

**Committente: Comune di Varano de' Melegari**

Via Martiri della Libertà, 14 - 43040

Varano de' Melegari (PR)

**Progetto: Lavori di riqualificazione energetica della Sede Comunale del Comune di Varano de' Melegari**

Interventi: isolamento termico a cappotto e della copertura, sostituzione dei serramenti, sostituzione dei corpi illuminanti, installazione impianto fotovoltaico.

Edificio oggetto della proposta: Edificio comunale, via Martiri della Libertà, 14 – 43040 Varano de' Melegari (PR)

CUP: J94J23000260006

RUP:

PROGETTO ESECUTIVO

Art. 23 c.8 D.Lgs 18/04/2016 n.50

ELABORATO

N. E02C

DIAGNOSI ENERGETICA

DATA EMISSIONE

20/04/2023

SCALA: -

PROGETTO DI:

AzzeroCO₂
il clima nelle nostre mani



azzero2.it

AZZEROCO2 S.r.l.
Via Genova, 23 - 00184 Roma
P.IVA/C.F. 04445650955

PROGETTISTA

(Ing. Sofia Santori)

DIRETTORE TECNICO

(Ing. Rocco Antonio Iannotti)

Rev.	DESCRIZIONE	DATA	EMISSIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE
00	Prima emissione	20/04/2023	CDA, SS	SS	RAI

Il seguente lavoro di Diagnosi Energetica è stato suddiviso in quattro Sezioni distinte:

SEZ. 1: Introduzione e Obiettivi della Diagnosi

SEZ. 2: Definizione del Modello Energetico “Edificio - Impianto”

SEZ. 3: L’identificazione preliminare delle misure atte alla riduzione dei consumi energetici e delle relative emissioni climalteranti

SEZ. 4: Appendice tecnica

1.	INTRODUZIONE	1
2.	RIEPILOGO DEI RISULTATI OTTENUTI	2
3.	INFORMAZIONI GENERALI	3
3.1	Redattore della diagnosi energetica.....	3
3.2	Descrizione del gruppo di lavoro	5
4.	INTRODUZIONE ALLA DIAGNOSI	6
4.1	Obiettivi dell'analisi.....	6
4.2	Informazioni sul metodo di raccolta dati.....	7
4.3	Inquadramento territoriale e climatico	8
5.	ANALISI DEL SISTEMA EDIFICIO – IMPIANTI	13
5.1	Descrizione generale dell'edificio.....	13
5.2	Periodo di riferimento della diagnosi	18
5.3	Caratterizzazione del sistema edificio-impianto	18
5.4	Caratteristiche delle componenti opache.....	18
5.5	Caratteristiche delle componenti trasparenti	21
5.6	Caratteristiche degli impianti termici.....	22
5.7	Caratteristiche degli impianti elettrici.....	23
5.7.1	Censimento dei dispositivi di illuminazione	24
5.7.2	Censimento altre apparecchiature elettriche	26
5.8	Ponti termici	27
5.8.1	Zone di variazione delle caratteristiche.....	27
5.9	Classificazione e fabbisogno energetici da normativa	28
5.10	Risultati analisi energetica	29
6.	CONSUMI ENERGETICI	30
6.1	Energia elettrica prelevata da rete	30
6.2	Consumi totali e spesa per l'energia termica	32
7.	ELABORAZIONE DEL MODELLO ENERGETICO	35
7.1	Modello energetico sistema edificio-impianto.....	35
7.1.1	Dati di input del modello energetico	36
7.1.2	Validazione del modello	36
7.2	Indici di prestazione energetica e benchmarking	38
8.	INDIVIDUAZIONE DEI POSSIBILI INTERVENTI	42

8.1	Descrizione degli interventi	42
8.1.1	Impianto a fonti rinnovabili	44
8.2	Combinazione interventi	47
8.3	Miglioramento gestione, utilizzo e manutenzione	49
9.	RIEPILOGO INTERVENTI INDIVIDUATI	53
9.1	RIFERIMENTI	54
9.2	APPENDICE 1 – METODOLOGIA SVOLGIMENTO DIAGNOSI ENERGETICA	1
9.3	APPENDICE 2 – METODOLOGIA PER LA VALUTAZIONE ENERGETICO – FINANZIARIA DEGLI INTERVENTI	5
9.4	Valutazione energetica	5
9.5	Valutazione economica	5
9.5.1	Ipotesi di finanziamento	6
9.6	Valutazione ambientale	8
9.7	Valutazione sociale	9
9.8	APPENDICE 3 – CENNI SUL BENESSERE TERMICO E QUALITÀ DELL'ARIA	10
9.9	Temperatura	10
9.10	Umidità relativa	13
9.11	Velocità dell'aria	14
9.12	Anidride carbonica	15
9.14	APPENDICE 4 – UNITÀ DI MISURA E VALORI DI RIFERIMENTO ADOTTATI	16
9.15	APPENDICE 5 – PRINCIPALI SOFTWARE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATI	16
9.16	Software di simulazione	16
9.17	Termocamera FLIR B-250	18

SEZIONE 1

Introduzione e Obiettivi della Diagnosi

1. INTRODUZIONE

Lo studio prevede lo svolgimento di analisi, per individuare le potenzialità di risparmio energetico nelle strutture comunali e la successiva definizione delle proposte di intervento, per il raggiungimento di maggiori livelli di efficienza.

Sulla base delle analisi vengono identificati i consumi energetici allo stato attuale; tali informazioni permettono di individuare le criticità e gli ambiti di intervento sui quali converrà agire, attraverso strategie e azioni specifiche, per allocare le risorse disponibili in modo ottimale.

Il ricorso ad interventi di efficientamento energetico e l'adozione di impianti alimentati dalle rinnovabili nelle strutture pubbliche, oltre a comportare cospicui risparmi, rappresenta uno stimolo per la popolazione all'adozione di "buone pratiche" (così come previsto dalla legge 10/91). Infatti, l'elevata intensità di frequentazione delle strutture pubbliche da cittadini e visitatori, garantisce un alto grado di visibilità agli interventi esemplari di efficienza energetica, raggiungendo così la popolazione in modo capillare. In tal modo si contribuisce ad incrementare la sostenibilità ambientale, delle attività e degli stili di vita, del centro abitato.

La tabella che segue riporta le principali fasi di lavoro e le relative attività svolte.

	FASI DI LAVORO	DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ E DELLE SINGOLE FASI
1	SOPRALLUOGO E RACCOLTA INIZIALE DEI DATI	ORGANIZZAZIONE DEL SOPRALLUOGO IN SITU RACCOLTA DEI DATI GEOMETRICI E STRUTTURALI DEGLI EDIFICI (MEDIANTE COMPILAZIONE DI SCHEDE, FOTOGRAFIE ED ELABORATI GRAFICI) RACCOLTA DEI DATI RELATIVI AI CONSUMI ENERGETICI ANNUALI (BOLLETTE ELETTRICITÀ E COMBUSTIBILE) ESECUZIONE DEI RILIEVI STRUMENTALI
2	REGISTRAZIONE DEI DATI	REGISTRAZIONE E ARCHIVIAZIONE DEI DATI ACQUISITI DURANTE IL SOPRALLUOGO PER LA SUCCESSIVA ELABORAZIONE
3	ANALISI DEI DATI	ELABORAZIONE DI TUTTI I DATI ACQUISITI NELLE FASI PRECEDENTI CON L'AUSILIO DEL SOFTWARE TERMUS, DI FOGLI DI CALCOLO E ALTRI STRUMENTI DI VALUTAZIONE (INDICATORI ENERGETICI)
4	FABBISOGNO ENERGETICO DELL'EDIFICIO	DEFINIZIONE DEL FABBISOGNO ENERGETICO DI OGNI STRUTTURA E CONSEGUENTE CLASSIFICAZIONE E CERTIFICAZIONE ENERGETICA
5	VALUTAZIONE PROPOSTE DI INTERVENTO	ELABORAZIONE DELLA MIGLIORE PROPOSTA PROGETTUALE DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DELLA STRUTTURA STUDIATA IN BASE AI RISULTATI EMERSI DAI CALCOLI E A VALUTAZIONI QUALITATIVE
6	RELAZIONE FINALE	STESURA DELLA RELAZIONE FINALE CON LE ANALISI E LE PROPOSTE DI MIGLIORAMENTO DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA DELLA STRUTTURA

Tabella 1-1 – Fasi di lavoro e descrizione delle attività svolte nelle stesse

2. RIEPILOGO DEI RISULTATI OTTENUTI

Si riporta la sintesi degli interventi di efficienza energetica proposti a seguito dell'analisi energetica eseguita per l'edificio oggetto di analisi.

Stato di fatto dell'edificio					
Classe energetica	Consumo elettrico [kWh/anno]	Consumo gas [m ³ /anno]	Costo energetico [€/anno]	Emissioni CO ₂ eq [kg/anno]	Indice di prestazione da normativa EPgl [kWh/m ² /anno]
G	21 445	11 906	17 528	31 732	344,31

Tabella 2-1 – Tabella Riepilogativa risultati ottenuti Stato di Fatto

INTERVENTO PROPOSTO	Impianto a fonti rinnovabili	Riqualificazione energetica	Combinazione interventi
Indice di prestazione da normativa EPgl [kWh/m ² /anno]	313,1	132,1	107,4
Risparmio annuo di energia primaria [kWh/anno]	22 685,7	102 774,7	120 584,1
Risparmio annuo di energia primaria [%]	14%	65%	76%
Classe energetica raggiungibile	F	C	B

Tabella 2-2 – Tabella Riepilogativa Stato di Progetto

La combinazione degli interventi proposti permette all'edificio oggetto di analisi di conseguire un miglioramento energetico superiore a una classe energetica.

3. INFORMAZIONI GENERALI

3.1 Redattore della diagnosi energetica

AzzeroCO₂ è la società di Legambiente e Kyoto Club, che offre ad enti pubblici, privati e singoli individui la possibilità di contribuire attivamente a contrastare i cambiamenti climatici. Per avviare interventi diretti presso le utenze AzzeroCO₂ si è accreditata, da febbraio 2005, come Energy Service Company (ESCo) e, in tale veste, fornisce supporto tecnico scientifico per definire strategie di promozione dell'efficienza energetica negli usi finali e delle fonti rinnovabili e per accedere agli incentivi previsti dai Decreti Ministeriali del 20 luglio 2004 e ss.mm.ii..

AzzeroCO₂ neutralizza le emissioni dei gas serra associate ad una particolare attività o a un prodotto tramite progetti di forestazione certificata e l'acquisto e l'annullamento di un corrispondente ammontare di crediti VER.

AzzeroCO₂ è certificata secondo la norma UNI CEI 11352. Quest'ultima stabilisce i requisiti minimi per le società che vogliono svolgere il ruolo di ESCo. La norma delinea i requisiti minimi dei servizi di efficienza energetica e le capacità (organizzativa, diagnostica, progettuale, gestionale, economica e finanziaria) che una ESCo deve possedere per poter offrire tali attività presso i propri clienti.



DATI AZIENDA	
DENOMINAZIONE	AzzeroCO2 SRL
INDIRIZZO	Via Genova, 23
CAP	00184
COMUNE	Roma
CODICE FISCALE e P. IVA	04445650965
Sito internet	www.azzero2.it
E mail	info@azzero2.it
PEC	info@pec.azzero2.it
Tel FAX	(+39) 06/48900948 (+39) 06/48987086

Tabella 3-1 Dati Aziendali AzzeroCO2

Percorso AzzeroCO₂

AzzeroCO₂, nello spirito del Protocollo di Kyoto, promuove il risparmio energetico, l'utilizzo delle fonti rinnovabili e l'abbattimento delle emissioni di CO₂. Il "Percorso AzzeroCO₂" comprende quattro fasi:

4



Consulenza e pianificazione

AzzeroCO₂ si occupa di "fotografare" lo stato del sistema energetico, per formulare proposte mirate a tagliare il costo dell'energia e potenziare la sostenibilità. Ad esempio, la diagnosi preliminare, finalizzata a individuare gli interventi più urgenti e vantaggiosi sotto il profilo tecnico/economico/ambientale, o la Carbon Footprint per analizzare l'impatto ambientale delle attività attraverso il monitoraggio e l'aggiornamento dell'inventario delle emissioni di gas serra. AzzeroCO₂ può inoltre accompagnare il cliente nell'implementazione del sistema di gestione dell'energia certificato secondo lo standard ISO 50.001, a partire da una diagnosi completa della struttura.

Realizzazione impianti

AzzeroCO₂ progetta e realizza interventi di efficienza energetica e ricorso a fonti di energia rinnovabili «chiavi in mano» per tagliare i consumi energetici e le emissioni di CO₂.

Compensazioni delle emissioni di CO₂

AzzeroCO₂ permette di compensare le emissioni di gas serra generate dalle proprie attività attraverso l'acquisto di crediti di CO₂ sul mercato volontario, che rispondano a rigorosi e specifici requisiti, geografici, tecnologici

o certificati secondo standard di qualità internazionali. AzzeroCO₂ offre, in particolare, crediti generati da progetti di forestazione che sviluppa direttamente in Italia senza intermediari.

Sostenibilità nella Gestione della Comunicazione

AzzeroCO₂ supporta i propri clienti nella gestione della comunicazione ambientale per trasmettere in modo trasparente e chiaro la propria performance sostenibile.

3.2 Descrizione del gruppo di lavoro

Il gruppo di lavoro è composto da professionisti con comprovata esperienza lavorativa, nelle mansioni tecniche e/o manageriali svolte nella gestione dell'energia:

- Ing. Rocco Antonio Iannotti, Direttore Tecnico di AzzeroCO₂, Esperto in Gestione dell'Energia (EGE), certificato secondo la norma uni 11339, per il settore civile e industriale;
- Ing. Sofia Santori, Responsabile area Progettazione e Realizzazione impianto, Esperto in Gestione dell'Energia (EGE), certificato secondo la norma uni 11339, per il settore civile e industriale;
- Ing. Cosimo D'Andrea, tecnico senior Esperto in Gestione dell'Energia (EGE), certificato secondo la norma uni 11339, per il settore civile e industriale

AzzeroCO₂, avendo nominato come REDE (Referente della Diagnosi) l'Ing. Sofia Santori attesta l'assenza di conflitto di interesse ovvero dichiara di non avere avuto coinvolgimento diretto o indiretto con il committente della diagnosi energetica.

4. INTRODUZIONE ALLA DIAGNOSI

4.1 Obiettivi dell'analisi

L'analisi energetica rappresenta la fase preliminare di un progetto, più approfondito e dettagliato, di efficientamento energetico di una struttura. Sulla base di essa è possibile fotografare lo stato di “salute” della struttura analizzata in termini di uso razionale dell'energia, proporre l'efficientamento e stabilire la fattibilità tecnico-economica degli interventi individuati, nonché la scala di priorità delle azioni da implementare.

L'analisi energetica traccia un quadro completo dello stato di fatto, mettendo in relazione le caratteristiche dell'involucro edilizio (muri perimetrali, infissi, coperture, ecc.) con quelle degli impianti di produzione e distribuzione dell'energia. Ciò permette, da un lato, di ottimizzare i consumi energetici e, dall'altro, di migliorare le condizioni di salubrità e comfort degli ambienti.

Per gli edifici esistenti, con l'analisi energetica, è possibile definire strategie di manutenzione programmata o preparare al meglio gli interventi di manutenzione straordinaria. Inoltre, un'analisi di questo tipo permette di valutare la rispondenza dell'edificio alla normativa in materia energetica e può essere utile per predisporre la certificazione energetica.

L'analisi energetica parte dalla rilevazione e raccolta dei dati sulla struttura, dei consumi e delle condizioni di esercizio dell'impianto (rispetto alla configurazione dell'edificio in questione). Tali informazioni, integrate con le caratteristiche climatiche, permettono di stabilire in quale misura è necessario ricorrere alla climatizzazione dell'edificio.

L'intera attività ha lo scopo di definire i flussi di energia del sistema edificio-impianto, individuare gli opportuni interventi di riqualificazione e valutare, per ognuno, la fattibilità tecnica ed economica.

A valle dell'analisi energetica vengono definiti gli interventi:

1. sull'involucro edilizio;
2. sugli impianti termici ed elettrici (agendo sia sulla riduzione dei consumi “diretti” di combustibili ed energia elettrica, sia sulla gestione, ovvero sulla curva dei carichi).

Lo studio in oggetto prevede il calcolo puntuale della prestazione energetica dell'edificio mediante l'elaborazione dei dati forniti dal gestore dell'edificio e dalla proprietà, nonché di quelli provenienti dalle misure dirette e raccolti durante i sopralluoghi. Individuata la prestazione, vengono proposti degli interventi di riqualificazione energetica (sia per la struttura che per gli impianti) e definite le linee guida per la gestione ottimale dell'edificio, garantendo il contenimento dei consumi nel futuro.

4.2 Informazioni sul metodo di raccolta dati

I dati del sito utilizzati per la presente diagnosi sono stati ottenuti sia in fase preliminare, attraverso scambi di informazioni con i referenti dell'ufficio tecnico/comunale competente, sia nella fase operativa durante la quale è stato effettuato il sopralluogo tecnico sulla struttura.

La prima fase ha permesso uno studio generale dell'edificio, del suo utilizzo e interazione antropica, dell'organizzazione delle attività, del layout funzionale con l'ubicazione e la tipologia di impianti presenti e dell'acquisizione dei dati sui consumi energetici.

Nella seconda fase, invece, il sopralluogo tecnico sul sito ha consentito l'acquisizione di documentazione fotografica, l'ispezione alle centrali termiche, la raccolta dati sui contatori elettrici e del gas, il censimento delle apparecchiature, la verifica dello stato di conservazione dell'involucro e l'analisi de visu dell'edificio e delle sue componenti.



Figura 4-1– Metodo di raccolta dei dati

Per la descrizione ed elaborazione dei dati sui consumi e la procedura di raccolta, si rimanda al capitolo sui consumi energetici.

