



COMUNE DI QUARRATA

Provincia di Pistoia

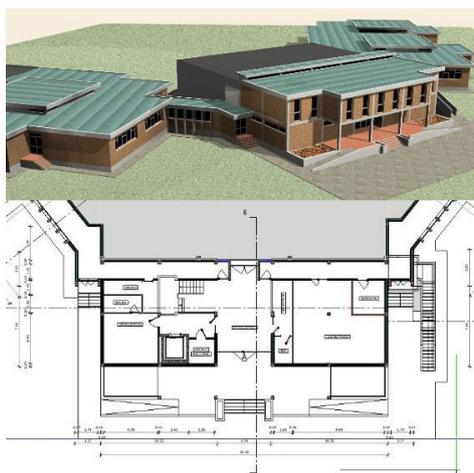
Area Valorizzazione e Sviluppo del Territorio

Servizio Lavori Pubblici

Intervento di efficientamento energetico tramite sostituzione degli infissi presso la scuola secondaria di I° grado “M. Nannini” di Vignole a Quarrata

I° lotto

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO Relazione Tecnica ed Illustrativa



Stazione Appaltante

Comune di Quarrata (PT)

Progettista

Geom. Fabiana Baldi

Responsabile Unico del Procedimento

Arch. Riccardo Pallini

dicembre 2018

SOMMARIO

<u>1</u>	<u>Introduzione</u>	<u>2</u>
1.1	<u>Oggetto della relazione</u>	<u>2</u>
1.2	<u>Normativa tecnica di riferimento</u>	<u>3</u>
1.3	<u>Termini e definizioni</u>	<u>5</u>
1.4	<u>Finalità, ambito e accuratezza della diagnosi energetica</u>	<u>6</u>
1.5	<u>PROCEDIMENTO DI Esecuzione DELL'analisi energetica (UNI CEI /TR 11428:2011)</u>	<u>8</u>
<u>2</u>	<u>Dati di base dell'edificio</u>	<u>8</u>
2.1	<u>Provenienza dei dati</u>	<u>8</u>
2.2	<u>Descrizione del sistema fabbricato/impianto</u>	<u>9</u>
2.3	<u>Caratteristiche dell'involucro edilizio</u>	<u>11</u>
2.4	<u>Caratteristiche dei sottosistemi impiantistici</u>	<u>11</u>
2.4.1	<u>Impianto di riscaldamento</u>	<u>11</u>
2.4.2	<u>Impianto di raffrescamento</u>	<u>11</u>
2.4.2	<u>Impianto di produzione di acqua calda sanitaria</u>	<u>11</u>
2.4.3	<u>Impianto di illuminazione</u>	<u>12</u>
2.5	<u>Profili di utenza e condizioni ambientali di riferimento</u>	<u>12</u>
2.6	<u>Vettori energetici</u>	<u>13</u>
2.7	<u>Consumi di energia</u>	<u>13</u>
<u>3</u>	<u>Metodologia di valutazione</u>	<u>15</u>
3.1	<u>Criteri dell'analisi energetica</u>	<u>15</u>
3.2	<u>Criteri dell'analisi economica</u>	<u>16</u>
<u>4</u>	<u>Analisi energetica dello stato attuale</u>	<u>17</u>
4.1	<u>Classificazione energetica dello stato attuale</u>	<u>18</u>
<u>5</u>	<u>Opportunità di miglioramento dell'efficienza energetica</u>	<u>18</u>
<u>6</u>	<u>CONSIDERAZIONI PROGETTUALI</u>	<u>19</u>
<u>7</u>	<u>DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO</u>	<u>20</u>
<u>8</u>	<u>QUADRO ECONOMICO DI PROGETTO</u>	<u>20</u>

1.1 OGGETTO DELLA RELAZIONE

La presente relazione riporta strumenti, metodi e risultati del processo di **Diagnosi Energetica (Audit)** della parte di fabbricato sede della Scuola Secondaria di Primo grado, sito nel Comune di Quarrata (Pistoia) in via IV Novembre, 170 a Vignole. La scuola fa parte dell'Istituto Comprensivo Statale "Mario Nannini".

La diagnosi energetica è stata effettuata da parte dell'Arch. Cinzia Salvini, incaricata a tal fine dal Comune di Quarrata con Determinazione n. 961 del 30.11.2017.

La Diagnosi Energetica è una procedura sistematica volta a fornire: un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico, ad individuare e a quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici e a riferire in merito ai risultati.

Gli edifici sottoposti a diagnosi energetica possono essere tecnicamente semplici (settore residenziale) o complessi (come nel caso di ospedali, piscine e terme, ecc.) in funzione delle caratteristiche tecnologiche del sistema fabbricato-impianto e dei servizi energetici erogati. Le diagnosi energetiche degli edifici possono riguardare l'intero edificio o parti di esso, tutti o solamente alcuni sistemi tecnici e servizi energetici.

Ai sensi dell'Allegato 2 al D. Lgs. 102/2014 le diagnosi energetiche degli edifici devono soddisfare i seguenti Criteri Minimi:

- essere basate su dati operativi relativi al consumo di energia aggiornati, misurati e tracciabili;
- comprendere un esame dettagliato del profilo di consumo energetico;
- essere basate, ove possibile, sull'analisi del costo del ciclo di vita, in modo da tener conto dei risparmi a lungo termine, dei valori residuali degli investimenti a lungo termine e dei tassi di sconto;
- essere basate su calcoli sufficientemente dettagliati e convalidati, in modo da tracciare un quadro accurato della prestazione energetica globale e individuare in modo affidabile le opportunità di miglioramento più significative.

L'uso ed il funzionamento dell'edificio di cui trattasi, richiede la fornitura di energia per l'erogazione dei seguenti servizi:

- Riscaldamento;
- Raffrescamento;
- Illuminazione;

- Acqua calda sanitaria;
- Altre apparecchiature e processi.

Il consumo energetico per la fornitura dei servizi elencati dipende da:

- condizioni climatiche locali;
- caratteristiche dell'involucro dell'edificio;
- condizioni ambientali interne di progetto;
- caratteristiche e regolazione dei sistemi tecnici dell'edificio;
- comportamento degli occupanti e regime di funzionamento delle apparecchiature.

