

**BANDO FONDAZIONE CARIPLIO 2007**  
**“AUDIT ENERGETICO DEGLI EDIFICI DI PROPRIETÀ DEI COMUNI PICCOLI E MEDI”**

**Raggruppamento di CASORATE SEMPIONE**

**Comune di SAMARATE**

**FASE B**

MAGGIO 2008



**la ESCo del Sole srl**

Via Zuretti 47/A  
20125 Milano  
tel. 02 67101317  
fax 02 66716680  
[www.laescodelsole.com](http://www.laescodelsole.com)

**INDICE**

1	La Fase B “Audit di dettaglio” .....	3
1.1	Valutazione degli interventi proposti di risparmio energetico e per l’uso di fonti rinnovabili .....	5
2	Edifici selezionati per l’Audit di dettaglio .....	6
3	Gli Interventi proposti per il risparmio energetico nel Comune di SAMARATE .....	9
4	Legenda tabelle e figure .....	16

## 1 La Fase B “Audit di dettaglio”

La fase B “Audit di dettaglio” consiste in un approfondimento dell’analisi effettuata sugli edifici in sede di audit leggero e prevede una simulazione delle prestazioni energetiche del sistema involucro-impianti.

In questa fase la compilazione di una **Scheda di Rilevazione – Audit di dettaglio** ha permesso di raccogliere i dati necessari per la simulazione, relativi a:

- **involucro:** superfici lorde utili e volumetrie lorde riscaldate, caratteristiche termo-fisiche di tutti i componenti strutturali (superfici disperdenti e tipologia dei muri perimetrali, delle coperture, dei basamenti, delle superfici trasparenti e degli infissi, il rapporto superficie disperdente/volume riscaldato)
- **impianti:** il sistema di produzione dell’energia, le reti ed i sistemi di distribuzione dei vettori energetici a partire dai punti di prelievo fino agli utilizzatori termici ed elettrici finali.

I dati raccolti attraverso la Scheda di Rilevazione sono stati verificati (ed eventualmente integrati o adeguati) attraverso sopralluoghi in loco.

A seguito del sopralluogo, i dati sono stati elaborati tramite un **foglio di calcolo** che ha simulato il comportamento termico dell’involucro (tenendo in conto le interazioni esistenti tra involucro, impianto termico e ambiente esterno) e il consumo elettrico nelle condizioni tipiche di utilizzo dell’utenza considerata. Tale **simulazione** ha permesso di ripartire i consumi secondo i diversi usi finali (**bilancio termico ed elettrico**) e di evidenziare le maggiori fonti di spreco.

La simulazione è stata **calibrata** sulla base dei consumi reali medi, ricavati in sede di audit leggero, in modo da risultare il riferimento rispetto a cui andare a valutare successivamente l’efficacia di interventi di risparmio.

Insieme alla stima dei consumi termici effettivi, il foglio di calcolo esegue una valutazione del fabbisogno specifico globale di energia primaria<sup>1</sup> per il riscaldamento ipotizzando di mantenere una temperatura interna di 20°C per 24 ore al giorno per tutto il periodo invernale associato alla fascia climatica d'appartenenza (gradi giorno della località). Il fabbisogno così ricavato<sup>2</sup> consente di **assegnare una classe di merito dello stato di fatto dell'edificio** secondo la **classificazione energetica CENED** adottata dalla Regione Lombardia. Va osservato che il metodo qui adottato non è sostitutivo della compilazione del software di calcolo CENED e quindi che la classe energetica di appartenenza va interpretata come indicativa (seppur assai ragionevolmente indicativa).

Un aspetto molto importante che è emerso nel corso del lavoro rispetto alla classificazione energetica è la valutazione del contributo della ventilazione al fabbisogno dell'edificio. Tutti i metodi di calcolo attualmente in circolazione in Italia per la certificazione energetica non definiscono in modo univoco il valore di ventilazione per gli edifici ad uso terziario. In particolare la procedura CENED indica che per un edificio terziario, in assenza di valori di progetto, si debbano adottare i valori di ventilazione richiesti dalle norme sulla qualità dell'aria negli ambienti interni; il che comporta, nel caso delle scuole, ove il numero di occupanti è elevato, di arrivare a 3-3,5 ricambi d'aria completi in un'ora<sup>3</sup>. Tale valore è evidentemente in contraddizione con l'effettivo utilizzo degli edifici scolastici e terziari in genere, dove i ricambi d'aria non superano in genere 1-1,5 ricambi ora, e comporta che quasi tutti gli edifici risultino automaticamente in classe G (peggiore classe energetica) pur quando l'edificio presenta un involucro ad elevata prestazione. Ai fini delle valutazioni da presentare in questo progetto, consapevoli che l'aspetto della ventilazione non potrà che subire correttive nella procedura di certificazione CENED, si è deciso di eseguire la valutazione del fabbisogno termico (e quindi della relativa classe di efficienza energetica) secondo due livelli di ventilazione: uno secondo la procedura CENED e uno assegnando una ventilazione di 0,5 volumi/ora, più vicino ai dati di effettivo utilizzo dell'edificio. Pertanto tutti i risultati verranno presentati mostrando un doppio valore di classe di efficienza energetica (secondo i due valori di ventilazione).

