

COMUNE DI BOLOGNA

I.I.S. "ALDINI-VALERIANI"

Sede Via Bassanelli, 9 - Bologna

Progetto rifacimento dell'impianto di illuminazione

PROPRIETA':

COMUNE di BOLOGNA
in convenzione
con la Citta' Metropolitana di Bologna
ai sensi della L.n. 23/11.01.1996

Il Direttore Area Servizi Territoriali
Metropolitani:

.....

Dott. Ing. M. BIAGETTI

Responsabile unico procedimento:

.....

Dott. Ing. M. FERRARINI

Progettazione :

.....

Per.ind. A. BRUNI

Disegni:

.....

Geom. M. D'Amato

oggetto:

DIAGNOSI ENERGETICA

tavola n°: **A11**

scala elab.

Archivio:

cod str:

data: MAGGIO 2021

PROGETTO ESECUTIVO

PREMESSA

Il progetto prevede la sostituzione di parte dei corpi illuminanti esistenti ed obsoleti ormai inefficienti dal punto di vista energetico ed illuminotecnico e dotati di sorgente luminosa fluorescenti da 40 W , con apparecchi illuminanti a sorgente luminosa a led..


Il progetto definitivo, dei lavori di rifacimento del sistema di illuminazione delle aule ai fini dell'efficientamento energetico dell'istituto Aldini Valeriani Sirani in Comune di Bologna - CUP C32G19000370005 è stato redatto dall'Ing. Stefano Donini dello Studio Enargo su incarico dell'Ente Città metropolitana di Bologna e approvato in linea tecnica, ai fini della concessione del finanziamento regionale e contenuto in atti al fascicolo 9.3.2/57/2020 con Determina n. 75 PG 5502 del 30/01/2020

La presente Diagnosi energetica dell'edificio, sottoscritta con apposizione di timbro attestante l'abilitazione all'esercizio della professione, redatta sulla base delle indicazioni metodologiche di cui all'Allegato 4 della DGR. viene acquisita e riproposta nella progettazione esecutiva in quanto non sono state apportate modifiche al progetto definitivo.

Il Progettista

Per.Ind. Alessandro Bruni

(Tecnico Città metropolitana di Bologna)

	DIAGNOSI ENERGETICA	codice:DE04Y000 rev.0 data 20/01/2020 rev.1 data 23/04/2020
---	----------------------------	---

Cliente	Istituto tecnico industriale Aldini Valeriani
località	Via Sario Bassanelli, 9/11 (BO)



Rev.	Data	Descrizione revisione
0	17-01-2020	
1	23-04-2020	Integrazione richiesta PG 18782 altro_15858981149894_Integrazione_12722_2020-04-03



Redatto da
Ing. Stefano Donini
 Iscr.ord.ing.bo n. 7236/a

Sommario

1. Premessa	3
2. Introduzione	3
3. Normative tecniche e legislazione pertinenti.....	4
4. Descrizione, scopo e livello di dettaglio	4
4.1. Informazione generali sulla metodologia di diagnosi energetica	5
4.2. Informazione generali sull'auditor energetico	5
4.3. Informazione generali sulla organizzazione sottoposta a diagnosi.....	6
5. Obiettivo diagnosi	6
5.1. Criterio analisi.....	6
5.2. Oggetto di Diagnosi	6
6. Planimetria e analisi dell'involucro edilizia	7
7. Descrizione sistema impianti.....	10
8. Modello di calcolo dei consumi e degli indicatori di prestazione energetica	12
9. Analisi dei consumi energetici reali	14
10. Confronto consumi reali- consumi calcolati: Validazione del modello	15
11. Individuazione delle opportunità di miglioramento dell'efficienza energetica	15
11.1 Scenario 1 – CAPPOTTO ESTERNO E ISOLAMENTO TERMICO SOLAIO VERSO SOTTOTETTO	15
Intervento proposto	15
11.2 Scenario 2 – SOLARE TERMICO PER LA PRODUZIONE DI ACS.....	17
Intervento proposto	17
11.4 Scenario 4 – IMPIANTO ILLUMINAZIONE AULE. Sostituzione corpi illuminanti con lampade led regolabile	18
Intervento proposto	18
12. Tabella riassuntiva degli interventi individuati	18
Intervento proposto SCENARIO 1	18
Intervento proposto SCENARIO 2	18
Intervento proposto SCENARIO 4	19
13. Valutazione intervento proposto	19
14. Indicatore prestazione sintetico.....	20

1. Premessa

La presente relazione tecnica, ha lo scopo principale di fornire al Committente un quadro di massima che metta in evidenza le possibili opportunità per migliorare e ottimizzare il processo di gestione dell'energia relativo all'edificio scolastico dell'istituto "Aldini-Valeriani" situato in Via Sario Bassanelli, 9/11, Bologna (BO). Si intende quindi creare uno strumento che possa consentire di effettuare le scelte per la realizzazione degli interventi migliorativi.

2. Introduzione

La diagnosi energetica è un passo fondamentale per una organizzazione, di qualunque dimensione o tipologia, che voglia migliorare la propria efficienza energetica. Essa è una procedura sistematica eseguita allo scopo di fornire un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico del sistema edificio/impianto qualsiasi sia il suo utilizzo (uso civile, attività commerciale, industriali o di servizi). La diagnosi permette di individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici e relazionare in merito ai risultati ottenibili.

Per fare questo la diagnosi energetica si basa su una serie di operazioni di rilievo di dati sia sulle apparecchiature del ciclo produttivo che sugli impianti dei servizi generali; questo al fine di rendere possibile l'analisi delle condizioni standard di esercizio e di valutarne e calcolarne possibili interventi migliorativi.

La procedura della diagnosi energetica essenzialmente viene suddivisa in due fasi distinte:

-1° Caratterizzazione del sistema di consumo e calcolo dei modelli energetici; valutazione dei consumi specifici; elaborazione dei bilanci di energia; infine confronto con tecnologie e dati di riferimento.

-2° Valutazione preliminare della fattibilità tecnico-economica di eventuali interventi di miglioramento, finalizzati ad un incremento dell'efficienza energetica delle apparecchiature.

Gli interventi della seconda fase, in prima analisi, possono essere così classificati:

- Miglioramenti gestionali. Esempio nuovi contratti, tarature, eliminazione stand-by, riduzione dei picchi di carico.
- Miglioramenti tecnici. Esempio nuove apparecchiature, installazione di convertitori di frequenza, uso di fonti rinnovabili.

Una volta definiti gli interventi da eseguire, si procede alla stesura di un programma di interventi di miglioramento, previa un'accurata progettazione degli stessi a cui dovrà seguire una attenta direzione lavori nonché la stesura di un piano di manutenzione e monitoraggio degli interventi eseguiti per valutarne la validità.

