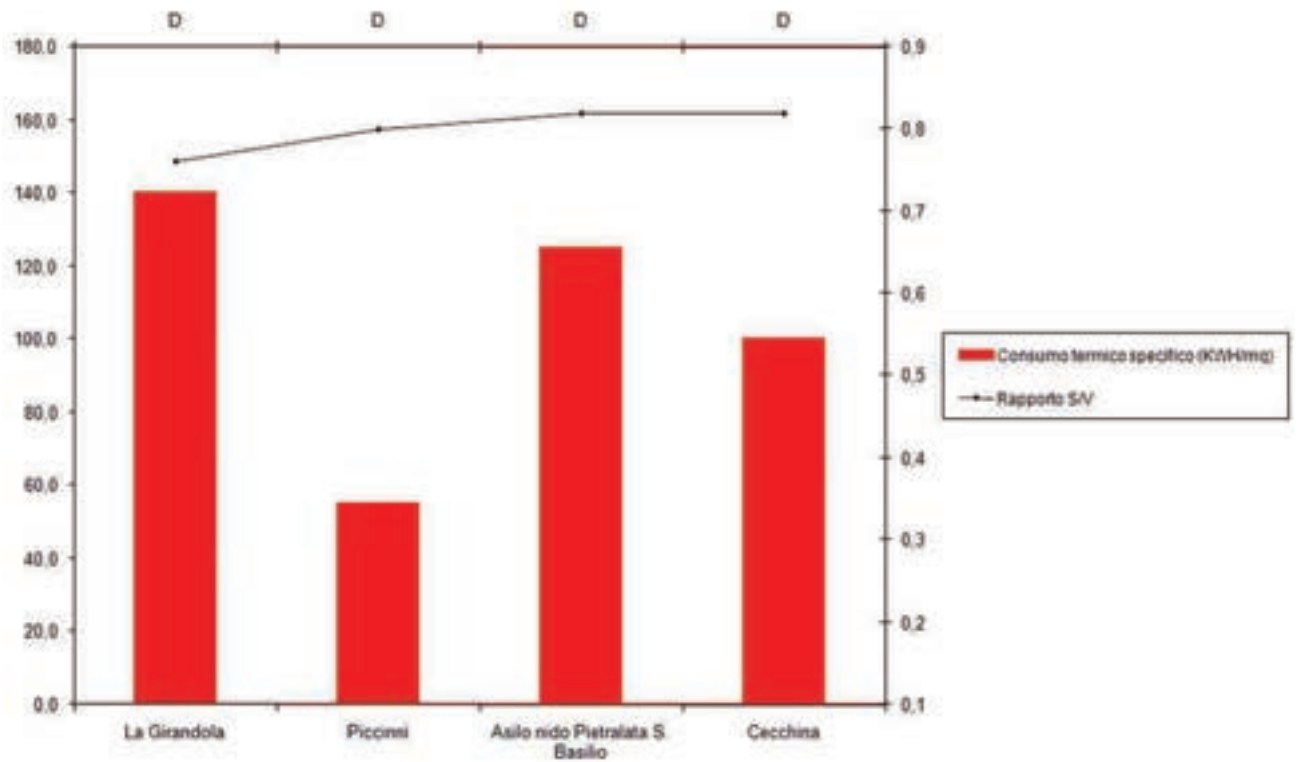
La prima parte del capitolo è dedicata all'analisi dei dati delle scuole di cui è stato raccolto il maggior numero di informazioni.

I grafici che ne derivano tengono conto sia dei consumi termici specifici che del rapporto di forma S/V e della zona climatica di appartenenza.

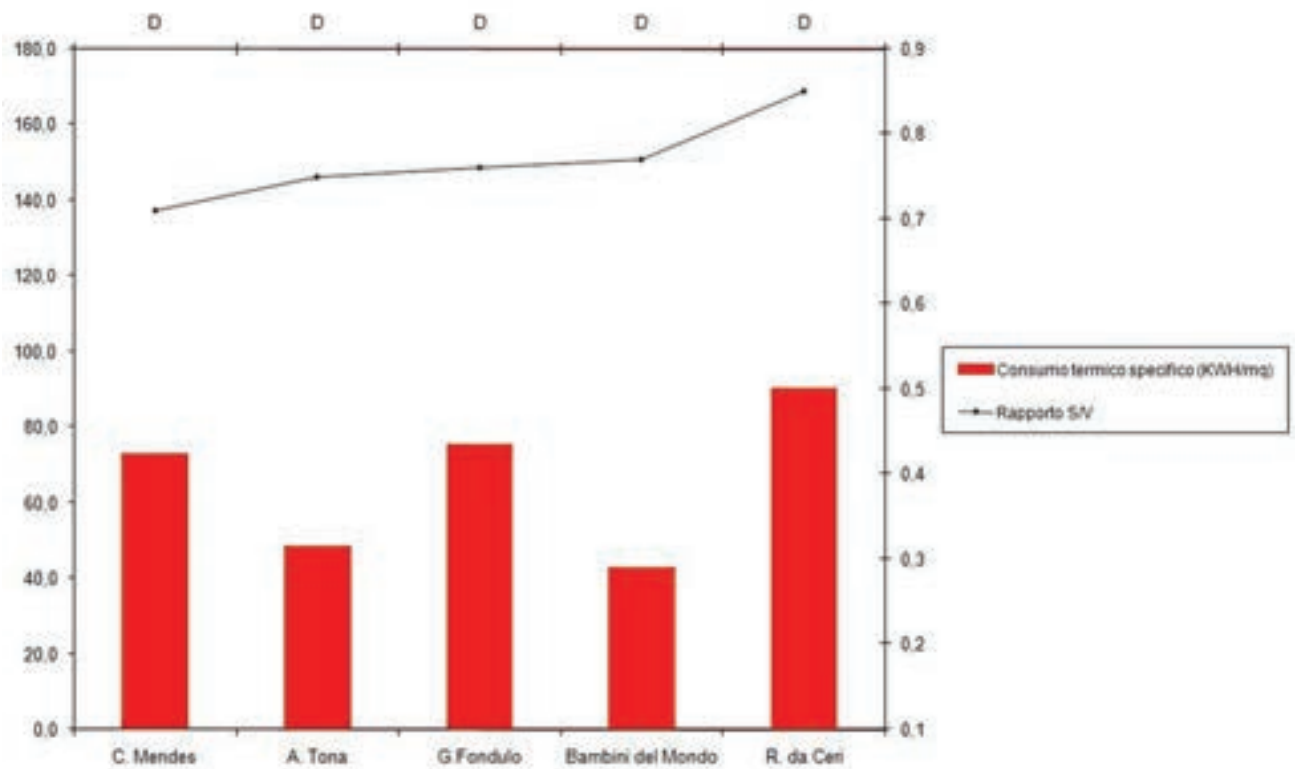
L'analisi evidenzia:

- che il rapporto di forma è minore negli istituti superiori, aumenta progressivamente fino a raggiungere i valori più alti negli edifici del ciclo prescolare;
- che i dati più significativi riguardano le zone climatiche D ed E;
- che i valori di fattore di forma più bassi si registrano negli edifici che consumano di meno;
- che i consumi minori si registrano nelle scuole superiori.

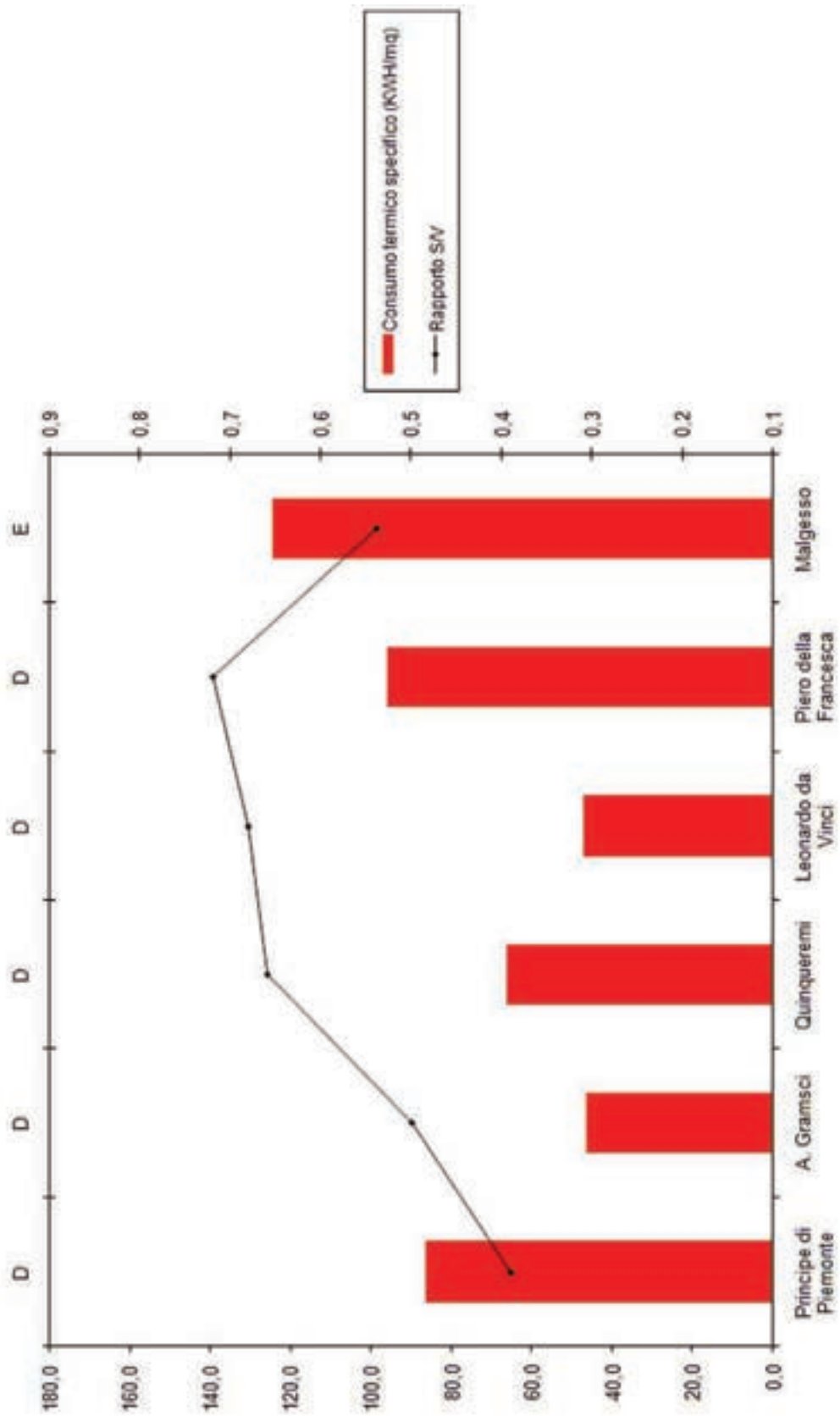
**Asili nido**  
**Rapporto consumi termici specifici – fattore di forma**



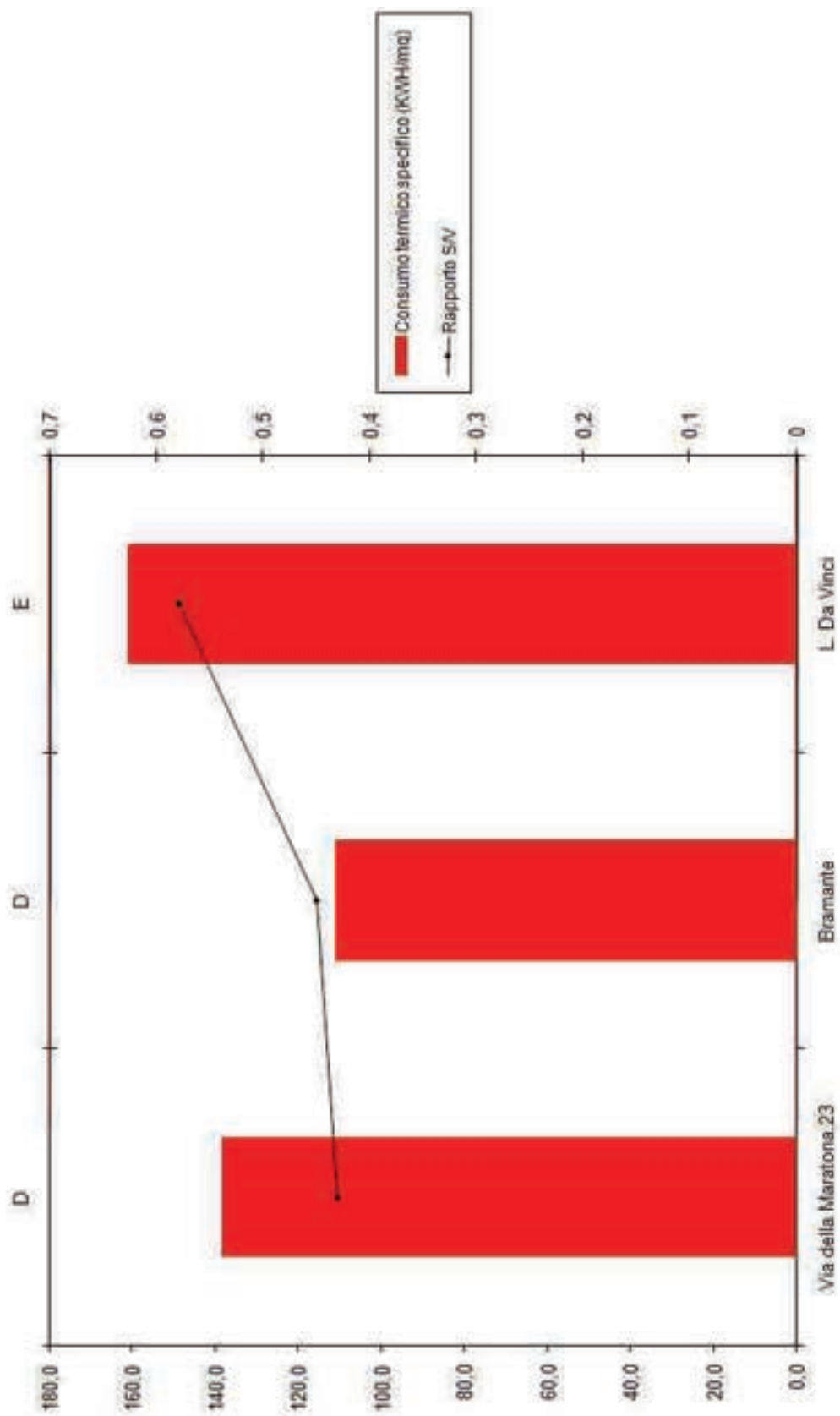
**Scuole materne**  
**Rapporto consumi termici specifici – fattore di forma**



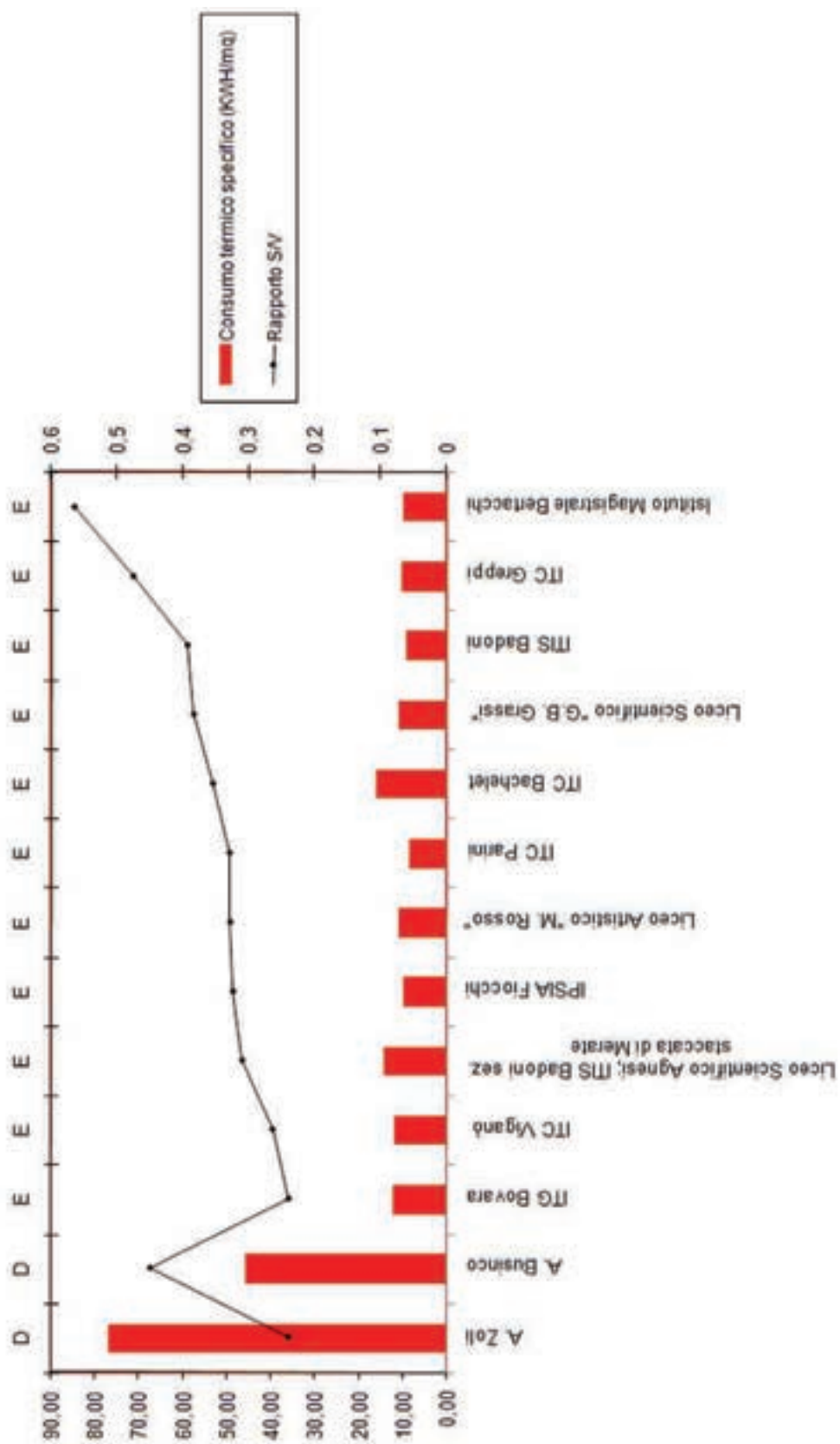
Scuole elementari  
Rapporto consumi termici specifici – fattore di forma



Scuole medie  
Rapporto consumi termici specifici – fattore di forma



Scuole superiori  
Rapporto consumi termici specifici – fattore di forma



## 5.2 DATI TERMICI IN RAPPORTO ALLA MEDIA

In questa parte abbiamo analizzato un numero molto maggiore di scuole non rapportando i consumi al fattore di forma ma evidenziando la media dei consumi specifici. Questo tipo di analisi generalizzata comprende anche scuole di cui non abbiamo un dettagliato database.

