

# Comune di Civitavecchia

Piazzale P. Guglielmotti, 7 00053 Civitavecchia (RM)

Concessione del servizio integrato energia, gestione, conduzione, manutenzione e riqualificazione energetica degli impianti termici ed elettrici degli immobili comunali e degli impianti di Pubblica Illuminazione, ai sensi dell'art. 183 del D.Lgs. 50/2016



ENGIE  
ENGIE Servizi S.p.A.  
Pubblicatore

Comune di Civitavecchia



“Progetto di fattibilità”

## DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

**ENGIE**  
ENGIE Servizi S.p.A.

Aprile 2019



## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO GENERALE .....</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI .....</b>	<b>1</b>
3.1	Norme e leggi generali.....	1
3.2	Norme e leggi impianti elettrici e di illuminazione pubblica .....	2
3.3	Norme e leggi impianti fluidomeccanici.....	2
<b>4</b>	<b>IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE PUBBLICA.....</b>	<b>4</b>
4.1	Stato di fatto.....	4
4.2	Stato a progetto .....	6
4.2.1	Classificazione delle strade .....	6
4.2.2	Definizione categoria illuminotecnica di progetto .....	6
4.2.3	Riqualificazione apparecchi illuminanti esistenti.....	9
4.2.4	Installazione sistema di telegestione avanzato .....	15
4.3	Riepilogo dei risparmi .....	18
<b>5</b>	<b>EDIFICI COMUNALI .....</b>	<b>19</b>
5.1	Aspetti energetici e di salvaguardia ambientale.....	20
5.2	Analisi delle principali proposte di riqualificazione .....	20
5.2.1	Riqualificazione centrale termica .....	20
5.2.2	Installazione valvole termostatiche .....	23
5.2.3	Sostituzione gruppi frigoriferi .....	25
5.2.4	Installazione sistema di telegestione.....	27
5.2.5	Refitting corpi illuminanti interni .....	29
5.3	Descrizione degli interventi proposti da realizzare nel corso del 1° anno .....	30
5.3.1	Riqualificazione centrale termica .....	30
5.3.2	Installazione valvole termostatiche .....	31
5.3.3	Sostituzione gruppo frigorifero .....	31
5.3.4	Installazione sistema di telegestione.....	31
5.3.5	Refitting corpi illuminanti interni .....	32
5.4	Descrizione degli interventi proposti di manutenzione specialistica da realizzare nel corso della Concessione.....	32
5.4.1	Rifacimento della coibentazione delle tubazioni in centrale termica .....	33
5.4.2	Impianto FM.....	33
5.4.3	Impianto di illuminazione di sicurezza .....	33
5.4.4	Impianto di equipotenzializzazione .....	33
5.4.5	Rivelazione gas .....	33
5.4.6	Quadri elettrici .....	33
5.4.7	Installazione addolcitori.....	34
5.4.8	Sostituzione gruppi di pompaggio .....	34
5.5	Riepilogo dei risparmi .....	35
<b>6</b>	<b>CRONOPROGRAMMA DEGLI INTERVENTI.....</b>	<b>37</b>
<b>7</b>	<b>ALLEGATI TECNICI .....</b>	<b>37</b>
7.1	Tipologico 1 - Impianto pubblica illuminazione - Cartografia con georeferenziazione punti luce .....	37
7.2	Tipologico 2 - Impianto pubblica illuminazione - Riqualificazione apparecchi... 37	



7.3	<i>Tipologico 3 - Riqualificazione centrali termiche .....</i>	37
7.4	<i>Tipologico 4 - Installazione valvole termostatiche .....</i>	37
7.5	<i>Tipologico 5 - Sostituzione gruppi frigoriferi .....</i>	37
7.6	<i>Tipologico 6 - Refitting corpi illuminanti interni .....</i>	37
7.7	<i>Tipologico 7 - Installazione sistema di telegestione .....</i>	37







## 1 PREMESSA

Il presente progetto si prefigge lo scopo di proporre all'Amministrazione Comunale di Civitavecchia la concessione, mediante l'istituto della Finanza di Progetto, dei lavori di adeguamento, innovazione e riqualificazione dell'intero impianto di illuminazione pubblica, degli impianti di riscaldamento e di illuminazione indoor degli edifici comunali. Le opere proposte sono finalizzate all'ottenimento di una riduzione dei consumi termici, di quelli elettrici e del contenimento dell'inquinamento luminoso, trasferendo nello stesso tempo le responsabilità relative al corretto e sicuro esercizio degli impianti al soggetto proponente.

Questo progetto è stato redatto valutando tutti i possibili interventi in grado di migliorare le prestazioni e l'affidabilità degli impianti, ottenendo i migliori risultati energetici possibili.

La proposta prevede che tutti gli interventi vengano realizzati senza oneri aggiuntivi per l'Amministrazione rispetto a quelli che ad oggi risultano essere i costi manutentivi, gestionali e di approvvigionamento energetico dei suddetti impianti.

L'Amministrazione Comunale si avvarrà di un Finanziamento Tramite Terzi (FTT) nel quale il soggetto proponente finanzia ed effettua gli interventi di efficientamento, rientrando poi del suo investimento tramite la riduzione dei costi energetici e gestionali necessari alla conduzione degli impianti per un periodo temporale definito, durante il quale avrà la gestione in "global service", incluso quindi l'approvvigionamento energetico.

Alla luce degli investimenti proposti e dei risparmi energetici attesi, la presente proposta, sulla base del Piano Economico Finanziario (PEF) stilato dal proponente, valuta una durata necessaria di concessione pari a **20 anni**.