4.3 Inquadramento territoriale e climatico

INQUADRAMENTO TERRITORIALE E CLIMATICO	
Collocazione geografica (Comune, Provincia, Regione)	Varano De' Melegari (PR) Emilia-Romagna
Latitudine	44°41'21"N
Longitudine	10°0'45"E
Descrizione contesto urbanistico	Contesto mediamente urbanizzato
Altitudine s.l.m. [m]	190
Zona climatica	E
Gradi Giorno (dpr 412)	2700
Temperatura esterna di progetto [°C]	-5,67

Tabella 4-1 - Inquadramento territoriale e climatico

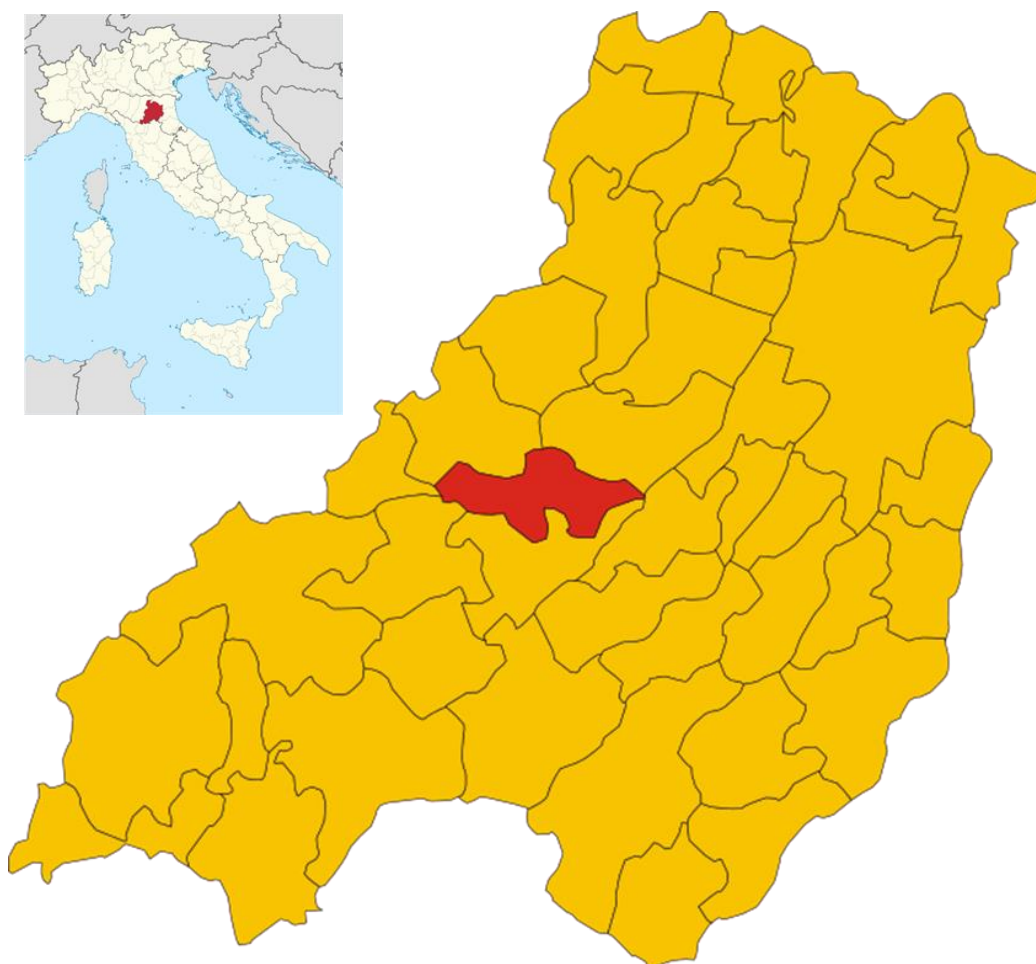


Figura 4-2 – Inquadramento territoriale rispetto alla provincia di riferimento (fonte Wikipedia Commons)

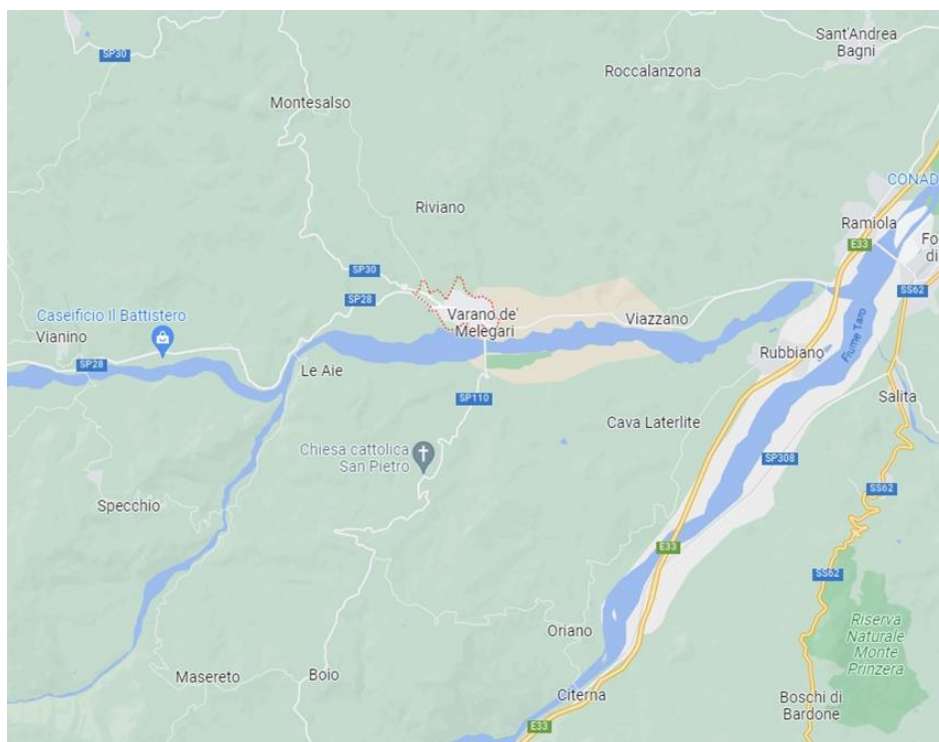


Figura 4-3 – Inquadramento territoriale del Comune - fonte Google Maps

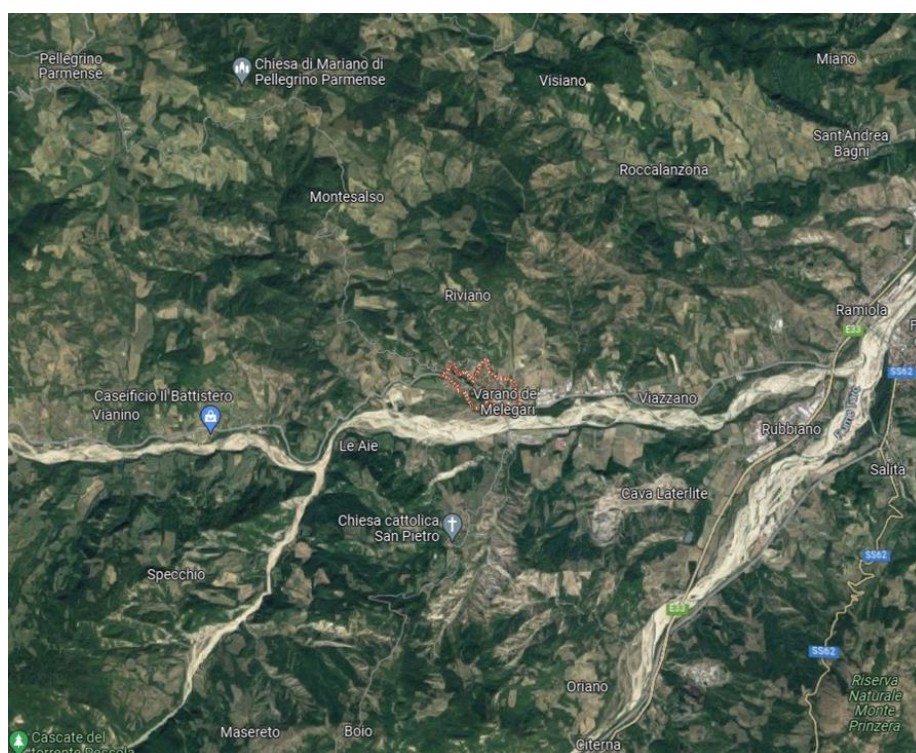


Figura 4-4 – Inquadramento territoriale del Comune – fonte Google Maps

COMUNE
?

COMUNE:

Provincia:

Regione:

Dati geografici:

CAP:

Sigla:

DATI INVERNALI DI PROGETTO

Zona Climatica: E

Temperatura esterna [°C]:

Umidità relativa esterna [%]:

Gradi Giorno:

Velocità Vento [m/s]:

DATI ESTIVI DI PROGETTO

Temperatura esterna [°C]:

Umidità relativa esterna [%]:

Escursione termica giornaliera [°C]:

Riduzione irrad. TOT per foschia [%]:

TEMPERATURE MEDIE MENSILI [°C]

gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
-0.2	4.0	8.6	12.5	17.3	22.5	24.0	22.4	18.7	14.5	7.6	2.2

UMIDITA' RELATIVA MENSILE [%]

gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
86.60	60.90	59.00	61.80	53.50	49.80	47.10	49.20	65.10	63.70	84.00	86.60

Tabella 4-2 – Medie mensili di temperature e umidità del Comune

Le irradiazioni giornaliere medie mensili (esprese in MJ/m²giorno), determinate in base alla norma UNI 10349, sono le seguenti:

IRRADIAZIONI [MJ/m ²]												
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
N	1.42	2.44	3.75	5.40	8.41	10.29	9.54	6.85	4.69	2.94	1.69	1.25
NE	1.58	3.33	5.72	8.21	11.55	13.54	12.97	10.12	6.90	3.86	2.00	1.34
E	3.43	7.13	9.56	11.40	14.23	16.00	15.70	13.32	10.09	6.62	4.39	2.86
SE	6.02	11.00	12.04	12.02	13.21	13.83	13.91	13.19	11.52	8.98	7.38	5.16
S	7.70	13.29	12.69	10.78	10.77	10.69	10.86	11.20	11.23	10.18	9.30	6.66
SW	6.02	11.00	12.04	12.02	13.21	13.83	13.91	13.19	11.52	8.98	7.38	5.16
W	3.43	7.13	9.56	11.40	14.23	16.00	15.70	13.32	10.09	6.62	4.39	2.86
NW	1.58	3.33	5.72	8.21	11.55	13.54	12.97	10.12	6.90	3.86	2.00	1.34
H Tot.	4.20	8.90	13.00	16.60	21.70	24.80	24.10	19.80	14.40	8.90	5.40	3.50

Tabella 4-3 – Irradiazioni giornaliere medie mensili del Comune

SEZIONE 2

Definizione del Modello Energetico “Edificio – Impianto”

5. ANALISI DEL SISTEMA EDIFICIO – IMPIANTI

5.1 Descrizione generale dell'edificio

DATI IDENTIFICATIVI DELL'IMMOBILE	
Edificio	Municipio di Varano de' Melegari
Indirizzo	Via Martiri della Libertà, 14 - 43040 Varano de' Melegari (SP)
Destinazione d'uso	E2
Dati catastali	Fg 30 part 149 s 6
DESCRIZIONE GENERALE EDIFICIO	
L'edificio oggetto di intervento è la sede del Comune di Varano de' Melegari. Il fabbricato si trova in un contesto mediamente urbanizzato e vicino ad un punto di interesse culturale e religioso la Chiesa di San Martino. Edificato negli anni 60 è caratterizzato da muri perimetrali in pietra e presenta una forma ad L.	
Anno di costruzione	1960
Numero di piani interrati	1
Numero di piani fuori terra	3
Tipologia edilizia	Edificio isolato
Tipologia costruttiva	Muratura portante
MODALITÀ DI CONDUZIONE DELLA STRUTTURA	
Giorni di apertura	Lunedì - Venerdì
Orari di accensione impianto	Orario di apertura
Orari di apertura	9,30 - 18,30
Numero di utenti	4500

Tabella 5-1 - Descrizione edificio



Figura 5-1 Struttura oggetto di diagnosi (fonte GMaps)



Figura 5-2 - Collocazione dell'edificio rispetto al territorio comunale edificato (fonte GMaps)

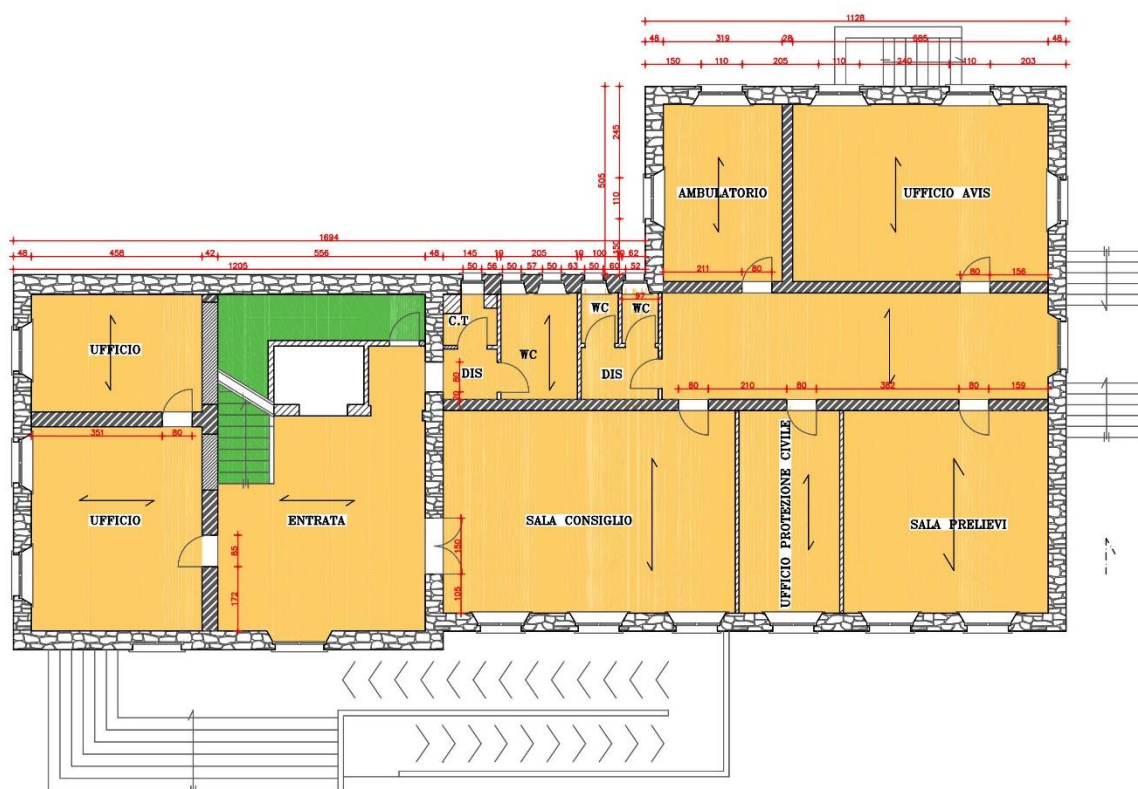
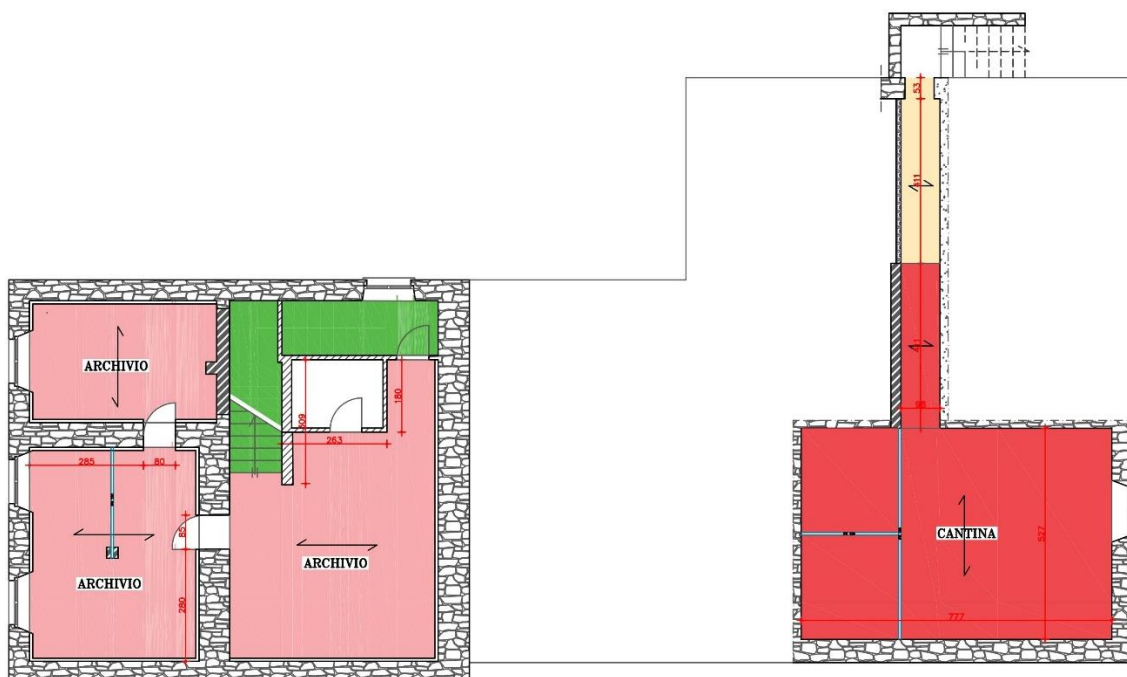




Figura 5-3 – Planimetrie edificio



Figura 5-4 - Prospetti

Edificio Pubblico o ad uso Pubblico	
Volume lordo	3 717.78 m ³
Superficie lorda disperdente (1)	1 741.65 m ²
Rapporto di Forma S/V	0.47 1/m
Volume netto	2 848.61 m ³
Superficie netta calpestabile	671.69 m ²
Altezza netta media	4.24 m
Superficie lorda disperdente delle Vetrate	113.58 m ²
Capacità Termica totale	187 175.45 kJ/K
Periodo di riscaldamento	15 ott - 15 apr
Periodo di riscaldamento della Centrale Termica di riferimento	15 ott - 15 apr
Periodo di raffrescamento	2 giu - 29 ago
Periodo di raffrescamento della Centrale Termica di riferimento	2 giu - 29 ago
(1) Superficie lorda disperdente = superficie che delimita il volume lordo riscaldato verso l'esterno e verso ambienti non dotati di impianto di riscaldamento	

Tabella 5-2 - Caratteristiche dimensionali dell'edificio

5.2 Periodo di riferimento della diagnosi

PERIODO DI RIFERIMENTO	
Data sopralluogo	30/03/2023
Periodo riferimento consumi termici	2020 - 2022
Periodo riferimento consumi elettrici	2021 - 2022

Tabella 5-3 - periodo di riferimento diagnosi

Il periodo di riferimento per i consumi di metano è il triennio 2020-2022, per i consumi elettrici è il biennio 2021-2022 in quanto non è stato possibile recuperare i consumi dell'anno 2020. Tali consumi sono stati pertanto esclusi dall'analisi.