Da evidenziare che in questo caso sono state accorpate tipologie di scuole, materne e asili nido.

Motivo di questa scelta è l'orario di frequentazione degli istituti da parte degli utenti ( bambini 0-5 anni).

Effettuando un paragone è evidente che i consumi maggiori per quanto riguarda i consumi termici li troviamo negli asili nido, nelle scuole materne e nelle scuole elementari. In questi istituti riscontriamo un consumo medio che oscilla tra gli 80 e 100 kWh/mq\*a.

Nelle scuole elementari il consumo medio specifico scende a 65 kWh/mq\*a fino addirittura ad arrivare ai quasi 20 kWh/mq\*a per quanto riguarda le scuole superiori.

Grafico consumi termici degli asili nido e delle scuole rapportato alla media

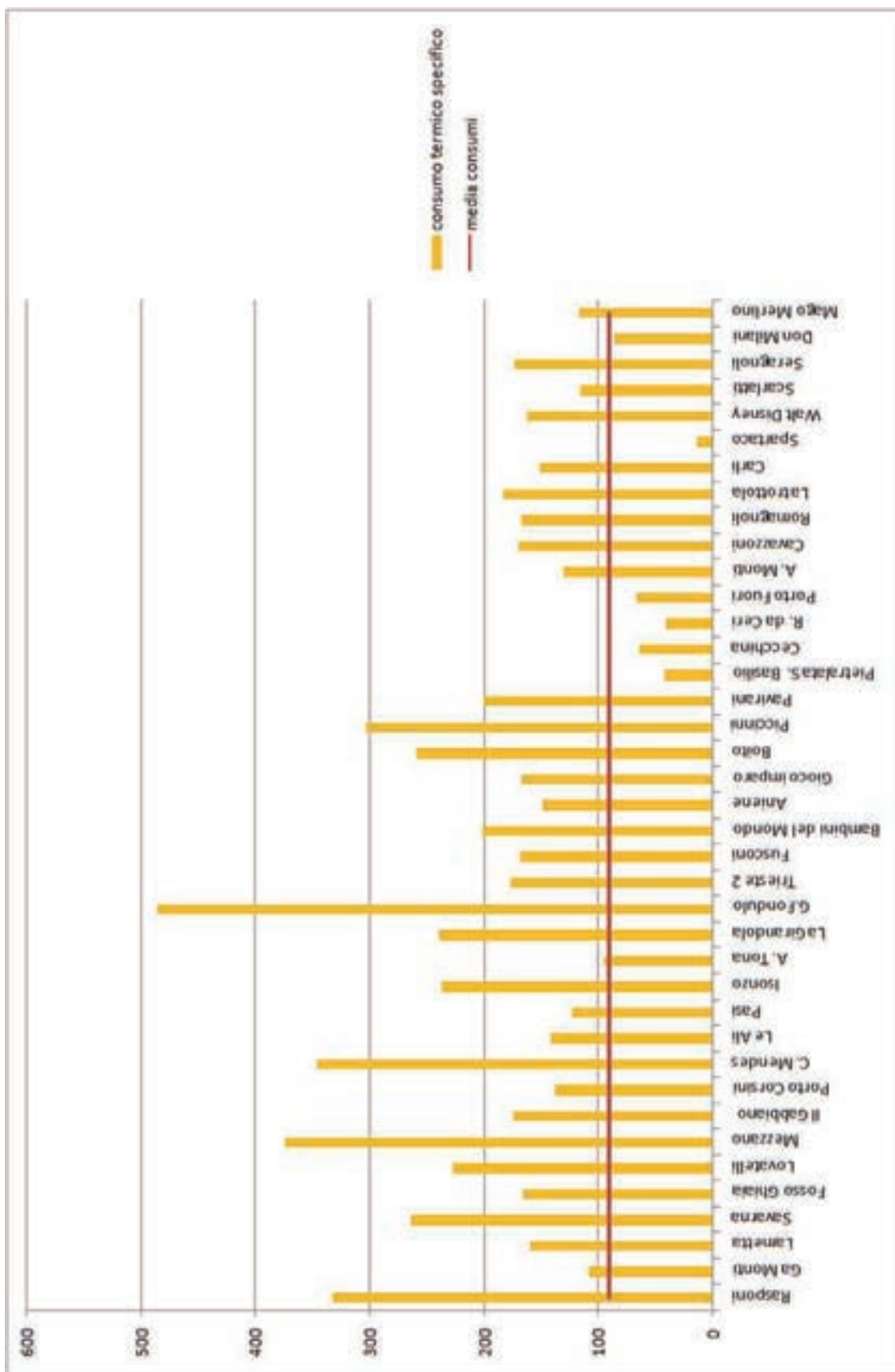


Grafico consumi termici delle scuole elementari rapportato alla media

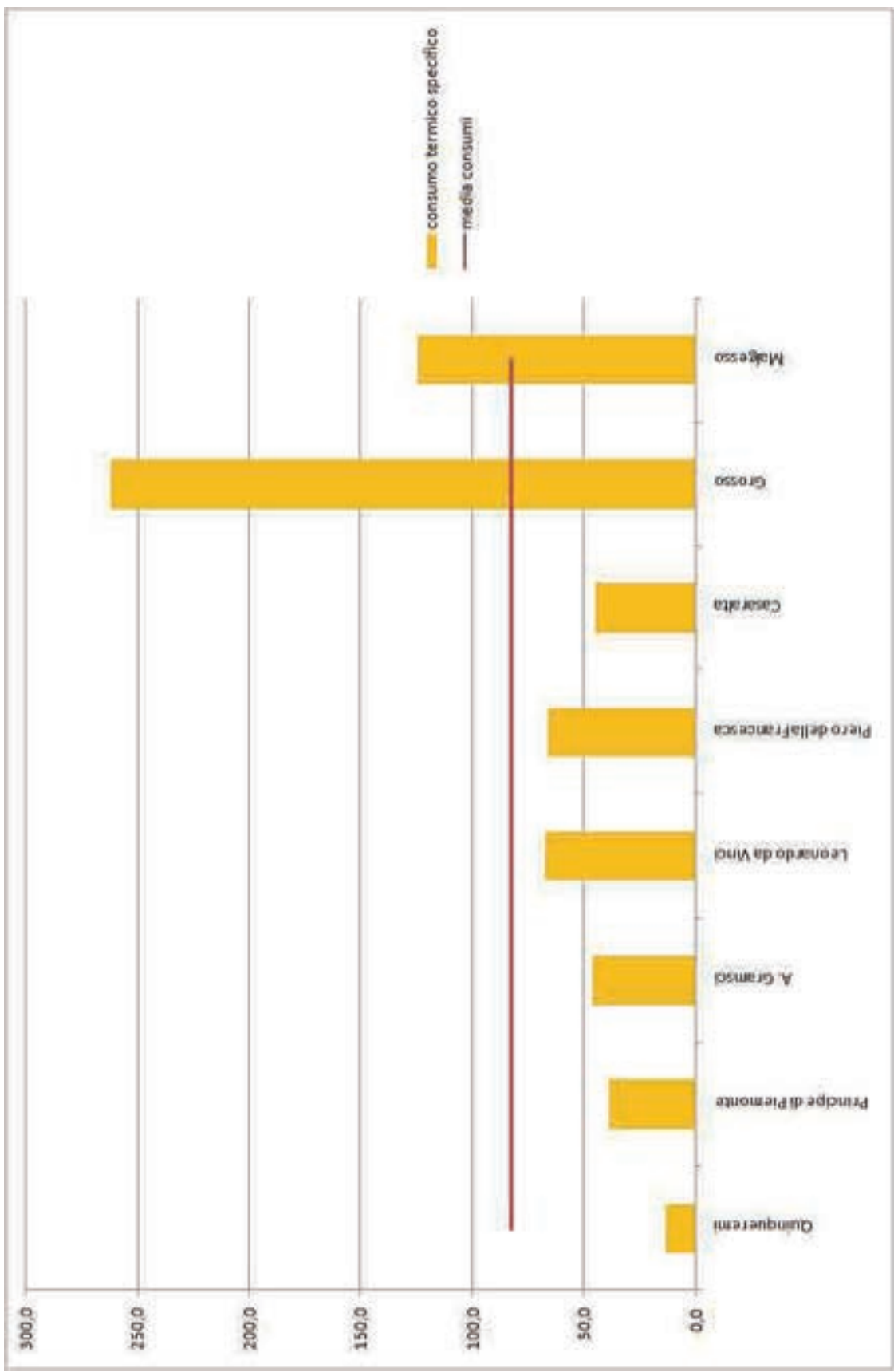


Grafico consumi termici delle scuole medie alla media

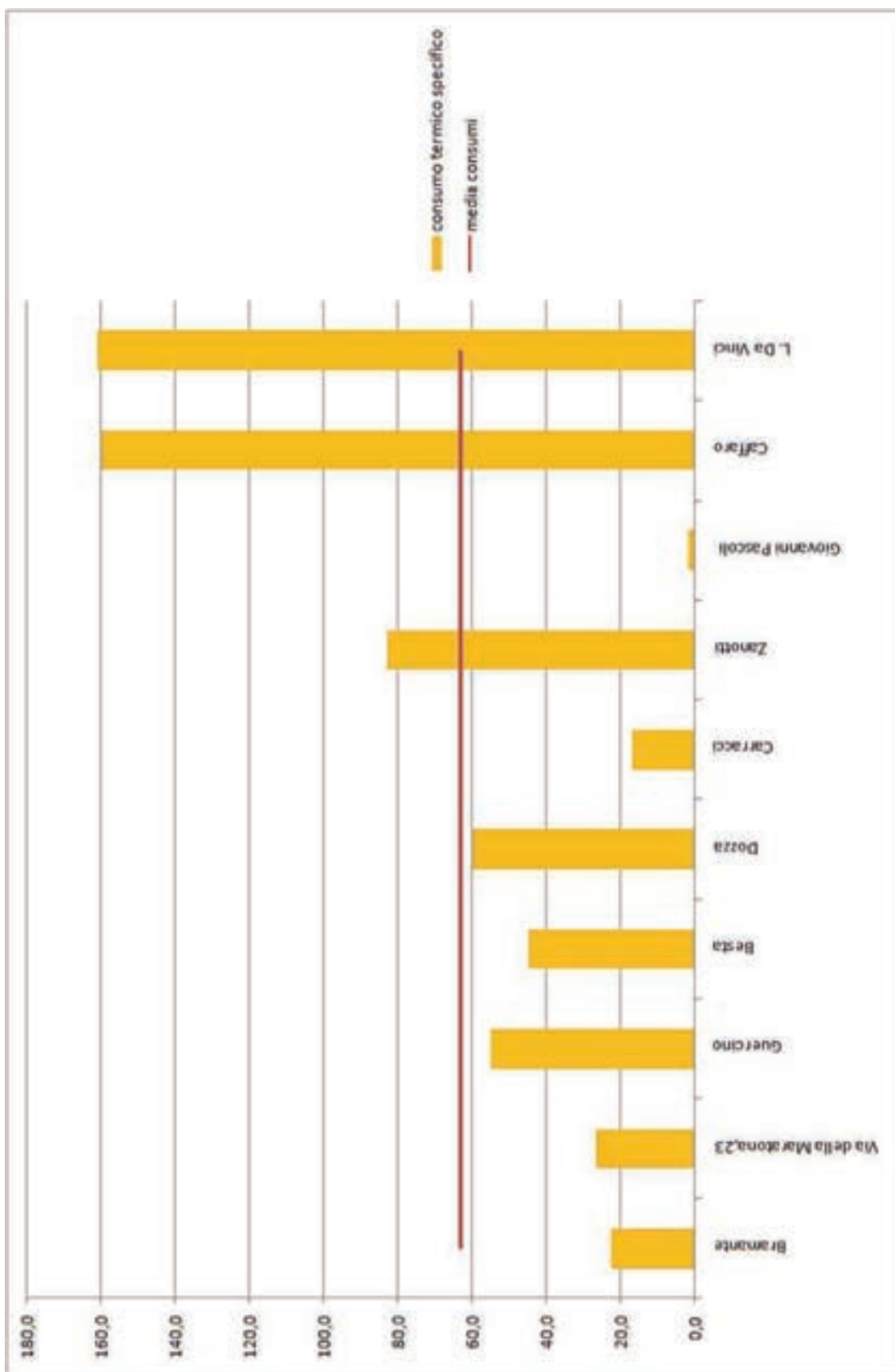


Grafico consumi termici delle scuole superiori rapportato alla media



## **CAP.6 CONCLUSIONI**

## 6.1 CRITICITA' DEL PERCORSO DI RICERCA

I dati raccolti (su un campione di 92 scuole sparse sul territorio nazionale) avevano la finalità di conoscere i consumi reali medi degli istituti negli ultimi anni

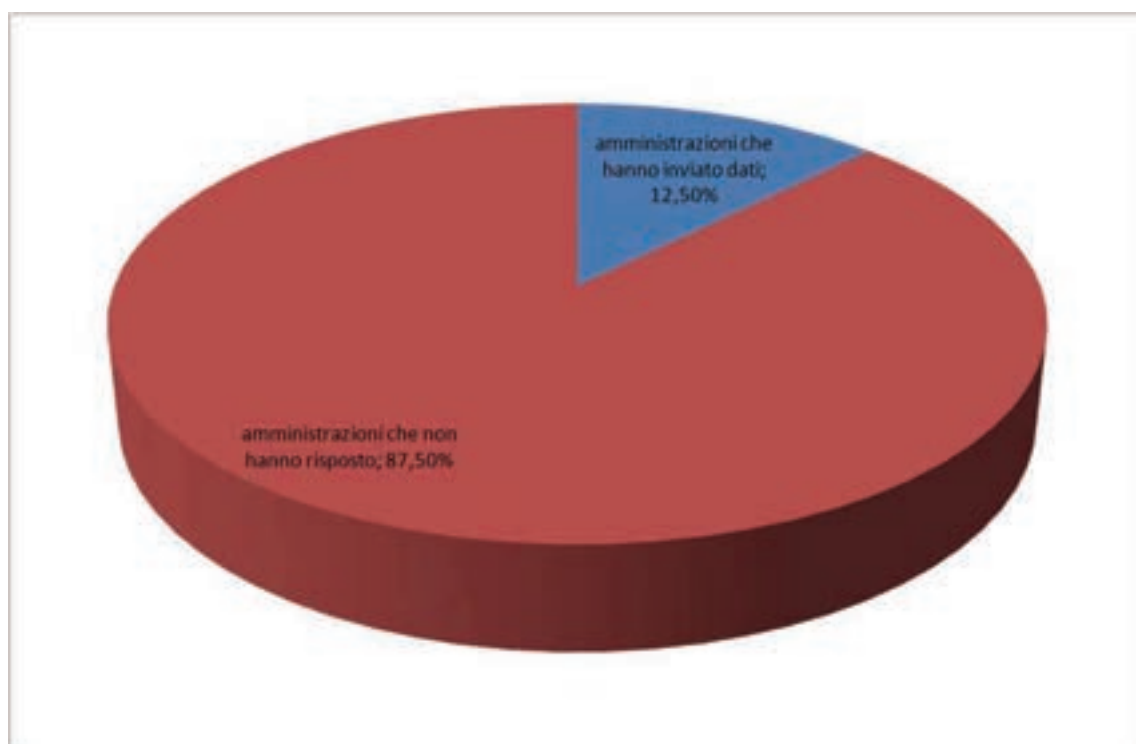


Grafico che rappresenta la percentuale di affluenza dati da parte delle amministrazioni