---

<sup>1</sup> Espresso in termini di kWh/m<sup>3</sup>

<sup>2</sup> Il metodo di calcolo si basa sul metodo SACERT con alcune correttive indotte dal metodo CENED

<sup>3</sup> Tali valori sarebbero validi solo nei locali effettivamente occupati (ovverosia le aule), ma CENED non distingue tra i diversi ambienti e applica tale livello di ventilazione anche a tutti gli altri ambienti della scuola (inclusi i corridoi, ad esempio)

Ricordiamo che gli indicatori di classificazione energetica comprendono sette classi: dalla G, che indica gli edifici meno performanti (colore rosso), alla A (colore verde).

## **1.1 Valutazione degli interventi proposti di risparmio energetico e per l'uso di fonti rinnovabili**

L'audit di dettaglio realizzato per ogni edificio, consente di individuare gli interventi da adottare per migliorare in generale le prestazioni energetiche del "sistema edificio-impianti" e in particolare le prestazioni degli impianti (impianto di riscaldamento, acqua calda sanitaria, illuminazione, raffrescamento ecc.) e dell'involucro (pareti opache verticali, copertura, infissi ecc.).

I possibili interventi individuati vengono simulati attraverso il modello di calcolo precedentemente calibrato, al fine di quantificare i potenziali risparmi energetici ed i benefici ottenibili in termini di diminuzione di fabbisogno specifico globale e di emissione di CO<sub>2</sub>.

Ciò permette di definire anche la nuova classe energetica dell'edificio (o, meglio, le due classi di efficienza).

Parallelamente si effettua un'analisi economica per ciascun intervento proposto che fornisce l'ordine di grandezza dell'investimento, i tempi di ritorno e parametri di redditività economica come l'IRR e il VAN.

**Va precisato che tale analisi economica è basata su prezzi di listino medi (vedi dispositivi elettrici) o prezzi ricavati da offerte (vedi interventi su involucro e su impianti termici) ed è quindi da considerarsi un'indicazione di massima (per ragionare sull'ordine di grandezza dell'investimento) e non può sostituirsi ad un preventivo vero e proprio.**

## 2 Edifici selezionati per l’Audit di dettaglio

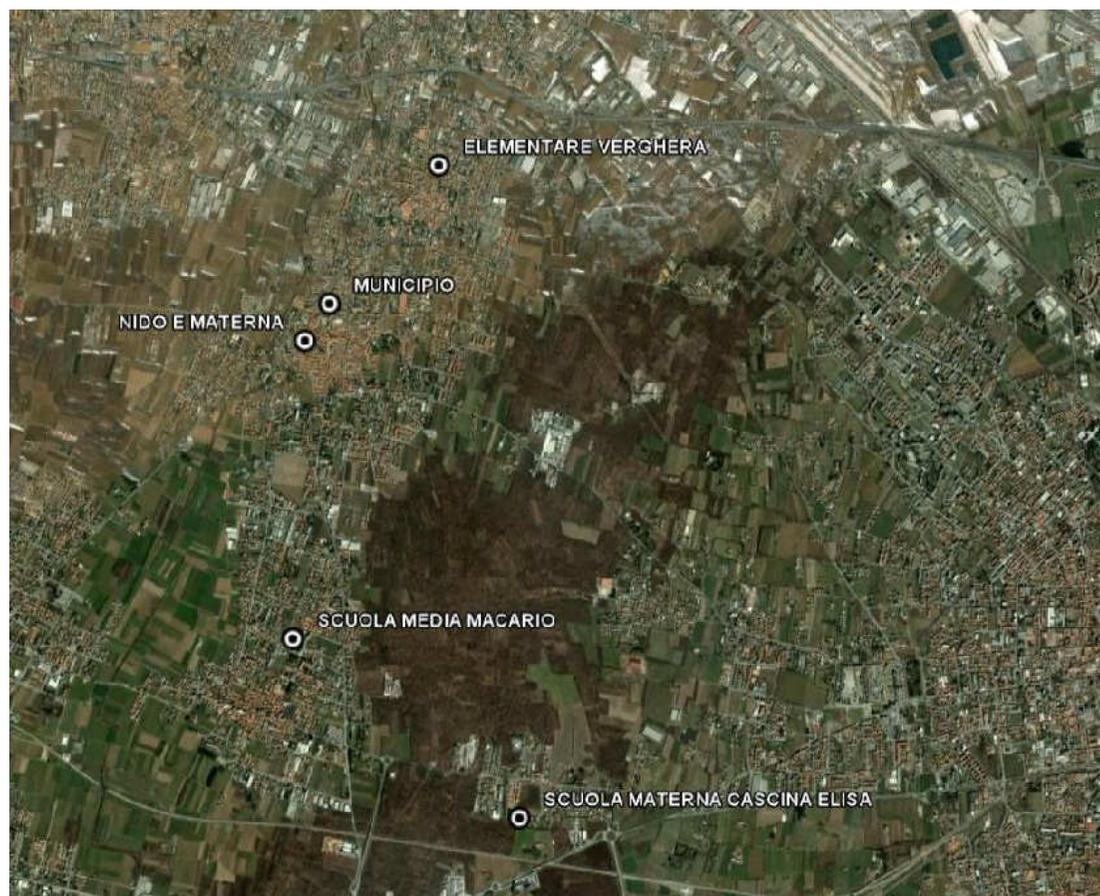
Seguendo i criteri riportati in tabella 2 della Relazione della Fase A, sulla base dei consumi elettrici e termici, si è scelto di approfondire l’analisi (audit di dettaglio) sui seguenti edifici del Comune di SAMARATE:

N°	NOME EDIFICIO	INDIRIZZO
1	PALAZZO COMUNALE	Via Vittorio Veneto 40
2	ASILO NIDO E SCUOLA MATERNA SAMARATE	Piazza 11 Settembre
3	SCUOLA MATERNA CASCINA ELISA	Via S. Maria
4	SCUOLA ELEMENTARE VERGHERA	Via Indipendenza
5	SCUOLA MEDIA S. MACARIO	Via Ferrini

Le prestazioni energetiche degli edifici sono riportate nella tabella 3 della Relazione Fase A – Audit leggero.

Nella presente mappa sono localizzati gli edifici comunali presi in esame nell’Audit di dettaglio (Fase B).

**Localizzazione degli edifici sottoposti ad Audit di dettaglio**



Per ciascun edificio è stata elaborata una scheda di “Audit dettaglio”, contenente, in aggiunta alle elaborazioni dell’audit leggero, il Bilancio degli usi termici e quello degli usi elettrici, nonché i diversi interventi di risparmio proposti.

### 3 Gli Interventi proposti per il risparmio energetico nel Comune di SAMARATE

A seguito della ricostruzione dei bilanci energetici in usi finali, si è proceduto alla valutazione degli interventi rivolti al contenimento dei consumi, mettendo a sistema le informazioni reperite in sede di sopralluogo (in particolare sulle condizioni di conservazione degli elementi edilizi e delle diverse componenti impiantistiche).

In generale, gli interventi considerati sono stati i seguenti:

- interventi volti alla riduzione dei consumi elettrici (principalmente sui sistemi di illuminazione e inoltre su alcuni dispositivi)
- interventi volti alla riduzione dei consumi termici (soprattutto impiantistici, ma anche sull'involucro)
- interventi volti all'utilizzo delle fonti rinnovabili (solare termico e solare fotovoltaico).

Per ciascun edificio sono stati analizzati specifici interventi, selezionati da quelli precedentemente indicati. L'analisi ha considerato lo studio del risparmio energetico conseguibile, nonché un'analisi economica (costi-benefici) dell'intervento, includendo, dove possibile, sia i costi della tecnologia, che i costi di posa/installazione.

Tra gli interventi analizzati, si citano nel seguito quelli più frequentemente proposti:

- interventi volti alla riduzione dei consumi elettrici (questi interventi non incidono sulla classe energetica dell'edificio in quanto quest'ultima prende in considerazione soltanto l'energia termica per il riscaldamento): installazione di sensori di presenza, installazione di alimentatori elettronici nel caso di luci a fluorescenza, dimmer per la riduzione del flusso luminoso, sostituzione di lampade alogene e ad incandescenza con lampade a miglior efficienza energetica, installazione di timer per lo spegnimento programmato dei boiler elettrici, sostituzione di elettrodomestici obsoleti con altri a classe energetica migliore...

- interventi volti alla riduzione dei consumi termici (questi interventi possono portare l'edificio ad una classe energetica migliore). Una parte di queste simulazioni riguarda tra interventi sull'involucro, come ad esempio sostituzione di serramenti nel caso di presenza di vetri singoli, infissi vecchi e senza taglio termico o a scarsa tenuta, coibentazione delle pareti verticali opache o ipotesi di rifacimento di coperture. Un'altra parte di simulazioni, che ha l'obiettivo di ridurre i consumi termici dell'edificio, riguarda interventi sulla parte impiantistica di distribuzione e di regolazione del calore, come ad esempio: sostituzione di caldaie obsolete con caldaie a condensazione, installazione di valvole termostatiche, installazione di pannelli radianti a pavimento, sostituzione dei terminali scaldanti...
- interventi volti all'utilizzo di energie rinnovabili: installazione di impianti fotovoltaici (per la produzione di energia elettrica) e di impianti solari termici (per la produzione di acqua calda sanitaria ad integrazione del sistema di riscaldamento). Questi interventi vengono proposti nel caso in cui sia presente una falda esposta sud o una copertura piana e una superficie sufficiente in copertura. Nel caso di impianto solare termico deve esserci anche un consumo di acqua calda sanitaria rilevante (es. mense, spogliatoi con docce...)

In alcuni casi, gli interventi sono stati solo suggeriti ma non simulati in quanto o presentano tempi di ritorno molto rapidi o non hanno a che fare direttamente con una tecnologia ma piuttosto con aspetti gestionali o, per eseguire una simulazione corretta, sarebbe stato necessario un'analisi dettagliata che esulava dall'obiettivo del presente progetto.