3. Normative tecniche e legislazione pertinenti

D. Lgs. 115/08 Tale decreto definisce «diagnosi energetica» una procedura sistematica volta a:

- fornire un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di un'attività o impianto industriale o di servizi pubblici o privati;
- individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici;
- riferire in merito ai risultati.

D. Lgs. 102 del 4 luglio 2014 Decreto attuativo della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica.

UNI CEI EN 16247-2:2014 Diagnosi energetiche - Parte 2: Edifici

UNI CEI EN 16247-3:2014 Diagnosi energetiche - Parte 3: Processi

UNI CEI EN 16247-4:2014 Diagnosi energetiche - Parte 4: Trasporto

UNI/TS 11300-1:2014 Prestazione energetiche degli edifici – Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale.

UNI/TS 11300-2:2019 Prestazione energetiche degli edifici – Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione in edifici non residenziale.

UNI CEI/TR 11428:2011 Gestione dell'energia - Diagnosi energetiche - Requisiti generali del servizio di diagnosi energetica

4 Descrizione, scopo e livello di dettaglio

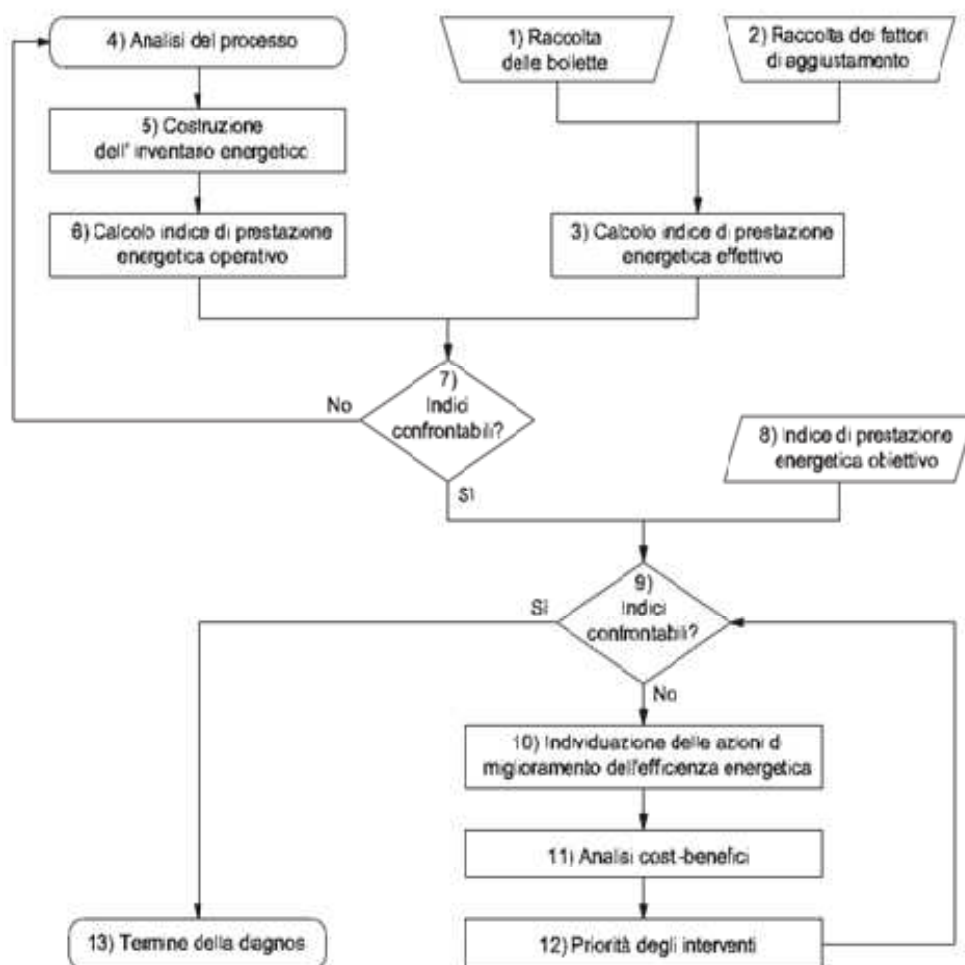
I requisiti generali del servizio di diagnosi energetica sono riportati nella norma di riferimento UNI CEI/TR 11428:2011. In tale norma viene ribadita l'importanza della diagnosi energetica ai fini del "miglioramento dell'efficienza energetica, della riduzione dei costi per gli approvvigionamenti energetici; del miglioramento della sostenibilità ambientale nella scelta e nell'utilizzo di tali fonti e dell'eventuale riqualificazione del sistema energetico".

Vengono altresì descritti gli strumenti da utilizzare per il conseguimento di tali obiettivi ("razionalizzazione dei flussi energetici, recupero delle energie disperse, individuazione di tecnologie per il risparmio di energia, ottimizzazione dei contratti di fornitura energetica, gestione dei rischi tecnici ed economici, miglioramento delle modalità di conduzione e manutenzione").

Per raggiungere tali obiettivi la diagnosi energetica si basa su un'indagine approfondita sia dell'edificio che dell'impianto della struttura oggetto di analisi. Per fare ciò sono stati effettuati dei sopralluoghi presso la struttura per reperire in campo ulteriori informazioni oltre ai dati forniti dall'amministrazione pubblica (quali planimetrie, bollette elettriche e consumi complessivi del gas metano).

4.1 Informazione generali sulla metodologia di diagnosi energetica.

Si riporta lo schema di dettaglio della diagnosi energetica tratto dalla normativa suddetta.



Schema di esecuzione dell'analisi energetica

4.2 Informazione generali sull'auditor energetico

L'Istituto di Istruzione Superiore Aldini Valeriani ha commissionato l'esecuzione della diagnosi energetica ad una società, esterna all'Istituto, che si occupa di soluzioni su misura per il risparmio energetico.

L'incarico di redazione della diagnosi è stato affidato a ENARGO snc, con sede legale in via Castelmerlo 4/3B a Bologna.

Il responsabile della conduzione della diagnosi, referente tecnico di ENARGO snc per la pratica, è l'Ing. Stefano Donini (DNN5FN78L10A944T) iscritto all'Albo degli Ingegneri di Bologna n. 7236/A e titolare della certificazione KiwaCermet Italia con la qualifica di "Esperto in gestione dell'energia – settori civile industriale". Registrazione n. EGE_0035 rilasciato il 22/10/2015.