5.3 Caratterizzazione del sistema edificio-impianto

Per poter definire tutte le caratteristiche tecniche, impiantistiche e dell'involucro è stato necessario effettuare un rilievo sul campo, quanto più possibile accurato.

In questa fase, le caratteristiche geometrico-dimensionali sono state acquisite tramite la documentazione tecnica a disposizione dell'ufficio tecnico comunale competente e tramite misure fatte in situ. I dati mancanti sono stati ipotizzati sia sulla base di dati di letteratura sia in funzione della normativa vigente nel periodo di costruzione dell'immobile.

5.4 Caratteristiche delle componenti opache

Per lo svolgimento della simulazione sono state considerate tutte le componenti perimetrali dell'involucro.

Di seguito si riportano le immagini con la vista delle componenti opache e la tabella riassuntiva dei principali parametri delle strutture opache utilizzate per la modellizzazione del sistema edificio/impianto.

INVOLUCRO EDILIZIO – Componenti verticali opache						
Struttura	Tipologia	Spessore medio [mm]	Spessore isolante [mm]	Posizione isolante	Trasmittanza indicativa [W/m ² K]	Stato di conservazione
Muri Esterni	Muratura in pietra intonacata	480	-	no	1,50	Discreto
Muri interni	Muratura in mattoni pieni	300	-	no	1,50	Discreto
Tramezzatura	Tramezzo in laterizio	100	-	no	2,00	Discreto

Tabella 5-4 - Caratteristiche componenti opache



Figura 5-5 - Dettagli componenti opache verticali

INVOLUCRO EDILIZIO – Componenti orizzontali opache						
Struttura	Tipologia	Spessore medio [mm]	Spessore isolante [mm]	Posizione isolante	Trasmittanza indicativa [W/m ² K]	Stato di conservazione
Solaio interpiano	Solaio in laterocemento	255	-	no	1,56	Discreto
Copertura inclinata	Copertura inclinata in legno	150	20	superiore	1,84	Discreto

Tabella 5-5 - Caratteristiche componenti orizzontali opache



Figura 5-6 - Dettagli componenti opache orizzontali

Per un maggior dettaglio sulle stratigrafie dei componenti opachi si rimanda all'allegato 1.

5.5 Caratteristiche delle componenti trasparenti

Di seguito si riportano le immagini di alcuni infissi e la tabella riassuntiva dei principali parametri delle strutture trasparenti utilizzate per la modellizzazione del sistema edificio/impianto.

INVOLUCRO EDILIZIO – Componenti verticali trasparenti						
	Tipologia telaio	Spessore telaio [cm]	Tipologia vetro	Spessore vetro [mm]	Chiusure oscuranti	Stato di conservazione
Finestra a singola e doppia anta	Alluminio	5	doppio	4	si	discreto
Portafinestra	Alluminio	5	doppio	4	si	discreto

Tabella 5-6 – Caratteristiche delle componenti trasparenti



Figura 5-7 - Alcune immagini rappresentative degli infissi presenti

Per un maggior dettaglio sui componenti trasparenti si rimanda all'allegato 1.

5.6 Caratteristiche degli impianti termici

Le principali caratteristiche dei generatori per la climatizzazione e la produzione di acqua calda sanitaria (ACS) sono state ottenute dai dati tecnici rilevati in fase di sopralluogo e dai libretti di centrale.

IMPIANTI TERMICI - Riscaldamento – GENERAZIONE – 01	
Tipo	Caldaia murale a condensazione
Combustibile	Metano
Anno di installazione	21/12/2021
Marca e Modello - Generatore	ATAG Mod. XL 116
Potenza di nominale [kW]	113,1
Rendimento a potenza nominale	97,6%
Rendimento a carico ridotto 30%	110,2%
Impianto dedicato anche alla produzione di ACS?	no
DESCRIZIONE	Impianto termico a servizio dei radiatori

Tabella 5-7 - Caratteristiche impianti di generazione

IMPIANTI TERMICI - Acqua Calda Sanitaria – GENERAZIONE – 02	
Tipo	Boiler elettrici
Anno di installazione	N.D.
Potenza nominale [kW]	1200
Accumulo	no
DESCRIZIONE	uno ogni corpo bagno

Tabella 5-8 - Caratteristiche impianti di generazione ACS



Figura 5-8 – Impianti di generazione

IMPIANTI TERMICI - DISTRIBUZIONE	
Tipo di distribuzione	Impianto centralizzato a colonne montanti
Presenza di isolamento	Solo nelle vicinanze delle centrali termiche

Tabella 5-9 - Caratteristiche impianti di distribuzione

IMPIANTI TERMICI - EMISSIONE	
Tipologia	Zona Servita
Radiatori	Presenti negli Uffici, bagni e corridoi

Tabella 5-10 - Caratteristiche emissione



Figura 5-9 - Vista su alcuni terminali

IMPIANTI TERMICI - REGOLAZIONE	
Tipo di regolazione	Accensione manuale

5.7 Caratteristiche degli impianti elettrici

Durante i sopralluoghi sono state censite le apparecchiature elettriche a servizio della struttura.

5.7.1 Censimento dei dispositivi di illuminazione

IMPIANTI ELETTRICI – ILLUMINAZIONE			
Tipologia	Potenza [W]	Quantità	Potenza totale [W]
neon 2x58 W	116	8	928
neon 2x36 W	72	50	3 600
neon 1x36 W	36	6	216
fluorescenza 24 W	24	11	264
faretti 20 W	20	6	120
neon 4x48 W	72	9	648
Armatura LED 90 W	90	3	270
Armatura ioduro metallico	400	1	400
TOTALE		96	6 446

Tabella 5-11 - Censimento corpi illuminanti



Figura 5-10 - Vista alcuni corpi illuminanti presenti all'interno della struttura

5.7.2 Censimento altre apparecchiature elettriche

Durante il sopralluogo, sono state censite anche le apparecchiature elettriche presenti; di seguito si riporta una tabella riassuntiva.

IMPIANTI ELETTRICI – ALTRE UTENZE ELETTRICHE			
Tipologia	Potenza [W]	Numero dispositivi	Potenza totale [W]
Boiler ACS	1200	1	1 200
Computer	150	16	2 400
Stampanti	150	5	750
Condizionatore a terra	950	6	5 700
Macchina per il caffè	100	1	100
Caldaia e accessori	500	1	500
Ascensore	4000	1	4 000
Distributore	150	1	150
TOTALE			14 800

Tabella 5-12 – Censimento apparecchiature elettriche

Le potenze delle apparecchiature elettriche riportate in tabella sono state rilevate dai dati di targa dei dispositivi stessi; laddove non presenti, sono state ipotizzate a partire da valori medi standard di letteratura.



Figura 5-11 - Alcune apparecchiature elettriche presenti

5.8 Ponti termici

Il ponte termico, così come definito dalla norma **UNI EN ISO 10211**, è una parte dell'involucro edilizio dove la resistenza termica, altrove uniforme, cambia in modo significativo.

I ponti termici si verificano in prossimità di zone in cui variano le configurazioni strutturali e/o geometriche e determinano una deviazione del flusso termico. Pertanto, un ponte termico rappresenta un canale preferenziale di migrazione del calore, da una zona più calda a una più fredda.

27

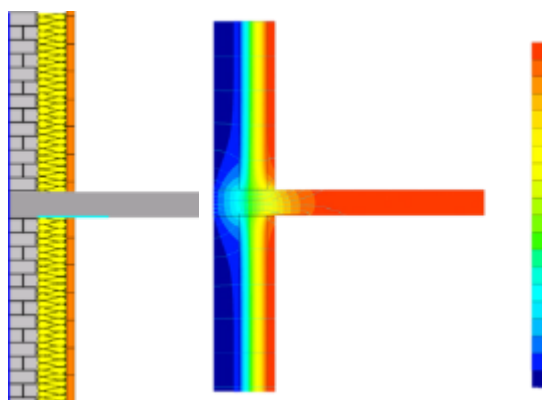


Figura 5-12 – Flusso termico con punti di discontinuità dovuti alla presenza di ponti termici

Oltre all'incremento della dispersione del calore, la presenza dei ponti termici può determinare il verificarsi delle condizioni per la formazione di muffe, a causa della condensazione dell'umidità presente all'interno dei locali. Per l'individuazione dei ponti termici si procederà effettuando l'analisi delle zone in cui si presentano le variazioni delle caratteristiche geometriche e /o strutturali.

5.8.1 Zone di variazione delle caratteristiche

I ponti termici sono stati rilevati nelle posizioni dell'involucro edilizio di seguito sintetizzate:

- Nelle giunzioni tra elementi di involucro esterni (angoli di pareti, parete del tetto, parete di pavimento, congiunzioni tra blocchi prefabbricati);
- Nelle giunzioni tra pavimenti con pareti esterne;
- Nei pilastri nelle pareti esterne;
- In prossimità di porte e finestre.

Per la caratterizzazione dei ponti termici si è fatto riferimento alla metodologia di calcolo agli elementi finiti. In particolare, dopo aver individuato i vari ponti termici, è stata calcolata la loro **trasmissione termica lineare** secondo gli standard definiti dalla norma UNI EN ISO 10211.

Per i dettagli sui ponti termici calcolati, si rimanda all'allegato 1.

5.9 Classificazione e fabbisogno energetici da normativa

In base ai dati forniti ed alle informazioni acquisite durante i sopralluoghi, è stato possibile calcolare l'indice di prestazione energetica dell'edificio. Tale indice si ottiene combinando le caratteristiche dell'involucro edilizio con quelle degli impianti in esso presenti. Questa classificazione costituisce la parte conclusiva della Certificazione Energetica, entrata a tutti gli effetti in vigore in Italia con il decreto legislativo 192/2005 (modificato ed integrato col d.pr.311/06) di recepimento della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia. Gli ultimi aggiornamenti in tema di certificazione energetica degli edifici sono stati introdotti nel 2015 con il *Decreto interministeriale 26 giugno 2015 - Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici*, pubblicato nel Supplemento ordinario n. 39 alla "Gazzetta Ufficiale" n. 162 del 15 luglio 2015.

Il calcolo dell'indice di prestazione energetica è stato elaborato con il software TerMus. Si vuole precisare che i risultati, pur realistici, sono stati ottenuti anche mediante alcune assunzioni relative ai dati che non è stato possibile reperire.

Fanno parte delle classi energetiche più alte gli edifici che presentano adeguate caratteristiche tecniche e impiantistiche: isolamento termico dell'involucro, infissi ad alte prestazioni, accorgimenti che fanno capo all'architettura bioclimatica (come l'orientamento dell'edificio e le schermature per gli infissi), utilizzo di impianti alimentati ad energia rinnovabile, ecc. Invece, delle classi energetiche più basse fanno parte quegli edifici che non sono stati progettati secondo i criteri di cui sopra e che non hanno subito una ristrutturazione per garantire il miglioramento delle performance.

5.10 Risultati analisi energetica

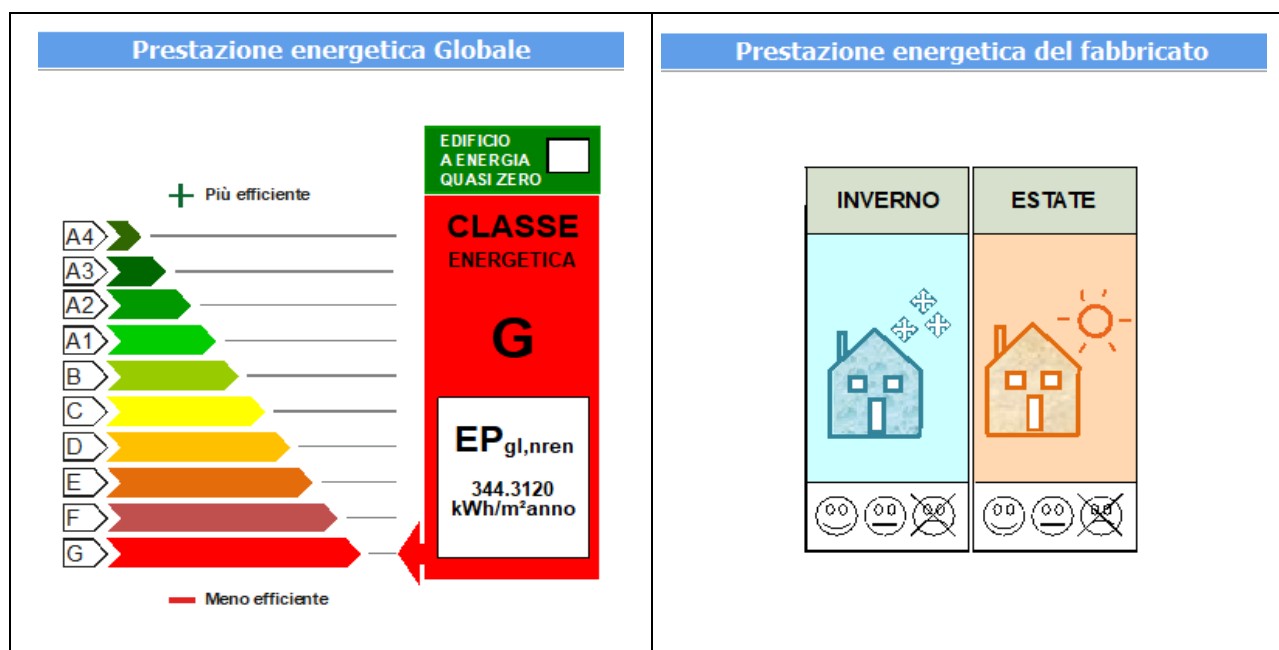


Figura 5-13 Risultati Analisi

Di seguito si riportano i dettagli dei risultati della simulazione svolta.

Risultati

Durata del periodo di riscaldamento	183 G
Fabbisogno di Energia Termica Utile per Riscaldamento	128 935.03 kWh
Fabbisogno di Energia Primaria per il Riscaldamento	199 033.62 kWh
Fabbisogno di Energia Elettrica degli Ausiliari dell'impianto di Riscaldamento	724.06 kWh
Durata del periodo di raffrescamento	89 G
Fabbisogno di Energia Utile per Raffrescamento (solo involucro)	-11 306.11 kWh
Volumi di ACS	32.51 m³
Fabbisogno di Energia Termica per ACS	1 025.95 kWh
Fabbisogno di Energia Primaria per ACS	2 227.07 kWh
Fabbisogno di Energia Elettrica degli Ausiliari dell'impianto di ACS	231.99 kWh

Calcolo di Potenza

Temperatura Esterna di Progetto	-5.67 °C
Dispersione MASSIMA per Trasmissione	62.34 kW
Dispersione MASSIMA per Ventilazione	12.43 kW
Carico termico di Progetto (trasmissione + ventilazione + fattore di ripresa)	90.22 kW

Dati Prestazione Energetica

Indice di prestazione termica utile per raffrescamento	16.832 kWh/m²anno
Indice di prestazione termica utile per riscaldamento	191.955 kWh/m²anno
Indice di Prestazione Energetica RISCALDAMENTO	295.810 kWh/m²anno
Indice di Prestazione Energetica ACS	3.316 kWh/m²anno

La differenza tra i consumi reali e quelli risultanti dal calcolo si manifesta poiché il software fa una valutazione sulle condizioni di riferimento definite dalla normativa mentre i consumi effettivi dipendono da molteplici variabili (clima, tempo di permanenza nell'immobile, temperatura interna, abitudini dell'utenza, etc.).

6. CONSUMI ENERGETICI

Nel presente capitolo l'attenzione è rivolta all'analisi dei consumi energetici dell'edificio.

L'analisi dei dati consente di valutare in maniera assoluta le prestazioni dell'edificio anche in termini di spesa energetica e, attraverso dei parametri di riferimento, di ricavare degli indicatori da poter confrontare con altri di riferimento. Nei paragrafi successivi vengono esposti i dati disponibili.

30

6.1 Energia elettrica prelevata da rete

I consumi elettrici dell'edificio sono stati desunti dall'analisi delle bollette relative al POD IT001E04016004.

Il periodo di riferimento per i consumi elettrici è il biennio 2021-2022, in quanto non è stato possibile recuperare i consumi dell'anno 2020. Tali consumi sono stati pertanto esclusi dall'analisi, considerando anche il fatto che potessero essere poco indicativi in quanto influenzati dalla pandemia COVID-19.

L'ultimo anno per cui sono disponibili i consumi, considerato quindi anno di riferimento della diagnosi, è il 2022. Per questo anno i consumi sono stati forniti in maniera aggregata, pertanto la ripartizione dei consumi di energia elettrica prelevata da rete mensili e per fasce nelle tabelle che seguono relative all'anno di riferimento della diagnosi sono state stimate.