Nella Tabella seguente vengono riportati i diversi interventi, per ciascuno dei quali vengono riportati i seguenti dati:

- media dei consumi specifici termici espressi in kWh/m<sup>3</sup> (calcolati come rapporto tra la media dei consumi derivati dalle bollette e il volume netto riscaldato)
- la classificazione energetica dell'edificio sia allo stato attuale sia a seguito di ogni singolo intervento. Come precisato al Capitolo 1, viene indicata una doppia classe di efficienza secondo i due livelli di ventilazione (metodo CENED, metodo realistico).
- media dei consumi specifici elettrici espressi in kWh/m<sup>2</sup> (calcolati come rapporto tra la media dei consumi derivati dalle bollette e la superficie utile dell'edificio)
- dati relativi all'analisi economica: investimento stimato (€), risparmio annuo di combustibile (m<sup>3</sup> di gas) o di energia elettrica (kWh) a seguito dell'intervento, risparmio economico annuo (€), tempo di ritorno dell'investimento (anni), riduzione percentuale di CO<sub>2</sub> (%).
- è stata inoltre predisposta un'ulteriore colonna che ha la finalità di dare un'**indicazione sull'efficacia dell'intervento in termini di riduzione di CO<sub>2</sub>** e potrebbe quindi essere utilizzata dall'amministrazione comunale per definire l'elenco delle priorità degli interventi all'interno di una politica ambientale in linea con quanto previsto dal Protocollo di Kyoto per la riduzione della CO<sub>2</sub>.

Tab1 - Interventi proposti per il risparmio energetico nel Comune di SAMARATE

COMUNE	NOME EDIFICIO	Media consumi termici [kWh/m <sup>3</sup> ]	Media consumi elettrici [kWh/m <sup>2</sup> ]	CLASSIFICAZIONE CENED STATO ATTUALE		INTERVENTO PROPOSTO	CLASSIFICAZIONE CENED DOPO INTERVENTO		Investimento [€]	Risparmio annuo di gas naturale [m <sup>3</sup> ]	Risparmio annuo di energia elettrica [kWh]	Risparmio economico annuo [€]	Tempo di ritorno PBT [anni]	Riduzione CO <sub>2</sub>		EFFICACIA AMBIENTALE [kg/€]: RIDUZIONE CO <sub>2</sub> /INVESTIMENTO	
				ventilazione da procedura	ventilazione da bibliografia		ventilazione da procedura	ventilazione da bibliografia						ton	%		
SAMARATE	MUNICIPIO	66	42	G	F	SOSTITUZIONE LAMPADE A INCANDESCENZA CON LAMPADE A RISPARMIO ENERGETICO			330		1.697	290	1	1	1,3	2,7	
						VALVOLE TERMOSTATICHE	G	F	4.125	2.292		1.500	3	4	6,7	1,1	
						TIMER PER I BOLILER ELETTRICI			400			457	80	5	0	0,4	0,5
						SOSTITUZIONE SERRAMENTI	G	E	43.993	6.436		4.200	10	13	18,8	0,3	
						ALIMENTATORI ELETTRONICI E SENSORI DI PRESENZA /LUCE NATURALE PER LE LAMPADE A FLUORESCENZA NEGLI UFFICI			7.875			2.661	450	18	1	2,1	0,2
						impianto fotovoltaico: POTENZA PROPOSTA 3,4 kW			24.310				693	14	2	2,9	0,1
	CASCINA ELISA	14	48	G	G	COIBENTAZIONE PARETI PERIMETRALI	G	F	22.272	4.637		3.000	7	9	30,3	0,4	
						SOSTITUZIONE CALDAIA	G	F	25.000	1.876		1.200	21	4	12,3	0,1	
						impianto fotovoltaico: 7,82 kW			55.913			8.891	1.689	14	5	16,0	0,1
	SCUOLA ELEMETARE	25	38	G	G	ALIMENTATORI ELETTRONICI E SENSORI DI PRESENZA /LUCE NATURALE PER LE LAMPADE A FLUORESCENZA NELLE AULE			900		5.040	860	11	3	3,1	2,9	
						ALIMENTATORI ELETTRONICI E SENSORI DI PRESENZA /LUCE NATURALE PER LE LAMPADE A FLUORESCENZA NEI CORRIDOI			3.950			4.453	760	5	2	2,7	0,6
						SOSTITUZIONE DEGLI INFISSI	G	F	140.614	10.272		6.700	21	20	23,7	0,1	
						MIX: CALDAIA A CONDENSAZIONE E VALVOLE TERMOSTATICHE	G	E	59.400	12.439		8.100	7	24	28,7	0,4	
						impianto fotovoltaico: POTENZA PROPOSTA 19,8			141.570			23.180	4.404	14	12	12,3	0,1
	SCUOLA MEDIA	12	24	G	E	SOSTITUZIONE SERRAMENTI	G	D	138.591	11.363		7.400	19	22	22,4	0,2	
						INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE	G	E	8.250	4.134		2.700	3	8	8,2	1,0	
						impianto fotovoltaico: POTENZA PROPOSTA 19,8			141.570			23.180	4.404	14	12	12,3	0,1
	NIDO E MATERNA	25	37	G	F	SOSTITUZIONE SERRAMENTI	G	E	42848	3.654		2.400	18	7	13,7	0,2	
						impianto fotovoltaico: POTENZA PROPOSTA: 19,72 kW			140.998			22.624	4.299	14	12	22,6	0,1

A+	≤3 kWh/m <sup>3</sup>
A	≤6 kWh/m <sup>3</sup>
B	≤11 kWh/m <sup>3</sup>
C	≤27 kWh/m <sup>3</sup>
D	≤43 kWh/m <sup>3</sup>
E	≤54 kWh/m <sup>3</sup>
F	≤65 kWh/m <sup>3</sup>
G	65 kWh/m <sup>3</sup>

La classe energetica non varia in quanto quest'ultima prende in considerazione soltanto l'energia termica per il riscaldamento.