4.3 Informazione generali sulla organizzazione sottoposta a diagnosi

I dati relativi all'istituto oggetto della presente diagnosi sono riportati nella successiva tabella

Tabella 1 – Dati identificativi dell'Istituto

Nome Istituto	Istituto di Istruzione Superiore Aldini Valeriani
codice ministeriale	BOIS01900X
Sede legale	Via Bassanelli, 9/11 Bologna (BO)
altre sedi	nessuna

5. Obiettivo diagnosi

L'obiettivo della presente diagnosi è quello di fornire chiare informazioni sulla struttura energetica del sito in esame, analizzandone il reale comportamento energetico. Tale analisi viene effettuata al fine di individuare le opportunità di risparmio energetico più rilevanti e significative. Verranno perseguiti i seguenti obiettivi:

- Miglioramento dell'efficienza energetica.
- Riduzione dei costi per gli approvvigionamenti energetici.
- Miglioramento delle prestazioni fornite

La presente diagnosi si propone di analizzare in maniera completa i vettori energetici entranti nel sito in esame; come essi vengono trasformati ed infine come utilizzati.

Verrà presa in esame l'intera superficie dell'istituto e tutte le attività che vengono svolte al suo interno. In tale modo il documento di diagnosi sarà in grado di rappresentare realmente e nella sua interezza l'istituto oggetto di diagnosi.

5.1 Criterio analisi

L'analisi viene effettuata considerando l'involucro edilizio e gli impianti meccanici ed elettrici esistenti.

Per l'involucro edilizio è stato creato un modello dell'intero istituto tramite software certificato dal C.T.I. (software Edilclima EC700 v.9) dove sono state introdotte tutte le superfici disperdenti del volume complessivo riscaldato. In tale modello sono stati implementati anche gli impianti presenti in modo tale da ottenere una "fotografia" energetica dell'attuale stato dell'istituto.

Dal modello rappresentativo dello stato attuale (definito "stato di fatto") sono stati creati nuovi modelli che presentano come differenza dal modello iniziale la simulazione di una miglioria proposta. Tale miglioria può riguardare sia l'involucro dell'edificio, sia un impianto elettrico o meccanico.

5.2 Oggetto di Diagnosi

L'oggetto dell'intervento riguarda un unico edificio, formato da un complesso di corpi di fabbrica, costituenti l'istituto di istruzione superiore "Aldini Valeriani" situato in Via Sario Bassanelli, 9/11, Bologna.

L'edificio, che data anno di costruzione 1969, è classificato, in base alla categoria di cui all'articolo 3 del DPR 26 agosto 1993, n.412, come appartenente alla categoria: E.7 - Edificio adibito ad attività scolastiche

I diversi corpi di fabbrica possono essere individuati come di seguito descritti e rappresentati nella figura successiva:

- corpo centrale, dove si concentrano soprattutto aule, costituito da 4 piani fuori terra nonché la segreteria e gli uffici al piano primo
- corpo Ovest, dove si concentrano soprattutto aule, costituito da 3 piani fuori terra-
- corpo Est, dove si concentrano soprattutto aule, costituito da 3 piani fuori terra

- blocco laboratori Ovest, dove si trovano esclusivamente laboratori, costituito dal solo piano terra
 - blocco laboratori Est, dove si trovano esclusivamente laboratori, costituito dal solo piano terra.
- La centrale termica è situata al piano terra del corpo centrale (lato nord).

Di seguito si riporta la vista aerea dell'istituto ed uno schema con la nomenclatura dei corpi di fabbrica costituenti l'edificio oggetto di diagnosi.