1.2 NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

Le norme tecniche di riferimento impiegate per l'individuazione dei requisiti, la metodologia e la reportistica del processo di diagnosi energetica sono elencate di seguito:

- “UNI CEI /TR 11428:2011. Gestione dell’energia – Diagnosi energetiche – Requisiti generali del servizio di diagnosi energetica”. Il Rapporto tecnico definisce i requisiti e la metodologia comune per le diagnosi energetiche nonché la documentazione da produrre (Contatto Preliminare; Incontro d’Avvio; Raccolta dati; Attività in campo; Analisi; Rapporto; Incontro Finale).
- “UNI CEI EN 16247-1:2012. Diagnosi energetiche. Parte 1: Requisiti generali”. La norma definisce i requisiti, la metodologia comune e i prodotti delle diagnosi energetiche. Si applica a tutte le forme di aziende ed organizzazioni, a tutte le forme di energia e di utilizzo della stessa, con l’esclusione delle singole unità immobiliari residenziali. La norma definisce i requisiti generali comuni a tutte le diagnosi energetiche mentre i requisiti per specifiche diagnosi energetiche relative a edifici, processi industriali e trasporti, completano i requisiti generali descritti attraverso le successive parti della norma;
- “UNI CEI EN 16247-2:2015. Diagnosi energetiche. Parte 2: Edifici”. La norma definisce i requisiti, la metodologia e le risultanze di una diagnosi energetica di un edificio o di un gruppo di edifici con l'esclusione delle unità abitative private unifamiliari. La norma deve essere applicata contestualmente alla UNI CEI EN 16247-1 rispetto alla quale fornisce requisiti addizionali ed integrativi [2];
- “UNI EN 15603:2008. Prestazione energetica degli edifici. Consumo energetico globale e definizione dei metodi di valutazione energetica”. La norma, richiamata dalla UNI CEI EN 16247- 2:2015, specifica un quadro generale per le valutazioni energetiche globali,

basate sull'energia primaria, sull'emissione di anidride carbonica o su altri indicatori e derivanti della sintesi dei risultati di altre norme che calcolano i consumi energetici specifici dei vari servizi all'interno dell'edificio.

Le norme tecniche di riferimento impiegate per il calcolo dei fabbisogni di energia per i servizi forniti all'edificio in oggetto sono quelle elencate di seguito, unitamente a quelle da esse richiamate:

- UNI/TS 11300-1:2014. Prestazioni energetiche degli edifici. Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica per la climatizzazione invernale ed estiva;
- UNI/TS 11300-2:2014. Prestazioni energetiche degli edifici. Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione in edifici non residenziali;
- UNI/TS 11300-3:2010. Prestazioni energetiche degli edifici. Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva.
- UNI UNI/TS 11300-4: 2016. Prestazioni energetiche degli edifici. Parte 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 11300-5:2016. Prestazioni energetiche degli edifici. Parte 5: Calcolo dell'energia primaria e della quota di energia da fonti rinnovabili;
- UNI EN ISO 13790:2008. Prestazione energetica degli edifici. Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento;
- UNI EN 12831:2006. Impianti di riscaldamento negli edifici - Metodo di calcolo del carico termico di progetto;
- UNI 10349-1:2016. Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 1: Medie mensili per la valutazione della prestazione termo-energetica dell'edificio e metodi per ripartire l'irradianza solare nella frazione diretta e diffusa e per calcolare l'irradianza solare su di una superficie inclinata;
- UNI/TR 10349-2:2016. Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 2: Dati di progetto.

Le norme tecniche di riferimento impiegate per la valutazione economica degli interventi di efficientamento sono quelle elencate di seguito, unitamente a quelle da esse richiamate:

- UNI EN 15459:2008. Prestazione energetica degli edifici. Procedura di valutazione economica dei sistemi energetici degli edifici.

1.3 TERMINI E DEFINIZIONI

Ai fini della presente diagnosi energetica si applicano i termini e le definizioni di cui alla norma UNI CEI EN 16247-1:2012 di seguito riportati:

- **Edificio:** complesso edilizio, ivi compreso il suo involucro e tutti i sistemi tecnici, per il quale l'energia può essere utilizzata al fine di condizionare il clima interno, di fornire acqua calda sanitaria ed illuminazione ed altri servizi collegati all'uso dell'edificio ed alle attività realizzate all'interno dell'edificio. Il termine può riferirsi all'edificio nel suo complesso o a parti del medesimo che siano state progettate o ristrutturate al fine di essere utilizzate come unità a sé stanti;
- **Confine del sistema:** confine che include al suo interno tutte le aree di pertinenza dell'oggetto della diagnosi (sia all'interno che all'esterno dello stesso oggetto) dove l'energia è consumata o prodotta. All'interno del confine del sistema le perdite dei sottosistemi sono contabilizzate esplicitamente, al di fuori dei confini del sistema esse sono contabilizzate attraverso un fattore di conversione;
- **Fabbisogno energetico:** energia che deve essere fornita o estratta da un edificio in un determinato periodo temporale da un sistema tecnico al fine di rendere disponibile un servizio;
- **Vettore energetico:** sostanza o fenomeno fisico che può essere utilizzato direttamente o indirettamente al fine di essere trasformato in energia utile. A tal proposito la norma UNI CEI EN 16247-1:2012 chiarisce come il contenuto energetico di riferimento per i combustibili è il potere calorifico superiore;
- **Energia fornita o energia finale:** energia, espressa per vettore energetico, fornita ai sistemi tecnici dell'edificio attraverso il confine del sistema al fine di soddisfare gli usi energetici considerati (riscaldamento, raffrescamento, ventilazione, acqua calda sanitaria, illuminazione, apparecchiature, etc.) o di produrre elettricità. L'energia fornita può essere calcolata per determinati usi energetici o può essere misurata;
- **Energia prodotta:** calore o elettricità generata all'interno del confine del sistema che può essere utilizzata all'interno del confine del sistema o esportata;
- **Energia esportata:** energia, espressa per ogni vettore energetico, fornita da i sistemi tecnici dell'edificio attraverso il confine del sistema ed utilizzata al di fuori del confine del sistema. L'energia esportata può essere calcolata o può essere misurata suddividendola per tipo di generazione (per esempio cogenerazione, fotovoltaico, etc.) al fine di applicare diversi fattori di ponderazione;
- **Servizi di edificio:** i servizi forniti dai sistemi tecnici di edificio e da apparati ai fini di condizionare l'ambiente interno (comfort termico, qualità dell'aria, qualità visuale o

acustica) ed altri servizi connessi all'uso dell'edificio;

- Sistemi tecnici di edificio: apparati tecnici per riscaldamento, raffrescamento, ventilazione, acqua calda sanitaria, illuminazione e produzione locale di energia (calore o elettricità). Un sistema tecnico dell'edificio è composto di differenti sottosistemi e ne include i relativi sistemi di regolazione e controllo. Può, inoltre, fare riferimento a una o più combinazioni di servizi di edificio (per esempio il sistema di riscaldamento che comprende riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria).