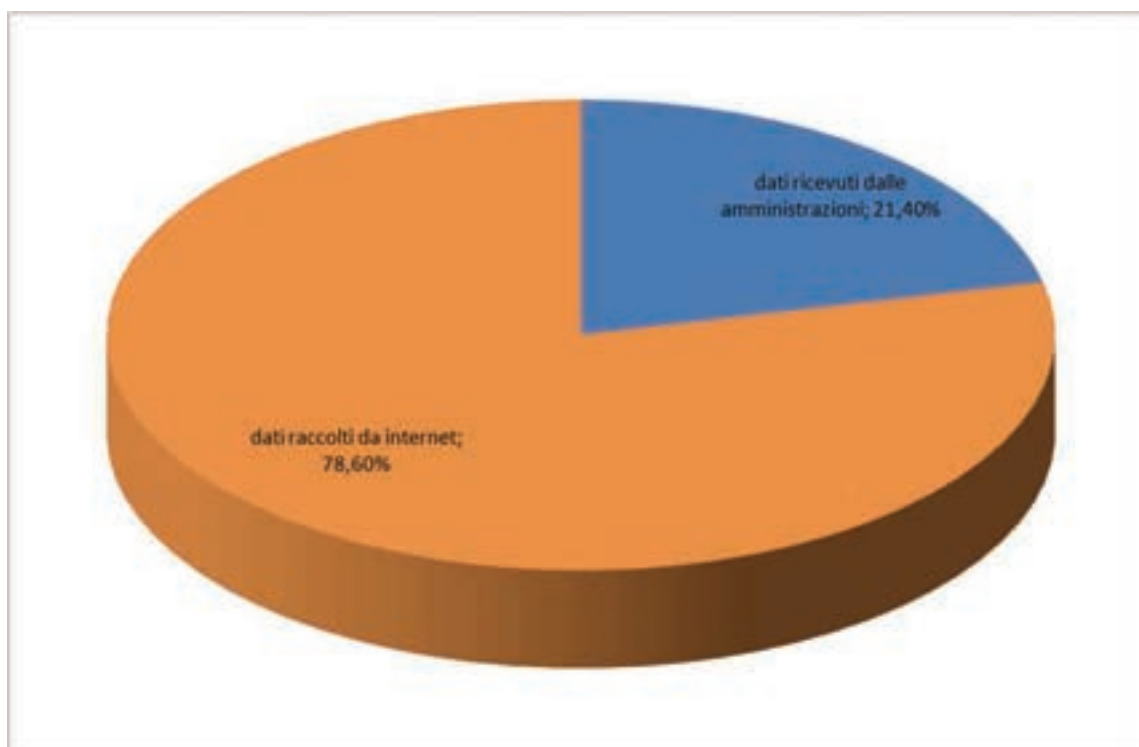


Grafico che rappresenta la percentuale delle fonti da cui sono stati tratti i dati

Per alcuni edifici scolastici i numeri rinvenuti non sono stati sufficienti, oppure si sono rivelati tra loro contraddittori. In questo caso gli edifici sono rimasti esclusi dall'analisi poiché non è stato possibile reperire i dati essenziali

## 6.2 LINEE GUIDA

- Applicazione dei requisiti di edificio passivo ( vedi Casaclima) agli edifici scolastici <15 kWh /mq a
- Ventilazione a regime intermittente ( riduzione del riscaldamento nelle ore senza lezione);
- Adeguamento delle strutture edilizie esistenti sia sotto l'aspetto dell'involucro che dell'igiene ambientale;
  - Lo scopo finale è quello di proporre strategie di miglioramento finalizzate alla riduzione dei consumi e delle emissioni di anidride carbonica in atmosfera.
- Miglioramento delle condizioni termo-igrometriche, illuminotecniche e di salubrità delle aule;
- Integrazione nelle strutture esistenti di sistemi di risparmio energetico sia attivi che passivi;
- Ricorso a fonti rinnovabili per il soddisfacimento dei fabbisogni energetici;
- Progettazione ex-novo di organismi edilizi "passivi" con particolari accorgimenti soprattutto riguardo all'isolamento termico e all'illuminazione;
- Introduzione di sistemi computerizzati di monitoraggio energetico;
- Campagna di sensibilizzazione;
- Ottimizzazione degli impianti esistenti;
- Ridefinizione dei contratti di gestione risorse energetiche.

## 6.3 POSSIBILI SVILUPPI

Per Architettura bioclimatica si intende quella architettura che, concepita in funzione delle caratteristiche dell'ambiente esterno, è finalizzata al raggiungimento del comfort ambientale interno, minimizzando i consumi energetici per la climatizzazione e limitando l'inquinamento dell'ambiente.

### **Energia solare passiva**

#### *Riscaldamento edificio*

Muri termo-accumulatori, ottimo isolamento, notevole massa termica, sistemi di preriscaldamento dell'aria, vetrate esposte a Sud, serre addossate all'edificio.

#### *Raffrescamento naturale*

Ventilazione naturale, schermatura, espulsione del calore verso dissipatori di calore ambientali, condotte d'aria interrato, camini solari, buona massa termica, ventilazione indotta, protezioni dall'irraggiamento diretto, sistemi per la deumidificazione o l'evaporazione dell'acqua.

### **Illuminazione diurna**

Sfruttando sia la luce solare diretta sia quella diffusa dalla volta celeste.

- illuminazione zenitale
- condotte di luce
- capacità di diffusione luminosa dei materiali
- meccanismi per l'inseguimento solare

### **Energia solare attiva**

I dispositivi che consentono di ricavare direttamente energia dal sole sono di diversi tipi: i pannelli solari per produrre acqua calda, i sistemi fotovoltaici per produrre elettricità, gli specchi concentratori per produrre calore ad alta temperatura da utilizzare in centrali elettriche. Il costo degli impianti, piuttosto elevato, può essere recuperato tenendo in considerazione i seguenti fattori:

- lunga durata degli impianti;
- gratuità della fonte energetica;
- basso impatto ambientale.

#### Solare termico

E' la tecnologia che consente l'utilizzo dell'energia solare per produrre calore. Un sistema solare termico ha come componente fondamentale un convertitore di energia solare, detto collettore solare. Attraverso l'uso di pannelli solari termici è possibile ottenere:

- acqua calda per uso sanitario;
- riscaldamento degli edifici.

#### Solare fotovoltaico

Gli impianti fotovoltaici consentono la trasformazione diretta della radiazione solare in energia elettrica sfruttando le caratteristiche di alcuni materiali semiconduttori.

Componente elementare degli impianti fotovoltaici è la cella fotovoltaica, costituita da una sottile "fetta" di materiale semiconduttore, di forma circolare o quadrata. Il materiale spesso adottato per la costruzione delle celle fotovoltaiche è il silicio in diverse forme: monocristallino, policristallino o amorfo.

Gli impianti fotovoltaici sono suddivisi in 3 categorie:

- impianti semplici ( stand-alone), sono impianti utilizzati per utenze isolate. L'energia generata dal campo fotovoltaico soddisfa direttamente il fabbisogno energetico nel momento stesso in cui viene prodotta, mentre l'aliquota d'elettricità in eccedenza viene immagazzinata nelle batterie di accumulo per essere utilizzata a distanza di tempo;
- impianti connessi alla rete ( grid-connected ), sono impianti che lavorano in regime di interscambio, possono cedere energia elettrica alla rete di distribuzione locale e prelevarne dalla stessa;

- Sistemi ibridi, si basano sull'integrazione del sistema fotovoltaico con altri sistemi di generazione dell'energia ( idrica, eolica, solare termica). Uno dei sistemi ibridi più diffusi in edilizia è quello basato sull'integrazione tra pannello fotovoltaico e collettore solare ( solare termico): le celle solari trasformano solo una parte della radiazione solare in corrente elettrica, mentre la parte restante viene trasformata in calore, affidato a un fluido vettore termico, che può essere aria o acqua.

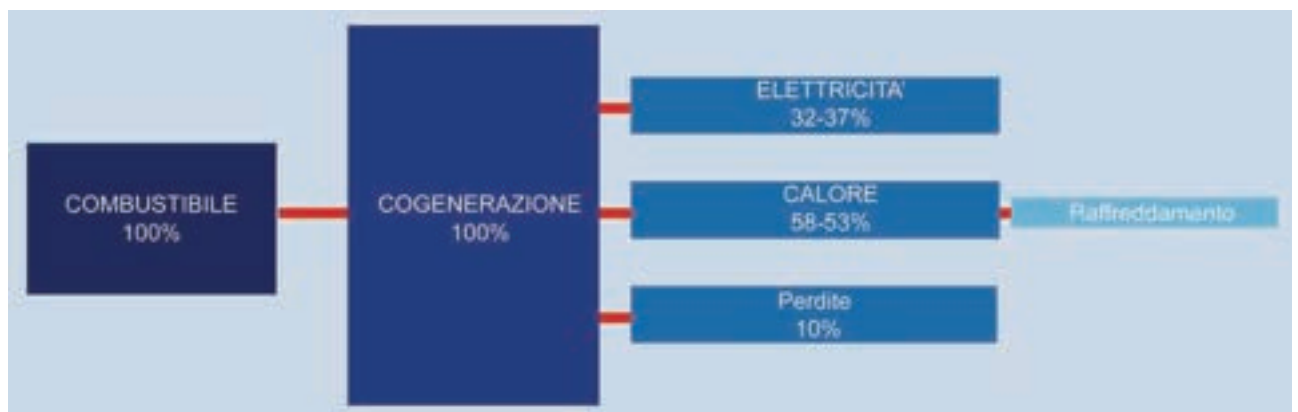
### Cogenerazione, trigenerazione e microcogenerazione

La **cogenerazione** produce contemporaneamente elettricità e calore, consumando combustibile una sola volta ed in un solo luogo.

Rispetto alla generazione di energia separata, la cogenerazione permette di risparmiare circa il 35-40% della fonte energetica primaria e una direttamente proporzionale riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

Una centrale termoelettrica convenzionale, che brucia combustibile fossile (derivati del petrolio e/o gas metano) per la produzione di energia elettrica, ha una efficienza che non supera il 40%, il resto viene disperso sotto forma di calore.

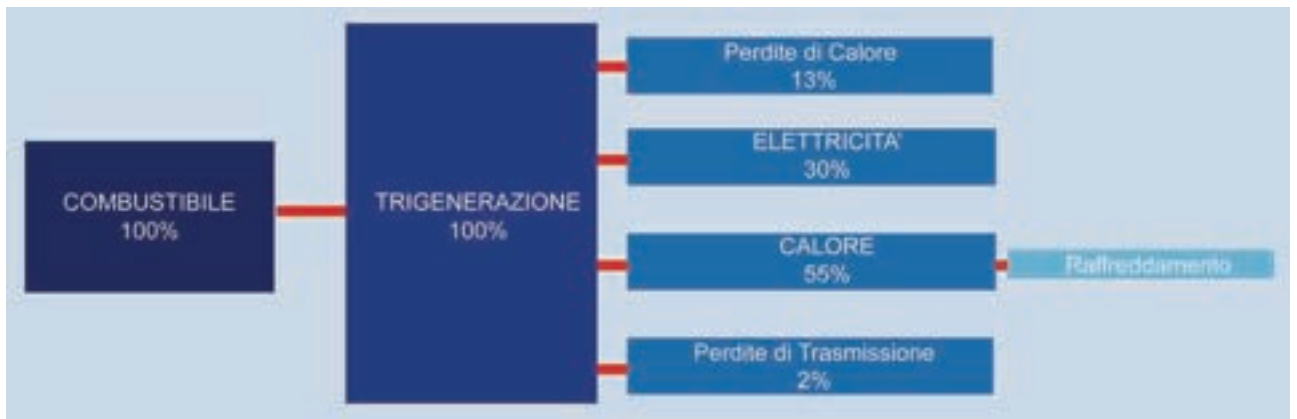
In un impianto di cogenerazione il calore prodotto dalla combustione viene recuperato per altri usi sotto forma di energia termica, e non viene disperso, evitando un ulteriore riscaldamento dell'atmosfera.



**Schema Cogenerazione**

Una tecnologia relativamente nuova è quella della **microcogenerazione** (cogeneratori da 25 kWe a 1 Mwe), che consiste nella sostituzione della caldaia tradizionale per il riscaldamento con un motore endotermico o una piccola turbina a gas alimentati a metano. Un ulteriore vantaggio è rappresentato dalla vicinanza tra produzione e consumo di energia, eliminando la necessità di predisporre costose reti di teleriscaldamento ed azzerando le perdite, non trascurabili, nella distribuzione dell'energia elettrica e termica. Perché questi vantaggi vengano pienamente sfruttati, è necessario che l'energia termica prodotta in combinazione con l'energia elettrica possa essere utilizzata dalla struttura dove essa è installata, o possa essere distribuita attraverso piccole reti di teleriscaldamento.

Si parla di **trigenerazione** se si abbina un cogeneratore con un refrigeratore ad assorbimento, questo tipo di impianto è in grado di produrre contemporaneamente energia elettrica, energia termica per il riscaldamento e di provvedere anche al raffrescamento estivo. Questa combinazione è resa possibile dalla capacità del refrigeratore ad assorbimento di produrre il freddo utilizzando il calore prodotto dal cogeneratore. Si evita quindi l'elevato consumo di energia elettrica che richiede la climatizzazione estiva convenzionale, con l'utilizzo di condizionatori a compressore. C'è un risparmio della fonte energetica primaria del 50%, rispetto ad un condizionatore tradizionale.



**Schema Trigenerazione**

### **Uso delle biomasse come combustibile**

Con il termine biomasse si intendono tutti quei materiali a matrice organica, fondati sulla chimica del carbonio, con l'esclusione dei materiali di origine fossile, petrolio, carbone, plastiche, ecc.

Le biomasse utilizzabili per fini energetici comprendono i materiali di origine vegetale utilizzabili direttamente come combustibili, o che possono essere trasformati in materiali di più facile uso nelle caldaie per il riscaldamento. Le più importanti tipologie di biomasse sono costituite dai residui della manutenzione dei boschi, dagli scarti della lavorazione del legno, da scarti dell'industria zootecnica, scarti di materiale legnoso e vegetale, tra i quali i rifiuti solidi urbani.

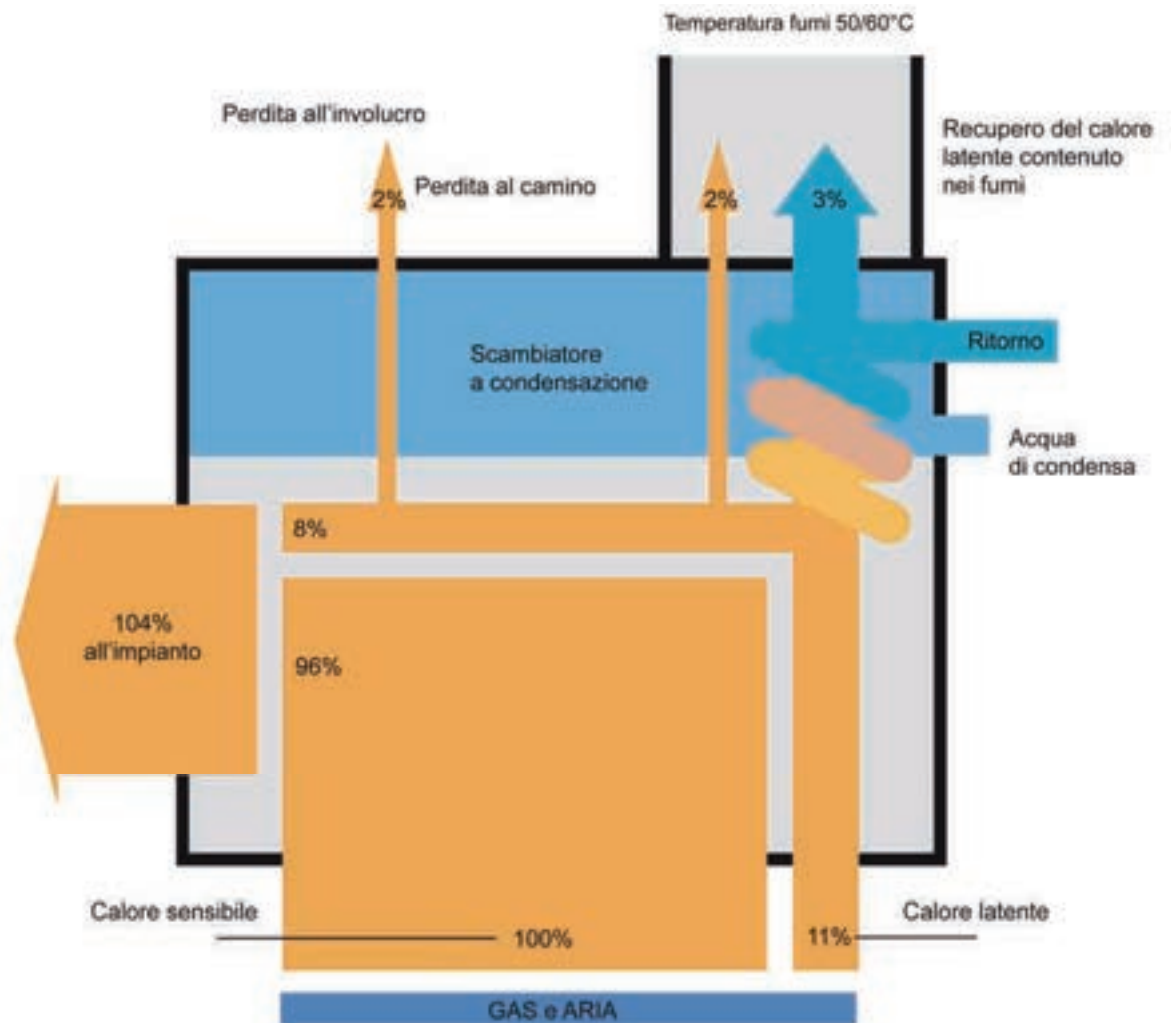
Le biomasse costituiscono una energia rinnovabile che non contribuisce all'effetto serra perché la quantità di anidride carbonica rilasciata in atmosfera dalla loro combustione è pressoché equivalente a quella assorbita durante la crescita delle piante che le costituiscono, le quali si decomporrebbero in ogni caso in modo naturale andando in fermentazione. Dunque conviene sfruttare le biomasse in impianti per la produzione di energia.