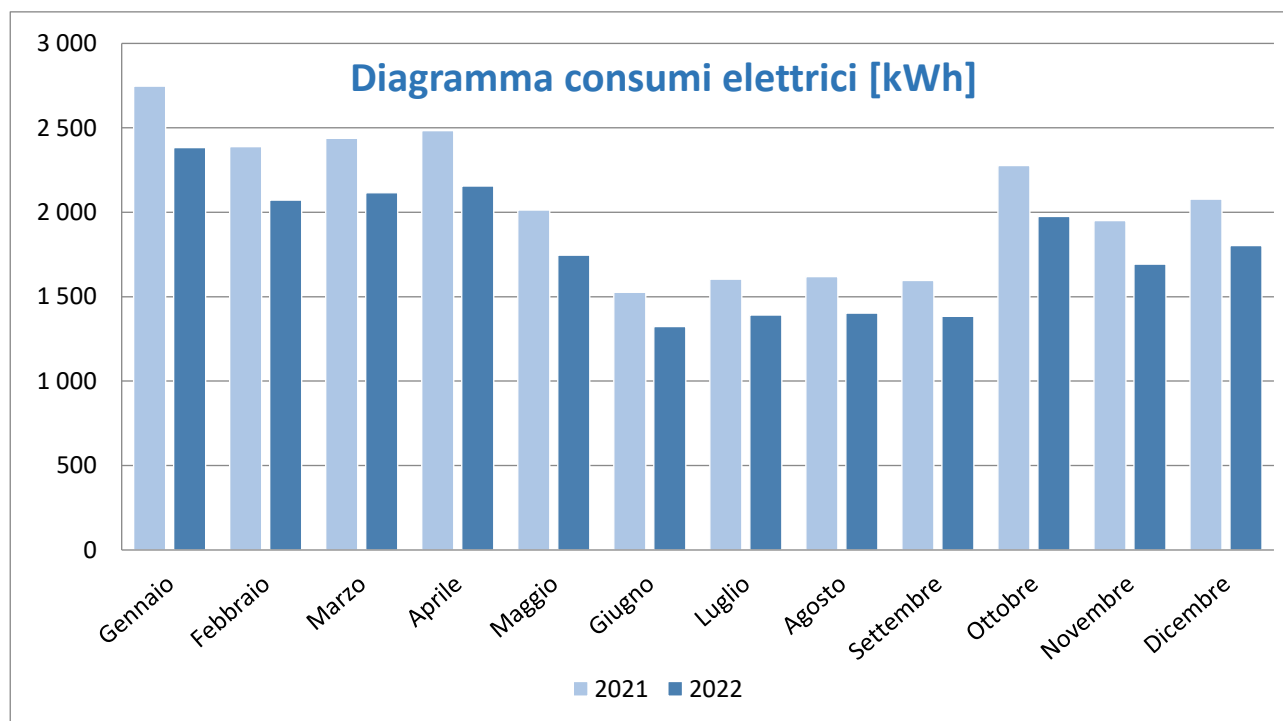


Figura 6-1 – Diagramma prelievi di energia elettrica da rete

	Consumi [kWh]	Importo [€]	Consumi [kWh]	Importo [€]
Gennaio	2 747	760,97	2 383	955,24
Febbraio	2 389	653,98	2 072	830,75
Marzo	2 438	544,46	2 115	847,79
Aprile	2 484	522,21	2 155	863,79
Maggio	2 013	495,36	1 746	700,00
Giugno	1 526	375,52	1 324	530,65
Luglio	1 604	394,71	1 391	557,77
Agosto	1 618	398,16	1 404	562,64
Settembre	1 596	392,74	1 384	554,99
Ottobre	2 277	560,32	1 975	791,80
Novembre	1 951	480,10	1 692	678,44
Dicembre	2 078	511,35	1 803	722,60
TOTALE	24 721	6 089,88	21 445	8 596,48
Prezzo medio annuo[€/kWh] iva inc	0,246		0,401	
Prezzo medio periodo [€/kWh]	0,318			
Consumo medio mensile [kWh]	2 060		1 787	
Consumo medio periodo	1 282			

Tabella 6-1 - Riepilogo consumi elettrici

Di seguito si riporta la ripartizione dei consumi per fascia oraria.

Ripartizione per fascia oraria POD/2021					Ripartizione per fascia oraria POD/2022				
	F1	F2	F3	TOT		F1	F2	F3	TOT
Gennaio	1 380	512	855	2 747	Gennaio	1 197	444	742	2 383
Febbraio	1 223	474	692	2 389	Febbraio	1 061	411	600	2 072
Marzo	1 238	469	731	2 438	Marzo	1 074	407	634	2 115
Aprile	1 343	423	718	2 484	Aprile	1 165	367	623	2 155
Maggio	991	341	681	2 013	Maggio	860	296	591	1 746
Giugno	764	291	471	1 526	Giugno	663	252	409	1 324
Luglio	784	329	491	1 604	Luglio	680	285	426	1 391
Agosto	782	320	516	1 618	Agosto	678	278	448	1 404
Settembre	822	311	463	1 596	Settembre	713	270	402	1 384
Ottobre	1 302	415	560	2 277	Ottobre	1 129	360	486	1 975
Novembre	1 017	354	580	1 951	Novembre	882	307	503	1 692
Dicembre	1 019	371	688	2 078	Dicembre	884	322	597	1 803
TOT	12 665	4 610	7 446	24 721	TOT	10 987	3 999	6 459	21 445

Tabella 6-2 - Ripartizione consumi per fascia oraria

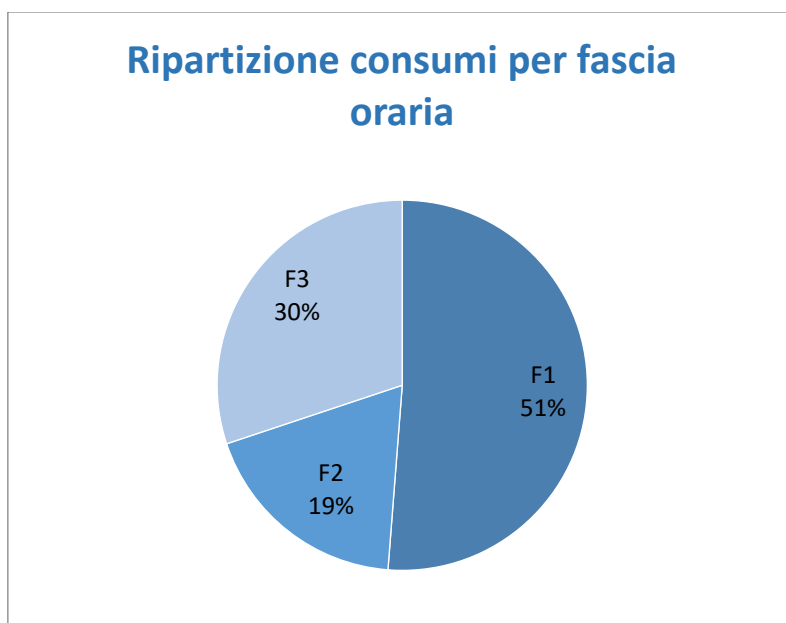


Figura 6-2 -Ripartizione per fascia oraria dei consumi

Il 70 % dei consumi della struttura avviene nelle fasce orarie F1 e F2, come si può notare dal profilo di carico riportato. Di seguito è riportata una rappresentazione delle tre fasce orarie.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Lunedì																								
Martedì																								
Mercoledì																								
Giovedì																								
Venerdì																								
Sabato																								
Domenica																								

Figura 6-3 Rappresentazione fasce orarie. F1 (rosso) F2 (arancione) F3 (verde)

Visto l'aumento dei costi dovuto alla particolare situazione geopolitica internazionale verificatosi nell'anno di riferimento della diagnosi, per le analisi economiche e il calcolo di risparmio è stato considerato a favore di sicurezza il prezzo medio nel periodo di riferimento e non il prezzo dell'energia elettrica dell'anno 2022.

6.2 Consumi totali e spesa per l'energia termica

Il vettore utilizzato presso la struttura è il gas metano. I consumi termici dell'edificio sono stati desunti dall'analisi delle bollette relative al PDR 15362323000493.

Il periodo di riferimento per i consumi di metano è il triennio 2020-2022.

L'ultimo anno per cui sono disponibili i consumi, considerato quindi anno di riferimento della diagnosi, è il 2022. Per l'anno 2021 e 2022 i consumi sono stati forniti in maniera completa, mentre i costi associati a tali

consumi sono stati forniti per un solo mese (Dicembre), pertanto il costo mensile e annuo nelle tabelle che seguono sono stati stimati.

Seguono i dati di consumo dell'energia termica.

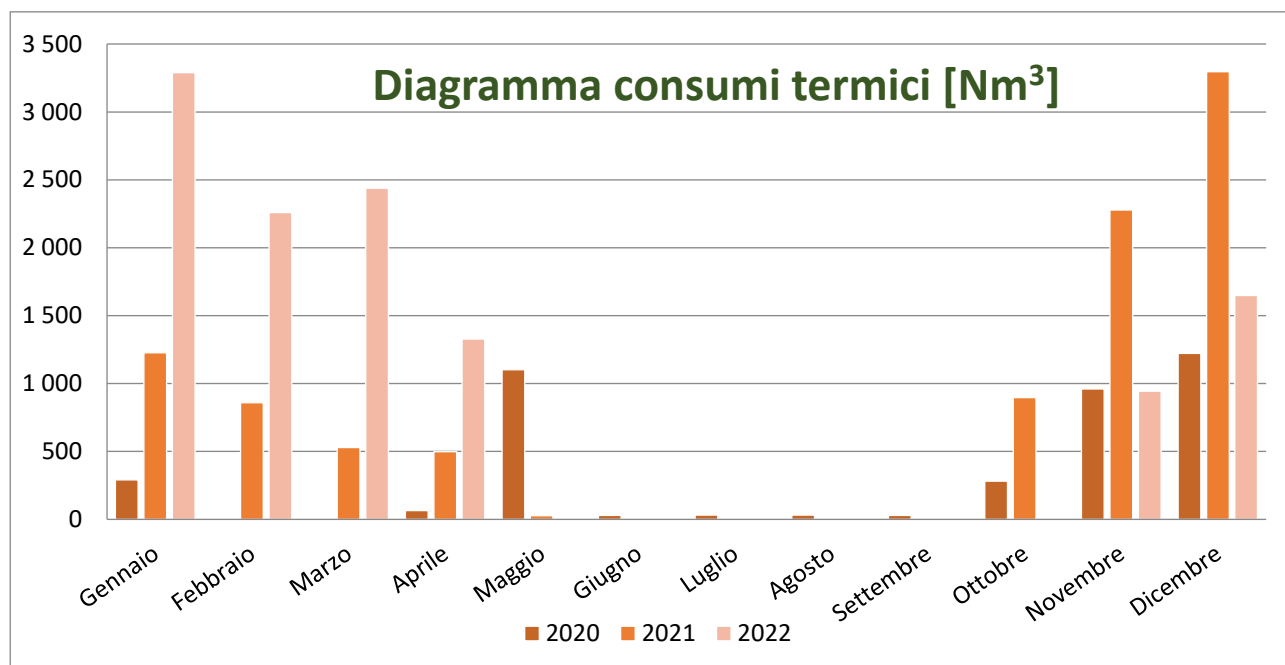


Figura 6-4 - Consumi termici

	Consumi [m3]	Importo [€]	Consumi [m3]	Importo [€]	Consumi [m3]	Importo [€]
Gennaio	292	146,40	1 227	1103,3	3 289	10812,3
Febbraio	0	0	859	772	2 259	7 426
Marzo	0	0	528	475	2 438	8 015
Aprile	66	41	499	449	1 328	4 366
Maggio	1 101	583	28	25	0	0
Giugno	30	18	0	0	0	0
Luglio	31	19	0	0	0	0
Agosto	31	19	0	0	0	0
Settembre	30	18	0	0	0	0
Ottobre	282	152	896	806	0	0
Novembre	961	512	2 277	2 048	944	3 103
Dicembre	1 222	625	3 295	2 963	1 648	5 418
TOTALE	4 044	2 135	9 609	8 641	11 906	39 140
Prezzo medio annuo[€/m3] iva inclusa	0,528		0,899		3,287	
Prezzo medio periodo [€/m3]	1,572					
Consumo medio mensile [m3]	337		801		992	
Consumo medio periodo [m3]	710					

Tabella 6-3 - Consumi termici

La struttura utilizza la caldaia a gas metano solo nel periodo di riscaldamento invernale. Per la produzione di ACS nel periodo estivo viene utilizzato un boiler elettrico.

Visto l'aumento dei costi dovuto alla particolare situazione geopolitica internazionale verificatosi nell'anno di riferimento della diagnosi, per le analisi economiche e il calcolo di risparmio è stato considerato a favore di sicurezza il prezzo del 2021 e non il prezzo del gas metano dell'anno 2022.

7. ELABORAZIONE DEL MODELLO ENERGETICO

Di seguito viene elaborato lo schema energetico che descrive gli utilizzi di ciascun vettore di energia nell'ambito di specifici confini all'interno dell'edificio oggetto della diagnosi energetica. I dettagli di tale descrizione dipendono dalla disponibilità di misure dirette e dalla rilevanza dell'ambito di interesse.

Lo schema energetico è costruito per ogni vettore energetico acquistato ed utilizzato nel sito in esame ed ha lo scopo di suddividere i consumi annui del vettore specifico tra le diverse utenze presenti nel sito stesso. [1]

Ad ogni utenza individuata si assegna il consumo dell'anno solare cui la diagnosi si riferisce, così è possibile, attraverso la "Struttura Energetica", individuare un indice prestazionale significativo per ogni aspetto che costituisce la realtà oggetto di analisi, mettendo in correlazione l'energia consumata con i parametri che caratterizzano la sua specifica destinazione d'uso [2].

Per il calcolo degli indici di prestazione energetica e il confronto con i dati reali, si è preso come riferimento il valore medio, per l'intero periodo di analisi, dei consumi annui per i due vettori energetici elettrico e termico.

7.1 Modello energetico sistema edificio-impianto

In questo paragrafo si procede con la definizione del modello energetico del sistema edificio impianto.

Il modello viene elaborato con l'ausilio del software Termus Acca – Modulo "Diagnosi energetica" e prevede di modellare l'edificio andando ad inserire tutti i dati di input raccolti in fase di sopralluogo e tramite interviste e verificare i consumi associati ai dati di input. Si procede poi in maniera iterativa fino a determinare i dati di input che uguagliano i consumi reali, ottenendo quindi un modello energetico edificio-impianto validato.

Le valutazioni sono effettuate considerando la normativa tecnica vigente per il calcolo dei fabbisogni energetici del complesso di edifici, la normativa vigente in materia di contenimento del fabbisogno energetico degli edifici e degli impianti per la valutazione dei requisiti tecnici richiesti agli interventi considerati.

L'impianto legislativo su cui è basata la presente analisi è regolato essenzialmente da:

Decreti attuativi 26 giugno 2015

Legge 90/2013: Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 4 giugno 2013, n. 63, recante disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia per la definizione delle procedure d'infrazione avviate dalla Commissione europea, nonché altre disposizioni in materia di coesione sociale.

Legge n.10/91: 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

D.Lgs. 192/05: Attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia

Le principali normative tecniche di riferimento sono:

UNI/TS 11300-1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale

UNI/TS 11300-2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria

UNI/TS 11300-3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva

UNI/TS 11300-4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria

UNI/TS 11300-5: Calcolo dell'energia primaria e della quota di energia da fonti rinnovabili

UNI/TS 11300-6: Determinazione del fabbisogno di energia per ascensori, scale mobili e marciapiedi mobili

UNI EN 15459: Prestazione energetica degli edifici - Procedura di valutazione economica di sistemi energetici degli edifici

7.1.1 Dati di input del modello energetico

All'interno del software per la valutazione sono stati inseriti tutti i fattori che caratterizzano il sistema edificio impianto nonché le informazioni circa il reale utilizzo dell'impianto stesso ed in particolare:

- Dati geometrici
- Involucro dell'edificio
- Impianti per la climatizzazione invernale e modalità d'uso – modalità d'uso di utilizzo effettive e non in uso standard
- Impianto di illuminazione - modalità d'uso effettive e non in uso standard
- Altri dati sulla struttura e sugli utenti - Sono stati inseriti altri dati sulla struttura che sono rilevanti per il calcolo dei consumi energetici, quali ventilazioni naturali, apporti interni degli apparati installati e l'indice di affollamento reale.

7.1.2 Validazione del modello

Il processo di validazione del modello consiste in un processo iterativo in cui modificando i dati di input si va a verificare come variano i consumi energetici stimati, fino a trovare la combinazione di dati di input che da un lato sia effettivamente rappresentativa dell'utilizzo dell'edificio e dall'altro determini valori di consumi simili a quelli reali.

E' opportuno precisare che all'interno dell'edificio sono presenti delle utenze elettriche (distributori automatici, condizionatori portatili tipo "Pinguino", apparecchiature da ufficio quali pc, stampanti, ecc.) che non sono considerate all'interno del modello energetico definito secondo la norma UNI/TS 11300 prevista dal software Termus. Pertanto per la validazione del modello secondo la norma UNI/TS 11300, i consumi elettrici considerati sono quelli depurati dai consumi delle utenze: distributori automatici, condizionatori portatili, apparecchiature da ufficio.

Per decurtare l'energia elettrica assorbita da queste utenze, sono stati calcolati i consumi di tutte le utenze elettriche a partire dalla potenza totale installata, applicando alcuni coefficienti correttivi delle modalità di utilizzo, così come riportati nella tabella seguente. Stimati tali valori, vengono confrontati con il dato reale da bolletta. Affinché i valori stimati possano essere considerati corretti, si è assunto che lo scostamento rispetto ai dati reali non deve risultare superiore al 5%.

Schema energetico	Potenza installata [W]	C.C.	Potenza assorbita [W]	ore/giorno	giorni/anno	ore/anno	% copertura	kWh
Illuminazione interna	5 776	0,95	5 487	8	260	2 080	52,8%	11 413
Apparecchiature elettroniche da ufficio	3 150	0,75	2 363	8	260	2 080	22,7%	4 914
Illuminazione esterna	670	1,00	670	9	365	3 285	10,2%	2 201
Condizionatori portatili	5 700	0,30	1 710	8	60	480	3,8%	821
Caldaia e accessori centrale termica	500	0,90	450	8	150	1 200	2,5%	540
Ascensore	4 000	0,15	600	8	260	2 080	5,8%	1 248
Boiler ACS	1 200	0,10	120	8	260	2 080	1,2%	250
Distributori automatici	250	0,10	25	24	365	8 760	1,0%	219
Totale effettivo								21 445
Totale stimato								21 606
Scostamento								0,7%

Tabella 7-1 – Stima dei consumi energia elettrica per destinazione d'uso

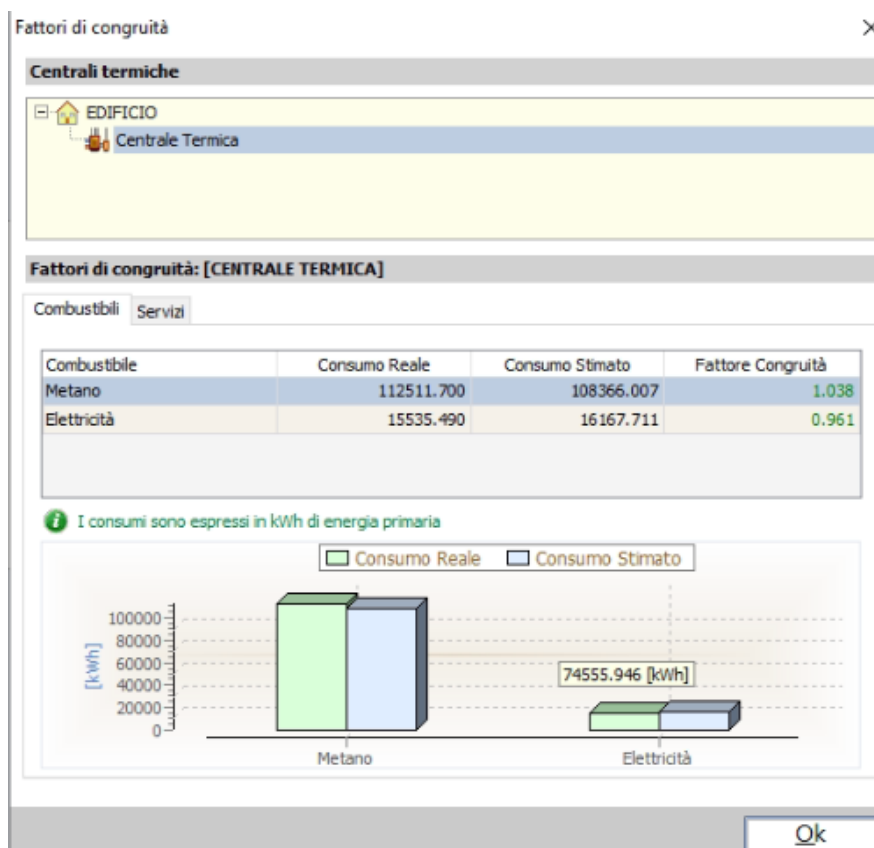
I consumi elettrici stimati relativi alle utenze da decurtare dal modello definito secondo la norma UNI/TS 11300 sono pari a 5953,80 kWh e rappresentano il 27,56% dei consumi elettrici stimati nello schema energetico in tabella.