E alla norma UNI EN 15459:2008 di seguito riportati:

- Costo Globale: somma dei valori attualizzati (con riferimento all'anno iniziale dell'investimento) di tutti i costi, inclusi i costi d'investimento. Al termine del periodo di calcolo i costi di smantellamento e il valore residuo dei componenti viene preso in considerazione al fine di determinare il costo globale finale;
- Valore Attuale Netto: valore attualizzato rispetto all'anno iniziale dell'investimento, di tutti i flussi di cassa in ingresso (introiti) e in uscita (costi) occorsi durante il periodo di calcolo;
- Costo d'investimento iniziale: costo da considerare quanto l'edificio o il sistema tecnico vengono consegnati al cliente, pronti per l'uso. Esso comprende la progettazione, l'acquisto, l'installazione, la messa in funzione e la regolazione.

1.4 FINALITÀ, AMBITO E ACCURATEZZA DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

Attualmente, i servizi forniti all'edificio che determinano un fabbisogno energetico sono i seguenti:

- Riscaldamento;
- Raffrescamento;
- Produzione di acqua calda sanitaria;
- Illuminazione interna;
- Illuminazione esterna;
- Alimentazione di altre apparecchiature (ad esempio videoproiettori, computer, stampante... etc.) e processi presenti all'interno dell'edificio.

In riferimento alla classificazione di cui all'appendice C della norma CEI UNI EN 16247-2:2015 la diagnosi presenta le seguenti caratteristiche:

- **Finalità:** Su richiesta dell'Amministrazione Comunale la presente diagnosi energetica ha

lo scopo di valutare i possibili risparmi energetici ed economici, e la convenienza, derivanti dall'attuazione di **interventi di sostituzione degli infissi della Scuola Secondaria di Primo grado**, elementi tecnici che, avendo raggiunto o superato la propria vita utile¹, l'Amministrazione Comunale ha in programma di sostituire a breve termine. Le proposte sono corredate da indicazioni relative ai requisiti prestazionali degli elementi tecnici rinnovati.

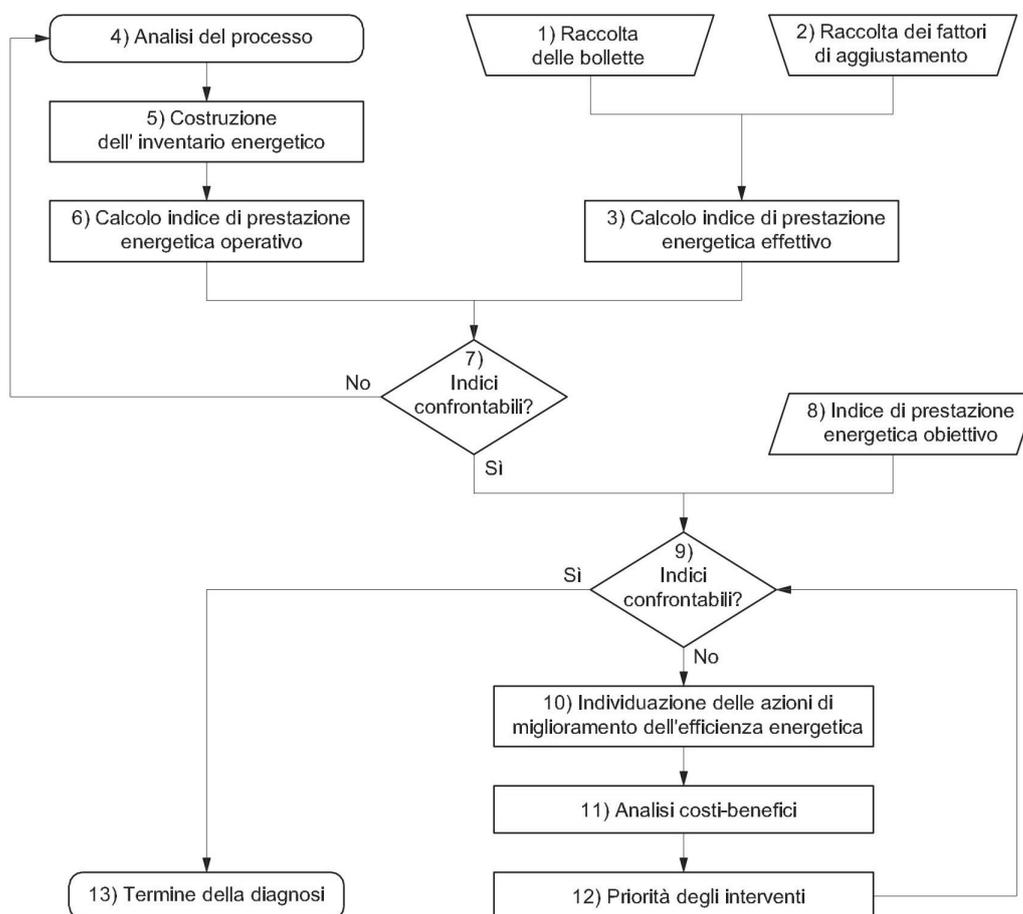
- **Ambito:** l'oggetto della diagnosi riguarda **la porzione di edificio utilizzato come Scuola Secondaria di primo grado**. I servizi energetici analizzati sono quelli connessi al mantenimento delle condizioni di comfort ambientale all'interno dell'edificio, ovvero il riscaldamento, il raffrescamento, la produzione di acqua calda sanitaria e l'illuminazione interna. I sistemi tecnici sottoposti a diagnosi sono l'impianto di riscaldamento, l'impianto di produzione di acqua calda sanitaria e l'impianto elettrico limitatamente alle sorgenti luminose;
- **Accuratezza:** la prestazione energetica dell'edificio e il potenziale di risparmio energetico delle misure di efficientamento sono stati stimati mediante **valutazione energetica adattata all'utenza** ai sensi delle norme UNI EN 15603:2008 e UNI/TS 11300-1:2014. La valutazione si basa sull'uso di modelli digitali del sistema fabbricato-impianto implementati con profili di utilizzo reali e calibrati rispetto ai consumi storici.