## 2 INQUADRAMENTO GENERALE

La città di Civitavecchia è il risultato di un millenario processo di civilizzazione ed urbanizzazione del territorio laziale, in cui si trovano sovrapposti, attraverso varie epoche, significativi elementi che conferiscono la presenza e lo sviluppo di organizzazioni sociali sin dall'età Preistorica.

Numerose sono le tracce di insediamenti primitivi presenti sul litorale Civitavecchiese, come altrettanto numerose ed importanti sono le strutture, Etrusche, Romane e Medievali, che hanno reso la città un centro urbano di tale importanza da assumere, sin dai tempi dell'antica Urbe, l'appellativo di Porto di Roma.

L'imperatore Traiano, nel 106 d.C., intuì che quel luogo era adatto alla costruzione di un porto che sostituisse quello ormai quasi insabbiato di Ostia. Il porto nacque su progetto dell'architetto Apollodoro di Damasco. La città ed il porto nascevano in simbiosi, l'una connessa all'altro, anche perché lo scopo principale di questa grandiosa iniziativa di Traiano, era quello di dotare Roma di attrezzature portuali sussidiarie rispetto a quelle già ampliate, dallo stesso Traiano, alla foce del Tevere. Nel porto di Civitavecchia, cominciarono a rifornirsi, in numero sempre maggiore, le navi con rotta verso l'occidente, la città si sviluppò rapidamente.

Durante la seconda guerra mondiale Civitavecchia pagò la sua posizione di porto strategico a un'ora da Roma subendo 76 bombardamenti che la rasero al suolo, ci furono circa duecentocinquanta caduti e danni irreparabili a strutture storiche.

Attualmente l'economia della città è basata sul porto e su una buona attività turistica e peschereccia che ne deriva.

## 3 RIFERIMENTI NORMATIVI

Gli impianti rispetteranno integralmente, salvo esplicite deroghe previste dal presente progetto, le seguenti disposizioni legislative e normative (riportate a titolo indicativo, ma non esaustivo) compresi i rispettivi successivi aggiornamenti.

### 3.1 Norme e leggi generali

- DM 22 gennaio 2008, n.37 - Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici;
- D.Lgs. 9 aprile 2008, n°81 - Testo unico in materia di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro;
- D.Lgs. 18 aprile 2016, n°50 – Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto



degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture.

### 3.2 Norme e leggi impianti elettrici e di illuminazione pubblica

- BURL 30 aprile 2005, n. 12, s.o. n. 4: Regolamento regionale per la riduzione e prevenzione dell'inquinamento luminoso;
- UNI 11248 - Illuminazione stradale – Selezione delle categorie illuminotecniche;
- UNI EN 13201-2 - Illuminazione strade – Parte 2: Requisiti prestazionali;
- UNI EN 13201-3 - Illuminazione strade – Parte 3: Calcolo delle prestazioni Raccomandazioni CIE;
- UNI EN 10025 - Acciai per impieghi strutturali. Condizioni tecniche di fornitura;
- UNI EN 40 - Pali per illuminazione pubblica (parti 3÷9);
- CEI 7-6 - Norme per il controllo della zincatura a caldo per immersione su elementi di materiale ferroso destinati a linee e impianti elettrici. Fascicolo 2989;
- CEI 17-5 - Apparecchiature a bassa tensione;
- CEI 20-13 - Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali tra 1 e 30 kV;
- CEI 20-19 - Cavi isolati in gomma con tensione nominale non superiore a 450/750V;
- CEI 20-20 - Cavi isolati in PVC con tensione nominale non superiore a 450/750V;
- CEI 20-38 - Cavi isolati in gomma non propaganti l'incendio e a basso sviluppo di fumi e gas tossici;
- CEI 23-3 - Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e Similari;
- CEI 32-1 - Fusibili a tensione non superiore a 1000V per C.A. e a 1500V per C.C.;
- CEI 34-21 - Apparecchi di illuminazione, prescrizioni generali e prove;
- CEI UNEL35376 - Cavi per energia isolati in gomma etilenpropilenica, alto modulo di qualità G7, sotto guaina di PVC, non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di gas corrosivi;
- CEI 64-7 - Impianti elettrici di illuminazione pubblica;
- CEI 64-8 - Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. 5a edizione. Fascicoli 7321÷7327 (parti 1÷7);
- UNI EN 124 - Dispositivi di coronamento e di chiusura per zone di circolazione utilizzate da pedoni e da veicoli. Principi di costruzione, prove di tipo, marcatura, controllo di qualità;
- CEI 11-17 - Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - Linee in cavo. 2a edizione. Fascicoli 3407 – 6834;
- CEI EN50086-CEI 23-39 - Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche;
- CEI 23-46 - Sistemi di canalizzazione per cavi. Sistemi di tubi. Parte 2- 4: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati. Fascicoli 3484 – 6093.