Dall'applicazione di tale percentuale ai consumi elettrici reali è stato possibile calcolare la quota parte di energia da escludere dalla validazione dal modello definito secondo la norma UNI/TS 11300, pari a 5.909,51 kWh.

I consumi elettrici reali su cui è stato validato il modello energetico sono quindi **15.535,49 kWh**.

I consumi termici reali su cui è stato validato il modello energetico sono invece **112.511,70 kWh**, pari a 11.906 Sm³ x 9,45 kWh/Sm³ (PCI utilizzato dal software Termus).

Di seguito si riporta la schermata del software relativa alla validazione e i risultati della stessa.



	Consumo energetico per gas metano [kWh/anno]	Consumo energetico per energia elettrica [kWh/anno]
<i>Da modello</i>	108 366	15 535
<i>Reale</i>	112 512	16 168
<i>Scostamento</i>	3,685%	3,910%

Tabella 7-2 – Risultati della validazione del modello

7.2 Indici di prestazione energetica e benchmarking

I consumi energetici dell'edificio possono essere relazionati a quelli di altri edifici della stessa tipologia e destinazione d'uso, attraverso il confronto degli indici di consumo energetico. Questo processo avviene con un'analisi di benchmark, confrontando i dati riscontrabili in letteratura con quelli derivanti dalla procedura di

calcolo. Ciò può consentire di fissare dei valori di riferimento e capire quanto l'edificio si discosti da essi. Il confronto può essere utile per identificare eventuali anomalie rispetto agli standard riscontrabili sul mercato.

Uno studio dell'ENEA [3] ha preso in esame gli edifici dei Comuni italiani dove vengono svolte le stesse attività dell'edificio oggetto di diagnosi. Di seguito sono riportate le tabelle dove sono riportati i risultati dello studio sopra citato.

Energia elettrica = 80 – 160 kWh/m²	
Destinazione	Quota sul consumo totale
Forza motrice (hardware da ufficio, etc.)	35% – 40%
Illuminazione	35% – 40%
Condizionamento	20% – 30%

Tabella 7-3 – Consumo medio annuo di energia elettrica per strutture con la stessa destinazione d'uso dell'edificio

Energia termica = 30 – 150 kWh/m²	
Destinazione	Quota sul consumo totale
Riscaldamento	80% – 90%
Acqua calda sanitaria	10% – 20%

Tabella 7-4 – Consumo medio annuo di energia termica per strutture con la stessa destinazione d'uso dell'edificio

Dalla tabella si possono confrontare i consumi della struttura oggetto della diagnosi con quelli dello studio ENEA e con altri edifici con destinazione d'uso simile analizzati da AzzeroCO₂.

	Elettricità	Termico
Valore reale [kWh/m²]	31,9	167,2
Valore da letteratura [kWh/m²]	80-160	30-150
Valore esperienza AzzeroCO₂ [kWh/m²]	16-66	57-286

Tabella 7-5 - Confronto indici di efficienza energetica reali con quelli da letteratura

A seguito della modellazione della struttura e dell'analisi dei consumi energetici, sono stati calcolati i principali parametri energetici, che vengono riportati nella tabella seguente.

Stato di fatto dell'edificio					
Classe energetica	Consumo elettrico [kWh/anno]	Consumo gas [m ³ /anno]	Costo energetico [€/anno]	Emissioni CO ₂ eq [kg/anno]	Indice di prestazione da normativa EPgl [kWh/m ² /anno]
G	21 445	11 906	17 528	31 732	344,31

Tabella 7-6 - Stato di fatto dell'edificio

SEZIONE 3

Identificazione preliminare delle misure atte alla riduzione
dei consumi energetici e delle relative emissioni
climalteranti

8. INDIVIDUAZIONE DEI POSSIBILI INTERVENTI

Sulla scorta di quanto emerso dalla simulazione e sulla base delle informazioni ottenute in questa fase, sono state fatte alcune ipotesi di interventi utili per ottenere il miglioramento delle prestazioni energetiche del sistema edificio/impianto. Basandosi sulle principali criticità emerse in fase di diagnosi energetica, vengono di seguito riportati gli interventi ritenuti necessari per la razionalizzazione dei consumi.

42

Gli interventi da realizzare sono stati valutati nelle seguenti aree di interesse:

1. **Involucro edilizio** (a titolo indicativo e non esaustivo: coperture, basamenti, pareti, involucro trasparente, protezione solare, daylighting, ecc.);
2. **Impianti meccanici** (a titolo indicativo: climatizzazione invernale ed estiva, ventilazione, a.c.s., ecc.);
3. **Impianti elettrici** (a titolo indicativo: generazione, distribuzione e utilizzo dell'energia, illuminazione, ecc.);
4. **Fonti energetiche rinnovabili** (a titolo indicativo: solare termico, solare fotovoltaico, biomassa, ecc.);
5. **Miglioramento della gestione** (a titolo indicativo: miglioramento della gestione, manutenzione e contabilità energetica).

Valutati gli interventi energeticamente più significativi sono state fatte le opportune valutazioni economiche e ambientali. Infine è stata fatta anche un'analisi dei benefici sociali che si potrebbero ottenere.

8.1 Descrizione degli interventi

Per poter effettuare le valutazioni tecniche ed economiche sugli interventi individuati, sono stati utilizzati i dati di partenza riportati nella tabella che segue.

FATTORI DI CONVERSIONE		
Vettore energetico		kWh termici
Gas naturale	1 Sm ³	9,434
GPL	1 m ³	26,78
Gasolio	1 kg	11,860
Biomasse (legna)	1 kg	3,700
Mix elettrico	1 kWh elettrico	2,174
Vettore energetico		tep
Energia termica	1 kWh	0,000086
Energia elettrica	1 kWh	0,000187

FATTORI DI EMISSIONE		
Vettore energetico		kgCO ₂
Gas naturale	1 kWh	0,1998
GPL	1 kWh	0,2254
Gasolio	1 kWh	0,2642
Olio combustibile	1 kWh	0,2642
Biomasse, solare	1 kWh	0,0000
Mix elettrico	1 kWh	0,4332
Impianto fotovoltaico (ciclo di vita)	1 kWh	0,0000

¹Fattori di emissione ai sensi del Bando per il supporto ad interventi di riqualificazione energetica e miglioramento/ adeguamento sismico degli edifici pubblici - Ob. sp. 2 - Azioni 2.1.1-2.2.1-2.4.1 - Bando 2022 - PR FESR 2021-2027 Regione Emilia-Romagna

DATI PER VALUTAZIONE INTERVENTI		
Vettore	energia elettrica	
Consumo elettricità struttura	21 445	kWh/anno
Consumo elettricità (energia primaria)	46 621	kWh/anno
Emissioni gas serra (utilizzo e.e.)	9 290	kg CO2 eq/anno
Prezzo elettricità (IVA esclusa)	0,318	€/kWh
Spesa media annua acquisto e.e.	6 822	€
Vettore	Gas naturale	
Consumo combustibile	11 906	m3/anno
Consumo combustibile (energia primaria)	112 321	kWh/anno
Emissioni gas serra (utilizzo combustibile)	22 442	kg CO2 eq/anno
Prezzo combustibile (IVA esclusa)	0,899	€/m3
Spesa media annua acquisto combustibile	10 706	€
Prestazione energetica globale		
Consumo medio annuo di energia primaria	158 942	kWh/anno
Costo energetico totale medio annuo (IVA esclusa)	17 528	€/anno
Emissioni di gas serra	31 732	kg CO2 eq/anno
Fabbisogno annuo globale di energia primaria EPgl - stato attuale	344	kWh/m2/anno
Classe energetica	G	
PARAMETRI ECONOMICI		
Tasso di attualizzazione	3%	

Tabella 8-1 Dati tecnico/economici per le valutazioni sugli interventi

Si fa presente che le differenze che si possono notare tra il consumo di energia termica riportato nella tabella 8.1 e quello riportato nella tabella di validazione del modello energetico 7.1 sono dovute al diverso fattore di conversione dell'energia fornita per il funzionamento degli impianti per il gas metano. Tale valore infatti nelle analisi che seguono è stato considerato pari a 0,106 Sm3/kWh, ai sensi di quanto riportato nel *Bando per il supporto ad interventi di riqualificazione energetica e miglioramento/ adeguamento sismico degli edifici*

pubblici - Ob. sp. 2 - Azioni 2.1.1-2.2.1-2.4.1 - Bando 2022 - PR FESR 2021-2027 Regione Emilia-Romagna. All'interno del software utilizzato per la modellazione energetica invece è pari a 9,45 kWh/Sm³. Tale differenza non influisce in alcun modo sui risultati dei calcoli in quanto per l'analisi dei risparmi energetici e delle emissioni sono stati considerati i valori di cui alla tabella 8.1.

Le descrizioni che seguono riportano le considerazioni principali in merito agli interventi ipotizzati.

COMUNE	Varano De' Melegari (PR) Emilia-Romagna
SITO	Municipio di Varano de' Melegari
Riqualificazione energetica	Isolamento delle componenti opache orizzontali e verticali Sostituzione dei serramenti Sostituzione impianto illuminazione con impianto a LED
Impianto a fonti rinnovabili	Impianto fotovoltaico

Tabella 8-2 – Elenco degli interventi individuati

Le valutazioni tecnico/economiche per gli interventi individuati hanno un livello di dettaglio tipico di uno a diagnosi energetica. Per individuare le configurazioni definitive, ogni intervento dovrà essere studiato nel dettaglio, in fase di progettazione, per tenere in considerazione tutti gli aspetti, la normativa vigente in fase di realizzazione degli interventi e i requisiti per l'accesso a eventuali contributi economici (su scala locale, nazionale e comunitaria). Inoltre i costi riportati per gli interventi sono delle stime, che non tengono conto dei costi per la progettazione e servono per poter fornire un valore di massima del preventivo d'intervento e per valutare i tempi di ritorno.

8.1.1 Impianto a fonti rinnovabili

L'intervento in progetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico con potenza di picco pari a 11,88 kWp e un sistema di accumulo pari a 10 kWh. L'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico sarà destinata all'autoconsumo per coprire il fabbisogno energetico dell'edificio e le batterie di accumulo consentiranno lo stoccaggio di una parte dell'energia prodotta per il suo utilizzo in un secondo momento, come in orario notturno o in assenza di produzione.

Così come riportato nel paragrafo 6.1 della presente relazione, i consumi di energia elettrica annuali rilevati da bolletta sono pari a 21.445 kWh, concentrati per la maggior parte nella fascia di consumo F1. Inoltre, sulla base dei risultati effettuati tramite il modello energetico, a seguito degli interventi di riqualificazione energetica si stima una riduzione dei consumi elettrici pari a c.ca il 26%.

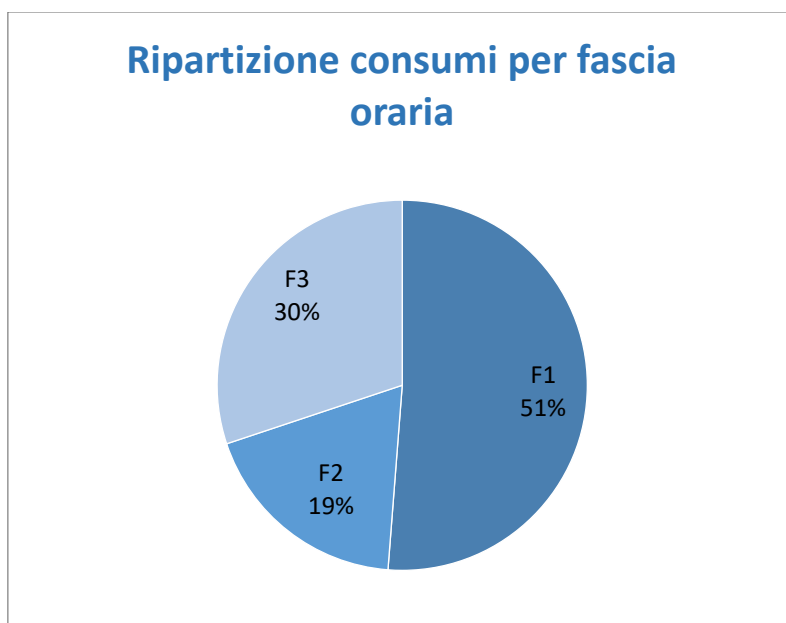


Figura 8-1 -Ripartizione per fascia oraria dei consumi

Il dimensionamento dell'impianto è stato eseguito considerando il fabbisogno reale di energia elettrica dell'edificio a valle della riqualificazione energetica, lo spazio disponibile per l'installazione e la produzione di energia elettrica dell'impianto, stimata mediante l'applicativo PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>) sulla base delle ipotesi di disposizione del campo solare sulla copertura dell'edificio valutata in fase progettuale.

Per il sito di installazione si stima una produzione annua pari a circa 1.361 kWh/kWp che per l'impianto in progetto si traduce in circa 13.610 kWh di energia prodotta, così come riportato nel grafico seguente suddiviso per mensilità.

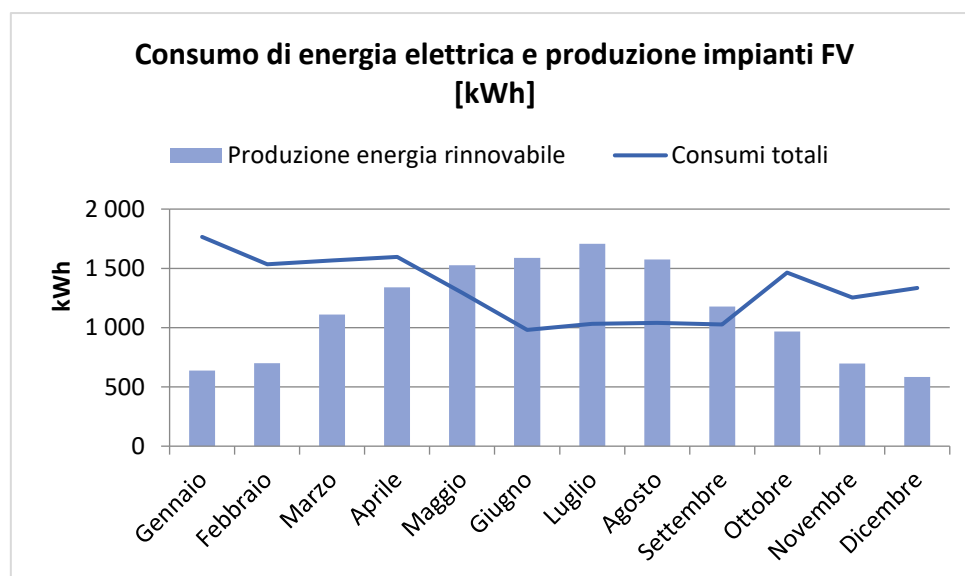


Figura 8-2 -Fabbisogno energia elettrica e produzione impianto a fonti rinnovabili

Nel dettaglio è stata valutata la produzione totale, suddivisa nelle dodici mensilità, dell'impianto fotovoltaico. I valori mensili ottenuti sono stati confrontati con i consumi elettrici durante le ore soleggiate, a valle degli interventi di riqualificazione energetica, applicando agli stessi il risparmio calcolato tramite modellazione energetica, pari a 25,92 %.

	Consumi totali [kWh]	Produzione elettrica mensile - [kWh]	Autoconsumo fisico [kWh]	Imnessa totale [kWh]
Gennaio	1 765	639	639	0
Febbraio	1 535	701	701	0
Marzo	1 567	1 111	1 111	0
Aprile	1 596	1 340	1 340	0
Maggio	1 294	1 527	1 294	230
Giugno	981	1 587	981	604
Luglio	1 031	1 706	1 031	672
Agosto	1 040	1 574	1 040	532
Settembre	1 026	1 178	1 026	149
Ottobre	1 463	966	966	0
Novembre	1 254	697	697	0
Dicembre	1 335	583	583	0
Consumi:	15 887	13 610	11 407	2 187
			84%	

Tabella 8-3 – Produzione impianto fotovoltaico e fabbisogno energetico

La dimensione dell'impianto è stata scelta al fine di contribuire al soddisfacimento del fabbisogno energetico elettrico dell'edificio, come si evince dal confronto tra consumi e produzione elettrica riportati in tabella.