La diagnosi energetica nell'individuazione di misure di risparmio energetico tiene in considerazione la finanziabilità delle misure individuate, mediante i seguenti strumenti pubblici:

- Bando Regione Toscana **POR FESR 2014-2020** "Progetti di efficientamento energetico degli immobili pubblici", approvato con D.D. 10360 del 14/07/2017;
- Incentivi di cui al Decreto Interministeriale 16/02/2016 (cosiddetto "**Nuovo Conto Termico**") che promuove interventi per l'incremento dell'efficienza energetica e la produzione di energia termica da fonti rinnovabili.

1 periodo di tempo a decorrere dall'installazione, durante il quale il sistema mantiene livelli prestazionali superiori o uguali ai limiti di accettazione, prima che si manifestino degradi tali da pregiudicare la funzionalità.

1.5 PROCEDIMENTO DI ESECUZIONE DELL'ANALISI ENERGETICA (UNI CEI /TR 11428:2011)



2 DATI DI BASE DELL'EDIFICIO

2.1 PROVENIENZA DEI DATI

I dati su cui si basano ipotesi e valutazioni contenute nella presente diagnosi energetica sono stati messi a disposizione dai seguenti referenti:

- Servizio Lavori Pubblici - Ufficio Impianti e illuminazione del Comune di Quarrata: elaborati tecnici relativi alla planimetria dell'immobile; Attestato Prestazione Energetica Media Vignole (redatto Diddi s.r.l.); fatture relative ai consumi di energia elettrica (periodo 2014-2017) ;

fascicoli pratiche edilizie; consumi di gas metano annuali (periodo 2014-2017); orari di accensione riscaldamento;

- Impresa Diddi Dino e Figli s.r.l. (Gestore impianti termici) – Francesco Calabria e Elisabetta Pacini: risultanze dei contacalorie (Scuola Media)(periodo 2014-2017);
- Segretario sig. Alberto Nannini e Personale della scuola.

Al fine di verificare e integrare i dati reperibili nei suddetti documenti e raccogliere le informazioni mancanti, sono stati effettuati sopralluoghi sull'edificio oggetto di analisi: 7 dicembre 2017, 13 dicembre 2017, 18 dicembre 2017, 28 dicembre 2017, 18 gennaio 2017.

Sono stati, in particolare, raccolti dati relativamente a:

- caratteristiche dimensionali e destinazione d'uso degli spazi climatizzati e non climatizzati;
- caratteristiche tecnologiche e potenze nominali dell'impianto di riscaldamento relativamente ai sottosistemi che lo compongono (generazione, regolazione, distribuzione ed emissione);
- caratteristiche tecnologiche e potenze nominali dell'impianto di produzione di acqua calda sanitaria;
- caratteristiche e potenze nominali degli apparecchi illuminanti;
- presenza di apparecchiature utilizzatrici di energia elettrica negli spazi occupati e altre fonti di apporti termici interni;
- profili di occupazione degli spazi climatizzati;
- caratteristiche tecnologiche e dimensionali degli infissi;
- rilievo dei fattori esterni che possono influenzare la prestazione energetica dell'edificio (ostruzioni, ombreggiamento e inserimento urbano).

2.2 DESCRIZIONE DEL SISTEMA FABBRICATO/IMPIANTO (VEDI ALLEGATI N°1 E 2 - DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA E ELABORAZIONI GRAFICHE)

L'edificio oggetto di analisi è sito in via IV Novembre, 170 a Vignole, frazione a nord del Comune di Quarrata. La scuola è circondata da un ampio giardino alberato.

Il fabbricato è interamente in rilevato di circa 90 cm rispetto al piano di campagna e si sviluppa per gran parte su un piano fuori terra ad eccezione, del corpo centrale che ospita

l'amministrazione della scuola cal secondo piano.

La chiusura inferiore del volume riscaldato è costituita interamente da un solaio in c.a. e laterizio, poggiato su spazio areato.

Gli ambienti didattici della scuola, sono tutti al piano terra: le aule hanno altezza netta di 3,10 mentre i tre laboratori hanno un'altezza di m. 4,30 .

Il fabbricato è stato edificato come Scuola Elementare fra il 1975 e il 1980, con struttura intelaiata in c.a e copertura piana; le pareti esterne sono composite, con mattoni pieni all'esterno, con mattoni forati all'interno ed interposta lastra di materiale isolante. La copertura è piana ma non utilizzata a terrazzo. Nel 1998 la scuola è stata oggetto di opere edili e impiantistiche finalizzate alla sua trasformazione in scuola Secondaria di primo grado.

In questo periodo sono stati sostituiti gli infissi a cura della Ditta SEALT; gli infissi attuali sono quelli del 1999 ad eccezione delle zone dell'amministrazione dove parte degli infissi in alluminio sono stati nuovamente sostituiti nel 2013 con infissi dello stesso materiale ma tecnologicamente più avanzati.

Attualmente una porzione del fabbricato è stato adibito a Scuola dell'infanzia. Al fabbricato scolastico aderisce la Palestra a servizio delle tre scuole (una Scuola Elementare è collegata con pensilina alla palestra).

La centrale termica è integrata nell'edificio, con accesso dall'esterno. (vedi ALLEGATI 1 e 2 – Elaborazioni grafiche e documentazione fotografica)

Attualmente nella scuola , oltre ad ampi spazi di distribuzione, ci sono:

- al Piano Terra: 15 aule, 4 laboratori, 3 gruppi di servizi igienici e spazi accessori, un archivio;
- al Piano Primo, che si raggiunge esclusivamente con una scala a due rampe e un ascensore non integrato al corpo scala: 3 uffici amministrativi, un ufficio direzionale, la sala insegnanti, un gruppo servizi igienici.

Le aperture degli ambienti verso l'esterno, sono dotate di infissi in alluminio con vetrocamera; l'oscuramento avviene dall'interno con tendaggi .