### 3.3 Norme e leggi impianti fluidomeccanici

- DLGS n. 27 del 02-02-02 – Modifiche ed integrazioni al D.Lgs n. 31 del 02-02-01 - Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano;
- Decreto n.25 del 7 febbraio 2012 – Disposizioni tecniche concernenti apparecchiature finalizzate al trattamento dell'acqua destinata al consumo umano;
- Legge 9 gennaio 1991 n.9 - Norme per l'attuazione del nuovo Piano energetico nazionale: aspetti istituzionali, centrali idroelettriche ed elettrodotti, idrocarburi e geotermia, autoproduzione;
- Legge 9 gennaio 1991 n.10 - Norme per l'attuazione del nuovo Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili;
- Legge n.296 del 27 dicembre 2006 – Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato (legge finanziaria 2007);
- Legge n.90 del 3 agosto 2013 - Recepimento della Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica negli edifici;
- DPR 26 agosto 1993 n. 412 - Regolamento di attuazione dell'art. 4 comma 4 della Legge 10/91;
- DPR n.551 del 21 dicembre 1999 – Regolamento recante modifiche al decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n.412, in materia di progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici degli edifici, ai fini del contenimento dei consumi di energia;
- DPR n. 380 del 06.06.2001 (Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia



edilizia);

- DLGS n. 192 del 9 agosto 2005 - Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia;
- DLGS n.28 del 3 marzo 2011 – Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE;
- DL n.63 del 4 giugno 2013 – 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.
- DPR 26 agosto 1993 n.412 - Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del mantenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art.4, comma 4, della Legge 9 gennaio 1991, n.10 e successivi aggiornamenti;
- UNI EN 442-1: 2004 – Radiatori e convettori – Parte 1: Specifiche tecniche e requisiti;
- UNI EN 442-2: 2004 – Radiatori e convettori – Parte 2: Metodi di prova e valutazione;
- UNI EN 442-3: 2004 – Radiatori e convettori – Parte 3: Valutazione della conformità;
- UNI EN 378-3:2008 – Impianti di refrigerazione e pompe di calore. Requisiti di sicurezza ed ambientali;
- UNI 8199:1998 – Acustica – Collaudo acustico degli impianti di climatizzazione e ventilazione – Linee guida contrattuali e modalità di misurazione;
- UNI 7129-1:2008 – Impianti a gas per uso domestico e similari alimentati da rete di distribuzione – Progettazione e installazione – Parte 1: Impianto interno;
- UNI 7129-2:2008 – Impianti a gas per uso domestico e similari alimentati da rete di distribuzione – Progettazione e installazione – Parte 2: Installazione degli apparecchi di utilizzazione, ventilazione e areazione dei locali di installazione;
- UNI 7129-3:2008 – Impianti a gas per uso domestico e similari alimentati da rete di distribuzione – Progettazione e installazione – Parte 3: Sistemi di evacuazione dei prodotti della combustione;
- UNI 7129-4:2008 – Impianti a gas per uso domestico e similari alimentati da rete di distribuzione – Progettazione e installazione – Parte 4: Messa in servizio degli impianti/apparecchi;
- UNI 11528:2014 – Impianti a gas di portata termica maggiore di 35 kW. Progettazione, installazione e messa in servizio;
- DM 12 aprile 1996 - Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l'esercizio degli impianti termici alimentati da combustibili gassosi;
- DPR. 15-11-1996 n. 660 - Regolamento per l'attuazione della direttiva 92/42/CEE concernente i requisiti di rendimento delle nuove caldaie ad acqua calda, alimentate con combustibili liquidi o gassosi;
- DPR 2 aprile 2009, n. 59 Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia;
- DLGS n. 192 del 19 agosto 2005, Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia
- DM 26 giugno 2015, modalità di applicazione della metodologia di calcolo delle prestazioni energetiche e dell'utilizzo delle fonti rinnovabili negli edifici nonché dell'applicazione di prescrizioni e requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici, attuativo dell'articolo 4, comma 1, del DLGS 19 agosto 2005, n. 192, come modificato dalla Legge 3 agosto 2013, n. 90 e dal DM 26 giugno 2015 recante adeguamento del decreto del MISE, 26 giugno 2009 – Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici;
- UNI CIG n.9165 dell'aprile 2004 - Reti di distribuzione del gas con pressioni massime di esercizio minori o uguali a 5 bar. Progettazione, costruzione, collaudo e successivi aggiornamenti;
- UNI EN 12729:2003 – Dispositivi per la prevenzione dell'inquinamento da reflusso dell'acqua potabile – Disconnettori controllabili con zona a pressione ridotta – Famiglia B – Tipo A;
- CTI n.8065 giugno 1989 - Trattamento dell'acqua negli impianti termici ad uso civile;
- UNI EN 13384-1:2008 – Camini – Metodo di calcolo termico e fluido dinamico – Parte 1: Camini







asserviti a un solo apparecchio;

- UNI EN 13384-3:2006 – Camini – Metodo per l'elaborazione di diagrammi e tabelle per camini asserviti ad un solo apparecchio di riscaldamento;
- DPR n. 59 del 2 aprile 2009 – Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettera a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n.192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia;
- DM n. 25 del 07 febbraio 2012 (Disposizioni tecniche concernenti apparecchiature finalizzate al trattamento dell'acqua destinata al consumo umano);
- DPR n.74 del 16 aprile 2013 - Regolamento recante definizione dei criteri generali in materia di esercizio, conduzione, controllo, manutenzione e ispezione degli impianti termici per la climatizzazione invernale ed estiva degli edifici e per la preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari;
- DM del 10 febbraio 2014 - Modelli di libretto di impianto per la climatizzazione e di rapporto di efficienza energetica di cui al decreto del Presidente della Repubblica n. 74/2013;
- DLGS n.56 del 29 marzo 2016 - Modifiche ed integrazioni al decreto 30 maggio 2008, n. 115, recante attuazione della direttiva 2006/32/CE, concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e recante abrogazioni della direttiva 93/76/CEE;
- DM 22 novembre 2012 - Modifica del decreto 26 giugno 2009, recante: «Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici»;
- Direttiva 2002/91/CE - rendimento energetico nell'edilizia;
- Direttiva 2006/32/CE - l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e recante abrogazione della direttiva 93/76/CEE.