8.2 Combinazione interventi

L'intervento in oggetto prevede:

- Realizzazione impianto fotovoltaico da 11,88 kWp con accumulo 10 kWh e producibilità annua pari a 16.168 kWh/anno
- Realizzazione impianto illuminazione a LED con sostituzione n. 76 corpi illuminanti esistenti con 119 corpi illuminanti a tecnologia LED 6752 W 3894 W
- Sostituzione di c.ca 110 m2 di serramenti con serramenti in alluminio di trasmittanza 1,3 W/m²K
- Isolamento pareti opache verticali con pannelli poliuretano lamda 0,028 W/mK da 12 cm
- Isolamento sottotetto con pannelli poliuretano lamda 0,022 W/mK da 10 cm

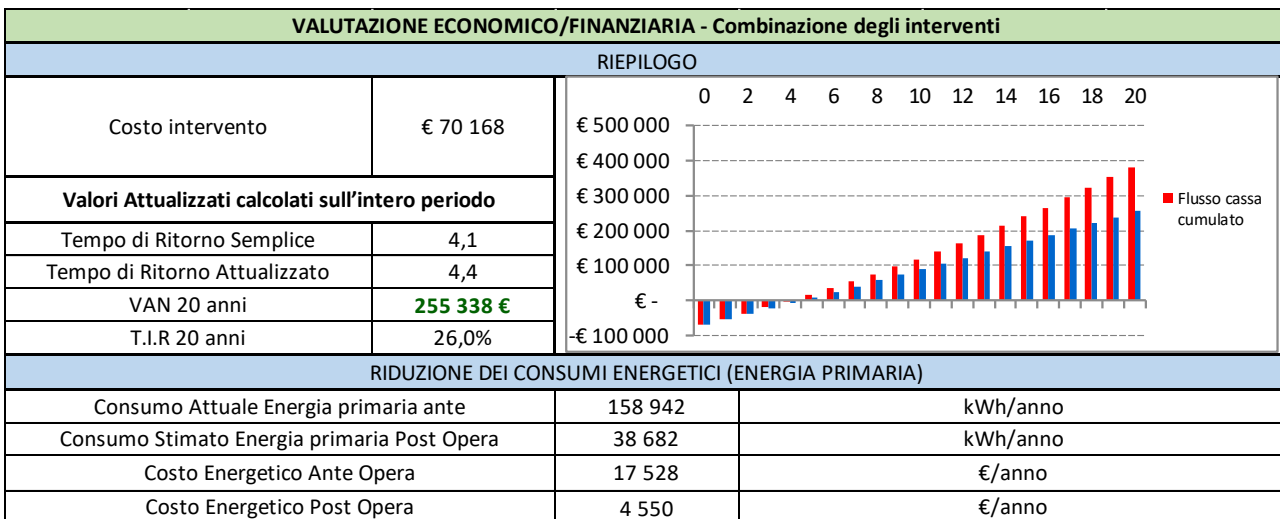
Inserendo tali interventi nel modello energetico si ottiene un risparmio percentuale che viene poi applicato al consumo reale.

	Consumo energetico per gas metano in kWh/anno	Consumo energetico per energia elettrica in kWh/anno	Consumo energetico kWh/anno
<i>ANTE OPERAM da modello</i>	108 182	16 168	124 350
<i>POST OPERAM da modello</i>	20 960	1 950	22 910
Risparmio da modello	87 222	14 218	101 440
Risparmio percentuale	81%	88%	82%
<i>ANTE OPERAM reale al netto di utenze decurtate</i>	112 321	15 535	127 856
Risparmio sul consumo reale	90 559	13 662	104 221
<i>ANTE OPERAM reale totale</i>	112 321	21 445	133 766
<i>POST OPERAM</i>	21 762	7 783	29 545
Risparmio percentuale su totale consumi	81%	64%	78%
Emissioni di CO2 risparmiate	18 094	5 918	24 012

	ANTE OPERAM	Risparmio	Risparmio	POST OPERAM
Emissioni CO2 per gas metano kg/anno	22 441,69	81%	18 093,70	4 347,99
Emissioni CO2 per energia elettrica kg/anno	9 289,97	64%	5 918,29	3 371,68
Emissioni CO2 totali kg/anno	31 731,66	76%	24 011,99	7 719,67

	ANTE OPERAM	Risparmio	Risparmio	POST OPERAM
Costo annuo gas metano €/anno	10 706,11 €	81%	8 631,85 €	2 074,27 €
Costo annuo energia elettrica €/anno	6 822,10 €	64%	4 346,10 €	2 476,00 €
Costo annuo €/anno	17 528,21 €	74%	12 977,95 €	4 550,26 €

L'analisi economica associata alla combinazione di interventi proposta, di seguito riportata, tiene conto dell'ottenimento da parte del Comune di un finanziamento all'80% dell'importo del progetto.



ANALISI FLUSSI DI CASSA (analisi dei benefici economici e dei costi attesi)

T (anni)	Benefici economici attesi	Benefici da fotovoltaico	INVESTIMENTO	Costi attesi	FLUSSO DI CASSA NETTO	FLUSSO DI CASSA CUMULATO	FLUSSO NETTO ATTUALIZZATO	FLUSSO CUMULATO ATTUALIZZATO
0	€ -		-€ 70 168	€ -	-€ 70 168	-€ 70 168	-€ 70 168	-€ 70 168
1	€ 13 025	€ 3 320	€ -	€ -	€ 16 345	-€ 53 823	€ 15 869	-€ 54 299
2	€ 13 546	€ 3 320	€ -	€ -	€ 16 866	-€ 36 957	€ 15 898	-€ 38 401
3	€ 14 088	€ 3 320	€ -	€ -	€ 17 408	-€ 19 549	€ 15 931	-€ 22 471
4	€ 14 652	€ 3 320	€ -	€ -	€ 17 971	-€ 1 578	€ 15 967	-€ 6 504
5	€ 15 238	€ 3 320	€ -	€ -	€ 18 557	€ 16 979	€ 16 008	€ 9 504
6	€ 15 847	€ 3 320	€ -	€ -	€ 19 167	€ 36 146	€ 16 052	€ 25 556
7	€ 16 481	€ 3 320	€ -	€ -	€ 19 801	€ 55 947	€ 16 100	€ 41 656
8	€ 17 140	€ 3 320	€ -	€ -	€ 20 460	€ 76 407	€ 16 151	€ 57 807
9	€ 17 826	€ 3 320	€ -	€ -	€ 21 146	€ 97 552	€ 16 206	€ 74 013
10	€ 18 539	€ 3 320	€ -	€ -	€ 21 859	€ 119 411	€ 16 265	€ 90 278
11	€ 19 281	€ 3 320	€ -	€ -	€ 22 600	€ 142 011	€ 16 327	€ 106 605
12	€ 20 052	€ 3 320	€ -	€ -	€ 23 371	€ 165 383	€ 16 392	€ 122 997
13	€ 20 854	€ 3 320	€ -	€ -	€ 24 173	€ 189 556	€ 16 461	€ 139 458
14	€ 21 688	€ 3 320	€ -	€ -	€ 25 008	€ 214 564	€ 16 533	€ 155 991
15	€ 22 556	€ 3 320	€ -	€ -	€ 25 875	€ 240 439	€ 16 608	€ 172 600
16	€ 23 458	€ 3 320	€ -	€ -	€ 26 777	€ 267 216	€ 16 687	€ 189 286
17	€ 24 396	€ 3 320	€ -	€ -	€ 27 716	€ 294 932	€ 16 768	€ 206 055
18	€ 25 372	€ 3 320	€ -	€ -	€ 28 692	€ 323 624	€ 16 853	€ 222 908
19	€ 26 387	€ 3 320	€ -	€ -	€ 29 706	€ 353 330	€ 16 941	€ 239 849
20	€ 27 442	€ 3 320	€ -	€ -	€ 30 762	€ 384 092	€ 17 032	€ 256 882

8.3 Miglioramento gestione, utilizzo e manutenzione

Buona parte degli sprechi energetici e delle risorse è dovuto a una non ottimale gestione oppure a una scarsa manutenzione. Le misure che portano a un miglioramento della gestione hanno una elevata efficacia in quanto, da un lato, non richiedono particolari investimenti (a volte nulli) e, dall'altro, una corretta manutenzione degli impianti consente di mantenere elevate le prestazioni dei singoli componenti e previene possibili situazioni in cui gli impianti, a causa di rotture inaspettate, potrebbero non funzionare.

Si riporta, a seguire, una tabella con un primo elenco di misure che possono essere adottate e che riguardano:

- Attivazione di procedure di controllo e monitoraggio dei consumi e delle condizioni ambientali;
- Corretto settaggio dei dispositivi di controllo (per esempio riduzione degli orari di funzionamento degli impianti o taratura puntuale delle temperature all'interno degli ambienti);
- Disattivazione dei componenti che consumano energia inutilmente;
- Attivazione di procedure di manutenzione;
- Attivazione di strategie di informazione e incentivo tra gli utenti.

Quest'ultimo aspetto, spesso sottovalutato, riveste un ruolo fondamentale al fine di poter gestire, da parte degli utenti, gli impianti in un modo più consapevole. In questo modo è possibile ottenere dei vantaggi a costo praticamente nullo.

Con la sensibilizzazione del personale ai vari livelli (dagli utenti agli impiegati) è possibile ottenere degli effetti positivi anche al di fuori degli ambienti per i quali sono promossi.

Le misure relative al miglioramento gestione, utilizzo e manutenzione sono state riportate come suggerimenti utili alla riduzione dei consumi. In tale ottica, facendo un'assunzione conservativa, non sono state attribuite delle percentuali di risparmio per ogni singola misura.

DESCRIZIONE

NOTE

Riduzione orari di funzionamento impianto di climatizzazione	È opportuno disattivare gli impianti di climatizzazione durante i periodi in cui gli ambienti non vengono usati
Controllo delle condizioni ambientali	Sarebbe opportuno monitorare i valori di set point delle temperature in modo tale da poter gestire al meglio gli impianti
Disattivazione stand-by	Intervento a costo nullo che consente di risparmiare un apprezzabile quantità di energia
Riduzione temperatura acqua calda sanitaria	Una non corretta regolazione della temperatura dell'acqua calda sanitaria costringe l'utente a una miscelazione locale, generando inutili sprechi lungo la rete di distribuzione
Manutenzione corpi illuminanti	Le prestazioni dei corpi illuminanti diminuiscono nel tempo se non vengono periodicamente programmati gli interventi di sostituzione delle lampade e pulizia delle superfici riflettenti
Manuale d'istruzione per gli utenti	Spesso gli utenti non sono informati sull'ottimizzazione nell'utilizzo degli impianti. Un manuale d'uso che contenga anche informazioni su come evitare gli sprechi può risultare efficace per la riduzione dei consumi.
Strategie di premialità	Promozione di campagne di sensibilizzazione al corretto uso dell'energia mediante meccanismi di premialità (riconoscimento del risparmio generato all'utente)
Procedure di monitoraggio e contabilità energetica	Il monitoraggio delle condizioni ambientali può consentire la regolazione dei parametri nel tempo. In questo modo è possibile evitare gli sprechi. L'implementazione di procedure di contabilità energetica fornisce elementi indispensabili per mantenere la gestione ai più alti livelli prestazionali

Tabella 8-4 Miglioramento gestione, utilizzo e manutenzione

Oltre alle misure comportamentali sopra riportate è possibile adottare dei sistemi che consentano di garantire il monitoraggio e la gestione degli impianti; tali sistemi sono identificati come dispositivi di building automation. Questi ultimi permettono di razionalizzare l'utilizzo dell'energia in funzione della domanda reale e delle condizioni ambientali interne ed esterne.

La Building Automation (di seguito anche BA) consente di effettuare l'automazione (automation) delle funzioni relative agli impianti tecnologici di un edificio (building). L'automazione riguarda

sia le azioni normalmente eseguite dall'uomo (es. accensione di una luce) sia il controllo degli impianti (es. regolazione automatica di una elettrovalvola per il controllo della temperatura ambiente).

Il livello e la qualità dell'automazione realizzati sono in generale strettamente correlati all'uso a cui è adibito l'edificio e sono il risultato di una attenta analisi del mix costi-benefici.

Si riportano di seguito alcuni esempi delle applicazioni realizzabili con un sistema BA aperto e flessibile.

- Controllo dell'illuminazione:
 - regolazione continua dell'intensità luminosa;
 - accensione o spegnimento degli apparecchi in funzione della presenza di persone e solo se il livello di illuminamento è insufficiente;
 - regolazione del flusso luminoso in modo automatico per ottenere un livello di illuminamento costante;
- Controllo degli automatismi (es. controllo delle chiusure oscuranti singolarmente e/o a gruppi);
- Controllo della climatizzazione/termoregolazione - Controllo della temperatura per la climatizzazione delle varie zone di un edificio per il raggiungimento del comfort desiderato;
- Gestione sicurezza ambientale:
 - antincendio, antifumo, rilevazione delle fughe del gas, antiallagamento;
 - controllo del funzionamento degli impianti domestici con la segnalazione di eventuali anomalie;
 - videosorveglianza interna ed esterna;
- Controllo dei consumi – Con un controllo capillare dei consumi di energia consente di avere una conoscenza precisa del profilo temporale dei consumi e del loro spaccato nelle varie aree, che facilita l'identificazione puntuale di aree sede di potenziali “sprechi” energetici;
- Comunicazione – Possibilità di comandare l'impianto da remoto.

L'adozione di un sistema BA permette di garantire, da un lato, l'ottimizzazione della gestione dell'edificio e, dall'altro, una riduzione dei consumi energetici grazie anche alla minimizzazione degli sprechi.

La valutazione del risparmio conseguibile con l'adozione di un sistema BA varia in base alla soluzione adottata e all'attuale grado di automazione dell'edificio. Secondo uno studio condotto dall'ENEA (*Valutazione tecnico-economica delle soluzioni per l'efficienza energetica negli edifici della Pubblica Amministrazione* - V. Chiesa, F. Frattini e M. Chiesa - Report RdS/PAR2013/111 - Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile) **il risparmio energetico conseguibile per un edificio non residenziale varia tra il 5 e il 20% con un investimento variabile tra i 20.000 e i 150.000 €**. La grande variazione del tasso di risparmio energetico e del prezzo della soluzione è dovuta all'ampio ventaglio di soluzioni adottabili, all'ambito di applicazione, alle caratteristiche dimensionali, ecc. dell'edificio.

9. RIEPILOGO INTERVENTI INDIVIDUATI

In questo capitolo si riporta un riepilogo degli interventi individuati per l'edificio con alcuni parametri significativi per valutarne l'efficacia. Tutti gli interventi sono valutati in presenza di un incentivo, qualora ottenibile.

53

	INTERVENTO PROPOSTO	Impianto a fonti rinnovabili	Riqualificazione energetica	Combinazione interventi
EFFICACIA	Indice di prestazione da normativa EPgl [kWh/m ² /anno]	313,1	132,1	107,4
	Risparmio annuo di energia primaria [kWh/anno]	22 440	102 643	120 260
	Risparmio annuo di energia primaria [%]	14%	65%	76%
	Classe energetica raggiungibile	F	C	B
COMPATIBILITÀ AMBIENTALE	Emissioni evitate di gas serra [kgCO _{2eq} /anno]	4 472	20 502	24 012
	Emissioni gas serra post intervento [kgCO _{2eq} /anno]	27 260	11 230	7 720

Tabella 9-1 - Riepilogo interventi proposti

INTERVENTO PROPOSTO	Combinazione interventi
Costo intervento [€]	€ 350 840
Risparmio economico [€/anno]	€ 18 403
SENZA CONTRIBUTO	
Tempo di ritorno attualizzato [anni]	4
VAN [€]	€ 255 338
TIR	26%
CON CONTRIBUTO	
Tempo di ritorno attualizzato [anni]	6
VAN [€]	€ 177 164
TIR	14%

Tabella 9-2 - Parametri economici interventi proposti

9.1 RIFERIMENTI

- [1] *Elementi su come elaborare la documentazione necessaria al rispetto degli obblighi previsti nell'art.8 del DLgs 102/2014 in tema di diagnosi energetica*, ENEA, 2015
- [2] *Chiarimenti in materia di diagnosi energetica nelle imprese (ai sensi dell'art.8 DLgs 102/2014)*, Ministero dello Sviluppo Economico, 2015
- [3] V. Chiesa et. al., *Valutazione tecnico-economica delle soluzioni per l'efficienza energetica negli edifici della Pubblica Amministrazione*, ENEA, 2013

SEZIONE 4

APPENDICI

9.2 APPENDICE 1 – METODOLOGIA SVOLGIMENTO DIAGNOSI ENERGETICA

Per lo svolgimento della diagnosi energetica, nel rispetto dei criteri minimi stabiliti dal Decreto Legislativo 102/2014, AzzeroCO₂ si rifà alla procedura definita dalle norme UNI CEI EN 16247 – 1, 2, 3 e 4 (Diagnosi energetiche - Parte 1: Requisiti generali, Parte 2: Edifici, Parte 3: Processi, Parte 4: Trasporto) e della norma UNI EN 15459 (Procedura di valutazione economica dei sistemi energetici degli edifici).

1

Di seguito sono specificate le principali fasi di processo, le relative attività e le tempistiche per la realizzazione degli audit.

Contatti preliminari

In questa fase sono state definite, con i tecnici comunali, le esigenze e le risorse a disposizione, l'ambito di intervento, il grado di accuratezza e gli obiettivi della diagnosi.

Incontro preliminare

L'incontro preliminare ha avuto lo scopo di definire il tipo di audit da adottare per il soddisfacimento delle esigenze e il raggiungimento degli obiettivi e di concordare le modalità esecutive sulla base delle considerazioni valutate nella precedente fase.

In particolare, sono state stabilite:

le modalità per l'accesso al sistema energetico;

le norme di sicurezza ed incolumità;

le risorse e i dati che devono essere forniti;

i dati riservati e confidenziali.

In questa fase è stato realizzato anche un cronoprogramma operativo con le attività da svolgere.

Raccolta dati

Sono state raccolte le informazioni al fine di acquisire i dati necessari per una comprensione preliminare del sistema edificio impianto.

Sono stati richiesti i dati storici relativi ai consumi energetici, misurazioni di interesse, conduzione e manutenzione, documenti di progetto, di funzionamento e di mantenimento; i contratti di fornitura di energia e altri dati economici rilevanti.

Lo scopo è stato quello di definire un'analisi preliminare per stabilire le principali modalità operative, le ulteriori informazioni e i punti da analizzare nella successiva fase di attività di campo.

Attività di campo

È stato realizzato un sopralluogo per misurare e recuperare tutti i dati del sistema edificio-impianto in funzione degli obiettivi della diagnosi.

Analisi

Sono stati esaminati nel dettaglio i dati e le informazioni raccolti nelle precedenti fasi al fine di individuare le azioni di risparmio energetico e i relativi scenari di intervento per il miglioramento dell'efficienza energetica dell'edificio. Ciò è stato fatto in funzione degli ambiti di intervento e degli obiettivi dell'edificio.

Report

Il report è stato redatto con lo scopo di spiegare tecnicamente al committente lo stato di fatto del sistema edificio-impianto e i possibili interventi di riqualificazione energetica in funzione degli obiettivi della diagnosi.