I principali dati dimensionali dell'edificio sono raccolti nella Tabella 1.

Tabella 1 – Dati dimensionali dell'edificio

Superficie netta climatizzata (m^2)	2.064,20
Volume netto climatizzato (m^3)	6772,58
Superficie disperdente totale – S (m^2)	5.902,83
Volume lordo climatizzato – V (m^3)	9012,50
Rapporto di forma S/V (m^{-1})	0.65

2.3 CARATTERISTICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

Le caratteristiche degli elementi tecnici che costituiscono l'involucro edilizio (insieme delle strutture disperdenti verso l'esterno, il terreno o spazi non riscaldati) sono riportate nella Diagnosi Energetica e negli Elaborati grafici.

Le caratteristiche termofisiche dei materiali costituenti gli strati funzionali, sono state attribuite sulla base delle norme UNI 10351, UNI 10355 e UNI EN ISO 10456 per le chiusure opache, UNI/TS 11300-1 e UNI EN ISO 10077-1 per le chiusure trasparenti.

2.4 CARATTERISTICHE DEI SOTTOSISTEMI IMPIANTISTICI

Per quanto riguarda i servizi destinati al controllo delle condizioni ambientali interne, l'edificio è dotato dei soli impianti di riscaldamento, raffrescamento, di produzione di acqua calda sanitaria e illuminazione. Non sono presenti impianti di ventilazione meccanica.

2.4.1 IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

Il **sottosistema di generazione** attualmente presente è costituito da

- caldaia a condensazione installata nel 2014, marca RIELLO Mod TAU 450 (*Potenza termica utile nominale (Pn)[kW] 442,4 - Rendimento utile al 100% Pn98,3 - Rendimento al 30% Pn 98,3*);

Il **sottosistema di emissione** è costituito da ventilconvettori nelle aule, nei laboratori, nella Direzione e negli spazi connettivi; nei servizi igienici sono installati radiatori in ghisa.

2.4.2 IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO

L'impianto di raffrescamento è presente solo negli uffici posti al piano primo destinati alla presidenza e alla segreteria. Esso è costituito da un sistema ad espansione diretta invertibile aria-aria tipo multisplit.

2.4.3 IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA

L'acqua calda sanitaria è prodotta :

1. da 1 generatore a gas istantaneo marca BERETTA Modello IDROBAGNO 13 ESI, a gas naturale;
2. da 1 scaldacqua a gas ad accumulo marca ARISTON Modello 80 V FFI-E, a gas naturale;
3. da 2 bollitori elettrici di potenza pari a 1,2 kW ciascuno e capacità di 49 litri.

2.4.4 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

L'edificio è dotato degli apparecchi illuminanti e delle sorgenti luminose riportate nella Tabella 2.

Tabella 2 – Apparecchi illuminanti e sorgenti luminose presenti nell'edificio

tipologia di ambiente	numero ambienti	posizione sorgente	tipo sorgente	numero sorgenti	potenza nominale sorgente (W)
ILLUMINAZIONE INTERNA					
Piano terra					
Aule		filo parete e soffitto	neon a fluorescenza	120	49
Locali di ingresso e disimpegno		filo soffitto	neon a fluorescenza	55	49
		incasso soffitto	faretti a fluorescenza	12	10
Vani scala		a parete	neon a fluorescenza	2	49
Laboratori		filo soffitto	neon a fluorescenza	54	49
Archivi, magazzini		filo soffitto	neon a fluorescenza	4	49
Locali tecnici		filo soffitto	neon a fluorescenza	2	49
Servizi igienici e antibagni		filo parete e soffitto	neon a fluorescenza	8	49
		filo parete e soffitto	neon a fluorescenza	25	10
Uffici amministrativi		filo soffitto	neon a fluorescenza	1	49
		filo soffitto	neon a fluorescenza	2	10
Primo piano					
Uffici amministrativi		filo soffitto	neon a fluorescenza	13	49
Locali di ingresso e disimpegno		filo soffitto	neon a fluorescenza	5	49
Servizi igienici e antibagni		filo soffitto	neon a fluorescenza	1	49
		filo parete e soffitto	neon a fluorescenza	5	10
LUCI EMERGENZA					
INTERNE	piano terra	filo parete e soffitto	led	63	8
	primo piano	filo parete e soffitto	led	13	8
ESTERNE		filo parete	led	2	8
ILLUMINAZIONE ESTERNA					
	piano terra	filo soffitto	neon a fluorescenza	30	10

2.5 PROFILI DI UTENZA E CONDIZIONI AMBIENTALI DI RIFERIMENTO

La scuola Media di Vignole ospita 190 alunni e 45 adulti (fra insegnanti, segreteria, dirigenti e collaboratori scolastici).

Essendo Quarrata collocato in zona climatica D (1691 gradi-giorno) l'impianto di riscaldamento è acceso dal 1 novembre al 15 aprile.

Gli orari di accensione dal lunedì al venerdì (si indicano, mediati nella settimana, quelli relativi al 2017), variano nei diversi mesi con i seguenti orari²:

²Classificazione climatica e periodo di riscaldamento ai sensi del DPR 412/93 [19]

NOVEMBRE	DICEMBRE	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE
6/12	5/12.30 13.30/15.30	6/12.30 15/17	6/12.30 15/17	5/12 15/17	6.30/9

La temperatura ambiente di riferimento è fissata a $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ [20]. L'umidità relativa e le portate d'aria di rinnovo non sono stabilite in quanto la scuola è sprovvista di impianto di climatizzazione e ventilazione e il ricambio d'aria è garantito dalla ventilazione naturale mediante apertura degli infissi.

Ai sensi della norma UNI 10840:2007, i valori di illuminamento di riferimento per gli ambienti scolastici sono i seguenti: 300 lx per le aule, laboratori di informatica, sale professori, 200 lx per gli spazi comuni e la mensa e di 100 lx per le zone di transito e i bagni [21].

2.6 VETTORI ENERGETICI

Energia fornita: l'edificio oggetto di analisi è attualmente allacciato alla rete di distribuzione del gas metano per l'alimentazione dell'impianto di riscaldamento e alla rete di distribuzione dell'energia elettrica per l'alimentazione degli impianti di produzione di acqua calda sanitaria e illuminazione.