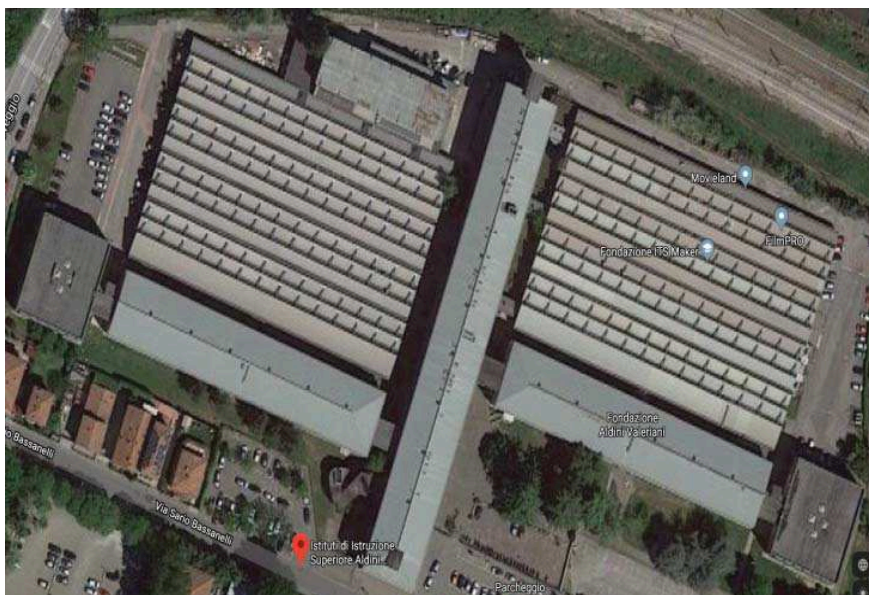


Figura 1 – Vista aerea

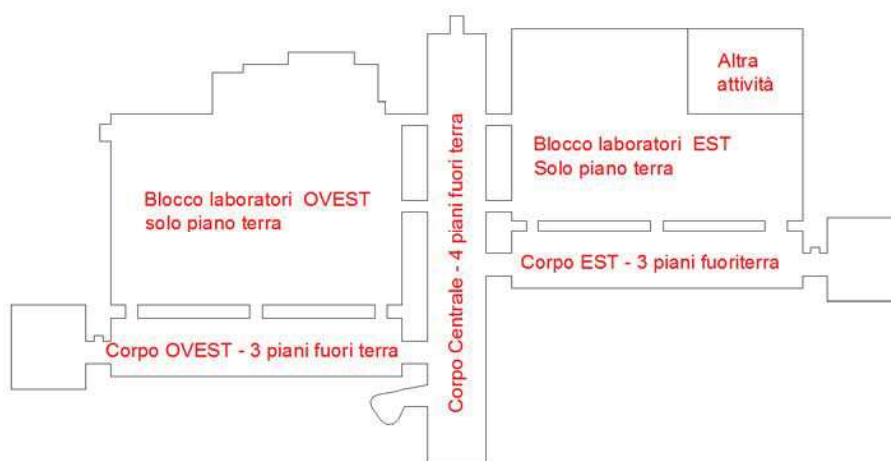


Figura 2 – Vista aerea

6. Planimetria e analisi dell'involucro edilizia

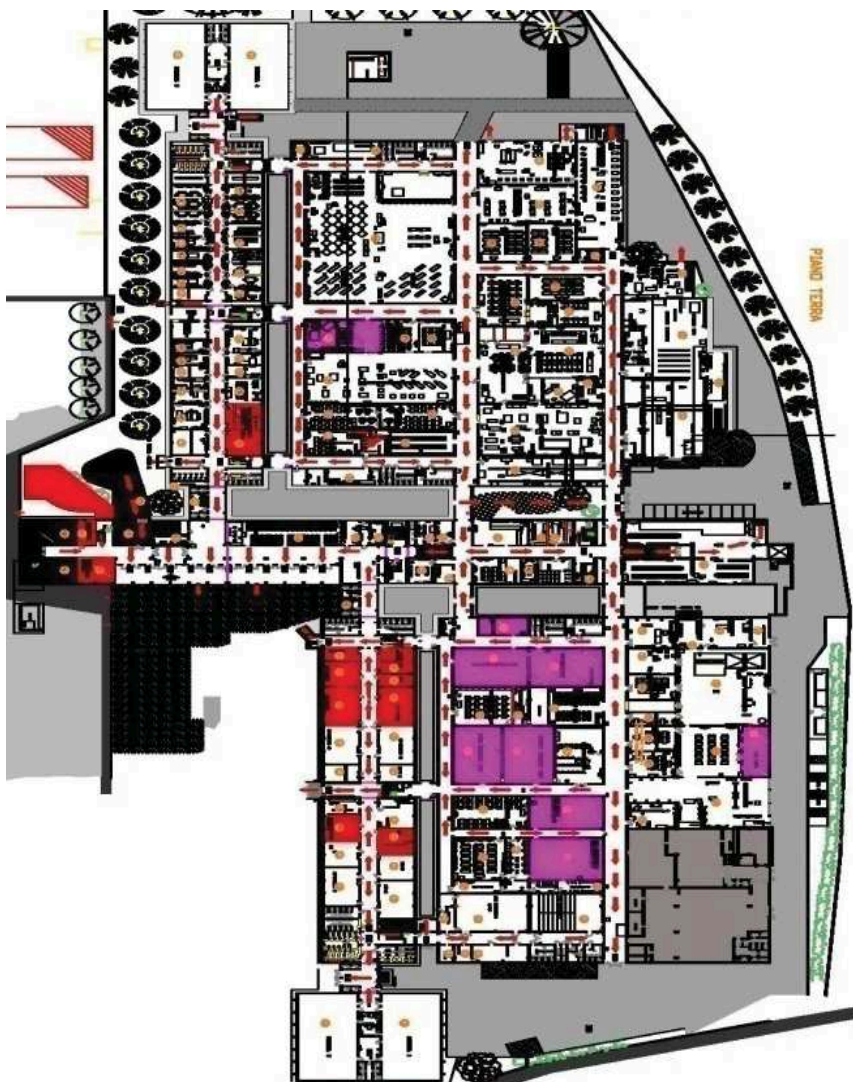
In questo paragrafo verranno analizzate le caratteristiche generali dell'involucro, le caratteristiche geometriche e termo fisiche dell'involucro edilizio nelle parti che lo compongono.

CARATTERISTICHE GENERALI DELL'INVOLUCRO

Anno di costruzione: 1969

L'involucro è costituito da strutture opache con valori di trasmittanza tipici del periodo di costruzione. La tipologia di tali strutture è costituita da telaio in cemento armato con tamponamento in mattoni semipieni o forati. I solai sono in latero cemento e le strutture trasparenti risultano principalmente in metallo con vetrocamera. Il limite della zona climatizzata come chiusura di basamento presenta per lo più un solaio verso terra, tranne che per i corpi di fabbrica centrale, est ed ovest che presentano dei locali interrati non climatizzati. Il limite della zona climatizzata come chiusura di copertura è costituito per i fabbricati ad un solo piano fuori terra (blocchi laboratori) da tetto con struttura a shed su capriate in c.a.. Gli altri corpi di fabbrica hanno, come limite della zona climatizzata verso l'alto, un solaio in latero cemento confinante con sottotetto non coibentato. Infine le strutture adibite a palestra presentano come confine della zona climatizzata un tetto di copertura piano. Gli infissi sono stati cambiati nel corso degli anni e sostituiti con finestre metalliche con vetrocamera.

Nelle figure seguenti sono riportate le planimetrie dei diversi piani dell'istituto



Piano terra



Primo piano Secondo piano



Terzo piano

Classificazione dell'edificio (o del complesso di edifici) in base alla categoria di cui all'articolo 3 del DPR 26 agosto 1993, n.412: Edificio adibito ad attività scolastiche E.7

Superficie utile riscaldata	39.337 m ²
Superficie disperdente lorda	69.903 m ²
Volume lordo riscaldato	217.842 m ³
Rapporto S/V	0,32 m ⁻¹

CARATTERISTICHE TERMOFISICHE DELL'INVOLUCRO

Le strutture opache e trasparenti dei corpi di fabbrica che compongono l'involucro edilizio dell'istituto oggetto di diagnosi sono state riassunte per valori medi in grado di rappresentare la globalità delle strutture:

Struttura	Trasmittanza (W/m^2K)
Parete esterna in muratura	1,15
Parete verso locali non riscaldati	0,85
Solaio verso sottotetto	1,44
Solaio verso esterno	1,58
Pavimento su locali non riscaldati	1,16
Componenti finestrate	2,15

Tabella 2

7. Descrizione sistema impianti

In questo paragrafo vengono descritti gli impianti meccanici ed elettrici presenti nell'istituto.

Nella seguente tabella si evidenziano quali sono gli impianti presenti e se essi sono attualmente in funzione.

Tipologia impianto	Presente	Funzionante
Impianto riscaldamento	SI	SI
Impianto produzione acqua calda sanitaria	SI	SI
Impianto raffrescamento	NO	
Impianto ventilazione meccanica	SI	NO
Impianto solare termico	NO	
Impianto solare fotovoltaico	SI	SI
Impianto illuminazione	SI	SI
Impianto sollevamento (ascensori – montacarichi)	SI	SI

Tabella 3

Impianto riscaldamento e produzione acs

L'impianto di riscaldamento centralizzato è costituito da due tipologie di generatori. Sono presenti infatti sia delle caldaie tradizionali a gas metano che dei cogeneratori. Questi ultimi attualmente non sono in funzione.