#### 4 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE PUBBLICA

Il presente capitolo illustra le opere di riqualificazione degli impianti di illuminazione pubblica di proprietà del Comune di Civitavecchia.

I punti principali su cui il progetto si sviluppa sono i seguenti:

- **Sostituzione degli attuali apparecchi illuminanti** di proprietà comunale equipaggiati con lampade a tecnologia tradizionale con nuovi apparecchi di tipo **LED**;
- **Installazione di un sistema di telegestione avanzato** che permetta la gestione da remoto dei punti luce.

Per quanto riguarda gli aspetti strettamente illuminotecnici, il progetto persegue il raggiungimento dei seguenti obiettivi principali:

- la sicurezza principalmente dei pedoni, ma anche di ciclisti e automobilisti;
- l'individuazione, anche notturna, dei segni di riconoscimento dell'area.

In fase di progettazione si è tenuto conto dei seguenti fattori:

- una resa cromatica ottimale;
- una ripartizione della luce in grado di assicurare massima prestazione e confort visivo nelle ore notturne;
- l'impiego di sorgenti con elevata efficienza luminosa;
- il contenimento del flusso luminoso disperso verso l'alto.

In questa fase progettuale è stata presa in esame l'illuminazione di alcune strade rappresentanti le principali categorie illuminotecniche presenti sul territorio. Si rimanda in seguito alla stesura del P.R.I.C. la progettazione esecutiva della totalità delle opere in oggetto.

##### 4.1 Stato di fatto

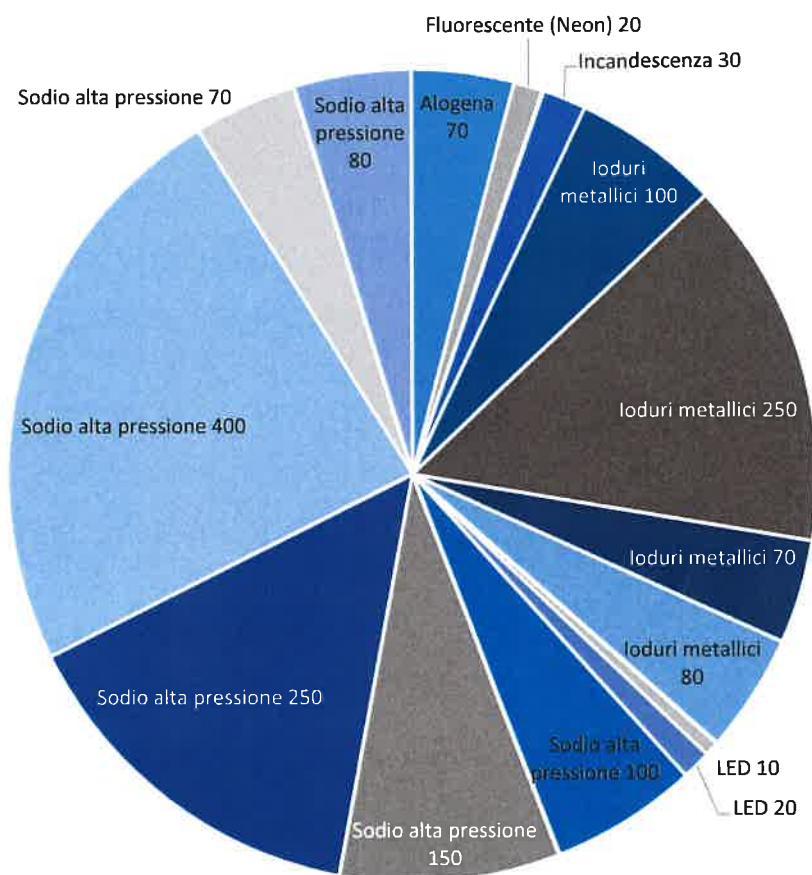
Gli apparecchi di illuminazione pubblica di proprietà del Comune di Civitavecchia sono **1.983** e sono equipaggiati con lampade di diversa tipologia e potenza.

A servizio di questi apparecchi sono presenti 62 quadri elettrici sprovvisti di un sistema di telegestione. Nella tabella seguente si riportano le tipologie di lampade attualmente installate sul territorio, la potenza nominale e il numero di elementi di ciascuna lampada.





Tipologia di Lampada (tecnologia)	Potenza nominale (W)	Numero elementi
Alogena	70	5
Fluorescente (Neon)	20	77
Incandescenza	30	5
Ioduri metallici	100	19
Ioduri metallici	250	1
Ioduri metallici	70	6
Ioduri metallici	80	3
LED	10	43
LED	20	7
Sodio alta pressione	100	18
Sodio alta pressione	150	701
Sodio alta pressione	250	949
Sodio alta pressione	400	11
Sodio alta pressione	70	96
Sodio alta pressione	80	42
<b>Totale complessivo</b>	<b>364.100,00</b>	<b>1.983</b>







#### Riepilogo impianto di illuminazione pubblica – STATO DI FATTO

Numero apparecchi illuminanti	1.983
Potenza nominale installata	364,10 kW
Totale consumo energia (anno) (*) (**)	1.718.400 kWh/anno
* inclusivo di perdite di sistema	
** ore funzionamento annuo: 4200	

## 4.2 Stato a progetto

### 4.2.1 Classificazione delle strade

La classificazione di strade e piazze viene indicata dalla norma UNI 11248 in riferimento a tipo di strada e categoria illuminotecnica di riferimento, come riportato nella tabella che segue:

Classificazione delle strade e individuazione della categoria illuminotecnica di riferimento (prospetto 1)

Tipo di strada	Descrizione del tipo della strada	Limiti di velocità [km h <sup>-1</sup> ]	Categoria illuminotecnica di riferimento	Note punto
A <sub>1</sub>	Autostrade extraurbane	130 - 150	ME1	-
	Autostrade urbane	130		
A <sub>2</sub>	Strade di servizio alle autostrade	70 - 90	ME3a	
	Strade di servizio alle autostrade urbane	50		
B	Strade extraurbane principali	110	ME3a	-
	Strade di servizio alle strade extraurbane principali	70 - 90	ME4a	
C	Strade extraurbane secondarie (tipi C1 e C2a)	70 - 90	ME3a	-
	Strade extraurbane secondarie	50	ME4b	
	Strade extraurbane secondarie con limiti particolari	70 - 90	ME3a	
D	Strade urbane di scorrimento veloce	70	ME3a	-
		50		
E	Strade urbane interquartiere	50	ME3c	-
	Strade urbane di quartiere	50		
F	Strade locali extraurbane (tipi F1 e F2a)	70 - 90	ME3a	6.3
	Strade locali extraurbane	50	ME4b	
		30	S3	
	Strade locali urbane (tipi F1 e F2a)	50	ME4b	
	Strade locali urbane: centri storici, isole ambientali, zone 30	30	CE4	
	Strade locali urbane: altre situazioni	30	CE5/S3	
	Strade locali urbane: aree pedonali	5	CE5/S3	
	Strade locali urbane: centri storici (utenti principali: pedoni, ammessi gli altri utenti)	5		
	Strade locali interzonali	50		
		30		
	Piste ciclabili)	Non dichiarato	S3	-
	Strade a destinazione particolare)	30		-

4) Secondo il Decreto Ministeriale 5 novembre 2001 n° 6792 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

5) Decreto Ministeriale 30 novembre 1999 n° 557 del Ministero dei Lavori Pubblici.

6) Secondo l'art. 3.5 del Decreto Ministeriale 5 novembre 2001 n° 6792 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Si rimanda alla progettazione esecutiva la classificazione delle strade, in condivisione con l'Amministrazione Comunale.

### 4.2.2 Definizione categoria illuminotecnica di progetto

A seguito dell'individuazione delle varie categorie illuminotecniche di riferimento delle strade ed eseguendo un'accurata analisi dei rischi specifici delle varie zone in oggetto, si procederà alla definizione della categoria illuminotecnica di progetto valutandola come da Normativa UNI 11248.

Le categorie illuminotecniche possono appartenere a 3 macro famiglie:

- **ME / MEW** Queste categorie fanno riferimento a strade a traffico motorizzato dove è applicabile il calcolo della luminanza.
  - ▼ Strade a traffico motorizzato per condizioni atmosferiche prevalentemente asciutte:



### Categorie illuminotecniche serie ME

Categoria	Luminanza del manto stradale della carreggiata in condizioni di manto stradale asciutto			Abbagliamento debilitante	Illuminazione di contiguità
	L in cd/m <sup>2</sup> [minima mantenuta]	U <sub>0</sub> [minima]	U <sub>1</sub> [minima]	TI in %a) [massimo]	SR 2b) [minima]
ME1	2,0	0,4	0,7	10	0,5
ME2	1,5	0,4	0,7	10	0,5
ME3a	1,0	0,4	0,7	15	0,5
ME3b	1,0	0,4	0,6	15	0,5
ME3c	1,0	0,4	0,5	15	0,5
ME4a	0,75	0,4	0,6	15	0,5
ME4b	0,75	0,4	0,5	15	0,5
ME5	0,5	0,35	0,4	15	0,5
ME6	0,3	0,35	0,4	15	nessun requisito

a) Un aumento del 5% del TI può essere ammesso quando si utilizzano sorgenti luminose a bassa luminanza (vedere nota 6).  
b) Questo criterio può essere applicato solo quando non vi sono aree di traffico con requisiti propri adiacenti alla carreggiata.

- ▼ strade a traffico motorizzato per condizioni atmosferiche prevalentemente bagnate:

### Categorie illuminotecniche MEW

Categoria	Luminanza del manto stradale della carreggiata in condizioni di manto stradale asciutto e bagnato			Abbagliamento debilitante	Illuminazione di contiguità	
	Asciutto		Bagnato			
	<i>L</i> in cd/m2 [minima mantenuta]	<i>U</i> <sub>0</sub> [minima]	<i>U</i> <sub>1a)</sub> [minima]	<i>U</i> <sub>0</sub> [minima]	<i>TI</i> in % <sup>b)</sup> [massimo]	<i>SR</i> <sup>c)</sup> [minima]
MEW1	2,0	0,4	0,6	0,15	10	0,5
MEW2	1,5	0,4	0,6	0,15	10	0,5
MEW3	1,0	0,4	0,6	0,15	15	0,5
MEW4	0,75	0,4	nessun requisito	0,15	15	0,5
MEW5	0,5	0,35	nessun requisito	0,15	15	0,5

a) L'applicazione di questo criterio è volontaria, ma può valere per le autostrade.

b) Un aumento di 5 punti percentuali di *TI* può essere ammesso quando si utilizzano sorgenti luminose a bassa luminanza (vedere nota 6).

c) Questo criterio può essere applicato solo quando non vi sono aree di traffico con requisiti propri adiacenti alla carreggiata.