Come risulta dai dati riportati in tabella, per il **MUNICIPIO DI SAMARATE** sono stati proposti:

- tre interventi volti al risparmio di energia elettrica, due dei quali si trovano per altro all'inizio della lista in quanto, rispetto alla colonna "efficacia ambientale", risultano tra gli interventi più efficaci in termini di riduzione di CO<sub>2</sub> rapportata all'investimento iniziale. In particolare per quanto riguarda la sostituzione delle lampade ad incandescenza con lampade a risparmio energetico, a fronte di un investimento di soli 330 € si potrebbe ottenere una riduzione dell'1.3 % delle emissioni di CO<sub>2</sub> e un risparmio economico annuo di 290 €.
- due interventi volti al risparmio dei consumi termici: valvole termostatiche per la regolazione del calore ambiente per ambiente e sostituzione dei serramenti singoli con serramenti di trasmittanza pari a 1,3 W/mqK. L'intervento che consentirebbero la maggior riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> è la sostituzione di vetri singoli con serramenti con vetro doppio (-19%) con tempi di ritorno dell'investimento anche molto interessanti (rispettivamente PBT=10 anni).
- vista infine la disponibilità di spazio in copertura e la buona esposizione, è stato proposto sia un impianto fotovoltaici. L'impianto fotovoltaico da circa 3.4 kWp, risulta sicuramente più oneroso (circa 24.310 €), ma consente importanti riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> (-2.9% circa).

Come risulta dai dati riportati in tabella, per la **CASCINA ELISA** sono stati proposti:

- due interventi volti al risparmio dei consumi termici: sostituzione della caldaia e coibentazione delle pareti verticali. L'intervento che consentirebbero la maggior riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> è la coibentazione delle pareti verticali (-30.3%) con tempi di ritorno dell'investimento anche molto interessanti (rispettivamente PBT=7 anni).

- vista infine la disponibilità di spazio in copertura e la buona esposizione, è stato proposto sia un impianto fotovoltaici. L'impianto fotovoltaico da circa 7.82kWp, risulta sicuramente più oneroso (circa 55913 €), ma consente importanti riduzione delle emissioni di CO2 (-16% circa) con tempi di ritorno di 14 anni.

-

Come risulta dai dati riportati in tabella, per la **SCUOLA ELEMENTARE** sono stati proposti:

- due interventi volti al risparmio di energia elettrica, entrambi si trovano per altro all'inizio della lista in quanto, rispetto alla colonna "efficacia ambientale", risultano tra gli interventi più efficaci in termini di riduzione di CO2 rapportata all'investimento iniziale. In particolare per quanto riguarda l'utilizzo di alimentatori elettronici e sensori di presenza/luce naturale per le lampade a fluorescenza nelle aule, a fronte di un investimento di soli 900€ si potrebbe ottenere una riduzione dell'3.1% delle emissioni di CO2 e un risparmio economico annuo di 860€.
- due interventi volti al risparmio dei consumi termici: sostituzione della caldaia e utilizzo di valvole termostatiche e sostituzione degli infissi. L'intervento che consentirebbero la maggior riduzione delle emissioni di CO2 è la caldaia a condensazione (-28.7%) con tempi di ritorno dell'investimento anche molto interessanti (rispettivamente PBT=7 anni).
- vista infine la disponibilità di spazio in copertura e la buona esposizione, è stato proposto sia un impianto fotovoltaici. L'impianto fotovoltaico da circa 19.8 kWp, risulta sicuramente più oneroso (circa 141.570 €), ma consente importanti riduzione delle emissioni di CO2 (-12.3% circa) con tempi di ritorno di 14 anni.

-

Come risulta dai dati riportati in tabella, per la **SCUOLA MEDIA** sono stati proposti:

- due interventi volti al risparmio dei consumi termici: utilizzo di valvole termostatiche e sostituzione degli infissi. L'intervento che consentirebbero la maggior riduzione delle emissioni di CO2 riguarda la sostituzione dei vetri singoli con serramenti con vetri doppi (-22.4%) con tempi di ritorno dell'investimento anche molto interessanti (rispettivamente PBT=19 anni).

- vista infine la disponibilità di spazio in copertura e la buona esposizione, è stato proposto sia un impianto fotovoltaici. L'impianto fotovoltaico da circa 19.8 kWp, risulta sicuramente più oneroso (circa 141.570 €), ma consente importanti riduzione delle emissioni di CO2 (-12.3% circa) con tempi di ritorno di 14 anni.

-

Come risulta dai dati riportati in tabella, per la **NIDO E MATERNA** sono stati proposti:

- un intervento volto al risparmio dei consumi termici: sostituzione degli infissi. L' intervento consentirebbero una riduzione delle emissioni di CO2 (-13.7%) con tempi di ritorno dell'investimento anche molto interessanti (rispettivamente PBT=18 anni).
- vista infine la disponibilità di spazio in copertura e la buona esposizione, è stato proposto sia un impianto fotovoltaici. L'impianto fotovoltaico da circa 19.72 kWp, risulta sicuramente più oneroso (circa 140.998 €), ma consente importanti riduzione delle emissioni di CO2 (-22.6% circa) con tempi di ritorno di 14 anni.