I generatori assolvono la funzione di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria. Il sistema di distribuzione si sviluppa dalla centrale termica dove sono presenti i generatori e le pompe di circolazione. Il sistema di emissione risulta di tipo misto con radiatori, ventilconvettori ed aerotermini in base alla diversa tipologia di locale servito.

Di seguito tabella con caratteristiche dell'impianto di riscaldamento

Generatori	N°3 caldaia tradizionale BALTUR da 2325 kW N°1 caldaia tradizionale UNICAL AG da 233 kW N°2 cogeneratori da 469 kW (non funzionanti)
Posizione generatori	Centrale termica
Tipo di regolazione di zona	Climatica
Fluidotermovettore	Acqua
Sistema di emissione	Radiatori/Aerotermini/Fan-coil

Tabella 4

Per la produzione di acqua calda sanitaria sono presenti dei bollitori alimentati dai generatori descritti.

Impianto solare fotovoltaico

L'impianto fotovoltaico è di piccola entità rispetto al fabbisogno dell'edificio esso risulta con potenza di picco pari a 2,4 kW (installato nel 1995) costituito da pannelli in silicio cristallino. Tale impianto risulta attualmente non in funzione per non conformità con le richieste dei VV.F.

Impianto illuminazione

L'impianto di illuminazione esistente è di varia tipologia, con plafoniere fluorescenti nelle aule e corridoi, anche di vecchia generazione, e lampade fluorescenti nei laboratori.

In parte, a rottura dei corpi illuminanti, sono state eseguite sostituzioni delle plafoniere fluorescenti con pannelli led o plafoniere a led in aule e corridoi e con lampade a led nei laboratori.

A seguire una foto con esempio di illuminazione tipo utilizzata nelle aule (stato di fatto) con lampade fluorescenti a reattore ferromagnetico da 1x40 W



Figura 3 – Foto illuminazione aula

Le lampade che saranno rimosse sono di tipo fluorescente a reattore ferromagnetico T12, 40W.552.

Le nuove lampade da installare saranno del tipo a led: 3F FILIPPI-110043F ZETA DR UGR, 2x22/940 LED DALI, L1783, 4380 lm, 49 W. Rendimento 89,4lm/w, colorimetria 4000k, CRI 92

Di seguito viene riportata una tabella riassuntiva con indicate, suddivise per piano, il numero di lampade fluorescenti esistente ed il numero di nuove lampade led da installare. Per maggiori dettagli sugli interventi per ciascun locale si rimanda al documento denominato CM04Y000 "Computo metrico" con riferimento in particolare alla voce B01.058.010.f per quanto riguarda la rimozione delle lampade fluorescenti ed alla voce NP.ILL.01 per la fornitura di lampade LED DALI.

	CENSIMENTO LAMPADE OGGETTO DI INTERVENTO		
	Numero locali oggetto di intervento	Lampade fluorescenti da rimuovere	Nuove lampade led da installare
PIANO SECONDO	24	288	211
PIANO TERZO	22	264	210
TOTALE	46	552	421

Impianto sollevamento (ascensori e montacarichi)

Sono presenti n.4 ascensori con motore a fune e contrappeso; n.1 ascensore di tipo idraulico ed n.1 montacarichi.

8. Modello di calcolo dei consumi e degli indicatori di prestazione energetica

Il modello utilizzato per il calcolo dei consumi dell'intero istituto è stato ottenuto tramite software certificato dal C.T.I. (software Edilclima EC700 v.9). In tale modello sono stati inseriti dei parametri, quali ad esempio le ore effettive di funzionamento degli impianti, in modo tale da riprodurre i consumi reali ottenuti tramite bollette dell'anno di riferimento assunto.

I parametri di prestazione ottenuti, che rappresentano lo stato di fatto attuale, sono i seguenti:

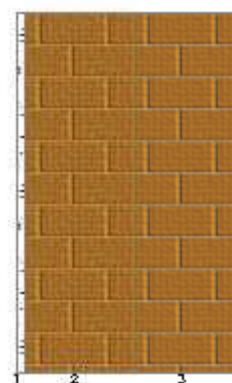
Dispersioni invernale W	Volume lordo riscaldato m ³	Superficie netta m ²	Indice di prestazione energetica kWh/m ² anno	Classe energetica	Consumi Sm ³ /anno
5525376	217841,5	39336,88	188,61	D	499330

Tabella 5

Tali risultati sono stati ottenuti considerando nel modello le seguenti stratigrafie:

Descrizione della struttura: *muro verso esterno stato di fatto*

Trasmittanza termica	0,922	W/m ² K
Spessore	310	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-5,0	°C
Permeanza	71,429	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	242	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	228	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,364	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,402	-
Sfasamento onda termica	-8,5	h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
----	--------------------	---	-------	---	------	------	------

-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Intonaco di calce e gesso	10,00	0,700	0,014	1400	1,00	10
2	Mattone forato	150,00	0,333	0,450	760	0,84	9
3	Mattone forato	150,00	0,333	0,450	760	0,84	9
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,130	-	-	-

Tabella 6

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

Descrizione della struttura: *Soffitto verso sottotetto stato di fatto*

Trasmittanza termica **1,435** W/m²K

Spessore **400** mm

Temperatura esterna
(calcolo potenza invernale) **7,5** °C

Permeanza **15,140** 10⁻¹² kg/sm²Pa

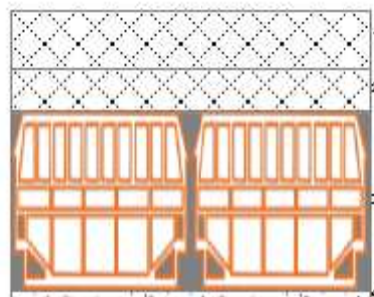
Massa superficiale
(con intonaci) **587** kg/m²

Massa superficiale
(senza intonaci) **571** kg/m²

Trasmittanza periodica **0,301** W/m²K

Fattore attenuazione **0,210** -

Sfasamento onda termica **-11,1** h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,100	-	-	-
1	Massetto ripartitore in calcestruzzo con rete	80,00	1,490	0,054	2200	0,88	70
2	C.I.s. di sabbia e ghiaia (pareti interne)	60,00	1,160	0,052	2000	1,00	96
3	Soletta in laterizio spess. 18-20 - Inter. 50	250,00	0,660	0,379	1100	0,84	7
4	Intonaco di gesso e sabbia	10,00	0,800	0,013	1600	1,00	10
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,100	-	-	-

Tabella 7

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

9. Analisi dei consumi energetici reali

In questo capitolo verrà analizzato l'attuale profilo di funzionamento dell'edificio e la calibrazione del modello. Nel capitolo successivo verrà illustrata la validazione del modello.