Sono risorse rinnovabili, ma con un ben preciso tasso di ricrescita; richiedono un'accurata pianificazione, sia per la sostituzione delle piante tagliate con piante aventi ciclo di ricrescita adatto, la rotazione dei terreni, sia per l'adattamento delle infrastrutture viarie, per il trasporto e lo stoccaggio.

Tali risorse si possono sfruttare per riscaldamento individuale in caldaie a pellet o a tronchetti oppure attraverso il teleriscaldamento a biomasse di piccole dimensioni, che fornisce calore ad un insieme di abitazioni e attività, posto nelle vicinanze del luogo di produzione della biomassa utilizzata (bosco, terreni di coltura, segherie, etc.).

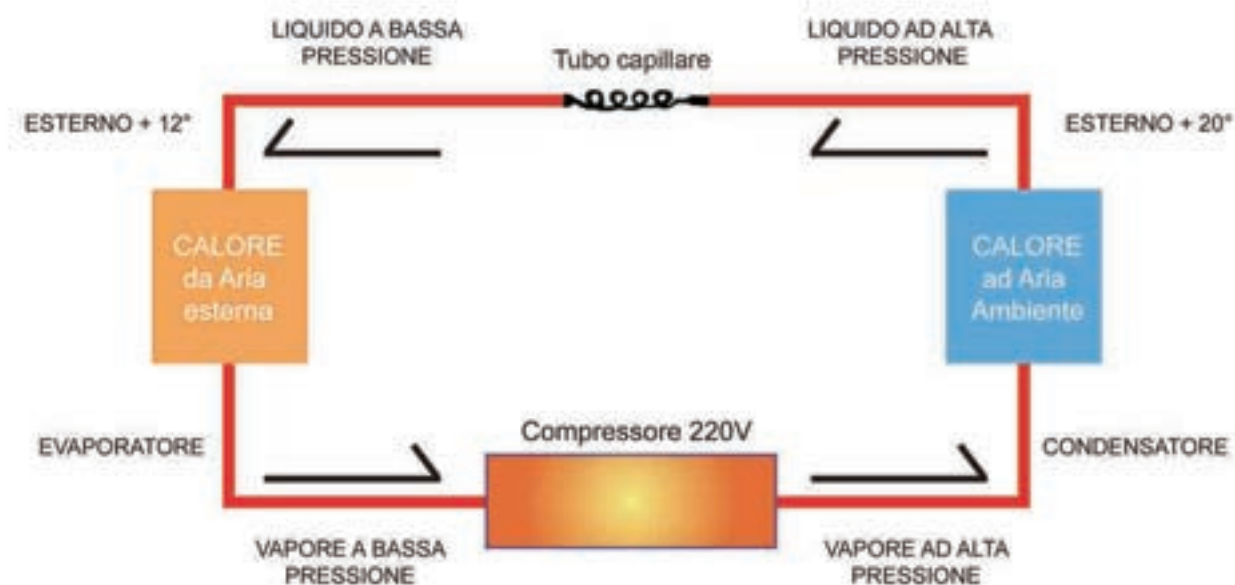
## Caldaie a condensazione

La caldaia a condensazione prende il nome dal fatto che al suo interno i fumi condensano, cioè scambiano il loro contenuto di calore fino a raffreddarsi al punto che il vapore d'acqua contenuto in essi si trasforma in acqua allo stato liquido. Il vapore contenuto nei fumi di una caldaia a gas si trasforma in acqua quando la temperatura di questi scende al di sotto della cosiddetta "temperatura di rugiada", che è circa 60°C.



## Pompa di calore

La pompa di calore è una macchina in grado di trasferire calore da un ambiente a temperatura più bassa ad un altro a temperatura più alta, operando con lo stesso principio del frigorifero e del condizionatore d'aria: il suo impiego avviene sia per il condizionamento estivo sia per il riscaldamento invernale. Il vantaggio energetico della pompa di calore deriva dalla sua capacità di fornire più energia (calore) di quella elettrica impiegata per il suo funzionamento, in quanto estrae calore dall'ambiente esterno (aria – acqua). L'utilizzo per il riscaldamento invernale, però, non è conveniente quando la temperatura esterna scende al di sotto dei 5° C.



## 6.4 COMMENTI

L'indagine ha restituito un primo censimento dello stato energetico degli edifici scolastici.

Gli edifici passivi sono caratterizzati da perdite di calore così basse che il calore fornito dagli apporti solari (attraverso finestre e vetrate esposte a sud), e quello prodotto e recuperato da sorgenti interne può coprire quasi tutta l'energia necessaria per il riscaldamento invernale; il fabbisogno energetico residuo da coprire è inferiore ai 15kWh/mq\*a.

Questo bassissimo fabbisogno termico rende superfluo l'impianto di riscaldamento convenzionale e consente il riscaldamento tramite il sistema di ventilazione senza dover immettere nei locali aria troppo calda.

Nella sostanza si ritiene opportuno **fare riferimento all'esperienza di "CASA CLIMA" di Bolzano**, già esempio per molti Comuni che stanno già applicando nuove normative per l'efficienza energetica, perché l'esperienza accumulata nel tempo ha dimostrato l'efficacia e la semplicità del metodo di valutazione e certificazione.

**Lo schema per attuare rapidamente le norme per l'efficienza energetica degli edifici potrebbe essere il seguente:**

- **definire la classificazione degli edifici** sulla base del consumo energetico normalizzato e cioè misurato in **Kwh/mq/anno**: 10 kw possono essere assimilati a un metro cubo di metano;
- **indicare la classe di efficienza obbligatoria a livello regionale** per tutti i nuovi edifici e per le grandi ristrutturazioni edilizie tenendo conto dell'altitudine del sito e della forma dell'edificio (più è compatto, meno consuma);
- definire, poi, le **classi successive con efficienza crescente fino all'autosufficienza energetica**;
- scegliere una **classificazione chiara simile ai frigoriferi** e verificabile anno per anno;
- gli **edifici delle varie classi** che saranno realizzati con **materiali eco-compatibili** saranno classificati con il suffisso "**PLUS**" e nella prima fase gli utenti finali potrebbero accedere ad incentivi per il loro alto risparmio energetico.

Delle 92 scuole analizzate solo 12 presentano requisiti tali da poter essere definite scuole "passive", dunque il 13% del totale.

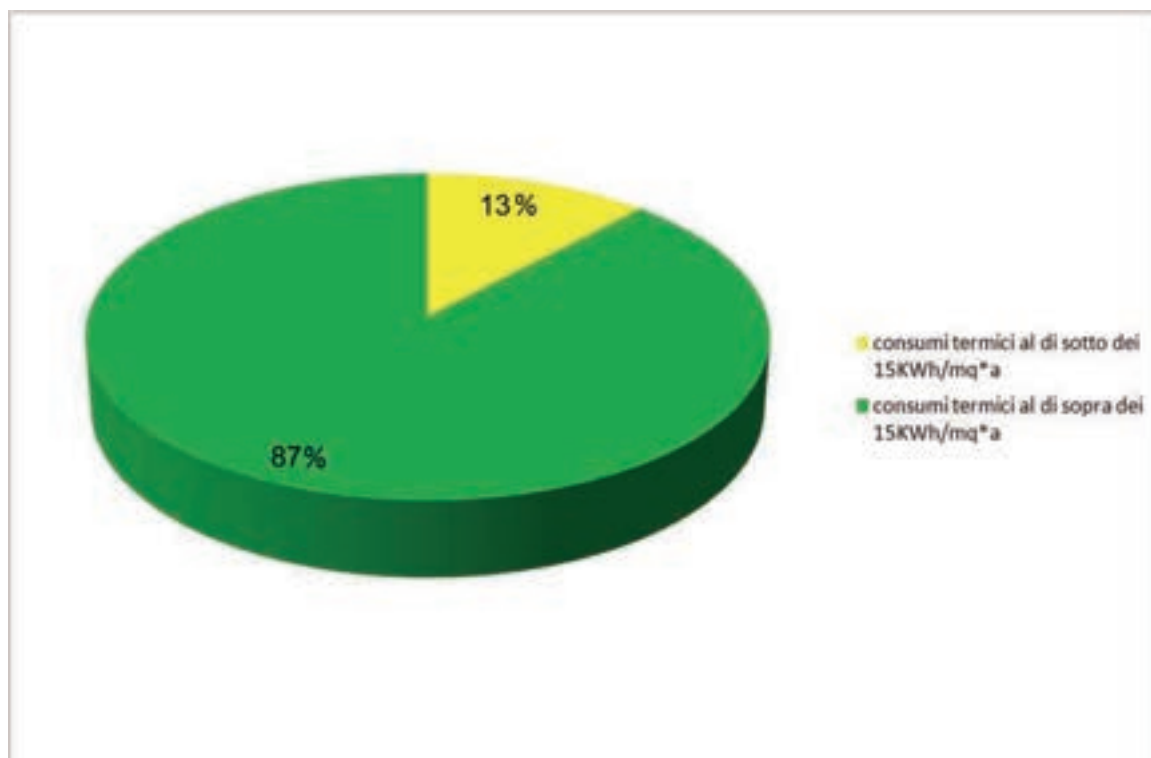


Grafico della percentuale di scuole rientranti nella classificazione sotto i 15 kWh/mq\*a

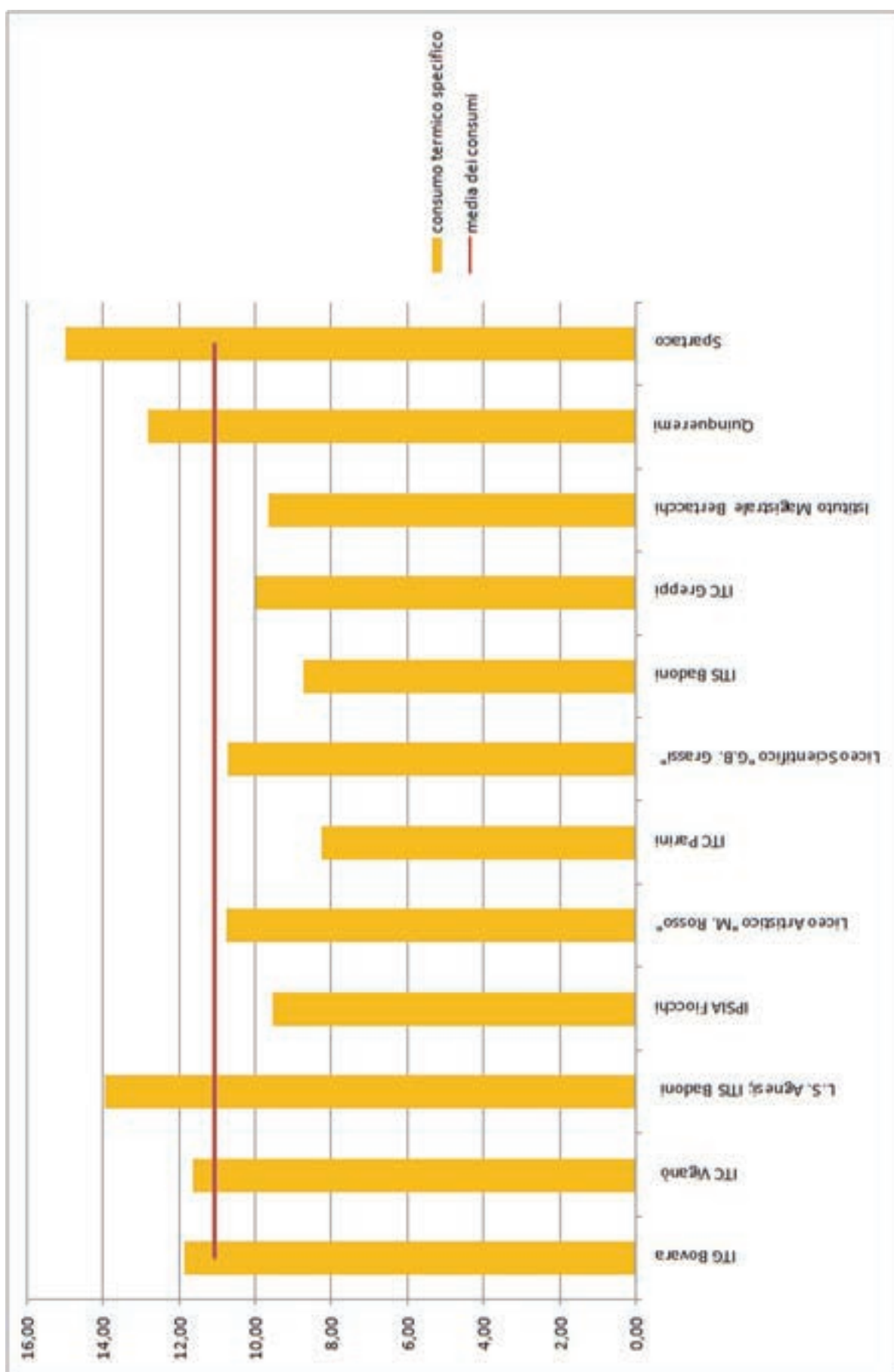
Le scuole rientranti nel 13% sono quasi tutti istituti superiori che sono collocati per la maggioranza nella zona climatica E, e con un rapporto di forma inferiore o pari allo 0,6.

Nell'allegato 1 sono riportati degli esempi di edifici scolastici che attraverso l'uso di sistemi passivi e di tecnologie per la produzione di energia da fonti rinnovabili, possono essere classificati come edifici passivi. Tra queste edifici, situati in particolar modo nel nord Europa, spiccano anche esempi positivi collocati sul territorio italiano.