## 4 Legenda tabelle e figure

Le analisi energetiche degli edifici comunali sono state suddivise in due classi di approfondimento:

### **Audit leggero (tabelle da 1 a 9 e figure da 1 a 6)**

Consiste in un'indagine conoscitiva dell'edificio, sulla base delle informazioni riportate nella Scheda Anagrafica e nelle fatture delle forniture di energia elettrica e di combustibile per il riscaldamento e acqua calda sanitaria. Questa analisi consente di dare una prima valutazione sull'efficienza degli impianti e di individuare gli eventuali punti critici dell'involucro che potranno meritare, in un secondo tempo, uno studio più approfondito.

### **Audit impiantistico (tabelle da 1 a 9, da 13 a 18 e figure da 1 a 6, da 11 a 16)**

Le tabelle e le figure indicate comprendono tutta la prima fase di audit leggero e l'ultima fase di audit di dettaglio relativa alla proposta di intervento, ma solo sulla sostituzione di una tecnologia attiva (impianti termici) e non passiva (involucro). Infatti, rispetto all'audit di dettaglio non viene simulato il comportamento termico dell'involucro, di conseguenza tutta la parte relativa allo studio del miglioramento dell'involucro non è analizzata.

### **Audit di dettaglio (tabelle da 1 a 18 e figure da 1 a 16)**

Comprende tutta la prima fase di audit leggero. La seconda parte, corrispondente all'approfondimento di dettaglio (tabelle 8-13 e figure 5-12), si basa sulla simulazione del comportamento termico dell'involucro alle condizioni di utilizzo tipiche dell'utenza considerata, si procede quindi all'analisi delle interazioni esistenti tra involucro, impianto e ambiente esterno.

In ultimo, attraverso una simulazione, si studiano i benefici tecnico-economici che comporta la sostituzione di una tecnologia passiva (un elemento dell'involucro) o attiva (relativa all'impianto termico o elettrico) con una tecnologia a minor consumo, al fine di valutare il risparmio energetico, economico ed in termini di diminuzione delle emissioni di anidride carbonica. Si calcolano poi l'ammontare dell'investimento, i tempi di ritorno e parametri come l'IRR e il VAN.

Questa parte della diagnosi energetica non vuole sostituirsi a un progetto preliminare o a un preventivo ma vuole fornire al committente l'ordine di grandezza economico e in termini di risparmi energetici di un eventuale intervento sull'edificio.

## TABELLE

### **Tabella 1 – Dati generali dell'edificio e dell'utenza**

Vengono riportate informazioni estrapolate dalla Scheda Anagrafica, riguardanti la tipologia di edificio e di utenza e le prime elaborazioni sulla volumetria e la superficie riscaldata. Questa prima tabella risulta molto utile perché consente di inquadrare il tipo di edificio e di individuare da subito gli eventuali punti critici che possono gravare sul fabbisogno di energia termica.

### **Tabella 2 – Consumi di energia elettrica**

Si riportano i dati dei consumi di energia elettrica negli ultimi quattro anni. Queste informazioni possono provenire dalle stesse fatture inviate dai fornitori di energia elettrica o possono essere il risultato di una sintesi realizzata dall'ufficio tecnico comunale. L'importanza di analizzare, là dove possibile, un arco temporale di quattro anni è derivante dal fatto che, in caso di contatori non elettronici, le letture stimate possono susseguirsi anche per più di un anno. Considerare un arco temporale in cui compaiono soltanto letture stimate comporta un'analisi non corretta. Importante è sottolineare che il consumo presente nella bolletta si riferisce al mese precedente.

### **Tabella 3 – Elaborazione dei consumi di energia elettrica**

Vengono riportate le medie di ogni anno delle potenze e dei fattori di potenza e il totale dei consumi; viene inoltre ricavata l'anidride carbonica derivata prodotta, totale e specifica. Questa sintesi è tanto più attendibile quanto più la tabella precedente risulta compilata.

### **Tabella 4 – Parco illuminante**

Censimento percentuale della tipologia delle lampade (a incandescenza, alogene e a tubi fluorescenti) evidenziandone l'ubicazione nell'edificio. La tabella non è presente nel caso che i dati non siano stati reperiti.

### **Tabella 5 - Apparecchiature elettriche**

Censimento delle apparecchiature elettriche suddivise per ufficio, cucina e bagno, climatizzazione e altre apparecchiature. La tabella non è presente nel caso che i dati non siano stati reperiti.

### **Tabella 6 – Consumi di combustibile**

In tabella si riportano, così come per l'energia elettrica, i consumi di combustibile per la produzione di energia termica degli ultimi quattro anni.

### **Tabella 7 – Elaborazione dei consumi di combustibile**

La tabella illustra l'elaborazione della tabella 6, con i valori annuali e la media totale dei consumi e dei consumi specifici. Inoltre, come per la tabella 3, si riportano i valori di anidride carbonica derivata dai consumi di combustibile, totale e specifica.