In una prima fase il modello è stato calibrato, per quanto riguarda il consumo del gas metano, in base ai dati reali rilevati nella stagione invernale tra gli anni 2016 – 2017.

Successivamente tale modello è stato testato sui consumi registrati nell'anno solare 2018. Le temperature esterne utilizzate per la calibrazione e verifica del modello sono le temperature medie registrate da una centralina ARPAE e pubblicati nell'apposito sito di riferimento (Arpae -SIMC Dexter). I consumi elettrici sono stati calibrati in riferimento ai consumi reali relativi all'anno 2018.

Di seguito si riportano in forma tabellare i dati reali dei consumi comunicati da Città Metropolitana di Bologna, gli orari considerati di funzionamento dell'istituto ed i dati ottenuti dalla centralina ARPAE relativi alla temperatura media registrata a 2 metri dal suolo nell'anno 2018 dalla centralina denominata "Bologna Urbana". I valori medi mensili descritti nella tabella sono stati ottenuti come media dei valori medi giornalieri pubblicati.

DATI CONSUMI REALI					
Vettore energetico	Anno solare di riferimento	Consumo registrato	Consumo primario [kWh]	Costo annuale (Euro)	Prezzo unitario
Gas Metano	2018	447854 (Sm ³)	4787559,29	358283,20	0,80 (Euro/Sm ³)
Elettrico	2018	917231 (kWhel)	2183883,33	140190,53	0,15 (euro/kWh)

Tabella 8

PROFILO UTILIZZO ISTITUITO							
ISTITUITO	Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì	sabato	Domenica
	7.30-16.00 18.00-24.00	7.30-16.00 18.00-24.00	7.30-13 18.00-24.00	7.30-16.00 18.00-24.00	7.30-16.00 18.00-24.00	7.30-13 18.00-24.00	Chiusa

Tabella 9

TEMPERATURA MEDIA ARIA ESTERNA (°C) REGISTRATA A 2 m DAL SUOLO – ANNO 2018												
Centralina Bologna Urbana	Genn.	Febb.	Marzo	Aprile	Magg.	Giug.	Luglio	Agosto	Sett.	Ott.	Nov.	Dic.
	6,8	3,7	8,3	16,9	19,5	23,4	26,1	25,9	21,9	16,7	10,9	5,0

Tabella 10

Si precisa che nelle tabelle pubblicate nel documento denominato "*relazione tecnica*" le temperature utilizzate per il calcolo dei valori energetici standard sono i valori medi mensili definiti dalla normativa di riferimento UNI 10349/2016 come da legislazione in vigore.

I risultati ottenuti dal modello di simulazione creato tramite il software Edilclima EC700 (certificato CTI) sono i seguenti:

- Consumo gas metano: 490613 mc
- Consumo elettrico: 911261 kWh

Tali valori sono i consumi teorici del modello di simulazione energetica utilizzati nella verifica di validazione descritta nel capitolo successivo

10. Confronto consumi reali- consumi calcolati: Validazione del modello

Nel presente capitolo viene descritta la validazione del modello di simulazione edificio-impianto ottenuto. Con riferimento alla normativa UNI CEI EN 16247 per la validazione del modello si considerano i consumi operativi C_o (consumi ottenuti tramite il modello) ed i consumi effettivi C_e (consumi reali ricavati dalle bollette).

Il confronto tra i consumi operativi ed i consumi effettivi viene effettuato tramite la seguente formula, riportata nella succitata normativa, per determinare lo scostamento tra i valori descritti:

$$\frac{C_o - C_e}{C_e} = \text{valore } \%$$

Il valore percentuale ottenuto determina la possibilità di validazione o meno del modello di simulazione creato. La norma UNI CEI EN 16247 prescrive un valore massimo di scostamento, tra modello e consumi reali, pari a +/- 5%. Tuttavia qualora la caratterizzazione del sistema edificio impianto si basi su dati non certi (esempio stratigrafie ipotizzate, come nel caso in oggetto), potrà essere stabilito uno scostamento maggiore del +/- 5%, ma ugualmente contenuto nel doppio del limite da normativa ovvero pari a +/- 10%.

I valori ottenuti sono rispettivamente:

Consumo gas metano:

$$\frac{C_o - C_e}{C_e} = \frac{490613 - 447854}{447854} = +9,5 \%$$

Consumo elettrico:

$$\frac{C_o - C_e}{C_e} = \frac{911261 - 917231}{917231} = -0,7 \%$$

Il modello di simulazione si considera validato nei limiti precedentemente definiti.

11. Individuazione delle opportunità di miglioramento dell'efficienza energetica

In questo capitolo verranno elencati e descritti gli interventi proposti al fine di migliorare le prestazioni energetiche dell'edificio. Si tratta di un edificio asservito ad attività scolastiche.

11.1 Scenario 1 – CAPPOTTO ESTERNO E ISOLAMENTO TERMICO SOLAIO VERSO SOTTOTETTO

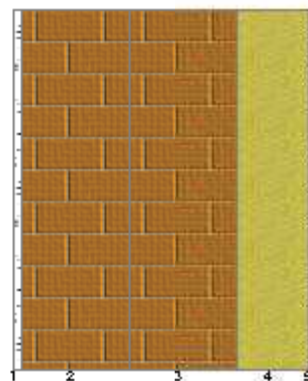
Gli elementi con maggiore superficie risultano essere la parete esterna e il solaio verso sottotetto, responsabili dei principali consumi energetici dell'involucro termico. Applicando sulle pareti esterne un sistema a cappotto e su solaio verso sottotetto un isolamento termico si potrebbe diminuire drasticamente il consumo energetico dell'edificio.

Intervento proposto

- Si propone di coibentare le pareti con un cappotto esterno di 100 mm di polistirene espanso sinterizzato (EPS 100) con conducibilità termica pari a 0,035 W/mK.

Descrizione della struttura: *muro verso esterno con cappotto esterno*

Trasmittanza termica	0,252	W/m ² K
Spessore	420	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-5,0	°C
Permeanza	21,978	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	257	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	230	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,034	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,137	-
Sfasamento onda termica	-11,3	h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Intonaco di calce e gesso	10,00	0,700	0,014	1400	1,00	10
2	Mattone forato	150,00	0,333	0,450	760	0,84	9
3	Mattone forato	150,00	0,333	0,450	760	0,84	9
4	Polistirene espanso sinterizzato (EPS 100)	100,00	0,035	2,857	15	1,45	60
5	Intonaco plastico per cappotto	10,00	0,300	0,033	1300	0,84	30
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040	-	-	-

Tabella 11

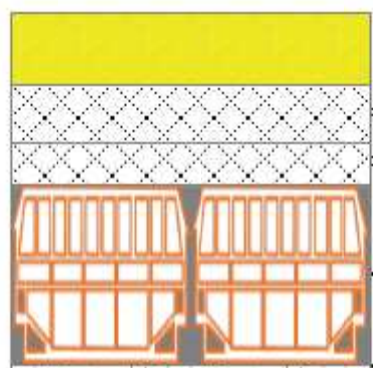
Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

- Si propone di isolare il solaio verso sottotetto con un isolamento in lane di roccia di 100 mm con conducibilità termica pari a 0,045 W/mK.