Energia esportata: L'edificio oggetto di analisi esporta al di fuori del confine del sistema fabbricato – impianto, energia elettrica mediante immissione diretta nella rete elettrica pubblica. L'energia elettrica esportata è auto-prodotto in situ da fonte rinnovabile tramite impianto solare fotovoltaico da 46,69kWp.

2.7 CONSUMI DI ENERGIA

I dati relativi ai consumi energetici storici, forniti dal Comune, sono basati sulle fatturazioni e i rendiconti dell'azienda di gestione degli impianti termici (Diddi s.r.l.) relative a due punti di misura:

- Contatore dell'energia elettrica consegnata all'edificio (POD: IT001E04267517);
- Contatore del gas metano consegnato all'edificio (PDR: 15104203722000).

Mentre i consumi registrati al secondo punto di misura (vettore energetico: gas metano) sono attribuibili al servizio di riscaldamento e in parte alla produzione di acqua calda sanitaria, i primi (vettore energetico: energia elettrica) sono attribuibili all'insieme dei fabbisogni generati dai servizi produzione di acqua calda sanitaria, illuminazione, alimentazione apparecchiature elettriche (ventole, frigorifero, cuocipasta 4 buche, piastra elettrica di cottura e lavastoviglie, lim, stampanti...), alimentazione degli ausiliari dell'impianto di riscaldamento (elettropompe, ventilatori, attuatori, etc.).

Nella Tabella 3 e nella Tabella 4 sono riportati i consumi totali annui riferiti alle tre annualità considerate dalla Diagnosi.

Tabella 3 – Consumi di energia elettrica (per anno solare) al netto dell'energia elettrica esportata

2015	2016	2017
(kWh)	(kWh)	(kWh)
33749	40016	33464

Tabella 4 – Consumi di gas metano (per anno termico³)

2014-2015	2015/2016 (Sm³)	2016-2017
18167	19020	18693

Sulla base delle suddette rilevazioni in Tabella 5 sono riportati i valori medi annui di consumo e la corrispondente spesa economica⁴ ripartiti per vettore energetico.

Tabella 5 – Consumi medi annui ripartiti per vettore energetico e corrispondente spesa economica (i consumi specifici sono riferiti alla superficie utile netta)

vettore	Periodo di	Consumo medio annuo	Consumo medio annuo specifico	Costo medio
energia elettrica	2015-	35.743 kWhel	17,31 kWhel/m ²	6799,45 €
gas metano	2015-	18627 Sm ³ (175497	85,02 kWhel/m ²	12168,22€

³Periodo temporale di riferimento la cui durata va dal 1 ottobre al 30 settembre dell'anno successivo. ⁴Considerando le tariffe energetiche rilevate (energia elettrica 0,17 €/kWh, gas metano 0,55 €/Sm³) ⁵Considerando i seguenti fattori di conversione: 1 Nm³ = 1,055 Sm³ e 1 Nm³ = 9,94 kWh sul potere calorifico inferiore [7]

I consumi medi annui precedentemente riportati sono stati opportunamente corretti mediante un fattore di destagionalizzazione al fine di renderli più facilmente confrontabili con i fabbisogni stimati mediante l'analisi energetica. Il fattore di destagionalizzazione è stato calcolato confrontando il valore assunto dall'indicatore climatico sintetico "gradi giorno" relativo al profilo climatico di calcolo, con i valori reali relativi agli anni 2014, 2015, 2016 e 2017. Questi ultimi sono stati calcolati a partire dai dati di temperature media giornaliera messi a disposizione per la località di Quarrata dal centro funzionale regionale di monitoraggio meteo – idrologico della Regione Toscana e costituiscono il riferimento energetico iniziale per la taratura del modello di calcolo impiegato per l'analisi energetica.

3 METODOLOGIA DI VALUTAZIONE

Ai sensi della normativa di riferimento CEI UNI EN 16247-2:2015 [2] la diagnosi energetica di un edificio deve necessariamente includere modellizzazioni energetiche e proiezioni economiche al fine di caratterizzare il profilo di utilizzo corrente dell'energia e valutare costi e benefici delle opportunità di miglioramento dell'efficienza energetica.

Nella presente diagnosi energetica, la metodologia di valutazione delle opportunità di efficientamento si articola in due fasi distinte:

- analisi energetica dello stato attuale, in cui, attraverso l'elaborazione di un modello di calcolo digitale, sono stati stimati i flussi energetici che caratterizzano l'edificio nella configurazione tecnologica e nello stato di utilizzo attuale. Questa fase è finalizzata all'individuazione delle eventuali criticità e inefficienze nell'uso dell'energia per la fornitura dei servizi connessi al comfort interno;
- valutazione energetica ed economica degli interventi di efficientamento, in cui le misure di efficienza energetica applicabili sono state integrate nel modello di calcolo precedentemente realizzato al fine di prevedere, con sufficiente accuratezza, i risparmi energetici ed economici raggiungibili ed elaborare una graduatoria di priorità degli interventi sulla base dei valori assunti da alcuni indicatori economici significativi.

Sia l'analisi energetica dello stato di fatto che la valutazione dell'efficacia, in termini energetici ed economici, degli interventi di efficientamento sono, quindi, basati sui risultati del modello di calcolo elaborato considerando condizioni al contorno reali e calibrato rispetto ai consumi energetici misurati.

3.1 CRITERI DELL'ANALISI ENERGETICA

L'analisi energetica dell'edificio consiste nel calcolo dei flussi di energia relativi al fabbricato (involucro edilizio) ed agli impianti (sistemi tecnologici dedicati ai differenti servizi). Il calcolo delle prestazioni energetiche può essere condotto secondo tre differenti modalità di valutazione, come definite dalle specifiche tecniche UNI EN 15603 e UNI/TS 11300: A1

(di progetto), A2 (standard) ed A3 (adattata all'utenza). Le prime due modalità (A1 ed A2), trovano applicazione, rispettivamente, nelle verifiche di legge e nella redazione dell'APE e sono volte a consentire il confronto delle prestazioni energetiche di edifici diversi e si basano sull'adozione di parametri convenzionali, rappresentativi di condizioni di clima ed utenza standardizzate. La terza modalità (A3), è quella impiegata ai fini della presente diagnosi energetica. Si basa sulle condizioni effettive di utilizzo del fabbricato e di gestione degli impianti ed è finalizzata alla costruzione di un modello di calcolo affidabile finalizzato all'accurata valutazione economica previsionale di possibili opere di efficientamento.