### **Tabella 8 – Descrizione del sistema di riscaldamento**

Viene descritto il sistema di riscaldamento dell'edificio: tipologia del generatore di calore, combustibile utilizzato, terminali scaldanti e sistema di regolazione.

### **Tabella 9 – Descrizione del sistema di produzione ACS**

Si descrive il sistema per la produzione di ACS: tipologia di impianto (autonomo o centralizzato) e tipologia di apparecchio.

### **Tabella 10 – Descrizione dell'involucro**

La tabella sintetizza le caratteristiche fisiche dell'involucro (superficie globale, pareti, basamento e copertura, che racchiude esclusivamente lo spazio riscaldato) e comprende: descrizione elemento, superficie, tecnologia costruttiva, spessore medio e trasmittanza.

### **Tabella 11 – Simulazione termica invernale dell'edificio**

Dopo aver descritto la tipologia d'utenza, gli impianti e l'involucro nella tabella e figure precedenti, si procede alla simulazione del comportamento termico del sistema involucro-impianto. Una sintesi della simulazione viene riportata in tabella. Viene illustrata l'energia scambiata per trasmissione, per ventilazione, dovuta agli apporti interni e solari; vengono inoltre riportati i fabbisogni di calore per riscaldamento e produzione di ACS e le energie di combustibile necessarie a soddisfare tali fabbisogni. Si noti che di ogni voce viene riportata l'energia in kWh/anno e l'energia specifica kWh/m<sup>2</sup>anno.

### **Tabella 12 – Classi d'appartenenza dell'edificio (stato di fatto)**

La tabella riporta la classe di merito dell'edificio per il riscaldamento invernale, secondo la classificazione energetica CENED adottata dalla Regione Lombardia.

La classe è ricavata a partire dalle caratteristiche dell'involucro e degli impianti termici, valutando il fabbisogno energetico per riscaldamento ipotizzando di mantenere una temperatura interna di 20 °C per 183 giorni consecutivi senza attenuazioni di riscaldamento.

Gli indicatori di classificazione energetica comprendono sette classi: dalla G, che indica gli edifici meno performanti, alla A.

### **Tabella 13 – Ipotesi di intervento su un utilizzatore elettrico**

Viene simulato l'intervento di sostituzione di una tecnologia elettrica con una tecnologia a basso consumo energetico. In tabella vengono riportate le potenze in gioco e le modalità di utilizzo.

### **Tabella 14 – Analisi economica dell'investimento**

La tabella evidenzia i risparmi energetici ed economici ottenibili con la sostituzione dell'utilizzatore elettrico indicato nella tabella precedente. Si riporta inoltre il valore di CO<sub>2</sub> evitata.

**Tabella 15 – Risparmio energetico ed emissioni evitate**

La tabella riporta le voci che riguardano l'analisi tecnica della simulazione di intervento sostitutivo di una tecnologia: risparmio energetico e CO<sub>2</sub> evitata annualmente.

Si riporta inoltre il valore percentuale della diminuzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

**Tabella 16 – Classi d'appartenenza dell'edificio dopo l'intervento**

Si illustrano le classi energetica dell'edificio a seguito dell'intervento proposto sull'involucro o sull'impianto.

**Tabella 17 – Analisi economica dell'investimento**

Si riportano tutti i dati che fanno parte della simulazione economica dell'investimento; viene ipotizzato e calcolato un mutuo a tasso fisso e la durata dello stesso. Si riportano quindi i risultati: VAN Valore Netto Attualizzato, PBT Pay Back Time attualizzato dell'investimento (illustrati in figura 12) e IRR, tasso interno dell'investimento. Il tasso di rendimento interno è il tasso di interesse ricevuto dall'investimento caratterizzato da uscite (pagamenti) ed entrate (risparmi economici) che avvengono ad intervalli di un anno. L'IRR è strettamente correlato al VAN, infatti il tasso di rendimento interno è il tasso di inflazione corrispondente a un valore attuale netto uguale a zero.

**Tabella 18 – Analisi tecnico-economica impianto fotovoltaico**

Sulla base della latitudine, dell'inclinazione ottimale dei moduli, dei consumi attuali di energia elettrica, viene proposto e simulato un impianto fotovoltaico della potenza specificata in tabella. Si riportano inoltre tutti i dati che fanno parte della simulazione economica dell'investimento e che tengono in considerazione le tariffe incentivanti (Conto Energia) per la produzione di energia elettrica; viene ipotizzato e calcolato un mutuo a tasso fisso e la durata dello stesso. Si riportano quindi i risultati: VAN Valore Netto Attualizzato, PBT Pay Back Time attualizzato dell'investimento (illustrati in figura 16) e IRR, tasso interno dell'investimento.

## FIGURE

### **Figura 1 – Consumi di energia elettrica**

Sono illustrati i consumi di energia elettrica suddivisi per anno. In questo modo è possibile apprezzare visivamente la variazione dell'andamento dei consumi nel tempo.

### **Figura 2 – Consumi di combustibile**

Sono illustrati i consumi di combustibile suddivisi per anno. In questo modo è possibile apprezzare visivamente la variazione dell'andamento dei consumi nel tempo.