Descrizione della struttura: *Soffitto verso sottotetto isolato*

Trasmittanza termica	0,343	W/m ² K
Spessore	500	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	7,5	°C
Permeanza	15,026	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	594	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	578	kg/m ²



Trasmittanza periodica **0,019** W/m²K
 Fattore attenuazione **0,055** -
 Sfasamento onda termica **-13,2** h

Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,100	-	-	-
1	Lana di roccia sfusa da insufflaggio	100,00	0,045	2,222	70	1,03	1
2	Massetto ripartitore in calcestruzzo con rete	80,00	1,490	0,054	2200	0,88	70
3	C.I.s. di sabbia e ghiaia (pareti interne)	60,00	1,160	0,052	2000	1,00	96
4	Soletta in laterizio spess. 18-20 - Inter. 50	250,00	0,660	0,379	1100	0,84	7
5	Intonaco di gesso e sabbia	10,00	0,800	0,013	1600	1,00	10
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,100	-	-	-

Tabella 12

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

La tabella seguente descrive il comportamento energetico dell'edilizia dopo l'intervento.

Dispersioni invernale W	Volume lordo Riscaldato m ³	Superficie netta m ²	Indice di prestazione energetica kWh/m ² anno	Classe energetica	Consumi Sm ³ /anno	Risparmio Sm ³ /anno
5192858	220417,91	39336,88	188,19	C	436524	62806

Tabella 13

11.2 Scenario 2 – SOLARE TERMICO PER LA PRODUZIONE DI ACS

Intervento proposto

Installare l'impianto solare termico per la produzione di acqua calda sanitaria . La tabella seguente mostra le prestazioni energetiche ottenute.

Dispersioni invernale W	Volume lordo riscaldato m ³	Superficie netta m ²	Indice di prestazione energetica kWh/m ² anno	Classe energetica	Copertura annuale ACS da solare	Consumi Sm ³ /anno	Risparmio Sm ³ /anno
5525376	217841,5	39336,88	151,46	C	50,2%	488766	10564

Tabella 14

11.4 Scenario 4 – IMPIANTO ILLUMINAZIONE AULE. Sostituzione corpi illuminanti con lampade led regolabile

Intervento proposto

L'intervento principale è quello di sostituire le lampade fluorescenti a reattore ferromagnetico esistenti con le lampade a LED da (mantenendo l'illuminazione media di 500 lux sulla superficie di lavoro) che porteranno alla riduzione del consumo energetico e conseguentemente a un risparmio sulle bollette. Le lampade a LED DALI con il rivelatore di presenza utilizzate saranno disposte in maniera ben progettata su soffitto in modo da soddisfare i requisiti illuminotecnici attesi.

I cavi esistenti per circuito di illuminazione e di forza motrice saranno sostituiti da cavi FS17 conforme alla normativa (CEI-UNEL e UNI EN 13501-6) di riferimento e di sezione proporzionata al carico.

12. Tabella riassuntiva degli interventi individuati

Di seguito sono riportate le tabelle di sintesi degli interventi di efficienza energetica proposti:

Intervento proposto SCENARIO 1

A seguire le tabelle riassuntive dei singoli interventi, solo cappotto esterno o solo isolamento sottotetto, e la tabella riassuntiva di tutto lo scenario con l'unione dei due interventi.

- Riepilogo generale solo per il cappotto esterno

Superficie totale (m ²)	totale euro/m ²	Costo totale intervento euro
13000	80	1040000

Tabella 15

- Riepilogo generale solo per l'isolamento sottotetto

Superficie totale (m ²)	totale euro/m ²	Costo totale intervento euro
7000	15	105000

Tabella 16

Superficie totale (m ²)	Costo totale intervento euro	Risparmio Nm ³ /anno	Costo gas stimato euro/Nm ³	Risparmio euro/anno
20000	1145000	36422	0,80	29138

Tabella 17

L'intervento non è sostenibile in quanto il tempo di rientro è superiore a 20 anni

Intervento proposto SCENARIO 2

A seguire la tabella riassuntiva dello scenario.

Copertura ACS %	Costo totale intervento euro	Risparmio Nm ³ /anno	Costo gas stimato euro/Nm ³	Risparmio euro/anno
50,2	308433	10564	0,80	8451

Tabella 18

L'intervento non è sostenibile in quanto il tempo di rientro è superiore a 20 anni

Intervento proposto SCENARIO 4

Viene effettuato il calcolo del risparmio sulla base dei dati della simulazione di diagnosi energetica, ipotizzando la sostituzione degli attuali corpi illuminanti con corpi illuminanti a led.

Si propone la sostituzione dei corpi illuminanti con corpi a LED di adeguata potenza.

Nel seguente prospetto vengono indicate le potenze installate pre e post intervento ed il risparmio conseguibile:

Energia ante intervento (kWh/anno)	Energia post intervento (kWh/anno)	Risparmio Anno (kWh)
2140245	2053130	87115

Tabella 19

L'intervento risulta impegnativo dal punto di vista economico come tempi di rientro, in quanto il calcolo del tempo di rientro (Tr) risulta compreso tra i 10 ed i 20 anni.

Calcolo tempo di rientro semplice:

Risparmio conseguito 87115kWh * 0,15€/kWh = **13.067€**

Costo investimento, al netto di interventi accessori: **€ 258'590,44** (vedi Piano costi di progetto presente nel documento di "Relazione tecnica del progetto di riqualificazione energetica" identificato dal codice RT04Y000).

Tempo di ritorno semplice: **19,8 anni**.

Tuttavia la valutazione complessiva dei costi benefici deve tenere conto del miglioramento del livello di illuminamento fino a 500Lux medi contro gli attuali circa 250Lux, della resa cromatica della luce CRI>90 contro l'attuale sicuramente non superiore a 80, dei minori costi di manutenzione anche alla luce del fatto che per alcune plafoniere non risulta più possibile trovare i tubi fluorescenti di ricambio. Pertanto l'intervento risulta economicamente sostenibile alla luce di queste ulteriori considerazioni.