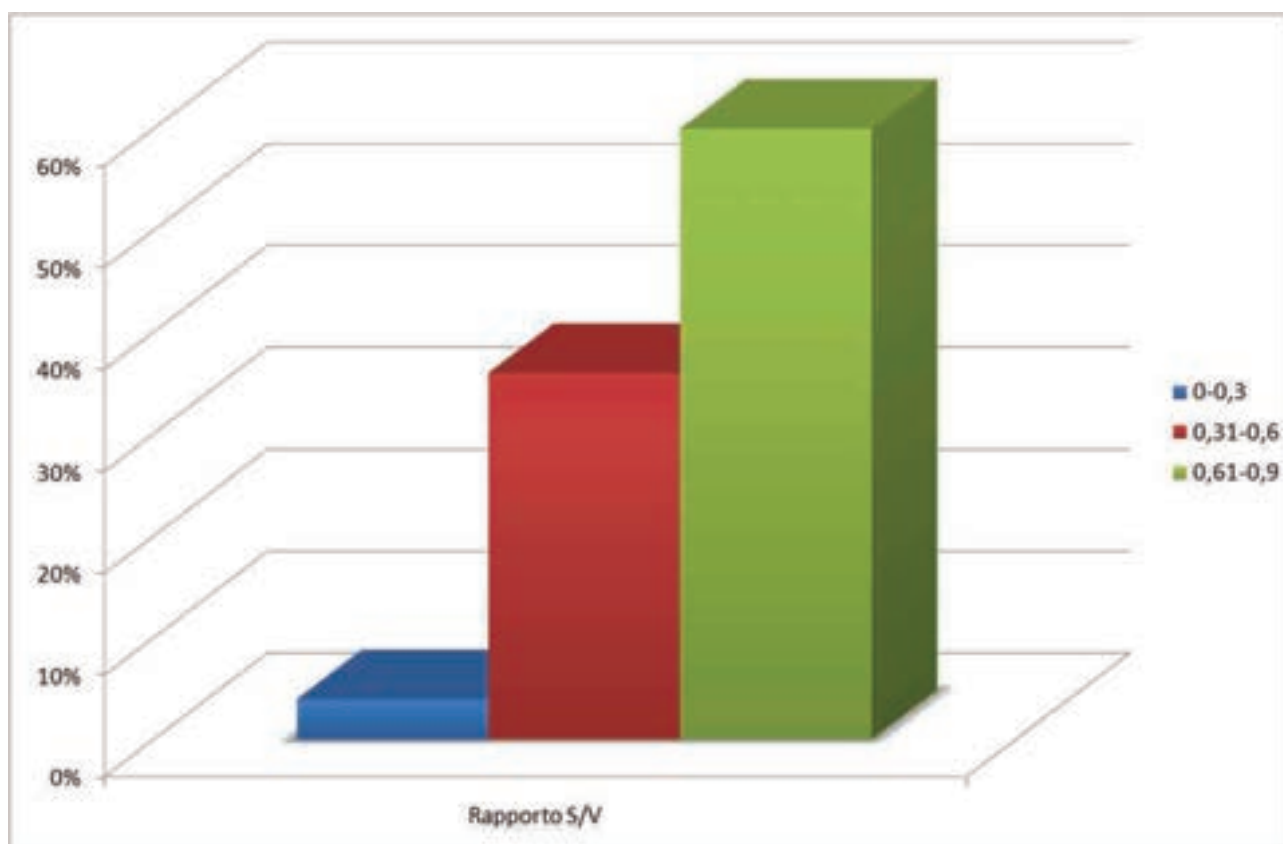
Tabella relativa alle scuole risultate passive

Regione	Denominazione scuola	Tipologia	Località	Gradi giorno	Zona climatica	Consumo termico (KWh)	Consumo termico specifico (KWh/mq)	Superficie disperdente	Volume lordo riscaldato (mc)	Rapporto SNV	Consumo elettrico (KWh)	Consumo elettrico specifico (KWh/mq)	Superficie Calpestabile
Lombardia	ITG Bovara	istituto superiore	Lecco	2383	E	79019	11,89	9100,8	37975	0,24	128865,58	19,51	6647
Lombardia	ITC Viganò	istituto superiore	Merrate (Lecco)	2484	E	109235	11,87	11864,9	44997	0,26	103550,00	11,08	9384
Lombardia	L. S. Agnèzi, ITIS Badoni	istituto superiore	Merrate (Lecco)	2484	E	151423,6	13,90	13933,5	44997	0,31	138194,51	12,76	10827
Lombardia	IPSA Flocchi	istituto superiore	Lecco	2383	E	143426	9,55	20476,5	63273	0,32	218122,63	14,52	15024
Lombardia	Liceo Artistico "M. Rosso"	istituto superiore	Lecco	2383	E	55419	10,78	10640,3	32442	0,33	106436,83	20,70	5142
Lombardia	ITC Parni	istituto superiore	Lecco	2383	E	112063,2	9,26	17102,7	51986	0,33	191626,09	13,28	13674
Lombardia	Liceo Scientifico "G.B. Grassi"	istituto superiore	Lecco	2383	E	103255	10,72	15810	41209	0,38	132000,64	13,71	8629,1
Lombardia	ITIS Badoni	istituto superiore	Lecco	2383	E	129828,9	9,77	25941,7	65789	0,39	191357,98	12,92	14810
Lombardia	ITC Greppi	istituto superiore	Monticello (Lecco)	2646	E	111307	9,90	16106,4	33896	0,48	157481,85	14,13	11146
Lombardia	Istituto Magistrale Bertacchi	istituto superiore	Lecco	2383	E	96810,2	9,68	23953,2	42411	0,58	111538,74	11,14	10011
Lazio	Quinqueremi	scuola elementare	Lido di Ostia	1415	D	34458	12,8	7727,56	11781	0,68	18655,13	8,9	2685,49
Emilia Romagna	Spartaco	asilo nido	Bologna	2259	E		15					43	

Tabella relativa ai consumi in relazione alla media delle scuole risultate passive



Un edificio è tanto più efficiente quanto più è compatto. In altre parole quanto più è piccolo il rapporto S/V ovvero quanto è minore la superficie disperdente rispetto al volume che racchiude. Solamente il 4% degli edifici scolastici con il maggior numero di dati disponibili presenta un rapporto di forma S/V minore di 0,3, questo significa che mediamente gli edifici hanno una grande superficie disperdente.



**Tabella d'incidenza del rapporto S/V su edifici scolastici ( 72 scuole)**

La diagnosi energetica degli edifici consiste nell'analisi dei consumi di energia e nella valutazione energetica, economica ed ambientale dei possibili interventi di risparmio e di utilizzo delle fonti rinnovabili.

A differenza di edifici passivi residenziali, quelli scolastici dovrebbero essere riscaldati a regime intermittente (riduzione del riscaldamento nelle ore senza lezione). Bisogna tener conto della necessaria potenza supplementare di riscaldamento nel dimensionamento del calorifero. Il regime intermittente porta ad una temperatura interna media inferiore a quella di progetto e, con l'abbassamento della temperatura, si riducono anche le perdite di calore.

I primi beneficiari dell'uso razionale dell'energia nelle scuole sono gli alunni e gli operatori scolastici per quanto riguarda il miglioramento del comfort ambientale e le amministrazioni per quanto riguarda il contenimento della spesa energetica. Nel caso delle scuole statali i beneficiari diretti sono i comuni, le province e le istituzioni scolastiche delegate, che hanno la competenza della gestione degli uffici scolastici.

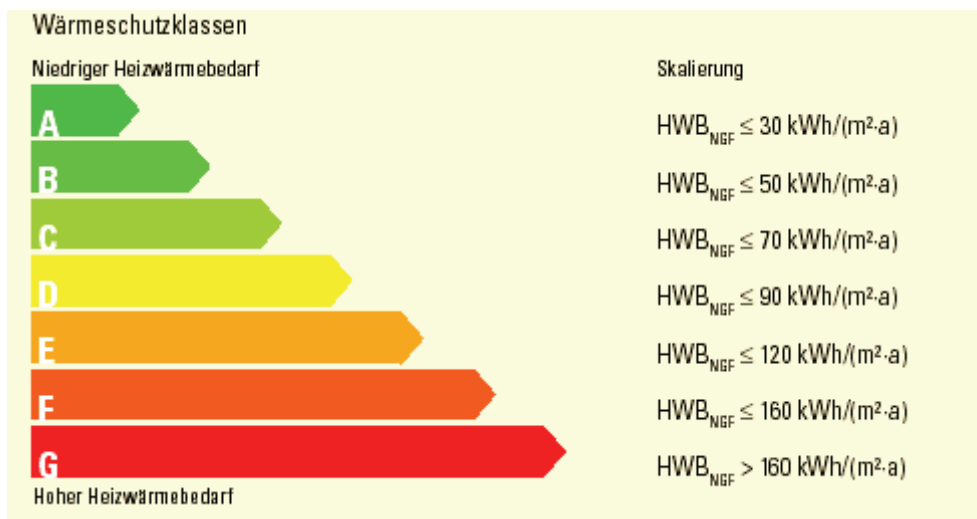
Il percorso di ricerca ha evidenziato la necessità di sensibilizzare le amministrazioni e i dirigenti scolastici in modo da suscitare interesse e attenzione verso le soluzioni tecnologiche più efficienti.

## **ALLEGATI**

## **ALLEGATO 1: EDIFICI PASSIVI SCOLASTICI**

## A1. EDIFICI PASSIVI SCOLASTICI

Il modello di certificazione CasaClima, il primo ad essere stato adottato in Italia, nella provincia autonoma di Bolzano, individua il fabbisogno energetico dell'edificio o abitazione come elemento attraverso cui assegnare una classe di merito. Le classi, che seguono lo schema etichettatura energetica degli apparecchi elettrici sono assegnate in base al valore del fabbisogno dell'edificio.



### etichetta energetica per edifici – Casaclima-Bolzano

A livello nazionale, in attesa dei Decreti che definiscano i metodi di calcolo di riferimento, è stato emanato il 26 febbraio 2007 il Decreto Ministeriale che definisce le modalità di presentazione dell'attestato di qualificazione energetica, attualmente lo strumento da adottare in mancanza di un metodo di certificazione nei casi in cui si eseguano lavori di riqualificazione energetica per i quali si intenda effettuare richiesta di sgravi fiscali così come previsto dalla Finanziaria 2007.

L'attestato di qualificazione energetica prevede la compilazione di un modulo riportante il consumo previsto per l'edificio a seguito dei lavori di riqualificazione e lo scostamento del valore limite dell'indice di prestazione energetica indicato dal DLgs 311/06 per la tipologia dell'edificio desiderato.

## A1.1 SCUOLA WALDORF DI BREMA - SEBALDSBRUCK – GERMANIA



**LOCALIZZAZIONE: BREMA, GERMANIA**

**DESTINAZIONE D'USO: SCUOLA**

**SUPERFICIE: 1.015 Mq (utile)**

**ANNO DI PROGETTAZIONE: primo dopoguerra**

**ANNO DI COSTRUZIONE: primo dopoguerra, ampliata due volte negli anni 1995 e 1999**

**PROGETTISTA:**

**SISTEMA FOTOVOLTAICO: SUL TETTO**

**SUPERFICIE FOTOVOLTAICA: 47 Mq**

**POTENZA DELL'IMPIANTO: 5,1 Kwp**

**RENDIMENTO:**

L'edificio della scuola Waldorf di Brema-Sebaldsbrück consisteva originariamente in un corpo a due piani costruito nel dopoguerra, il quale, negli anni 1995 e 1999, è stato ampliato due volte. L'architettura dell'ultimo e terzo ampliamento è stata condizionata dalla presenza degli edifici precedentemente costruiti.

Un particolare obiettivo della progettazione del terzo ampliamento è stato quello di realizzare un edificio energeticamente molto efficiente, ovvero sia un edificio "passivo". Ciò significava minimizzare le

perdite di calore senza diminuire la qualità dell'aria e del comfort fisiologico nelle ore di lezione. Bisognava inoltre trovare soluzioni per le fasi di riscaldamento e di raffreddamento dopo i weekend e le vacanze invernali.

### **Principi bioclimatici**

#### **Solare passivo**

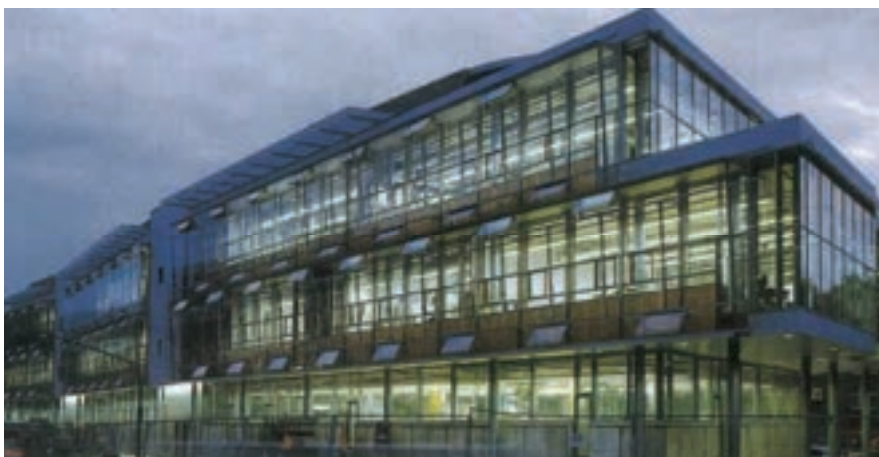
Allo scopo di ottenere alti apporti termici solari (la scuola si trova nella Germania del nord) le aule sono state orientate verso sud. L'impianto di ventilazione meccanica fornisce ogni ora 15 mc d'aria fresca. L'aria in entrata viene preriscaldata, mediante scambiatori a flusso inverso e uno scambiatore interrato, ad una temperatura costante di 18°C e fornisce il calore di base. La cucina, la mensa, l'aula per la musica e altri locali utilizzati solo per poche ore sono collegati al sistema di ventilazione, ma sono serviti dall'impianto solo durante l'effettiva presenza di persone. Le bocchette sono regolate tramite sensori di presenza che reagiscono su movimenti. Efficace è l'isolamento termico della parete esterna.

La produzione di calore, che serve a coprire il fabbisogno termico residuo per il riscaldamento (max. 25 kW) e quello per la produzione d'acqua calda sanitaria, è affidata ad una caldaia a condensazione alimentata da gas naturale e ad un impianto termico solare con 6 mq di collettori. La fornitura del calore avviene tramite radiatori dotati di valvole termostatiche.

#### **Solare attivo**

Sul tetto della scuola è stato installato un impianto fotovoltaico con una potenza di 5,1 kW(p). Allo scopo di far acquisire agli studenti delle esperienze con questa tecnologia, sono stati utilizzati due tipi di moduli FV: ca. 25 mq di moduli a strato sottile (complessivamente 1,47 kW(p)) e ca. 29 mq moduli monocristallini (complessivamente 3,63 kW(p)). Così studenti ed insegnanti possono rilevare dal sistema di monitoraggio, in qualsiasi momento, guadagni e consumi energetici, quindi studiare i differenti comportamenti dei due sistemi.

## A1.2 FACHHOCHSCHULE FUR TECHNIK ( GERMANIA – 1996 )



**LOCALIZZAZIONE: ESSLINGEN, GERMANIA**  
**DESTINAZIONE D'USO: RICERCA E DIDATTICA**  
**SUPERFICIE: 16400 Mq ( lorda )**  
**ANNO DI PROGETTAZIONE: 1992**  
**ANNO DI COSTRUZIONE: 1996**  
**PROGETTISTA: HERRMANN+BOSCH**  
**SISTEMA FOTOVOLTAICO: IN FACCIATA GRID CONNECTED**  
**SUPERFICIE FOTOVOLTAICA: 116 Mq**  
**POTENZA DELL'IMPIANTO: 8 Kwp**  
**RENDIMENTO: 11.000 Kwh/a**

La costruzione si sviluppa su quattro livelli, tre esterni ed uno interrato, destinato a garage. Il prospetto meridionale è costituito da una parete vetrata in cui si apre l'ingresso principale, fortemente caratterizzato dall'impianto fotovoltaico.

Tra i principi fondamentali su cui si impronta il progetto c'è quello della flessibilità.

### **Principi bioclimatici**

#### **Solare passivo**

A sud il prospetto dell'edificio si presenta come un grande collettore per lo sfruttamento dell'energia solare. La facciata è doppia, costituita da un'intercapedine delimitata internamente da una struttura in acciaio, vetro e legno ad isolamento termico ed esternamente da una struttura in acciaio e vetro. Questo doppio filtro si comporta come una barriera termica, protegge meglio gli ambienti dagli agenti atmosferici, filtra gli inquinanti provenienti dall'esterno, migliora l'isolamento acustico.

#### **Solare attivo**

L'integrazione di un sistema fotovoltaico in facciata in corrispondenza del foyer, ottenuta sovrapponendo moduli mobili alla parete vetrata, risponde alla doppia esigenza di favorire l'illuminazione naturale degli ambienti proteggendoli da un eccessivo irraggiamento e di produrre energia elettrica.

Un dispositivo automatico permette di regolare l'inclinazione delle lamelle in relazione all'incidenza dei raggi solari e alle necessità di illuminazione interna, in modo da ottimizzarne l'utilizzazione sia come elementi frangisole che come componenti produttori di elettricità.

### A1.3 REMBRANDT COLLEGE ( OLANDA – 1998 )



**LOCALIZZAZIONE:** VEENENDAAL, OLANDA  
**DESTINAZIONE D'USO:** SCUOLA SECONDARIA  
**SUPERFICIE:** --  
**ANNO DI PROGETTAZIONE:** 1997  
**ANNO DI COSTRUZIONE:** 1998  
**PROGETTISTA:** VAN den DIKKENBERG & BONS  
**SISTEMA FOTOVOLTAICO:** IN FACCIATA  
**SUPERFICIE FOTOVOLTAICA:** --  
**POTENZA DELL'IMPIANTO:** 39,6 Kwp  
**RENDIMENTO:** --

L'obiettivo principale che l'amministrazione di Veenendaal si è posta nel commissionare la progettazione di un nuovo edificio scolastico è stato quello di costruire la scuola più efficiente dal punto di vista energetico dell'intera Olanda. Per questo è stata coinvolta nella fase di progettazione anche l'azienda locale di fornitura di energia elettrica.