- ▼ CE Queste categorie si applicano ad aree a traffico motorizzato in cui non è possibile ricorrere al calcolo della luminanza, come ad esempio: zone di conflitto, incroci, strade commerciali e rotonde. E' anche applicabile ad alcune situazioni ad uso ciclopeditone quando le categorie S o A non sono ritenute adeguate.

### Categorie illuminotecniche serie CE

Categoria	Illuminamento orizzontale	
	E in lx [minimo mantenuto]	U <sub>0</sub> [minima]
CE0	50	0,4
CE1	30	0,4
CE2	20	0,4
CE3	15	0,4
CE4	10	0,4
CE5	7,5	0,4

- ▼ S,A,ES,EV Le categorie illuminotecniche S o A sono riferite agli ambienti a carattere ciclopeditone come per esempio marciapiedi o piste ciclabili, ma anche corsie di emergenza ed altre separate o lungo la carreggiata. Sono inoltre applicabili a strade urbane, strade pedonali, aree di parcheggio, strade interne a complessi scolastici, ecc.



### Categorie illuminotecniche serie S

Categoria	Illuminamento orizzontale	
	$E$ in lx [minimo mantenuto]	$E_{min}$ in lx [mantenuto]
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1
S5	3	0,6
S6	2	0,6
S7	prestazione non determinata	prestazione non determinata
a) Per ottenere l'uniformità, il valore effettivo dell'illuminamento medio mantenuto non può essere maggiore di 1,5 volte il valore minimo $E$ indicato per la categoria.		

### Categorie illuminotecniche serie A

Categoria	Illuminamento emisferico	
	$E_{hs}$ in lx [minimo mantenuto]	$U_0$ [minima]
A1	5	0,15
A2	3	0,15
A3	2	0,15
A4	1,5	0,15
A5	1	0,15
A6	prestazione non determinata	prestazione non determinata

Le categorie illuminotecniche ES sono riferite all'indagine degli illuminamenti semicilindrici. Tali classi sono da impiegare a complemento delle classi S o A allo scopo di ridurre la criminalità.

### Categorie illuminotecniche serie ES

Illuminamento semicilindrico	
Categoria	$E_{sc,min}$ in lx [mantenuto]
ES1	10
ES2	7,5
ES3	5
ES4	3
ES5	2
ES6	1,5
ES7	1
ES8	0,75
ES9	0,5

Le categorie illuminotecniche EV sono riferite all'indagine degli illuminamenti verticali. Tali classi sono da impiegare in quelle situazioni dove sia necessario evidenziare/indagare superfici verticali, ad esempio aree di intersezione o di conflitto tra differenti utenze.

### Categorie illuminotecniche serie EV

Illuminamento del piano verticale	
Categoria	$E_{v,min}$ in lx [mantenuto]
EV1	50
EV2	30
EV3	10
EV4	7,5
EV5	5
EV6	0,5





#### 4.2.3 Riqualificazione apparecchi illuminanti esistenti

Tale operazione consiste nel sostituire tutti i corpi illuminanti attualmente esistenti, equipaggiati con lampade a scarica (SAP e vapori di mercurio), con nuovi apparecchi illuminanti a **LED**.

Tale intervento consentirà di **ridurre notevolmente i consumi di energia elettrica e di conseguenza l'impatto ambientale**; le armature a LED, oltre ad un minor consumo energetico a parità di flusso luminoso emesso, permettono inoltre una regolazione efficiente del medesimo in funzione delle reali necessità, mediante l'impiego di regolatori elettronici e/o sensori di presenza.

La tecnologia a LED si basa sull'utilizzo di particolari diffusori prismatici, inseriti nella lastra di polycarbonato posta sopra i corpi illuminanti ed in grado di ampliare il fascio di luce emesso dalla sorgente. L'allargamento del fascio avviene anche grazie ad una particolare angolazione dei LED stessi all'interno dei corpi illuminanti.

I corpi illuminanti a LED sono progettati per adattarsi perfettamente ai sistemi di montaggio esistenti (pali con testa-palo, pali a sbraccio, ecc.) che pertanto non andranno sostituiti, salvo quanto indicato al § 4.2.3.4.



Figura 1 - Esempio di armatura stradale a LED

##### 4.2.3.1 Requisiti degli impianti di illuminazione

Gli impianti di illuminazione dovranno soddisfare i seguenti requisiti tecnici:

- per gli impianti di tipo stradale con impiego di armature stradali o di altro genere: emissione massima 5 cd/klm a 90° e 0 cd/klm a 95° e oltre;
- per gli impianti a prevalente carattere ornamentale e di arredo urbano con lanterne, lampare o corpi illuminanti similari dotati di ottica interna: emissione massima 10 cd/klm a 90° e 0 cd/klm a 100° e oltre;
- per gli impianti a prevalente carattere ornamentale e di arredo urbano con ottiche aperte di ogni altro tipo: emissione massima 25 cd/klm a 90°, 5 cd/klm a 100° e 0 cd/klm oltre 110°;
- per gli impianti di qualsiasi altro tipo anche con uso di proiettori e torri-faro: emissione massima 15 cd/klm a 90° se con ottiche simmetriche, 5 cd/klm a 90° se con ottiche asimmetriche e comunque 0 cd/klm a 100° e oltre per entrambi i tipi.