### **Figura 3 – Rendimenti dei componenti del sistema di riscaldamento**

Vengono illustrati i rendimenti di tutti i componenti che costituiscono il sistema di riscaldamento: caldaia, distribuzione, regolazione, terminali scaldanti; moltiplicando i rendimenti dei componenti appena citati si ottiene il rendimento medio stagionale del sistema di riscaldamento, illustrato in figura 2.

### **Figura 4– Rendimento medio stagionale del sistema di riscaldamento**

In questa figura si sottolinea come il rendimento medio stagionale del sistema di riscaldamento rappresenti la percentuale di combustibile effettivamente utile al riscaldamento (in arancione), mentre la rimanenza rappresenta la quota percentuale che va dispersa.

### **Figura 5 – Rendimenti dei componenti del sistema di produzione di ACS**

La figura illustra i rendimenti dei componenti del sistema ACS: produzione, distribuzione ed erogazione; il prodotto di questi tre rendimenti è il rendimento medio stagionale illustrato in figura 4. è importante sottolineare che il rendimento di produzione prende in considerazione come energia contenuta nel vettore di ingresso dell'impianto quella contenuta nel combustibile (fossile) e, nel caso di impianti elettrici, il rendimento di produzione tiene quindi conto anche del rendimento di conversione mix combustibili fossili-energia elettrica e del rendimento di trasmissione dell'energia elettrica.

### **Figura 6 – Rendimento medio stagionale del sistema di produzione di ACS**

Si sottolinea come il rendimento medio stagionale del sistema ACS rappresenti la percentuale di combustibile effettivamente utile al riscaldamento dell'acqua (in arancione), mentre la rimanenza rappresenta la quota percentuale che va dispersa.

### **Figura 7 – Involucro, suddivisione percentuale delle superfici**

La suddivisione percentuale delle superfici dell'involucro è facilmente visibile nel grafico a torta.

### **Figura 8 – Involucro, dispersione termica degli elementi**

Questa illustrazione evidenzia gli elementi dell'involucro più disperdenti su cui focalizzare l'attenzione. È interessante confrontare questa figura con quella precedente; infatti di ogni elemento dell'involucro si evidenzia la sua superficie (figura 5), e quanto questa porzione di involucro disperde (figura 6). Si può notare ad esempio che le superfici vetrate, pur avendo una superficie ridotta, hanno una percentuale di dispersione che influisce notevolmente sul bilancio termico dell'edificio.

### **Figura 9 – Bilancio termico dell'involucro**

Il fabbisogno specifico di calore per il riscaldamento risulta dalla somma tra energia scambiata per trasmissione, energia scambiata per ventilazione e apporti gratuiti. L'energia scambiata per trasmissione deriva dalle trasmittanze degli elementi dell'involucro riportate in tabella 8 ed illustrate in figura 6. L'energia scambiata per trasmissione può variare a seconda dello stato dei serramenti e del tipo di sistema di ventilazione. Gli apporti gratuiti dipendono dall'esposizione dell'edificio e dal grado di ombreggiamento dei suoi lati, dal numero di persone che lo abitano e dalla potenza elettrica mediamente installata in esso.

### **Figura 10 – Fabbisogni specifici e combustibile necessario**

Nella figura sono riportati i fabbisogni specifici per il riscaldamento e ACS e le energie contenute nei vettori energetici necessari a soddisfarli. Questa illustrazione fornisce un quadro generale sulle prestazioni del sistema involucro-impianti.

### **Figura 11 – Consumi elettrici, tecnologie a confronto**

Il grafico illustra il confronto dei consumi elettrici annui tra i dispositivi in uso nell'edificio, considerati per l'intervento di risparmio, e la nuova tecnologia finalizzata al risparmio energetico.

### **Figura 12 – Consumi totali elettrici, scenari a confronto**

Il grafico illustra il confronto tra i consumi elettrici annui complessivi dell'edificio prima e dopo l'intervento di risparmio.

### **Figura 13 – Entrate e uscite annuali**

Nella figura sono riportati per ogni anno e per tutta la durata dell'investimento, le entrate e le uscite indicizzate sul valore dell'inflazione ipotizzato in tabella 12. L'entrata è il valore economico del risparmio energetico a cui porta la nuova tecnologia; le uscite sono rappresentate dai



pagamenti e dai costi di manutenzione dell'impianto.

#### **Figura 14 – Flusso di cassa netto**

Nella figura è illustrata un'elaborazione della figura precedente, infatti la somma tra entrate e uscite porta al flusso di cassa netto.

#### **Figura 15 – Flusso di cassa netto attualizzato**

Per la valutazione dei tempi di ritorno, il flusso di cassa netto è stato attualizzato e si è ricavata così la curva del VAN (Valore Attuale Netto dell'Investimento). L'intersezione della curva con l'asse delle ascisse fornisce l'informazione relativa al tempo di ritorno, il valore raggiunto all'ultimo anno indica il valore attualizzato che ha l'investimento (entrambi i valori sono riportati in tabella 12).

#### **Figura 16 – Costo attualizzato della tonnellata CO<sub>2</sub> evitata**

Nella figura si illustra, per ogni anno di vita dell'investimento, il costo attualizzato della tonnellata evitata di anidride carbonica. Là dove il flusso di cassa netto risulta positivo, il costo è nullo.