Incontro finale

Alla conclusione della diagnosi è stato svolto un incontro finale per la consegna del report e la presentazione dei risultati.

Si riporta lo schema di esecuzione della diagnosi energetica in relazione alle seguenti fasi di processo:

FASE A, B: Contatti preliminari e incontro preliminare

FASE C: Raccolta dati

FASE D: Attività di campo

FASE E: Analisi

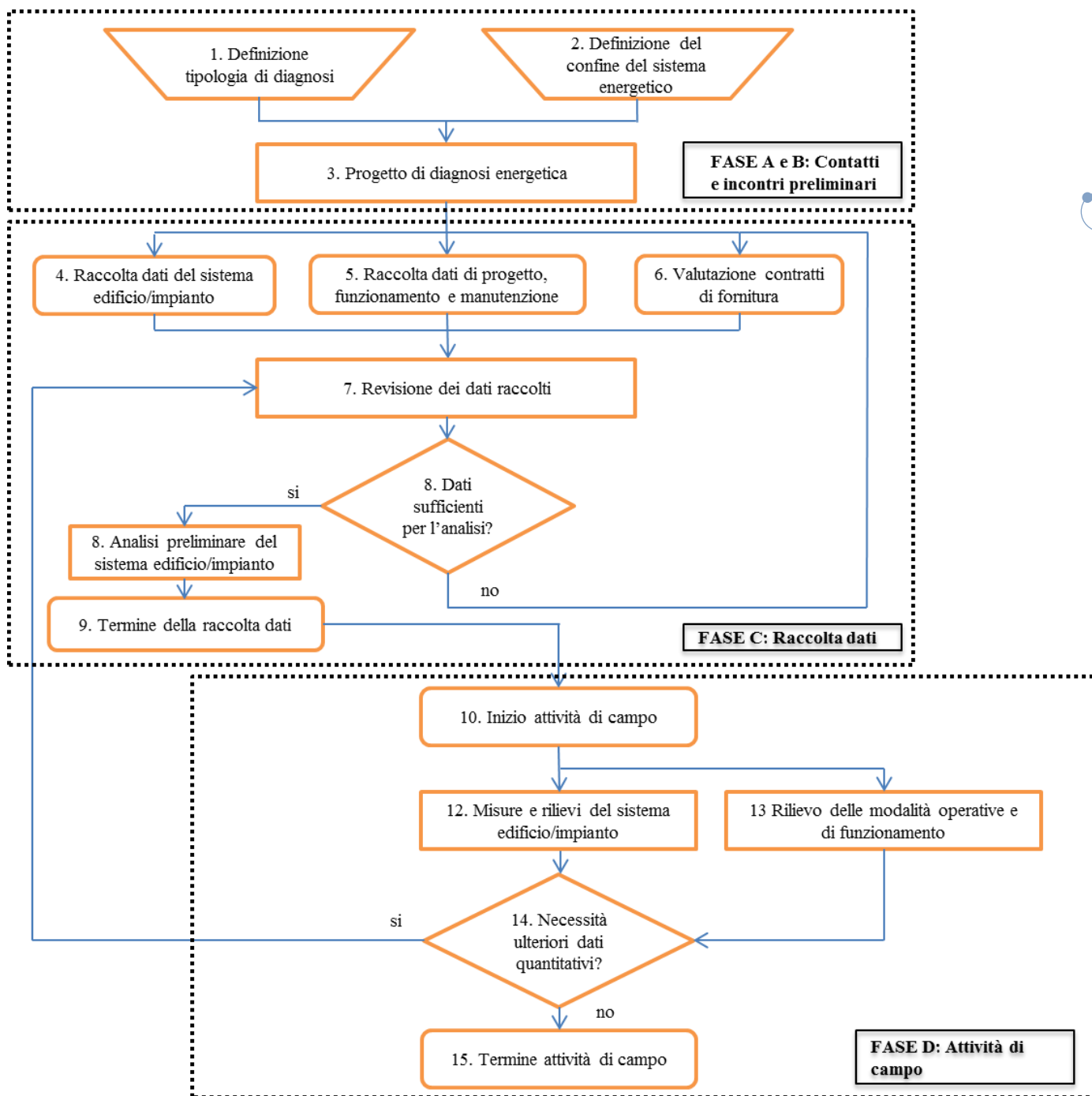


Diagramma di flusso delle fasi di processo A, B, C e D

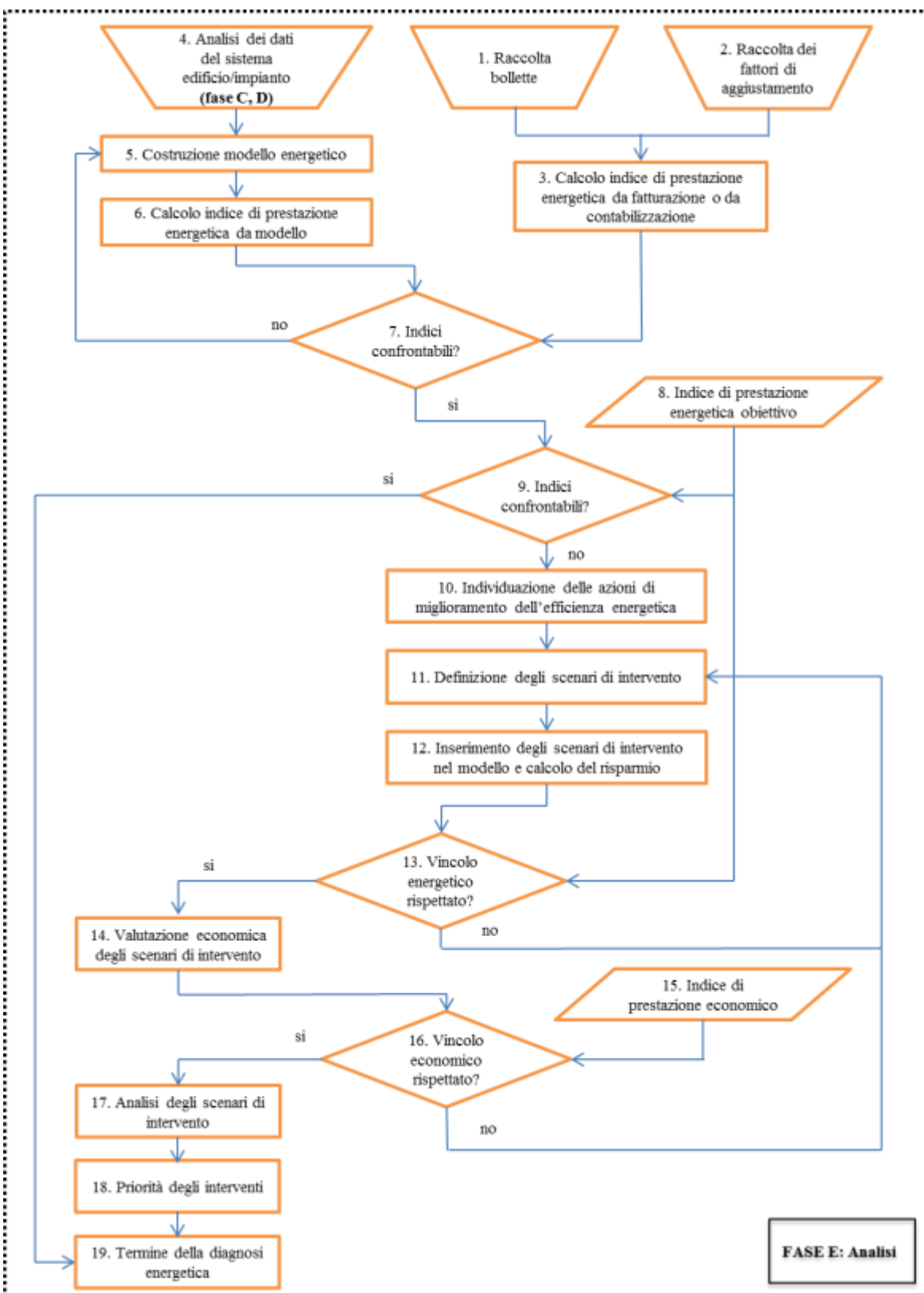


Diagramma di flusso della fase di processo E

9.3 APPENDICE 2 – METODOLOGIA PER LA VALUTAZIONE ENERGETICO – FINANZIARIA DEGLI INTERVENTI

9.4 Valutazione energetica

5

Lo scopo principale della diagnosi energetica è quello di definire, a seguito di analisi energetiche, dei possibili interventi di efficientamento energetico dimensionati per la struttura oggetto di diagnosi. Definiti i potenziali scenari di intervento, gli stessi sono stati inseriti all'interno del modello energetico ricalibrato in funzione degli effettivi dati di consumo energetico del sistema edificio/impianto. In questa fase si quantifica l'efficacia degli interventi e si analizzano quali scenari ipotizzati siano compatibili con l'obiettivo di risparmio energetico concordato. Si calcola, pertanto, il risparmio energetico che ogni scenario è in grado di produrre.

L'analisi degli scenari energetici risulta fondamentale anche come dato di input per la successiva valutazione economica che, pur essendo il criterio solitamente predominante su ogni altro aspetto, necessita di dati energetici attendibili per quantificare in maniera consistente i benefici.

9.5 Valutazione economica

Per poter fare una valutazione dettagliata dei costi e dei benefici degli interventi proposti, **viene** utilizzato il metodo del **valore attuale netto** (VAN), un metodo standard per la valutazione finanziaria dei progetti a lungo termine.

La valutazione dei costi tiene in considerazione sia la componente di investimento iniziale sia la componente legata a costi periodici o annuali. I costi di investimento iniziali (da sostenere per realizzare le misure di riqualificazione energetica), sono stimati in funzione di esperienze pregresse e indagini di mercato settoriali. I costi periodici o annuali, invece, considerano sia la componente relativa all'approvvigionamento energetico (costi operativi) sia la componente legata ai costi di manutenzione ordinaria e straordinaria.

Nei casi in cui il VAN assume un valore positivo, i benefici prodotti hanno un importo scontato superiore all'investimento stesso; l'ipotesi si può considerare remunerativa e si consiglia l'intrapresa. Nei casi in cui il VAN assume un valore negativo, invece, l'ipotesi progettuale è sconsigliata.

Il calcolo del VAN è stato condotto utilizzando dei fogli di calcolo che hanno permesso di valutare e collocare temporalmente tutti i flussi finanziari relativi alla gestione e manutenzione e al risparmio in bolletta, ecc.. I risultati delle simulazioni sono allegati ai singoli interventi.

La componente legata al risparmio in bolletta all'anno dell'investimento, è stata calcolata come prodotto tra la tariffa media dell'energia pagata e il risparmio energetico (kWh/anno) prodotto dall'intervento o dal pacchetto di interventi ricavato tramite le procedure di calcolo su indicate.

Al fine di parametrizzare l'analisi economica degli interventi sugli effettivi consumi della struttura, il risparmio energetico è stato calcolato tramite la simulazione sul modello energetico ricalibrato.

Relativamente agli impianti di autoproduzione, il beneficio economico all'anno dell'investimento, è stato calcolato moltiplicando il valore della producibilità attesa per la tariffa media dell'energia pagata (nel caso di autoconsumo). La producibilità degli impianti è stata calcolata sulla base delle norme di riferimento (es. Norma Uni 10349, ecc.).

Oltre al calcolo del VAN, per il confronto tra alternative economico-finanziarie, sono stati calcolati ulteriori indicatori. Si riporta di seguito la descrizione degli indicatori.

Il **Tempo di Ritorno Semplice**, o payback time, è il numero di anni necessari affinché i flussi di cassa cumulati e non attualizzati eguaglino l'investimento iniziale.

Altro indicatore è il "**Tasso Interno di Rendimento**" (TIR) per l'investimento in questione. Tale indicatore è rappresentativo della redditività dell'affare di cui si sta valutando la convenienza; ma mentre il VAN esprime la convenienza globale estesa a tutta la vita dell'investimento, il TIR la convenienza per anno di vita. Il TIR è pertanto un indicatore utilizzato a complemento del VAN.

Quando il TIR è superiore all'interesse di calcolo assunto vuol dire che l'investimento proposto è conveniente rispetto all'attuale remunerazione del capitale, e quindi l'investimento è consigliabile. Il contrario vale quando il TIR è inferiore all'interesse di calcolo assunto.

Il numero di anni per cui il VAN si annulla individua il **Tempo di Ritorno Attualizzato** (TRA).

Quando il TRA è inferiore alla vita prevista nell'analisi l'investimento è remunerativo ($VAN > 0$); il contrario accade se il TRA è superiore. Si ritiene che maggiore sia il TRA, maggiore sia il rischio insito nell'investimento.

9.5.1 Ipotesi di finanziamento

Gli interventi proposti per il miglioramento delle prestazioni energetiche degli edifici potranno essere realizzati mediante diverse modalità di finanziamento.

Qualora ci fosse la disponibilità economica, gli interventi potrebbero essere messi direttamente a bilancio. Tuttavia, solitamente, questa non è una strada praticabile, viste le difficoltà nei conti delle Amministrazioni Comunali e la necessità di rientrare nei parametri del patto di stabilità.

Ai fini delle valutazioni economiche è stato considerato anche l'accesso a forme di incentivazione/contribuzione ritenute le più remunerative per l'intervento in questione. Si riportano, di seguito alcuni esempi di incentivazioni possibili.

Indebitamento tramite mutui (Agevolati CDDPP; Fondi dedicati, Sistema del credito, ecc.) o emissioni obbligazionarie: è possibile aprire un dialogo, con la Cassa Depositi e prestiti o con le banche del territorio, affinché si riesca a individuare una soluzione vantaggiosa e praticabile per realizzare gli interventi.

Partecipazione a Bandi, Fondi Nazionali o Comunitari (Ministeriali, Regionali, provinciali, Europei): a tutti i livelli istituzionali la tematica del risparmio energetico e dell'utilizzo di fonti rinnovabili è sempre più sentita. Infatti, le linee di finanziamento dei fondi europei e nazionali sono ormai spesso indirizzate verso questa tipologia di interventi. Il Comune, sfruttando le opportunità che periodicamente si presentano, può ottenere grosse quote di finanziamento per interventi di risparmio energetico quali quelli proposti a seguito delle analisi svolte.

FTT da privati (banche e/o imprese): il Comune può accordarsi con le Banche o con dei soggetti privati (quali le ESCo), affinché gli interventi vengano realizzati a loro spese per poi ripagarli, con i risparmi conseguiti, negli anni necessari a rendere l'investimento economicamente vantaggioso. Questo tipo di situazione è regolata da appositi contratti al termine dei quali il Comune diventa proprietario dell'impianto e comunque ottiene tutti i benefici legati al risparmio sulla bolletta energetica.

Leasing finanziario ("in costruendo"): il leasing in costruendo costituisce una forma di finanziamento privato delle opere pubbliche, già sperimentata in anni recenti da alcune amministrazioni. È stato inizialmente disciplinato dalla legge finanziaria 2007 e dal codice degli appalti pubblici (Decreto Legge n. 163 del 2006, art. 160-bis), seppur in modo non esaustivo. Si tratta di una forma di realizzazione di opere per mezzo della quale un soggetto finanziario anticipa all'appaltatore (impresa costruttrice) i fondi per eseguire l'opera pubblica e, all'avvenuta esecuzione, viene ristorato dal soggetto appaltante (la Pubblica Amministrazione) attraverso la corresponsione di canoni periodici. Il leasing è un'operazione di finanza strutturata in cui il capitale (fonte di finanziamento dell'opera pubblica) è "connesso" al processo di costruzione dell'opera stessa in un unico procedimento ad evidenza pubblica. La Pubblica Amministrazione ha un rapporto operativo diretto con i fornitori dell'opera e dei servizi di assistenza, manutenzione, etc., ma ha un unico interlocutore responsabile, ed inizierà la corresponsione dei canoni solo ad opera completata ed approvata.

Accesso agli incentivi (conto termico, certificati bianchi, ecc.): alcune tipologie di interventi possono usufruire di incentivi statali legati al risparmio energetico. In questo modo è possibile valorizzare il risparmio conseguito con i principali interventi di efficientamento energetico quali: sostituzione degli infissi, isolamento dell'involucro, sostituzione dei sistemi di illuminazione, installazione di impianti solari termici, ecc..

Il **Conto Termico**, introdotto con il DM 28 dicembre 2012 (attualmente sostituito dal cosiddetto Conto Termico 2.0), utilizzabile sia da enti privati che dalle PA, incentiva interventi di efficientamento energetico. Sono incentivabili, secondo varie modalità e condizioni, diversi interventi, fra cui l'isolamento termico delle superfici opache; la sostituzione delle chiusure trasparenti, l'installazione di caldaie a condensazione oppure delle pompe di calore in sostituzione di caldaie tradizionali, l'installazione di sistemi di ombreggiamento e schermatura, la sostituzione di sistemi di illuminazione interni ed esterni, la trasformazione di edifici esistenti in "edifici ad energia quasi zero", l'installazione di sistemi di building automation, la sostituzione dei sistemi per la produzione di ACS elettrici con sistemi a pompa di calore, l'utilizzo di sistemi di solar cooling. L'incentivo copre, oltre alla spesa per l'acquisto di nuovi macchinari, quella relativa alla dismissione di quelli vecchi e, in alcuni casi, quella per lavori accessori (es. opere murarie, posa tubazioni, ecc.). La domanda di incentivo, che ha una durata di erogazione variabile fra 1 e 5 anni, può essere presentata autonomamente oppure tramite una ESCo. Uno dei requisiti per la presentabilità della domanda è la presenza di una diagnosi energetica oppure di un contratto di prestazione energetica firmato con una ESCo oppure la presenza di un provvedimento o altro atto amministrativo attestante l'avvenuta assegnazione dei lavori.

Lo **Scambio sul Posto** è il meccanismo che premia l'installazione di un impianto fotovoltaico. Con questo meccanismo si cerca di premiare l'installazione di impianti fotovoltaici in grado di soddisfare la domanda dell'edificio, infatti il guadagno primario è dato dal costo evitato in bolletta per il pagamento dell'energia elettrica. In secondo luogo si viene ricompensati per il valore dell'energia immessa in rete e ri-prelevata dalla rete per i propri consumi (ovvero quando la produzione e la domanda di energia non coincidono); infine si ha una compensazione per quote di energia immessa in rete e superiori al proprio prelievo da essa nel corso dell'anno.

9.6 Valutazione ambientale

Un ulteriore elemento di valutazione per la scelta degli interventi può essere quello relativo all'impatto ambientale.