13.Valutazione intervento proposto

L'intervento che si propone risulta essere quello definito nello scenario 3 del paragrafo precedente riguardante la sostituzione degli attuali corpi illuminanti con corpi illuminanti a led. La valutazione dell'intervento proposto (Scenario 3) tramite l'incidenza sugli indici di parametrizzazione energetica del complesso edificio impianto, ottenuti tramite modello energetico basato sui consumi reali, da come risultato la seguente riduzione:

	STATO DI FATTO	DOPO INTERVENTO	DIFFERENZA
Indice di prestazione energetica totale E _{pgl} , tot KWh/mq anno	186,29	184,08	2,21
Indice di prestazione energetica non rinnovabile E _{pgl} ,nren KWh/mq anno	175,34	173,56	1,78
Indice di prestazione energetica rinnovabile E _{pgl} ,ren KWh/mq anno	10,95	10,52	0,43
Emissione di CO ₂ Kg/anno	1443285	1426726	16559

Emissione di NO _x Kg/anno	486,692	466,882	19,810
Emissione di particolato PM ₁₀ Kg/anno	11,557	11,087	0,470

Tabella 20

Il calcolo delle emissioni di NO_x e di materiale particolato PM₁₀ sono stati ricavati utilizzando dati ufficiali pubblicati da TERNA nel documento “Fattori di emissione per la produzione e il consumo di energia elettrica in Italia (aggiornamento al 2017 e stime preliminari per il 2018)” e ripresi da ISPRA (Istituto Superiore per la Ricerca e Protezione Ambiente) nella pubblicazione “Fattori di emissione atmosferica di gas a effetto serra nel settore elettrico nazionale e nei principali Paesi Europei”. Di seguito si riporta la tabella pubblicata nei documenti citati, con valori aggiornati all’anno 2017.

<i>Fattori di emissioni di contaminanti atmosferici dal settore elettrico per la produzione lorda di energia elettrica e calore.</i>					
Contaminanti atmosferici	2005	2010	2015	2016	2017
	mg/kWh*				
Ossidi di azoto - NO _x	368,2	288,1	253,1	237,7	227,4
Ossidi di zolfo - SO _x	524,7	222,5	95,4	71,7	63,6
Composti organici volatili non metanici - COVNM	51,3	71,3	78,4	83,5	83,8
Monossido di carbonio - CO	103,5	100,5	94,0	96,3	97,7
Ammoniaca - NH ₃	0,6	0,6	0,7	0,6	0,5
Materiale particolato - PM ₁₀	16,9	9,6	6,0	5,6	5,4
* energia elettrica totale al netto dai pompaggi + calore in kWh					

Tabella 21

14. Indicatore prestazione sintetico

Si riporta di seguito il calcolo dell’indice di prestazione sintetico. Il metodo di calcolo considerato risulta essere quello definito nell’allegato 1 alla delibera della giunta regionale n. 1386 del 05/08/2019:

$$IPS = \left[\frac{R_a}{(1 * \%_{contributo})} * 100 + (Q_{ef}) + (Q_{t1} + Q_{t2} + Q_{t3} + Q_{t4}) \right] * \left[1 + \frac{F_{m1} + F_{m2}}{100} \right]$$

dove:

R_a [kWh/anno] = Q_{nren} ante intervento - Q_{nren} post intervento

Q_{nren} ante intervento [kWh/anno] = Fabbisogno energetico annuale per soddisfare le esigenze legate ad un uso standard dell’edificio nello stato di fatto in termini di energia primaria non rinnovabile per il riscaldamento, il raffrescamento, la ventilazione, la produzione di acqua calda sanitaria e, nel settore non residenziale, per l’illuminazione e per gli impianti di trasporto persone, calcolato mediante i metodi di calcolo definiti nell’allegato 1 citato e riportati nel documento di “Relazione tecnica del progetto di

riqualificazione energetica" identificato dal codice RT04Y000. Tale valore risulta pari a **10125318 kWh/anno**.

Qnren post intervento [kWh/anno] = Fabbisogno energetico annuale per soddisfare le esigenze legate ad un uso standard dell'edificio nello stato di progetto in termini di energia primaria non rinnovabile per il riscaldamento, il raffrescamento, la ventilazione, la produzione di acqua calda sanitaria e, nel settore non residenziale, per l'illuminazione e per gli impianti di trasporto persone, calcolato mediante i metodi di calcolo definiti nell'allegato 1 citato e riportati nel documento di "Relazione tecnica del progetto di riqualificazione energetica" identificato dal codice RT04Y000. Tale valore risulta pari a **10055120 kWh/anno**.

I [€] = importo complessivo del quadro economico del progetto (ivi incluse lavorazioni e prestazioni non ammesse a contributo). Tale valore risulta pari a **€ 400000**.

%contributo = percentuale di contributo richiesta. Tale valore risulta pari al **40 %** (valore 0,40).

Qef = Qualità economico finanziaria del progetto in termini di sostenibilità e di economicità della proposta inteso come tempo di ritorno semplice del progetto, ossia il rapporto tra investimento e risparmio economico atteso con la realizzazione del progetto. Tale valore risulta pari a **20 punti**.

Qt1 = qualità tecnica dell'operazione in termini di definizione degli obiettivi inteso come fattore di maggiorazione connesso ad interventi che prevedono una riduzione dell'indice di emissioni di CO₂. Tale valore risulta pari a **10 punti**.

Qt2 = qualità tecnica dell'operazione in termini di definizione degli obiettivi inteso come fattore di maggiorazione connesso ad interventi che prevedono un miglioramento delle prestazioni energetiche dell'edificio oggetto della domanda di contributo. Tale valore risulta pari a **10 punti**.

Qt3 = qualità tecnica dell'operazione in termini di qualità tecnica della metodologia. Tale valore risulta pari a **30 punti**.

Qt4 = qualità tecnica dell'operazione in termini delle procedure di attuazione degli interventi. Tale valore risulta pari a **25 punti**.

Fm1 = fattore di maggiorazione per domande che comprendono interventi di trasformazione di edifici in edifici ad energia quasi zero. Tale valore risulta pari a **0 punti**.

Fm2 = fattore di maggiorazione per domande riguardanti progetti proposti da enti che hanno approvato il PAES. L'ente ha approvato il PAES/PAESC e risulta nell'atto di approvazione del progetto allegato alla domanda di contributo è richiamata la delibera di consiglio comunale che approva il PAES/PAESC. Tale valore risulta pari a **10 punti**.

Si ottiene quindi un valore dell'indice IPS pari a:

$$IPS = \left[\frac{10125318 - 10055120}{(400000 * 0,40)} * 100 + (20) + (10 + 10 + 30 + 25) \right] * \left[1 + \frac{0 + 10}{100} \right] = 152,76$$