Su tutto il territorio regionale è vietato:

- a) l'uso di lampade con efficienza luminosa inferiore a 90 lm/W per gli impianti di cui all'articolo 2, lettere a) e d) della l.r. 23/2000, nonché inferiore a 60 lm/W per gli impianti di cui alle lettere b) e c) del medesimo articolo; l'utilizzo di lampade a più bassa efficienza luminosa è possibile per gli impianti di illuminazione pubblica a carattere ornamentale e per gli impianti di illuminazione di beni di interesse artistico, storico, archeologico o etnoantropologico ai sensi del D.Lgs. 42/2004, qualora esistano comprovate esigenze di resa dei colori;
- b) l'uso di fasci di luce, roteanti o fissi, per meri fini pubblicitari o di richiamo, quando gli stessi siano rivolti dal basso verso l'alto con diffusione verso l'emisfero superiore; ogni elemento preposto alla riflessione direzionale dei fasci luminosi è considerato parte integrante del sistema di illuminazione - sorgente secondaria - ed è quindi soggetto alle limitazioni sull'emissione di flusso;
- c) la proiezione di immagini o messaggi luminosi nel cielo sovrastante il territorio regionale o sul territorio stesso, anche se gli impianti che li generano sono situati al di fuori di esso;
- d) l'utilizzazione delle superfici di edifici o di altri beni architettonici o naturali per la proiezione o l'emissione di immagini, messaggi o fasci luminosi, fatta salvo quanto previsto dall'articolo 3, commi 1, 2, 3 e 7 del BUR 30/04/2005 n.8.

##### 4.2.3.2 Confronto lampade a scarica - LED

Di seguito saranno confrontate le lampade a scarica con le lampade a LED.

Il confronto tra le due tecnologie mostra un flusso luminoso quasi simile contro però tutta una lunga serie di vantaggi a favore della tecnologia LED.

Innanzitutto, il consumo di energia elettrica che è di quasi un terzo inferiore per la lampada a LED. Aspetto non trascurabile è quello poi legato alla durata della lampada: l'armatura stradale a LED, essendo questi ultimi assolutamente privi di filamento interno, è caratterizzata da una durata e un'affidabilità molto maggiori rispetto alle vecchie tecnologie, con una vita media attesa compresa tra

le 50.000 e le 100.000 ore contro le 6.000/20.000 ore appena di una lampada tradizionale. Le lampade a LED si prestano dunque ad essere impiegate in tutte quelle situazioni in cui la frequente sostituzione del cablaggio, della lampadina o del prodotto, risulterebbe problematico e/o costoso.

Inoltre il tempo di accensione è istantaneo, mentre con le tecnologie a scarica ci vogliono fino a 5 minuti per raggiungere la massima intensità di luce.

L'indice di caduta del flusso luminoso dopo 3.000 ore è nullo con i LED (anzi si incrementa leggermente nelle prime 5.000 ore), mentre una lampada a scarica dopo 3.000 ore di esercizio ha un calo del flusso luminoso fino al 40%. Un altro parametro importante, che spiega la più elevata qualità della luce prodotta dai LED, è la resa cromatica: un'armatura stradale a LED ha una resa cromatica >65% (fino al 95%) e la luce è quasi pura, mentre ad esempio le lampade al sodio ad alta pressione arrivano al massimo al 60%.

Trattandosi di dispositivi installati perlopiù su strade e parcheggi, va anche considerato lo standard di sicurezza offerto. Una frequenza spettrometrica molto vicina alle caratteristiche di percezione dell'occhio umano, un'immediata accensione priva di tempi di latenza, l'omogeneità luminosa sul manto stradale e una costanza di rendimento luminoso nel tempo, rendono la luce a LED molto più efficace e adeguata delle tecnologie tradizionali ad illuminare le aree di transito di mezzi e persone.



Figura 2 - Confronto tra SAP e LED



Figura 3 - Esempio si strada con illuminazione a LED

I LED emettono una luce bianca "neutral white" con una temperatura di colore di 4.000 K, molto efficace per una percezione nitida di forme e colori.

Le sorgenti a LED non producono calore, se non in minima parte, e sono alimentate a bassissimo voltaggio, inoltre non emanano raggi ultravioletti e, a differenza di altre tecnologie illuminanti, non hanno problemi di smaltimento perché non contengono materiali inquinanti, quali mercurio e alogenuri metallici, inoltre non alterano i colori e non attirano gli insetti, per cui i materiali che ne risultano irradiati non potranno mai essere danneggiati o tantomeno alterati nella struttura. Le piccole dimensioni rendono questi prodotti facilmente collocabili ed installabili.

**In sintesi, i vantaggi della tecnologia a LED** possono essere così riassunti:

- Riduzione dei costi di gestione;
- Risparmio energetico;
- Qualità della luce;
- Riduzione dell'inquinamento luminoso;
- Regolazione efficiente;