L'analisi ambientale ha lo scopo di valutare le diverse tipologie d'intervento in modo tale da verificare le emissioni nei diversi comparti ambientali (in questo caso si considera il comparto atmosferico) e scegliere quella che, di conseguenza, genera i minori impatti sulla società e sull'ambiente naturale.

In questo caso per ogni scenario di intervento sono state calcolate le emissioni di CO₂eq.

La metodologia di calcolo utilizzata per valutare le emissioni di CO₂eq è basata sulla moltiplicazione tra il “Dato attività”, che quantifica l’attività, e il corrispondente “Fattore di emissione”:

$$\text{Emissione di GHG} = \text{Dato attività} * \text{EF}$$

dove:

Emissione di GHG è la quantificazione dei GHG emessi dall’attività, espressa in termini di tonnellate di CO₂ (tCO₂) o tonnellate di CO₂ equivalente (tCO₂eq).

Dato attività è il fabbisogno di energia primaria in funzione del vettore energetico (elettrico, da combustibili fossili (gas naturale o derivati del petrolio) o da biomasse).

EF è il fattore di emissione che può trasformare la quantità energetica analizzata nella conseguente emissione di GHG, espressa in CO₂e emessa per unità di dato attività.

9.7 Valutazione sociale

Infine, è stato valutato il beneficio sociale degli scenari d’intervento.

Il beneficio sociale a livello annuale (€/anno) è calcolato come prodotto della quantità annuale di riduzione delle emissioni di CO₂e in tonnellate (t/anno) per il prezzo specifico della CO₂ (€/t).

Il ‘costo sociale’ delle emissioni di CO₂ per l’anno 2015 secondo uno studio realizzato della Stanford University risulterebbe pari a 220\$ (206,8€) per tonnellata, invece secondo lo studio commissionato dal governo degli Stati Uniti risulterebbe essere pari a 37\$ (34,8€) per tonnellata di CO₂.

9.8 APPENDICE 3 – CENNI SUL BENESSERE TERMICO E QUALITÀ DELL'ARIA

10

Il microclima è l'insieme dei fattori che regola le condizioni climatiche di un ambiente confinato. Considerando che la maggior parte della popolazione trascorre l'80/90% del tempo all'interno di edifici chiusi, è facilmente intuibile quale importanza rivesta la qualità del microclima per il benessere dell'uomo.

Il benessere termoigrometrico è definito dall'ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) come quel particolare stato della mente che esprime soddisfazione con l'ambiente circostante e si raggiunge a seconda delle relazioni che si instaurano tra le variabili soggettive e quelle ambientali. Le prime sono relative alle attività svolte e al tipo di vestiario, le seconde dipendono dalle condizioni climatiche esterne ed interne all'edificio: sono variabili misurabili e rappresentano, a loro volta, degli indicatori di comfort e di efficienza energetica del regime di esercizio dell'edificio.

Le variabili ambientali più indicative ai fini del benessere e del risparmio energetico sono:

- Temperatura dell'aria: si misura in °C;
- Umidità relativa dell'aria interna: si misura in percentuale %;
- Velocità dell'aria: espressa in m/s.

9.9 Temperatura

La temperatura degli ambienti interni incide significativamente sui consumi energetici. Infatti, la variazione di un solo grado può comportare un risparmio energetico (e quindi di CO₂) fino al 5% sulle spese di riscaldamento. Pertanto, bisogna prestare particolare attenzione a non superare i valori consigliati.

I valori di temperatura interna, indicati dalla normativa, variano in base alla tipologia e alla destinazione d'uso degli ambienti. In generale si indica un valore massimo di 20 °C per la stagione invernale e 26 °C per quella estiva, con una tolleranza di 2-3 °C (UNI 11300).

INVERNO	
Condizioni ottimali	Tra 19 e 20 °C
Condizioni abbastanza disagiati	Tra 17 e 19 °C
Condizioni molto disagiati	Tra 15 e 17 °C

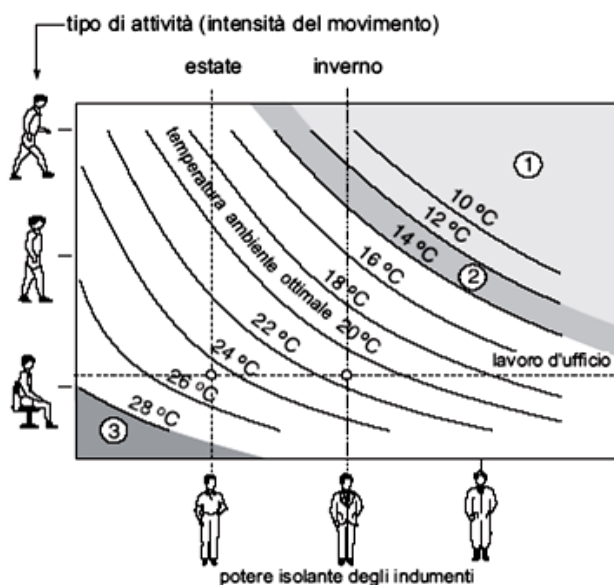
ESTATE	
Condizioni ottimali	Tra 24,5 e 27,5 °C
Condizioni abbastanza disagiati	Tra 27,5 e 29 °C
Condizioni molto disagiati	Tra 29 e 30,5 °C
Condizioni proibitive	Superiori a 30,5 °C

Condizioni di benessere in base alla temperatura degli ambienti

Per evitare sprechi, in base alla fascia climatica in cui ricade un edificio, la normativa stabilisce i periodi in cui è possibile accendere il riscaldamento (come mostrato nella tabella sottostante).

Zona climatica	Inizio	Fine
A	1 dicembre	15 marzo
B	1 dicembre	31 marzo
C	15 novembre	31 marzo
D	1 novembre	15 aprile
E	15 ottobre	15 aprile
F	5 ottobre	22 aprile

Durata della stagione di riscaldamento in funzione della zona climatica



Temperatura media ambiente = media tra la temperatura dell'aria e quella delle superfici che limitano il locale

- ① temperatura troppo bassa per posti di lavoro
- ② per posti di lavoro questa temperatura è accettabile con riserva (es.: Zone fredde nella lavorazione di derrate alimentari)
- ③ temperatura troppo alta per posti di lavoro (eccezione: alcune giornate estive molto calde)

Temperatura ambiente media gradevole, in funzione del genere di attività e dell'abbigliamento

Consigli per ottimizzare il calore immesso negli ambienti e risparmiare sul riscaldamento:

- Ogni ambiente ha la sua temperatura ideale: gli ambienti in cui si permane a lungo soprattutto con attività sedentaria (es. ufficio) vanno riscaldati a 20°, mentre i disimpegni possono tenersi a temperatura più bassa (18°C);
- Arieggiare bene i locali più volte al giorno a finestre spalancate e per pochi minuti. Si avrà sempre aria fresca, ma pareti e pavimento caldi;
- Le tapparelle aiutano a mantenere il calore: chiuderle sempre nelle ore notturne;
- Riscaldare le stanze singolarmente: con termostati elettronici si può controllare la temperatura di ogni singolo ambiente. Nelle ore notturne il termostato va impostato ad una temperatura inferiore (es. 17°).

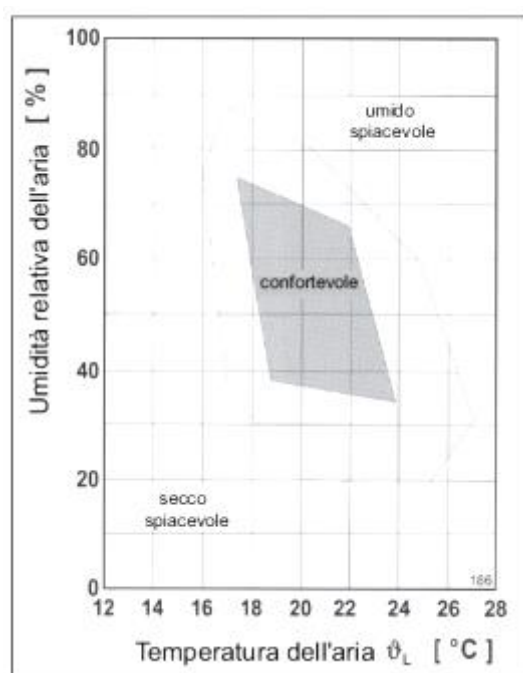
9.10 Umidità relativa

La temperatura dell'aria non è sufficiente a definire le condizioni di benessere: con il solo controllo termico la percentuale di soggetti pienamente soddisfatti non supera il 60-65%, con una percentuale di insoddisfatti del 5% e il rimanente 30-35% in condizioni di leggera insoddisfazione.

L'umidità relativa (UR) è il rapporto, espresso in percentuale, tra la quantità di vapore acqueo contenuto in un metro cubo d'aria di un dato ambiente (p_0) e la quantità massima di vapore che, alla stessa temperatura, potrebbe esservi contenuto (p_{max}), quando cioè l'ambiente risulta saturo.

$$UR = \frac{p_0}{p_{max}} \cdot 100$$

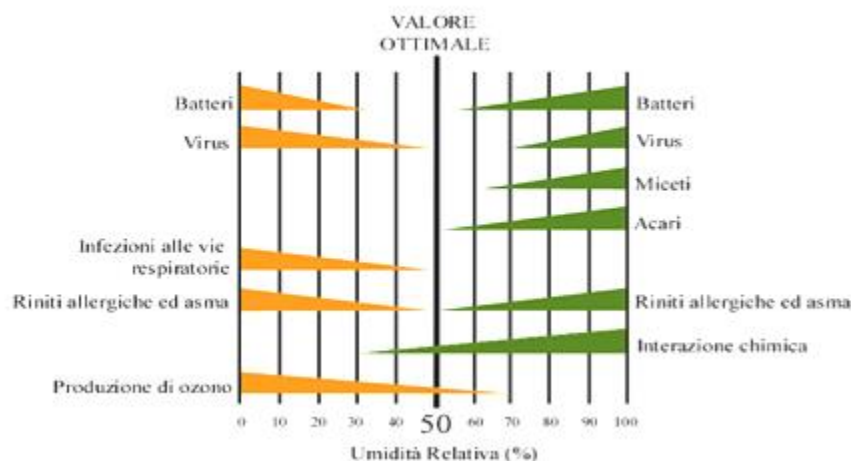
Con umidità relativa del 70%, quindi, l'aria in esame contiene il 70% della quantità del vapore acqueo che, a quella data pressione e temperatura, porterebbe alla saturazione dell'ambiente. Si parla di aria secca se l'umidità relativa è al di sotto del 30%, umida se supera il 70%.



Influsso della temperature dell'aria e dell'umidità relative sul comfort termico (fonte: Terhaag 1986)

L'eccessiva umidità relativa dell'aria produce malessere termico, dà freddo nella stagione invernale e dà calore nelle stagioni calde, in quanto ostacola la dispersione termica fisiologica dell'organismo.

umidità il più possibile vicino al 50%.



Effetti conseguenti ai diversi livelli di umidità relativa

Oltre all'aspetto legato al comfort termoigrometrico, è stato dimostrato che un incremento dell'umidità relativa oltre i valori di comfort fornisce terreno fertile per lo sviluppo di agenti patogeni di origine biologica (che vivono e si moltiplicano sui rivestimenti, sulle suppellettili, sulle superfici di impianti di distribuzione dell'aria nonché all'interno dell'acqua stagnante degli impianti di condizionamento) quali microrganismi, batteri come la legionella pneumophila, e ancora acari e sostanze allergene. Un caso a parte è invece rappresentato dagli agenti patogeni infettivi: questi, al crescere dell'umidità relativa, tendono ad assumere diametro e peso maggiori, quindi, precipitano in minor tempo; in tal modo si riduce la possibilità di trasmissione per via respiratoria.

La temperatura ambiente e l'umidità relativa influenzano anche la concentrazione di alcuni agenti inquinanti di origine chimica: ad esempio, la formaldeide raddoppia la sua concentrazione in aria all'aumento dell'umidità relativa dal 30% al 70% o all'innalzamento della temperatura da 14° a 35°C.

9.11 Velocità dell'aria

La velocità dell'aria è l'altro fattore che influisce sensibilmente sul comfort ambientale. Tale grandezza peggiora il comfort in ambienti freddi e può migliorarlo in ambienti caldi.

Nei locali climatizzati, nei luoghi in cui si trovano le persone, la velocità dell'aria non dovrebbe superare i 0,15 - 0,20 m/s.

In caso di lavori leggeri, per evitare sollecitazioni legate alla corrente d'aria, si devono rispettare i seguenti valori:

- Inverno e mezza stagione: $\leq 0,1$ m/s (Ta 18-23 °C);

- Estate: tra 0,1 m/s e 0,2 m/s (Ta 24-28 °C);
- Periodi di grande caldo: > 0,2 m/s (Ta > 30 °C).

9.12 Anidride carbonica

La quantità di CO₂ espirata dall'organismo umano varia con l'età e l'attività svolta: fino a 10 anni la quantità emessa è di circa 10 litri/ora, da 10 a 16 anni 16 litri/ora, un adulto espira 22,5 litri/ora a riposo e 30 litri/ora in attività sedentaria.

Conoscendo la quantità di CO₂ espirata (K), il valore di CO₂ da non superare (m) - ossia l'1 per mille - e la sua concentrazione nell'aria esterna (q) - pari allo 0,4 per mille (0,4 litri/m³) - applicando la formula che segue è possibile definire il valore del "cubo d'aria individuale":

$$\text{Cubo d'aria} = \frac{K}{m - q}$$

- per i soggetti in età fino a 10 anni il cubo d'aria risulta di 17-20 m³/ora/persona;
- per i soggetti in età tra 10 e 16 anni di 20-25 m³/ora/persona;
- per gli adulti è classico il riferimento a un fabbisogno di 32 m³/ora/persona.

Nel caso di un edificio uffici, è importante monitorare il livello di CO₂ garantendo che non salga al di sopra dei valori consigliati. In ufficio tipo open-space, con 4 occupanti, una superficie di 45 m² e un'altezza di 3,05 m, si ha una cubatura totale di 137 m³.

Considerando un "cubo d'aria individuale" di 32 m³/h·p, si rendono necessari 0,9 ricambi d'aria ogni ora.

$4 \text{ occupanti} \times 32 \text{ (cubo individuale)} / 137 \text{ (cubatura aula)} = 0,93 \approx 1 \text{ ricambi orari}$

Ossia bisogna garantire un ricambio d'aria pari a circa 1 volte/ora il volume totale dell'aria-ambiente.

9.14 APPENDICE 4 – UNITÀ DI MISURA E VALORI DI RIFERIMENTO ADOTTATI

Le unità di misura adottate e le rispettive voci di riferimento sono riassunte nella tabella seguente.

Descrizione	Unità di misura
Temperatura interna/esterna	°C
Consumi energia elettrica	kWh
Potenza elettrica	kW
Consumi gas	m ³
Spesa energetica	€
Trasmittanza termica	W/m ² K
Gradi Giorno	°C

9.15 APPENDICE 5 – PRINCIPALI SOFTWARE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATI

9.16 Software di simulazione

L'analisi energetica oggetto del presente lavoro è stata condotta con il software TerMus, distribuito da ACCA. Il programma è il primo software ACCA con input ad oggetti in linea con:

- Il D.Lgs. 192/2005 e il D.P.R. 59/2009 (anche con riferimento alle modifiche apportate dal D.L. 63/2013 in tema di Attestato di Prestazione Energetica - APE);
- Le Linee guida nazionali per la certificazione energetica;
- Le più recenti norme UNI in materia di risparmio energetico (UNI/TS 11300-1:2014, UNI/TS11300-2:2014, UNI/TS 11300-3:2010, UNI/TS 11300-4:2016, 11300-5:2016, 11300-6:2016.)

TerMus è il primo software ad aver ottenuto la certificazione da parte del C.T.I. per la conformità alle metodologie di calcolo definite dalle norme UNI TS 11300:2014 parte 1-6, come previsto dal D.Lgs. 115/2009 e confermato dal D.P.R. 59/2009.

Esso permette di effettuare il calcolo delle prestazioni termiche dell'edificio in regime dinamico (secondo la UNI EN ISO 13786: 2008) e supporta anche la verifica del rispetto delle trasmittanze limite, del rischio alla formazione di condensa (superficiale e interstiziale) e dei rendimenti energetici prescritti dalla legge. Le verifiche sono estese anche alla trasmittanza termica periodica per pareti opache verticali ed orizzontali. TerMus è dotato di ricchi archivi di dati climatici necessari ai calcoli richiesti dalla normativa vigente. Gli archivi delle trasmittanze dei materiali e delle strutture tengono conto delle indicazioni contenute nelle UNI TS 11300-1 e 2 e nella norma UNI EN ISO 10456: 2007. L'archivio dei ponti termici è aggiornato alla UNI EN ISO 14683:2008.

9.17 Termocamera FLIR B-250

La termocamera è uno strumento in grado di rilevare e visualizzare la distribuzione della temperatura di intere superfici. Con tale dispositivo è possibile registrare l'intensità della radiazione nella parte infrarossa dello spettro elettromagnetico (emessa da qualsiasi oggetto a temperatura maggiore di -273,15 °C) e convertirla in un'immagine visibile. In questo modo è possibile misurare istantaneamente differenze minime di temperatura e analizzare le immagini termiche prodotte rese disponibili in un formato elettronico standard JPEG radiometrico.



Campo visivo (FOV)/ Distanza minima di messa a fuoco	25° x 19° / 0.4 m
Sensibilità termica (NETD mK)	80 mK @ +30°C (+86°F)
Tipo di detector	Focal Plane Array (FPA)
Risoluzione IR	200 x 150 pixels
Campo spettrale	Da 7.5 a 13 µm
Zoom digitale e panoramica/messa a fuoco	1x - 2x continuo
automatica/manuale	
IFOV (con lente da 25°)	2.18 mRad

Caratteristiche tecniche della termocamera utilizzata in fase di sopralluogo

L'utilizzo in ambito edile permette di eseguire diagnosi rapide degli edifici individuando così eventuali problemi dovuti al malfunzionamento di impianti idraulici, di riscaldamento e aerazione, perdite su impianti di riscaldamento e condizionamento, infiltrazioni o perdite d'acqua. Nel caso di sistema di riscaldamento a pavimento ne verifica il corretto funzionamento, individua l'umidità negli edifici causata da infiltrazioni e altri danni provocati dall'acqua. Tramite l'infrarosso possono essere altresì individuati problemi elettrici.