#### **Principi bioclimatici**

##### ***Solare attivo***

Il riscaldamento viene fornito da due pompe di calore e da un boiler ad alta efficienza alimentato a gas.

Per la ventilazione è stato utilizzato un sistema di aria condizionata con cui è possibile recuperare circa il 90% del calore contenuto nell'aria interna.

Per la produzione di energia elettrica è stato installato un sistema fotovoltaico di 430mq, di cui un settore è stato introdotto in forma di schermi solari simili a tende al di sopra delle finestre delle aule. Gli altri settori sono stati integrati nel curtain wall del prospetto meridionale in forma di pannelli semitrasparenti a doppio vetro.

#### A1.4 JUBILEE CAMPUS ( GRAN BRETAGNA – 1999 )



**LOCALIZZAZIONE: NOTTINGHAM, GRAN BRETAGNA**  
**DESTINAZIONE D'USO: CAMPUS UNIVERSITARIO**  
**SUPERFICIE: 23400 Mq ( lorda )**  
**ANNO DI PROGETTAZIONE: 1996/97**  
**ANNO DI COSTRUZIONE: 1999**  
**PROGETTISTA: MICHAEL HOMPINKS & PARTERNS, BILL DUNSTER**  
**SISTEMA FOTOVOLTAICO: IN COPERTURA**  
**SUPERFICIE FOTOVOLTAICA: --**  
**POTENZA DELL'IMPIANTO: 54,3 Kwp**  
**RENDIMENTO: --**

Il campus universitario è stato pensato come un intervento dimostrativo di grande rilevanza nel campo dell'architettura sostenibile nelle Midlands, allo scopo di sensibilizzare anche gli studenti universitari sulle problematiche ambientali tramite interventi visibili.

I progettisti hanno mirato alla massima valorizzazione del rapporto tra l'architettura ed il paesaggio.

Le strutture di maggior spicco di ogni edificio sono le scale, che hanno anche la funzione di pozzi di ventilazione. L'intenzione di realizzare un complesso moderno con materiali "low tech" ha spinto i progettisti a scegliere un rivestimento esterno in legno di cedro e a prevedere tetti-giardino per alcune coperture.

##### **Principi bioclimatici**

###### **Solare passivo**

Predisposizione di sistemi di ventilazione a basso consumo energetico. Finestre esposte a sud e ad ovest protette da tende o lamelle frangisole. Coperture piane o a botte ricoperte da uno strato di terreno vegetale.

Abbattimento del 60% della quantità di elettricità per l'illuminazione interna ottenuto studiando la forma ottimale da dare agli edifici, fornendo tutti gli ambienti di finestre e lucernari, dotando l'impianto di interruttori automatici e di un sistema di monitoraggio che prevengono lo spreco di luce artificiale.

Gli edifici sono stati pensati come blocchi compatti e ben isolati per evitare le dispersioni di calore.

###### **Solare attivo**

I pannelli fotovoltaici sono stati introdotti come elementi schermanti al centro della copertura inclinata degli atri, per non incidere negativamente sull'illuminazione degli ambienti perimetrali.

## A1.5 SCUOLA ELEMENTARE DI LAION - ALTO ADIGE – ITALIA



**LOCALIZZAZIONE: LAION, ITALIA**  
**DESTINAZIONE D'USO: SCUOLA**  
**SUPERFICIE:**  
**ANNO DI PROGETTAZIONE: 2006**  
**ANNO DI COSTRUZIONE: 2006**  
**PROGETTISTA: STEFAN TROJER, JOHANN VONMETZ**  
**SISTEMA FOTOVOLTAICO: SUL TETTO**  
**SUPERFICIE FOTOVOLTAICA: 47 Mq**  
**POTENZA DELL'IMPIANTO: 5,1 Kwp**  
**RENDIMENTO:**

I materiali edili sono stati scelti con criteri ecologici, mentre le finestre sono state realizzate con vetrate a doppia intercapedine. La tenuta all'aria è stata ottenuta mediante una serie accurata di dettagli costruttivi e verificata con misurazioni in opera. Nelle aule è previsto un sistema di ventilazione controllata con recupero di calore. L'aria esterna, prima di essere trattata, subisce un pre-riscaldamento invernale e un pre-raffreddamento estivo percorrendo una canalizzazione interrata sotto le fondazioni. La quantità d'aria può essere regolata in maniera indipendente per differenti gruppi di ambienti.

Attraverso l'integrazione di un impianto fotovoltaico l'edificio produce nel corso dell'anno più energia di quanta ne consumi. L'energia elettrica fornita alla pompa di calore proviene dall'impianto fotovoltaico installato nella falda di copertura rivolta a sud (rendimento 17,70 kW) per il quale si prevede una produzione annua di 16000 kWh.

Il fabbisogno energetico complessivo annuo dell'edificio ammonta a circa 6000 kWh con un eccedenza di produzione pari a circa 10000 kWh.

L'edificio scolastico quindi, oltre ad essere autosufficiente è in grado di garantire la fornitura di energia elettrica ad altri tre edifici.

## SCUOLA GEBHARD MULLER DI BIBERACH ( GERMANIA )



**LOCALIZZAZIONE: GERMANIA**

**DESTINAZIONE D'USO: SCOLASTICA**

**SUPERFICIE: 10650 mq ( utile )**

**ANNO DI ENTRATA IN ESERCIZIO: 2004**

**ARCHITETTURA/DIREZIONE DEI LAVORI: Projektgemeinschaft Elwert-Stottele-Rädle/Elwert&Stottele GbR**

**FABBISOGNO TERMICO: 33kWh/mq\*a**

**FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA: 120kWh/mq\*a**

**POMPA DI CALORE 2 x 37 kW ELETTRICO, 2 x 120 kW TERMICO**

**FREDDO DALLA FALDA IDRICA: 300 kW**

**CALDAIA A PELLETTI: 120 kW TERMICO**

Il centro scolastico di Biberach (Germania) è stato costruito negli anni Settanta come progetto di modello scolastico con tre differenti scuole sotto lo stesso tetto. Uno dei principali requisiti richiesti che il nuovo fabbricato a tre piani doveva soddisfare è stato quello di offrire una struttura spaziale delle aule facilmente variabile. Nel nuovo edificio sono inoltre combinate diverse tecnologie innovative, una delle quali è lo sfruttamento geotermico del suolo. Una pompa di calore estrae energia dalla falda idrica allo scopo di riscaldamento e raffreddamento dell'edificio. Il riscaldamento e il raffreddamento dei locali avviene per mezzo di solai termoattivi alimentati con acqua a bassa temperatura.

L'edificio ha una forma compatta e il rapporto A/V è di 0,31. L'intero fabbricato è servito da un impianto di ventilazione meccanica con recupero di calore (rendimento: 70%).

Inizialmente, l'idea era quella di realizzare un edificio con lo standard energetico di 2 litri, che significa un fabbisogno termico di 20 kWh/(mq\*a). Per motivi economici, questo obiettivo non si è potuto raggiungere. Il fabbisogno termico di 30 kWh/(mq\*a) è quello di un edificio a basso consumo energetico.

La potenza di base dell'approvvigionamento termico è generata da due pompe di calore collegate alla falda idrica mediante tre pozzi, uno di alimentazione e due di smaltimento, tutti profondi 16 metri. In inverno, le pompe di calore rialzano la temperatura dell'acqua di falda da 9-12°C fino a 28°C; in estate si raffreddano i solai con l'acqua rinfrescata dall'acqua di falda tramite uno scambiatore.

## SOLAR – CAMPUS - JULICH ( GERMANIA )



**LOCALIZZAZIONE: GERMANIA**

**DESTINAZIONE D'USO: CAMPUS UNIVERSITARIO**

**ANNO DI ENTRATA IN ESERCIZIO: 1998/99**

Con il progetto del Solar-Campus si è voluto dimostrare che un complesso architettonico a basso consumo energetico, adeguatamente progettato, non comporta costi supplementari o quasi.

Il Solar-Campus comprende uffici, laboratori, aule, un auditorio, una biblioteca e alloggi per 136 studenti. Gli alloggi sono riuniti in cinque schiere a due piani con complessive 23 case. Ciascuna delle schiere possiede uno standard energetico differente. Gli studenti hanno così l'opportunità di studiare e abitare in un ambiente di alta efficienza energetica ed ecologicamente sostenibile che li confronta quotidianamente con le varie tecnologie solari.

Alcuni edifici corrispondono alla legge sul risparmio energetico (WSVO) del 1995, altri sono a basso consumo energetico e altri ancora hanno lo standard di un edificio passivo.

Il fabbisogno termico per il riscaldamento delle schiere varia tra  $<10$  e  $90 \text{ kWh}/(\text{mq}\cdot\text{a})$ , quello dell'auditorio è di  $50 \text{ kWh}/(\text{mq}\cdot\text{a})$  e quello dell'edificio che ospita le scienze naturali e l'ingegneria è di  $35 \text{ kWh}/(\text{mq}\cdot\text{a})$ .

### **Principi bioclimatici**

Il calore viene prodotto in una centrale di cogenerazione. Lo sfruttamento di energia solare e geotermica comporta un risparmio d'energia termica, sia in inverno per il riscaldamento, sia in estate per il raffrescamento, cioè quando la temperatura esterna è  $< +4 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $> +18 \text{ }^\circ\text{C}$ . Il sistema di ventilazione con recupero di calore comprende anche uno scambiatore interrato composto da una torre di aspirazione, un ventilatore e un tubo di cemento (posato ad una profondità di 2 metri). Lo scambiatore interrato consente il riscaldamento dell'aria esterna in inverno e il suo raffreddamento in estate. La realizzazione dell'impianto ha consentito di rinunciare completamente ad un impianto convenzionale di climatizzazione.

L'impianto solare con una superficie complessiva di  $1200 \text{ mq}$ , installato e monitorato, che serve per il riscaldamento e la produzione d'acqua calda, si articola in diversi collettori solari piccoli e medi fino a  $100 \text{ mq}$  di superficie.

## SCUOLA ELEMENTARE HEINRICH - KROMER (FRANCOFORTE SUL MENO)



**LOCALIZZAZIONE: GERMANIA**  
**DESTINAZIONE D'USO: SCOLASTICA**  
**SUPERFICIE: 6100 mq ( utile )**  
**RAPPORTO S/V: 0,35**  
**ANNO DI COSTRUZIONE: 2003/2004**  
**ARCHITETTI: ARCHITEKTBURO 4°, STUTTGART**  
**FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA: 59kWh/mq\*a**

Il complesso scolastico, che è frequentato da 400 alunni e 100 bambini, comprende anche una mensa con cucina completamente attrezzata. La palestra è a basso consumo energetico e serve anche per le attività sportive degli abitanti del quartiere.

Gli elementi più importanti che rendono la scuola "passiva" sono la struttura pesante, in grado di assorbire elevate cariche termiche, l'isolamento termico dell'involucro, la ventilazione meccanica controllata, le schermature parasole che impediscono il surriscaldamento dell'edificio in estate e un'ottima illuminazione naturale delle aule.

La ventilazione controllata è gestita da sei impianti dotati di scambiatori di calore a flusso incrociato che, insieme, possono trasportare un volume d'aria di 21.700 m<sup>3</sup>/h. Tre degli impianti servono alla scuola elementare, gli altri tre alla scuola d'infanzia. L'effettivo rendimento del recupero di calore ammonta al 73%.

Il calore è conferito ai singoli ambienti scolastici individualmente tramite radiatori, installati in ciascun locale. Questa soluzione è stata scelta perché i costi sono stati gli stessi che si sarebbero avuti se si fosse conferito il calore tramite l'aria a gruppi di locali, ed anche perché la regolazione può avvenire in maniera più semplice ed individuale. I locali, prima di essere usati, possono essere riscaldati, anche quando la ventilazione non è ancora in funzione.

In quasi tutti i locali, il funzionamento del riscaldamento può essere regolato anche manualmente. La fornitura di calore è automaticamente interrotta dall'eventuale apertura delle finestre. Dei sensori, montati presso le porte, registrano la diminuzione della temperatura e comunicano i dati rilevati alla centrale di regolazione.

I corridoi sono riscaldati unicamente tramite l'aria esausta in uscita. La temperatura minima di progetto è di 15°C.

Il calore è prodotto da due caldaie a 60 kW, alimentate da pellet e a funzionamento automatico.

La produzione d'acqua calda sanitaria è limitata all'effettivo fabbisogno. I servizi igienici sono forniti solo con acqua fredda.

La prevenzione dal sole consiste in elementi costruttivi pesanti in grado di assorbire e di accumulare calore durante il giorno, finestre con tende a lamelle regolabili e la possibilità di raffreddare l'edificio durante la notte con dispositivi attivi e passivi.

Allo scopo di ottimizzare l'illuminazione naturale e quindi di poter rinunciare al massimo possibile all'uso di lampade, è stata ridotta l'altezza degli architravi delle finestre e sono state montate, all'esterno delle finestre, delle tende a lamelle regolabili che riflettono la luce del giorno verso l'interno.

## SCUOLA JUSTUS-VON LIEBIG DI WALDSHUT (GERMANIA)



**LOCALIZZAZIONE: GERMANIA**  
**DESTINAZIONE D'USO: SCOLASTICA**  
**SUPERFICIE: 3580 mq ( utile )**  
**ANNO DI COSTRUZIONE: 2003/2004**  
**ARCHITETTI: HARTER U. KANZLER, FREIE ARCHITEKTEN BDA**  
**FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA: 15 kWh/mq\*a**

Il nuovo edificio della scuola Justus-von-Liebig di Waldshut, un istituto tecnico per circa 700 studenti, è una delle prime strutture scolastiche progettate allo scopo di realizzare lo standard di un edificio passivo. Lo standard è stato certificato dal Passivhaus-Institut di Darmstadt.

L'edificio possiede un involucro edilizio con un potente isolamento termico e un sistema di ventilazione meccanica controllata con recupero di calore.

Elementi di materiale inerte, quali solai in cemento armato e pareti in mattoni sabbia/calce, assumono la funzione di accumulatori di calore. Schermature parasole molto efficienti impediscono il surriscaldamento estivo dell'edificio.

Gli impianti fotovoltaici, in parte integrati nel tetto trasparente della hall, in parte montati sul tetto piano, hanno una potenza complessiva di 19,5 kW(p) e contribuiscono all'approvvigionamento energetico dell'edificio.

Oltre all'aspetto energetico, molta cura è stata prestata alla scelta di materiali naturali. Per i soffitti e le pareti sono stati abbinati calcestruzzo a vista e legno di larice; i pavimenti sono di linoleum e di parquet; per il foyer sono state scelte lastre di calcare fossile.

Il fabbisogno termico per il riscaldamento è 15 kWh/mq\*a. Rispetto ad un edificio scolastico convenzionale, annualmente si evita l'emissione di 124 tonnellate di CO<sub>2</sub>.

Grazie ai due impianti fotovoltaici, il fabbisogno d'energia primaria può essere ridotto del 50 per cento. Nel tetto trasparente dell'atrio sono stati integrati moduli FV che coprono un'area di 101 mq (potenza nominale: 4,5 kW(p)); altri 150 mq sono stati installati sul tetto piano dell'edificio (potenza nominale: 15 kW(p)).

## CENTRO DI INFORMATICA DELLA TU BRAUNSCHWEIG



**LOCALIZZAZIONE: GERMANIA**  
**DESTINAZIONE D'USO: CENTRO DI INFORMATICA**  
**SUPERFICIE: 8570 mq ( utile )**  
**FABBISOGNO TERMICO SPECIFICO: 39,3 kWh/mq\*a**

Il Centro di Informatica di sei piani si estende sul fronte nord della torre dell'Università Tecnica (TU) di Braunschweig che ha 13 piani ed è stata costruita negli anni settanta. L'edificio nuovo possiede un atrio dal quale si accede agli uffici e agli altri locali. Ognuno dei sei piani è collegato alla torre.

I principali obiettivi della progettazione sono stati un basso consumo energetico e la rinuncia, laddove possibile, a impianti convenzionali. Il fabbisogno di energia primaria previsto è stato limitato a 100 kWh/mq anno, così, nel caso di un fabbisogno termico di 40 kWh/mq anno, il fabbisogno elettrico non dovrebbe superare i 20 kWh/mq anno (1 kWh elettrico corrisponde a 3 kWh di energia primaria).

I vetri delle finestre sono stati scelti in relazione all'orientamento: sui lati est ed ovest sono stati usati vetri isolanti, sul lato nord vetri normali). Le facciate verso l'atrio non sono isolate e possiedono finestre con vetri semplici.

Gli uffici che si affacciano sull'atrio ricevono l'aria solo da quest'ultimo, mentre gli uffici lungo la facciata esterna la ricevono sia dall'atrio sia dalle finestre. Quando la qualità dell'aria nell'atrio non è più buona, le valvole del tetto si aprono automaticamente e l'aria esausta fuoriesce. La qualità dell'aria è controllata da un rilevatore di gas.