Tipo di valutazione		Dati di ingresso		
		Uso	Clima	Edificio
A1	Sul progetto (<i>Design Rating</i>)	Standard	Standard	Progetto
A2	Standard (<i>Asset Rating</i>)	Standard	Standard	Reale
A3	Adattata all'utenza (<i>Tailored rating</i>)	In funzione dello scopo		Reale

Figura 1 – Classificazione delle tipologie di valutazione energetica per applicazioni omogenee all'intero edificio [6]

		Edificio		
		Progetto	Reale	Misto
Utenza	Standard	- Richiesta del permesso di costruire (nuova costruzione) - Certificazione energetica del progetto (nuova costruzione)	- Certificazione energetica dell'edificio - Qualificazione energetica dell'edificio	- Richiesta di titolo abilitativo (ristrutturazione) - Certificazione energetica del progetto (ristrutturazione)
	Reale	- Ottimizzazione del progetto (nuova costruzione)	- Diagnosi energetica (analisi dell'esistente) - Validazione modelli di calcolo (confronto con consumi reali)	- Ottimizzazione del progetto (ristrutturazione)

Figura 2 – Classificazione delle tipologie di valutazione energetica e relative applicazioni [6]

Come prescritto dalla norma di riferimento [2], al fine di incrementare il livello di accuratezza dell'analisi,

il modello di calcolo è stato calibrato rispetto ai consumi energetici reali

3.2 CRITERI DELL'ANALISI ECONOMICA

Ai sensi della normativa di riferimento CEI UNI EN 16247-2:2015 la diagnosi energetica di un edificio deve proporre opportunità di miglioramento dell'efficienza energetica, includendo una o più delle seguenti categorie di misure di efficientamento:

- misure finalizzate a ridurre o recuperare le perdite di energia;
- misure finalizzate a rendere più efficiente ed ottimizzato l'esercizio dei sistemi tecnici;
- misure finalizzate a migliorare la manutenzione dei sistemi tecnici;

- misure finalizzate alla sensibilizzazione energetica del comportamento degli utenti.

Nella presente diagnosi energetica, le opportunità di efficientamento che emergono dall'analisi energetica del sistema fabbricato - impianto sono valutate e classificate in base all'indicatore economico "tempo di ritorno attualizzato".

Per il calcolo dei suddetti indicatori sono state adottate le seguenti ipotesi:

- Il tasso di attualizzazione nominale e il tasso d'inflazione, determinato considerando anche l'evoluzione dei prezzi dei prodotti energetici, sono stati posti pari, rispettivamente, al 5% e al 3%. Il tasso di attualizzazione reale risultante è di poco inferiore al 2%, in linea con quanto stabilito dalla legislazione europea di riferimento;
- I costi, IVA esclusa, degli interventi di efficientamento, sono stati determinati sulla base dell'Elenco Prezzi dei LLPP 2017 fornito dalla Regione Toscana. I costi d'investimento impiegati per l'analisi economica sono comprensivi dello smontaggio degli elementi tecnici esistenti, della fornitura e della posa in opera degli elementi tecnici nuovi, delle assistenze murarie, delle eventuali opere provvisorie, dei trasporti, degli oneri destinati agli imprevisti e alla sicurezza, nonché degli oneri professionali⁶ per la progettazione e la direzione lavori.

4 ANALISI ENERGETICA DELLO STATO ATTUALE

Lo strumento di analisi impiegato per la diagnosi energetica è il **Software BLUMATICA ENERGY – VERSIONE 6.2.0.15**. Il software è certificato dal **Comitato Termotecnico Italiano Energia Ambiente (CTI) con Certificato n°64 rilasciato il 15 marzo 2017**. Il Software è conforme alle **UNI/TS 11300-1:2014, UNI/TS 11300-2:2014, UNI/TS 11300-3:2014, UNI/TS 11300-4:2014, UNI/TS 11300-5:2014, UNI/TS 11300-6:2014 e alle UNI EN 15193:2008**.

Nella Diagnosi, l'uso dell'energia per la fornitura dei servizi connessi al comfort è stato analizzato, valutando i seguenti aspetti:

- Prestazione termica degli elementi tecnici che compongono l'involucro edilizio opaco e trasparente;
- Bilancio energetico dell'involucro edilizio, tenendo in considerazione dispersioni, guadagni ed interazioni con l'utenza e con i sistemi tecnici per l'illuminazione e la produzione di acqua calda sanitaria (riduzione dei fabbisogni di riscaldamento in ragione degli apporti gratuiti e dei recuperi termici);
- Energia fornita, in termini di vettori energetici, ai sottosistemi tecnici di conversione e distribuzione, al fine di soddisfare i fabbisogni ideali di ciascun servizio analizzato (compresa l'alimentazione dei dispositivi ausiliari quali elettropompe e ventilatori).

I sistemi tecnici impiantistici sono stati valutati come composti dai seguenti sottosistemi:

- generazione;
- accumulo, ove presente;
- distribuzione;
- controllo e regolazione dell'emissione in ambiente dei terminali impiantistici (ventilconvettori, radiatori e apparecchi illuminanti)

Le prestazioni energetiche dell'involucro e dei sottosistemi tecnici sono state valutate per mezzo di adeguati indicatori energetici, come, ad esempio, il fabbisogno annuo specifico di energia per unità di superficie utile netta, espresso in kWh/m². I valori assunti dagli indicatori sono stati confrontati con valori di riferimento, desunti dalla vigente normativa tecnica e legislativa in materia di prestazione energetica degli edifici, al fine di individuare le eventuali criticità presenti e le conseguenti opportunità di risparmio energetico.

4.1 CLASSIFICAZIONE ENERGETICA DELLO STATO ATTUALE

E' stato determinata l'ATTESTAZIONE DI PRESTAZIONE ENERGETICA (APE) del fabbricato, per il quale risulta la CLASSE ENERGETICA "E".

5 OPPORTUNITÀ DI MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA

E' stata valutata la convenienza economica della sostituzione degli infissi esistenti, con infissi nuovi, con resistenza termica migliorata.

Tale intervento, ritenuto prioritario dall'Amministrazione Comunale, risulta opportuno, in quanto dai risultati della Diagnosi Energetica, risulta che le dispersioni per infiltrazione e trasmissione attribuibili all'involucro trasparente rappresentano la maggiore criticità del bilancio energetico dell'edificio.

6Le spese di progettazione e direzione lavori sono state determinate ai sensi del DM 17/06/2016 "Approvazione delle tabelle dei corrispettivi commisurati al livello qualitativo delle prestazioni di progettazione adottato ai sensi dell'art. 24, comma 8, del decreto legislativo n. 50 del 2016".

6 CONSIDERAZIONI PROGETTUALI

L'analisi energetica dello stato di fatto condotta mediante un modello energetico digitale, calibrato rispetto ai consumi storici e in grado di simulare i flussi energetici dell'edificio nelle reali condizioni climatiche e di utilizzo, ha messo in evidenza le seguenti criticità:

- Dispersioni per trasmissione e per infiltrazione a carico degli infissi del fabbricato originario;

A seguito della definizione della classe energetica dell'immobile nello stato attuale, e quindi prima della realizzazione di qualunque tipo di intervento di efficientamento e riqualificazione energetica, esso risulta essere, sulla base dell'Attestato di Prestazione Energetica (APE) determinato, nella **CLASSE ENERGETICA "E" (situazione pre – intervento)**.

Di conseguenza sono stati proposti e valutati i seguenti interventi:

- **Sostituzione degli infissi esistenti con infissi nuovi con resistenza termica migliorata.**

A seguito dell'attuazione delle tipologie di intervento sopra indicate, si prevede che il fabbricato passerà dalla classe energetica E alla **CLASSE ENERGETICA "D" (situazione post- intervento)**.

Le specifiche tecniche e prestazionali degli interventi sono state definite in modo tale da poter soddisfare i requisiti minimi imposti dalla vigente legislazione in materia.

Gli interventi sono stati valutati sulla base dei risultati delle analisi energetiche condotte mediante il modello digitale precedentemente elaborato e delle analisi economiche volte a determinare il tempo di ritorno attualizzati di ciascun intervento.

7 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

A seguito dell'analisi energetica e della decisione di provvedere ad una riqualificazione energetica dell'immobile in oggetto, considerato che l'analisi svolta ha interessato il plesso scolastico nel suo complesso, si è provveduto in questa fase, su indicazione dell'Amministrazione Comunale, a redigere il progetto di intervento di un primo lotto funzionale concentrato sull'ala sud della scuola secondaria di primo grado "M. Nannini" di Vignole.

Questo anche in considerazione del fatto che, a seguito anche degli audit sismici svolti, tale immobile risulta già adeguato sismicamente e quindi, non necessitando di interventi di adeguamento sismico che potrebbero modificare forme e dimensioni delle aperture, delle murature e delle strutture, è possibile in questa fase provvedere ad eseguire quelli di adeguamento energetico.

L'intervento sarà costituito dalla rimozione degli infissi esistenti e nella loro sostituzione con infissi in alluminio conformi ai risultati della diagnosi energetica, al fine di ottenere la riqualificazione energetica dell'edificio con il passaggio dell'APE all'appartenenza alla classe superiore (dalla classe E alla classe D): a tale fine il valore medio della trasmittanza termica degli infissi dovrà essere $U_w \leq 1,35 \text{ W/mq}^{\circ}\text{k}$, gli infissi dovranno, inoltre, essere dotati di vetri di

sicurezza al fine dell'impedimento della loro rottura con sgretolamento e/o frazionamento in parti pericolose e taglienti, anche essi conformi alla normativa vigente in materia.

Gli infissi dovranno anche essere rispondenti alle normative relative all'isolamento acustico per edifici adibiti ad attività scolastiche, alla permeabilità all'aria, alla tenuta all'acqua ed alla resistenza del carico del vento (vedi nello specifico le prescrizioni indicate nelle voci di Elenco Prezzi Unitari).

In corrispondenza delle finestre poste in posizione elevata o comunque non raggiungibili manualmente, verranno posizionati idonei dispositivi di automazione e motorizzazione per il comando a distanza della loro apertura/chiusura, mentre in corrispondenza delle porte di uscita verranno installati idonei maniglioni antipánico rispondenti alle vigenti norme in materia di sicurezza e prevenzione incendi dei locali pubblici.

Rispetto all'analisi energetica complessiva, il presente lotto funzionale interesserà gli infissi individuati per tipologia con le seguenti sigle all'interno dell'abaco degli infissi di progetto:

Porte:

- P01 (uscita di sicurezza)
- P02 (uscita di sicurezza)

Finestre:

- F01
- F02
- F03
- F04
- F05
- F06
- F07
- F12 (motorizzata)

8 QUADRO ECONOMICO DI PROGETTO

Sulla base del Computo Metrico Estimativo relativo ai lavori necessari per realizzare l'intervento di riqualificazione energetica della scuola secondaria di I° grado "M. Nannini" di Vignole a Quarrata, con la sostituzione degli infissi esistenti con infissi nuovi con resistenza termica migliorata, si ottiene il seguente **QUADRO ECONOMICO DI PROGETTO**:

SCUOLA SECONDARIA DI I° GRADO "M. NANNINI" DI VIGNOLE

Importo dei lavori	112.985,00 €	
Oneri della Sicurezza	2.015,00 €	
TOTALE IMPORTO DEI LAVORI E ONERI DELLA SICUREZZA		115.000,00 €
Somme a disposizione		
I.V.A. 10%	11.500,00 €	
Incentivi funzioni tecniche (art. 113 D.Lgs 50/2016 e ss.mm.ii.)	2.300,00 €	
Assicurazione progettisti	130,00 €	
Spese per gara, pubblicità, ANAC, ecc.	30,00 €	
Arrotondamenti e imprevisti	40,00 €	

TOTALE	SOMME	A	14.000,00 €
DISPOSIZIONE			
TOTALE COMPLESSIVO FINALE			129.000,00 €

Quarrata, lì dicembre 2018

IL PROGETTISTA
Geom. Fabiana Baldi


 L'ISTRUTTORE TECNICO DIRETTIVO
 Geom. Fabiana Baldi


Il Responsabile Unico del Procedimento
Arch. Riccardo Pallini


 Servizio Lavori Pubblici
 Arch. Riccardo Pallini