In estate, l'atrio riceve aria fresca dal canale interrato, mentre quella esausta fuoriesce in alto. L'altezza dell'atrio di 26 metri garantisce il tiraggio per effetto camino. Le aperture d'uscita in alto vengono aperte e chiuse secondo la direzione del vento. Anche la ventilazione trasversale dell'edificio attraverso l'atrio è possibile. In questo caso vengono aperte tutte le finestre e le porte. Il ricambio d'aria è controllato dal sistema di regolazione centrale. La ventilazione trasversale è soprattutto necessaria in estate per il raffrescamento notturno.

Il raffrescamento individuale dei locali avviene tramite l'acqua fredda contenuta in casse pensili collocate negli uffici. Nei locali con apparecchiature elettroniche il raffrescamento è garantito da due gruppi frigoriferi con una potenza elettrica complessiva di 55 kW; la potenza refrigerante è di 170 kW. Il calore emesso dai due gruppi è utilizzato, in inverno, per il riscaldamento dell'atrio.

La regolazione del LON (Local Operating Network) ottimizza il consumo di energia termica ed elettrica (illuminazione) e regola automaticamente l'apertura e la chiusura delle finestre e delle porte consentendo così la ventilazione notturna degli uffici.

L'illuminazione artificiale degli uffici è regolata in relazione al livello di illuminamento naturale conferito dalla luce diurna e in rapporto alla presenza di persone.

Le finestre degli uffici possono essere ombreggiate con tende tessili montate sulla facciata. Sei locali sul lato ovest hanno finestre con vetri elettrocromatici. La trasmittanza luminosa ed energetica di questi vetri può essere regolata elettricamente. I vetri assumono così anche la funzione di schermatura parasole. La regolazione avviene tramite un sistema automatico di regolazione che gestisce tutti i sistemi tecnologici.

## **ALLEGATO 2: TABULATI**

Regione	Denominazione scuola	Tipologia	Località	Gradi giorno	Zona climatica	Consumo termico 2006/07 (KWh)	Consumo termico specifico (KWh/mq)	Superficie dipendente	Volume lordo riscaldato (mc)	Rapporto S/V	Consumi Energia Elettrica (KWh) media 2005-2009	Consumo elettrico specifico (KWh/mq)	Superficie Calpestabile
Lazio	Principe di Piemonte	scuola elementare	Roma	1415	D	176194	85,1	4313,12	10900	0,38	13791,06	6,7	2045,05
Lazio	Leonardo da Vinci	scuola elementare	Roma	1415	D	89114	46,9	3234,77	4776	0,89	43034,51	33,6	1282,51
Lazio	A. Gramsci	scuola elementare	Roma	1415	D	145494	48,3	5905,34	11708	0,5	109466,40	34,5	3141,48
Lazio	Dunquerneri	scuola elementare	Lido di Ostia	1415	D	177231	66,0	7727,56	11791	0,66	67994,10	26,3	2685,49
Lazio	Piero della Francesca	scuola elementare	Roma	1415	D	124053	95,9	3626,47	9423	0,72	57737,26	44,6	1293,62
Lazio	Asilo nido Petralata S. Basilio	asilo nido	Roma	1415	D	79351	126,4	2218,83	2703	0,62	25932,77	40,9	632,81
Lazio	Beto	asilo nido	Roma	1415	D	103505	179,9	1712,58	2208	0,79	0,00	0,0	579,33
Lazio	Piccini	asilo nido	Roma	1415	D	34452	55,1	2121,43	2683	0,8	18855,13	29,9	925,04
Lazio	Cecchina	asilo nido	Roma	1415	D	85287	100,3	3099,84	3726	0,82	36226,70	35,1	862,53
Lazio	La Girandola	asilo nido	Roma	1415	D	85391	140,1	1997,55	2615	0,76	21270,67	35,0	607,38
Lazio	Erasmo	scuola media	Roma	1415	D	149510	110,9	5191,5	11287	0,45	5651,50	4,2	1348,8
Lazio	Via della Madonna 23	scuola media	Roma	1415	D	169943	136,2	5601,9	13083	0,43	8601,20	7,0	1374,6
Lazio	G. Faldut	scuola materna	Roma	1415	D	27478	75,3	1212,89	1662	0,76	21788,33	59,7	384,72
Lazio	R. da Carr	scuola materna	Roma	1415	D	58146	90,2	2153,35	2525	0,85	12907,78	20,7	622,72
Lazio	Bambini del Mondo	scuola materna	Roma	1415	D	26211	42,7	1673,85	2445	0,77	17480,38	29,4	614,5
Lazio	A. Tonia	scuola materna	Roma	1415	D	39552	48,5	1744,87	2323	0,75	11252,61	17,9	628,4
Lazio	C. Mendes	scuola materna	Roma	1415	D	37061	72,8	1983,52	2225	0,71	19999,71	39,3	500,08
Emilia Romagna	Ridari	scuola elementare	Modena	2418,8	E	63818					72016		
Emilia Romagna	Paletina	scuola elementare	Modena	2418,8	E	602.919,58					51.120		
Emilia Romagna	G. Carducci	scuola media	Modena	2418,8	E	754.262,87					85.116		
Emilia Romagna	Spartaco	asilo nido	Bologna	2259	E		15					43	
Emilia Romagna	Cavazzoni	asilo nido	Bologna	2259	E		170					26	
Emilia Romagna	Romagnoli	asilo nido	Bologna	2259	E		168					44	
Emilia Romagna	La Trovata	asilo nido	Bologna	2259	E		184					27	
Emilia Romagna	Celi	asilo nido	Bologna	2259	E		152					29	
Emilia Romagna	Carducci	elementare e materna	Bologna	2259	E		109					11	
Emilia Romagna	Casarata	scuola elementare	Bologna	2259	E		45					13	
Emilia Romagna	Ortosi	scuola elementare	Bologna	2259	E		262					21	
Emilia Romagna	Guercini	scuola media	Bologna	2259	E		55					23	
Emilia Romagna	Besta	scuola media	Bologna	2259	E		45					41	
Emilia Romagna	Cozza	scuola media	Bologna	2259	E		80					18	
Emilia Romagna	Caracci	scuola media	Bologna	2259	E		17					24	
Emilia Romagna	Zanotti	scuola media	Bologna	2259	E		82					25	
Emilia Romagna	Walt Disney	scuola materna	Bologna	2259	E		183					8	
Emilia Romagna	Scarlatti	scuola materna	Bologna	2259	E		116					10	
Emilia Romagna	Seragnoli	scuola materna	Bologna	2259	E		174					10	
Emilia Romagna	Don Milani	scuola materna	Bologna	2259	E		97					23	
Emilia Romagna	Maga Merlini	scuola materna	Bologna	2259	E		119					26	
Emilia Romagna	I.T.C. Rosa Luxemburg	istituto superiore	Bologna	2259	E	505600	56	10176,18	28911	0,262			2595
Emilia Romagna	Calderino Moro S. Pietro	scuola elementare	Castello (Bologna)	2118	E	34200	171,4	1588,9	3407	0,85			372,7
Emilia Romagna	Governi Pascoli	scuola media	Arzola	2358	E	6200*	1,30*	4710	9436	0,58			1765
Lombardia	Milgessa	scuola elementare	Milgessa (Varese)	2527	E	108920	124,50	1799,4	3340	0,539	21699	24,8	883
Abruzzo	A. Zili	istituto superiore	Teramo	3998	D	42998	78,55	5543	22931	0,24	54967	97,62	588
Sardegna	A. Businco	istituto superiore	Jerzu (Nuoro)	1467	D	288791	48,63	9515	21210	0,45	95000	13,43	8329
Piemonte	Caffaro	scuola media	Bicheresio (Torino)	2647	E	400000	180		13900	0,408			2500
Lombardia	L. Da Vinci	scuola media	Pavia	2623	E	756000	160,89	8887,3	17013	0,58	55415	11,80	4996

Regione	Denominazione scuola	Tipologia	Località	Ordi giorno	Zona climatica	Consumo termico 2006/07 (kWh)	Consumo termico specifico (kWh/mq)	Superficie disperdente	Volume lordo riscaldato (mc)	Rapporto S/V	Consumi Energia Elettrica (kWh) media 2006-2008	Consumo elettrico specifico (kWh/mq)	Superficie Copribabile
Lombardia	Liceo Scientifico "D.E. Grassi"	istituto superiore	Lecco	2383	E	103255	10,72	18810	41208	0,38	130000,84	13,71	8626,1
Lombardia	Liceo Artistico "M. Rosso"	istituto superiore	Lecco	2383	E	85419	10,76	10640,3	32442	0,32	188436,82	20,70	8142
Lombardia	Istituto Magistrale Bertucchi	istituto superiore	Lecco	2383	E	98110,2	9,88	23632,2	42411	0,56	111536,74	11,34	10011
Lombardia	ITO Bovina	istituto superiore	Lecco	2383	E	78019	11,88	9100,8	37975	0,24	129885,58	18,51	8647
Lombardia	ITC Pavesi	istituto superiore	Lecco	2383	E	112983,2	9,28	17102,7	51988	0,33	181026,89	13,26	13674
Lombardia	ITG Badoni	istituto superiore	Lecco	2383	E	129026,8	9,77	25841,7	85789	0,26	191357,98	12,92	14818
Lombardia	IPSA Fucchi	istituto superiore	Lecco	2383	E	142426	9,56	29476,5	83273	0,32	218122,83	14,82	15024
Lombardia	Istituto Marco Polo	istituto superiore	Celico (Lecco)	2243	E			10422,8	28823	0,35	128886,34	17,81	7187
Lombardia	ITC Bachelet	istituto superiore	Oggiono (Lecco)	2450	E	134883,3	15,58	12048,8	32888	0,28	95047,41	10,97	8802,8
Lombardia	ITC Greppi	istituto superiore	Moretto (Lecco)	2640	E	111307	9,88	18106,4	32886	0,40	167481,85	14,13	11148
Lombardia	Liceo Scientifico Agnesi ITO Badoni sec. staccata di Merate	istituto superiore	Merate (Lecco)	2494	E	181423,8	13,98	13833,5	44887	0,21	138194,51	12,76	10827
Lombardia	ITC Vignate	istituto superiore	Merate (Lecco)	2494	E	102235	11,87	11884,8	44887	0,26	182550,00	11,88	8264
Emilia Romagna	Horati	scuola nido	Ravenna	2227	E	180480,2	237,8	1875	2650	0,75			758
Emilia Romagna	Lavarelli	scuola nido	Ravenna	2227	E	152883	227,8	1734	2650	0,88			670
Emilia Romagna	Mezzano	scuola nido	Ravenna	2227	E	152884,3	374,8	1836,4	2405	0,88			407
Emilia Romagna	Pavani	scuola nido	Ravenna	2227	E	188182	280,2	1377,81	1701	0,81			548
Emilia Romagna	Rasponi	scuola nido	Ravenna	2227	E	234480,5	333,5	2048,88	4181	0,49			703
Emilia Romagna	A. Monti	scuola nido	Ravenna	2227	E	57582,8	121,1	1132,83	1317	0,86			439
Emilia Romagna	Anzani	scuola materna	Ravenna	2227	E	104852	148,5	1731,73	2348	0,77			898
Emilia Romagna	Doco impari	scuola materna	Ravenna	2227	E	58851,8	188,2	841,71	1223	0,77			338
Emilia Romagna	Il Gabbiano	scuola materna	Ravenna	2227	E	288125	175	2849,01	4128	0,88			1185
Emilia Romagna	Lanetta	scuola materna	Ravenna	2227	E	191873,8	188,8	2861,21	8018	0,88			1192
Emilia Romagna	Le Al	scuola materna	Ravenna	2227	E	38373,8	141,8	884,48	1182	0,73			271
Emilia Romagna	Porto Corsini	scuola materna	Ravenna	2227	E	28679	138	1897,1	1690	0,88			215
Emilia Romagna	Porto Fiumi	scuola materna	Ravenna	2227	E	80325	87,1	1810,5	2120	0,85			750
Emilia Romagna	Passi	scuola materna	Ravenna	2227	E	187130	123,8	3184,88	4382	0,73			1250
Emilia Romagna	Treste 2	scuola materna	Ravenna	2227	E	128884,8	177,8	1786,24	2324	0,76			712
Emilia Romagna	Fucconi	scuola materna	Ravenna	2227	E	118102,2	188,7	1751,04	2304	0,78			708
Emilia Romagna	Og. Monti	scuola materna	Ravenna	2227	E	138801,8	188,2	3038,1	5320	0,57			1188
Emilia Romagna	Fosso Ghisa	scuola materna	Ravenna	2227	E	14838	188	1242,88	1885	0,87			448
Emilia Romagna	Saviano	scuola materna	Ravenna	2227	E	30408,2	284,2	2867,24	4884	0,81			1151
Emilia Romagna	Porto Nuovo B	elementare	Ravenna	2227	E	282412,8	218,8	3173,73	6223	0,51			1218
Emilia Romagna	Pascoli	scuola elementare	Ravenna	2227	E	378524,1	125,3	6787,07	18788	0,83			2887
Emilia Romagna	Saviano	scuola elementare	Ravenna	2227	E	188112,2	181,4	2588,8	4280	0,81			1823
Emilia Romagna	Santo	scuola elementary	Ravenna	2227	E	102588,2	110,7	2301,15	3326	0,88			826
Emilia Romagna	Randi Is.	scuola elementare	Ravenna	2227	E	888276,2	124,8	12388,75	28175	0,81			8804
Emilia Romagna	Lilli Adriano	scuola elementare	Ravenna	2227	E	287271,8	217,8	2821,85	4885	0,81			1181
Emilia Romagna	Classe	scuola elementare	Ravenna	2227	E	282885,8	242,8	2888,31	2888	0,88			833
Emilia Romagna	Casalbottoli	elementare	Ravenna	2227	E	88728	288	1137,78	1517	0,75			421
Emilia Romagna	Porto Corsini	scuola elementare	Ravenna	2227	E	237221,8	251,4	2345,31	3388	0,88			944
Emilia Romagna	Roncalacci	scuola elementare	Ravenna	2227	E	115194	73	8845,88	7122	0,54			1878
Emilia Romagna	Porto Nuovo A	scuola elementare	Ravenna	2227	E	88888	123	1888	2670	0,7			742
Emilia Romagna	Madonna dell'Albero	scuola elementare	Ravenna	2227	E	87842	178	1248,88	1758	0,71			488
Emilia Romagna	Piangiare	scuola media	Ravenna	2227	E	143888,2	87,1	4845,8	7780	0,82			1882
Emilia Romagna	Maria S. Ravenna	scuola media	Ravenna	2227	E	878384,1	187,7	8832,4	14828	0,82			4833
Emilia Romagna	Mezzano	scuola media	Ravenna	2227	E	474285	135,1	878,2	1280	0,77			388
Emilia Romagna	Martini Ricci	scuola media	Ravenna	2227	E	381824	88,7	8481,8	18882	0,8			3820

## **ALLEGATO 3: ESEMPIO DIAGNOSI EDIFICIO-IMPIANTO**

## SOMMARIO

<b>1. IDENTIFICAZIONE GENERALE DEL SISTEMA</b>	<b>51</b>
1.1. Informazioni generali.....	51
1.2. Parametri climatici della localita'.....	51
1.3. Caratteristiche generali dell'edificio.....	51
1.4. Dati relativi agli impianti termici.....	51
1.5. Dati climatici della localita'.....	52
1.6. Andamento annuale delle temperature (°C) e delle irradiazioni solari (MJ/m <sup>2</sup> ).....	52
<b>2. DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO</b>	<b>53</b>
2.1. Superfici esterne e volumi lordi.....	53
2.2. Superfici esterne e volumi lordi.....	53
2.3. Superfici esterne e volumi lordi.....	53
2.4. Superfici esterne e volumi lordi.....	53
2.5. Esposizione dell'edificio.....	54
2.6. Tipologie edilizie presenti nell'edificio.....	54
<b>3. PARAMETRI RAPPRESENTATIVI DI PRODUZIONE DEL CALORE</b>	<b>56</b>
3.1. Fonti di energia attualmente in uso.....	56
3.2. Sistemi di produzione presenti.....	56
3.3. Generatori di calore.....	56
3.4. Impiantistica della termoregolazione.....	59
3.5. Valvole miscelatrici.....	59
3.6. Centralina di termoregolazione.....	59
3.7. Sistema telematico di conduzione e controllo.....	59
<b>4. CARATTERISTICHE DI DISTRIBUZIONE E DI EROGAZIONE</b>	<b>60</b>
4.1. Caratteristiche della pompa di circolazione P1.....	60
4.2. Caratteristiche della pompa di circolazione P2.....	60
4.3. Caratteristiche della pompa di circolazione P3.....	60
4.4. Morfologia della distribuzione.....	60
4.5. Tipologia dei terminali di erogazione.....	60
<b>5. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI</b>	<b>61</b>
5.1. Coefficiente volumico di dispersione termica per trasmissione CD.....	61
5.2. Numero di volumi d'aria ricambiati in un'ora.....	61
5.3. Valore dei rendimenti medi stagionali di progetto.....	61
5.4. Valore del rendimento globale medio stagionale.....	61
5.5. Fabbisogno energetico normalizzato per la climatizzazione invernale.....	61
5.6. Verifica del sistema edificio - impianto.....	62

## Identificazione generale del sistema

### Informazioni generali

Denominazione:	SCUOLA MEDIA
Circoscrizione:	XVIII°
Indirizzo:	VIA ENNIO BONIFAZI 64
Destinazione:	E 7 : Scuole
Città:	Roma

### Parametri climatici della localita'

Gradi giorno:	1415
Zona climatica:	D
Temperatura minima di progetto dell'aria esterna:	°C 0.0

### Caratteristiche generali dell'edificio

Volume (V) degli ambienti climatizzati al lordo delle strutture:	m <sup>3</sup>	14318.68
Superficie esterna (S) che delimita il volume V:	m <sup>2</sup>	27014.62
Rapporto S/V:		0.49
Classe di permeabilità all'aria dei serramenti esterni:		
Valori di progetto:		
- temperatura interna operante	°C	20.00
- umidità interna	%	50.00

### Dati relativi agli impianti termici

<b>Specifiche dei generatori di energia (rendimenti come da allegato VI D.P.R. 660/96)</b>		
Tipo:		caldaia standard
Fluido termovettore:		acqua
Valore nominale della potenza termica utile P <sub>n</sub> :	kW	600.00
Rendimento termico utile a P <sub>n</sub> :		
- valore di progetto	%	89.56
- valore minimo prescritto dal regolamento (84+2logP <sub>n</sub> )	%	88.56
Rendimento termico utile al 30 % P <sub>n</sub> :		
- valore di progetto	%	88.33
- valore minimo prescritto dal regolamento (80+3logP <sub>n</sub> )	%	88.56
Combustibile utilizzato:		

**Dati climatici della località**

		Alt. [m.s.l.]	Lat. [Deg]	Grad Vert.	Rg vent	Zona vent	Mare [km]	V.vent [m/s]
Comune	Roma	20	41.53	0.007	C	2	10	2.600
Provincia di riferimento	Roma		41.53			2		2.600
2° Prov. Per la radiazione solare	Roma		41.53					

**Andamento annuale delle temperature (°C) e delle irradiazioni solari (MJ/m<sup>2</sup>)**

DESCRIZIONE	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU G	LUG L	AGO S	SET T	OTT	NOV	DIC
Temperatura	7.6	8.7	11.4	14.7	18.5	22.9	25.7	25.3	22.4	17.4	12.6	8.9
Irradiazione sul piano orizzontale	6.3	9.2	13.7	18.9	23.6	25.7	27.1	23.3	17.6	12.2	7.3	5.4
Irradiazione sul piano verticale Nord	2.1	2.9	4.0	5.7	8.3	10.0	9.6	6.7	4.4	3.3	2.3	1.8
Irradiazione sul piano verticale NE-NO	2.3	3.7	6.0	9.1	12.2	13.8	14.2	11.3	7.7	4.7	2.7	2.0
Irradiazione sul piano verticale Sud	10.6	11.9	12.6	11.6	10.6	9.9	10.8	12.4	14.2	15.1	11.8	9.3
Irradiazione sul piano verticale SE-SO	8.4	10.1	12.1	13.3	13.8	13.7	15.0	15.3	14.6	13.1	9.4	7.3
Irradiazione sul piano verticale E-O	5.0	6.9	9.8	12.8	15.4	16.4	17.6	15.7	12.5	9.2	5.7	4.3

**Descrizione dell'edificio****Superfici esterne e volumi lordi**

Piano:		<b>P_terra</b>
- superficie laterale	m <sup>2</sup>	267.6
- superficie pavimento	m <sup>2</sup>	168.7
- superficie tetto	m <sup>2</sup>	
- volume	m <sup>3</sup>	592

**Superfici esterne e volumi lordi**

Piano:		<b>P_rialzato</b>
- superficie laterale	m <sup>2</sup>	1510.6
- superficie pavimento	m <sup>2</sup>	1628.5
- superficie tetto	m <sup>2</sup>	763.8
- volume	m <sup>3</sup>	6683

**Superfici esterne e volumi lordi**

Piano:		<b>P_primo</b>
- superficie laterale	m <sup>2</sup>	789.6
- superficie pavimento	m <sup>2</sup>	7.1
- superficie tetto	m <sup>2</sup>	
- volume	m <sup>3</sup>	3388

**Superfici esterne e volumi lordi**

Piano:		<b>P_secondo</b>
- superficie laterale	m <sup>2</sup>	851.9
- superficie pavimento	m <sup>2</sup>	
- superficie tetto	m <sup>2</sup>	1026.7
- volume	m <sup>3</sup>	3655

Superficie disperdente:	m <sup>2</sup>	7014.6
Volume edificio:	m <sup>3</sup>	14318.7
S/V:		0.49

### Esposizione dell'edificio

Orientamento: 0= Nord , 90= Est , 180= Sud , 270= Ovest ;  
 Inclinazione: 0= tetti o soffitti , 90= pareti verticali , 180= porticati  
 Unità di misura: [m]

Cod.:	E NE	E NE	Orientamento:	68	Inclinazione:	90
Cod.:	N NO	N NO	Orientamento:	338	Inclinazione:	90
Cod.:	O SO	O SO	Orientamento:	248	Inclinazione:	90
Cod.:	Tetto	Tetto	Orientamento:		Inclinazione:	
Cod.:	S SE	S SE	Orientamento:	158	Inclinazione:	90

### Tipologie edilizie presenti nell'edificio

Porte						
Cod.	Descrizione	Trasmittanza [W/m <sup>2</sup> °C]	Colore [c/m/s]	Sup [m <sup>2</sup> ]	Incremento di sicurezza	Permeabilità Aria [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]
PT1	Porta esterna legno	2.20	M	2.10	1.00	
PT2	Porta est in metallo	5.00	M	2.20	1.00	1.20

Ponti termici		
Cod.	Descrizione	K lineico [W/m <sup>2</sup> °C]
32	Serram. su parete con isol.distrib., telaio int.o medio	0.13

Finestre: schermi solari						
Cod.	Descrizione	Rif	Descrizione schermo	Fc	Descrizione vetro	g
F1	FFVSTM			1.00	VETRO SINGOLO	0.82
F10	FFVSTM			1.00	VETRO SINGOLO	0.82
F2	FFVSTM			1.00	VETRO SINGOLO	0.82
F3	FFVSTM			1.00	VETRO SINGOLO	0.82
F4	FFVSTM			1.00	VETRO SINGOLO	0.82
F5	FFVSTM			1.00	VETRO SINGOLO	0.82
F6	FFVSTM			1.00	VETRO SINGOLO	0.82
F7	FFVSTM			1.00	VETRO SINGOLO	0.82
F8	FFVSTM			1.00	VETRO SINGOLO	0.82
F9	FFVSTM			1.00	VETRO SINGOLO	0.82
FFT1	PFVSTL			1.00	DOPPIO VETRO NORMALE	0.70
FFT2	PFVSTM			1.00	DOPPIO VETRO NORMALE	0.70
FFT3	PFVSTL			1.00	DOPPIO VETRO NORMALE	0.70
FFT4	PFVSTM			1.00	DOPPIO VETRO NORMALE	0.70
PFT1	PFVSTL			1.00	DOPPIO VETRO NORMALE	0.70
PFT2	PFVSTM			1.00	DOPPIO VETRO NORMALE	0.70
PFT3	PFVSTL			1.00	DOPPIO VETRO NORMALE	0.70
PFT4	PFVSTM			1.00	DOPPIO VETRO	0.70

## Finestre: permeabilità all'aria ed aggetti

Cod.	Serram. [m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ]	Cassonet to [m <sup>3</sup> /hm]	L.Cas. [m]	Orizzon. Prof. [m]	Orizzon. Dist. [m]	Vert. Dx Prof. [m]	Vert. Dx Dist. [m]	Vert. Sx Prof. [m]	Vert. Sx Dist. [m]
F1	5.0000								
F2	5.0000								
F3	5.0000								
F4	5.0000								
F1	5.0000								
F2	5.0000								
F3	5.0000								
F4	5.0000								
F3	5.0000								
F4	5.0000								
FFT1	5.0000								
FFT2	5.0000								
FFT3	5.0000								
FFT4	5.0000								
PFT1	5.0000								
PFT2	5.0000								
PFT3	5.0000								
PFT4	5.0000								

## Parametri rappresentativi di produzione del calore

### Fonti di energia attualmente in uso

Combustibile attualmente in uso:	metano
Produzione congiunta di acqua calda sanitaria:	No
Fonti rinnovabili per acqua calda sanitaria:	assenti

### Sistemi di produzione presenti

Tipologia del sistema di produzione:	caldaie standard
N. totale di generatori:	3
Fluido termovettore:	acqua calda

### Generatori di calore

<b>Codice Generatore:</b>	<b>GC1</b>
Marca:	ITM
Modello:	NPS 250
Potenza al focolare:	kW 275,00
Potenza utile:	kW 250,00
Anno produzione:	anno 1977

<b>Bruciatore</b>	<b>B1</b>
Marca:	BALTUR
Modello:	BGN 34P
Potenza minima di targa:	kW 338
Potenza massima di targa:	kW 149
Anno produzione:	anno NR
Assorbimento elettrico:	kW 1.7

### Parametri di combustione relativi all'anno: 2003

Temperatura fumi	°C	266
Temperatura ambiente	°C	15
CO2	%	9,2
CO		0
O2	%	4,6
Perdite c. s.	%	12,3
Rendimento	%	87,7

<b>Codice Generatore:</b>		<b>GC2</b>
Marca:		ITM
Modello:		NPS 250
Potenza al focolare:	kW	275,00
Potenza utile:	kW	250,00
Anno produzione:	anno	1977

<b>Bruciatore</b>		<b>B2</b>
Marca:		BALTUR
Modello:		BGN348
Potenza minima di targa:	kW	338
Potenza massima di targa:	kW	149
Anno produzione:	anno	NR
Assorbimento elettrico:	kW	1.7

<b>Parametri di combustione relativi all'anno: 2003</b>		
Temperatura fumi	°C	272
Temperatura ambiente	°C	17
CO <sub>2</sub>	%	8,7
CO		1
O <sub>2</sub>	%	5,6
Perdite c. s.	%	13,3
Rendimento	%	86,7

<b>Codice Generatore:</b>		<b>GC3</b>
Marca:		ITM
Modello:		NPS 250
Potenza al focolare:		110,00
Potenza utile:	kcal/h	100,00
Anno produzione:	anno	77

<b>Bruciatore</b>		<b>B3</b>
Marca:		B ALTUR
Modello:		BGN 17
Potenza minima di targa:	kW	169
Potenza massima di targa:	kW	70
Anno produzione:	anno	NR
Assorbimento elettrico:	kW	NR

*Parametri di combustione relativi all'anno: 2003*

Temperatura fumi	°C	NR
Temperatura ambiente	°C	NR
CO <sub>2</sub>	%	NR
CO		NR
O <sub>2</sub>	%	NR
Perdite c. s.	%	NR
Rendimento	%	NR

### ***Impiantistica della termoregolazione***

<b>Codice Zona:</b>	<b>RAD_1</b>
Denominazione	Zona Radiatori
Sistema di regolazione:	CLIMATICO CENTRALIZZATO
Tipologia del regolatore:	REGOLATORE CLIMATICO E/O OTTIMIZZATORE

<b>Codice Zona:</b>	<b>AER_1</b>
Denominazione	Zona Aerotermi
Sistema di regolazione:	CLIMATICO CENTRALIZZATO
Tipologia del regolatore:	REGOLATORE CLIMATICO E/O OTTIMIZZATORE

### ***Valvole miscelatrici***

<b>Codice Valvola</b>	<b>V01</b>
Tipo:	3 vie
Servomotore:	FANTINI e COSMI

<b>Codice Valvola</b>	<b>V02</b>
Tipo:	4 vie
Servomotore:	NR

### ***Centralina di termoregolazione***

<b>Marca e modello:</b>	FANTINI e COSMI
-------------------------	-----------------

### ***Sistema telematico di conduzione e controllo***

<b>Marca e modello:</b>	TELE 2000 S
-------------------------	-------------

## Caratteristiche di distribuzione e di erogazione

### Caratteristiche della pompa di circolazione P1

Tipo:		GEMELLARI
Marca e modello:		IDROMATIC ET 50
Potenza di targa:	kW	0,5
Prevalenza di targa:	m c.a.	2.7-1.5
Portata nominale:	mc/h	150-200

### Caratteristiche della pompa di circolazione P2

Tipo:		GEMELLARI
Marca e modello:		IDROMATIC ET 50
Potenza di targa:	kW	0,5
Prevalenza di targa:	m c.a.	2.7-1.5
Portata nominale:	mc/h	150-200

### Caratteristiche della pompa di circolazione P3

Tipo:		GEMELLARI
Marca e modello:		IDROMATIC ET 80
Potenza di targa:	kW	3
Prevalenza di targa:	m c.a.	10
Portata nominale:	mc/h	260

### Morfologia della distribuzione

Posizione del generatore:	NEL VOLUME DEL L'EDIFICIO IN AMBIENTE NON RISCALDATO
Tipologia della distribuzione:	COLONNE PRINCIPALI E RACCORDI ALL'INTERNO DEGLI AMBIENTI RISCALDATI.

### Tipologia dei terminali di erogazione

CODICE ZONA	TIPOLOGIA DEI TERMINALI
RAD_1	RADIATORI
AER_1	AEROTERMI

## Principali risultati dei calcoli

### Coefficiente volumico di dispersione termica per trasmissione CD

Valore di progetto:	W/m <sup>3</sup> °C	0,52
Valore massimo consentito dalle norme vigenti:	W/m <sup>3</sup> °C	0,76

### Numero di volumi d'aria ricambiati in un'ora

Zona:		<b>Zona Radiatori</b>
Zona:		<b>Zona Aerotermi</b>
Valore di progetto calcolato secondo UNI 10344:	Vol /h	0.60
Valore minimo imposto da norme specifiche se esistenti:	Vol /h	
Ventilazione meccanica		
Portata d'aria di ricambio:	Vol /h	
Portata d'aria circolante attraverso apparecchiature di recupero di calore:	Vol /h	
Rendimento termico delle apparecchiature di recupero di calore:	%	

### Valore dei rendimenti medi stagionali di progetto

Rendimento di produzione:	%	88.37
Rendimento di regolazione:	%	82.55
Rendimento di distribuzione:	%	96.00
Rendimento di emissione:	%	96.35

### Valore del rendimento globale medio stagionale

Valore di progetto:	%	67.47
Valore minimo imposto dal regolamento:	%	73.33

### Fabbisogno energetico normalizzato per la climatizzazione invernale

Valore di progetto (calcolato secondo UNI 10344):	kJ/m <sup>3</sup> g °C	65.64
Valore limite (art. 8 c.7 del regolamento):	kJ/m <sup>3</sup> g °C	110.56

### Verifica del sistema edificio - impianto

Volume lordo riscaldato (V):	m <sup>3</sup>	14318.68
Superficie esterna di sconfinamento (S):	m <sup>2</sup>	7014.62
Rapporto superficie / volume (S/V):	adim.	0.49
Potenza nominale utile del sistema di produzione:	W	600000
Potenza nominale del focolare:	W	660000
Combustibile:		gas
Fluido vettore:		acqua
Temperatura media del fluido termovettore nel generatore:	°C	70
Potenza elettrica assorbita dal bruciatore:	W	40
Perdite termiche di combustione con bruciatore acceso:	%	10.05
Perdite termiche al camino, bruciatore spento:	%	0.60
Perdite termiche dell'involucro del generatore:	%	0.39
Rendimento termico utile al 100% del carico	%	<b>89.56</b>
Rendimento termico utile al 30% del carico	%	<b>88.33</b>
Numero totale dei giorni di riscaldamento:	gg	166
Differenza di temperatura media stagionale:	°C	9,7
Numero di ricambi d'aria (valore medio nelle 24 h):	adim.	1.46
Irradianza solare media sul piano orizzontale:	W/m <sup>2</sup>	96.85
Apporti gratuiti interni:	W/m <sup>3</sup>	1.24
Coefficiente di utilizzazione degli apporti gratuiti:	adim.	0.860
Fabbisogno totale stagionale in regime continuo:	MJ	15138.7
<b>Valore calcolato del Cd:</b>	<b>W/m<sup>3</sup>°C</b>	<b>0.637</b>
<b>Valore calcolato del rendimento globale medio stagionale:</b>	<b>%</b>	<b>67.47</b>
<b>Valore limite del Cd:</b>	<b>W/m<sup>3</sup>°C</b>	<b>0.76</b>
<b>Valore limite del rendimento globale medio stagionale:</b>	<b>%</b>	<b>73.33</b>
<b>Valore limite del rendimento termico utile al 100% del carico</b>	<b>%</b>	<b>88.56</b>
<b>Valore limite del rendimento termico utile al 30% del carico</b>	<b>%</b>	<b>88.56</b>