- **Durata elevata:**
  - ▼ La vita utile dei sistemi a LED è stimata in 50.000 ore (10-12 anni, 12 ore al giorno) contro le 6000-12000 ore (12-36 mesi) delle lampade al sodio ad alta pressione.
  - ▼ Secondo stime, dopo 50.000-100.000 ore la luminosità dei sistemi a LED scende al 70% rispetto al valore iniziale e questo può essere considerato il termine della vita utile del LED.
  - ▼ L'indice di caduta del flusso luminoso dei LED è nullo dopo 3000 ore di funzionamento, anzi nelle prime 5000 ore aumenta leggermente.
  - ▼ I corpi illuminanti al sodio, invece, dopo 3000 ore presentano una riduzione del flusso fino al 40%.
  - ▼ i costi di manutenzione degli apparati di illuminazione a LED sono stimati nell'ordine di un decimo rispetto agli impianti al sodio attualmente in uso.
- **Riduzione dei costi di gestione:**
  - ▼ i sistemi a LED hanno un costo iniziale maggiore rispetto alle soluzioni tradizionali. Considerando però la maggiore durata, il risparmio energetico e la manutenzione quasi assente, si ha un risparmio netto rilevante.
  - ▼ La tecnologia LED è in rapido sviluppo e l'efficacia luminosa dei LED aumenta rapidamente, mentre la ricerca per gli altri tipi di illuminazione è terminata.
- **Risparmio energetico:**
  - ▼ a parità di illuminazione, con la tecnologia LED si ha un risparmio energetico dal 50 al 70%.
- **Qualità della luce:**
  - ▼ la luce emessa dalle lampade al sodio è gialla, non corrispondente al picco della sensibilità dell'occhio umano: i colori non sono riprodotti fedelmente ed è quindi necessaria più luce per garantire una visione sicura;
  - ▼ i LED invece, emettono luce bianca fredda, che permette di raggiungere un'illuminazione sicura per gli utenti della strada (abbassa i tempi di reazione all'imprevisto), con minor consumo di energia. La luce bianca attraversa molto meglio la nebbia, rendendo i veicoli più visibili. Inoltre i LED aumentano anche la qualità delle immagini catturate dalle telecamere di sicurezza;
  - ▼ l'indice di resa colorimetrica (CRI) indica la fedeltà di riproduzione dei colori: vale mediamente 20 per le lampade al sodio e 80 per le lampade LED;
  - ▼ l'idea di legare la tecnologia LED all'illuminazione stradale deriva anche dalle ultime scoperte scientifiche in campo percettivo: gli studi sulla visibilità con luce bianca si basano sul fatto che a seconda della luminanza utilizziamo o meno tutti gli apparati percettivi del nostro occhio (coni e bastoncelli). I risultati indicano che sono da preferire le sorgenti luminose con spettro prevalente nella banda del blu, come i LED, senza richiedere elevati valori di luminanza. Le lampade al sodio ad alta pressione presentano uno spettro centrato nella banda del rosso, molto al di fuori del picco di sensibilità dell'occhio umano;
  - ▼ si può quindi affermare che con le lampade al sodio occorre aumentare la potenza luminosa del 50% per garantire una visione sicura.
- **Inquinamento luminoso:**
  - ▼ le lampade a scarica, essendo omnidirezionali, diffondono la luce in tutte le direzioni ed è necessario dotare il lampione di parabola per recuperarne metà: l'efficienza luminosa finale è il 50% di quella emessa;
  - ▼ Il LED è direzionale per costruzione ed emette un fascio luminoso definito a 90° e quindi riduce al minimo l'inquinamento luminoso. Il LED può essere interfacciato con delle ottiche secondarie per restringere il fascio luminoso
  - ▼ la lampade a scarica, per qualità della luce, efficacia della proiezione e inquinamento luminoso, risulta essere inferiore alla lampada LED.

#### 4.2.3.3 Apparecchi a LED

La scelta degli apparecchi illuminanti e delle relative curve fotometriche è stata eseguita in completa rispondenza alla Legge Regionale n. 20 del 28.02.2005 in materia di risparmio energetico e lotta all'inquinamento luminoso (gli apparecchi illuminanti saranno corredati di certificato di conformità a tale legge, rilasciato dalla casa costruttrice).

In linea generale all'interno del presente progetto si prevede di installare i seguenti apparecchi:



- Proiettori Gewiss, CREE o similare a LED con ottica di tipo "stradale cutoff", corpo in alluminio pressofuso verniciato in colore a scelta con snodo per microregolazione, equipaggiato in classe 1.

Potenza (W)	Flusso luminoso (Lumen)
52	5.700
67	7.000
98	9.000
136	15.000



- Proiettore GEWISS, CREE o similare a LED per illuminazione artistica, corpo in alluminio pressofuso verniciato in colore a scelta, equipaggiato in classe 1 – montaggio sospeso o su palo.



Figura 4 – Immagini di armature a scopo illustrativo

#### 4.2.3.4 Pali di sostegno

I pali di sostegno degli apparecchi illuminanti, in sostituzione a quelli danneggiati o non più idonei, saranno conformi alle Norme UNI EN 40, saranno in alluminio pressofuso e/o acciaio con zincatura a caldo secondo la Norma CEI 7-6 con spessore minimo 70 µm, avente le caratteristiche meccaniche rispondenti alle norme UNI EN 10025.

Nella parte inferiore (zona di rinterro) ogni palo sarà dotato di feritoie per il passaggio cavi, la sezione di incastro con il plinto sarà inoltre protetta da guaina termo restringente in poliolefina irradiata a protezione del palo da agenti atmosferici e minzioni di animali.

Si prevede inoltre la riqualificazione dei sostegni che necessitano di interventi di ripristino.

#### 4.2.3.5 Linee elettriche

Si effettueranno delle verifiche per stabilire lo stato di conservazione delle linee elettriche a servizio dell'impianto di illuminazione; dove risulterà necessario si provvederà alla relativa sostituzione.

Gli impianti elettrici saranno realizzati in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 64-7 e 64-8.

L'impianto verrà alimentato in bassa tensione "BT" (230/400 V - 50Hz), derivandosi da appositi quadri di comando posizionati in corrispondenza delle aree servite.

La configurazione distributiva degli impianti prevede la distribuzione delle linee di dorsale in cavo tipo RG7R 0,6/1kV, conformi alle Norme CEI 20-13 le quali verranno attestate ai quadri di comando presenti nell'area. I cavi verranno posati all'interno di tubazioni in PVC tipo corrugato pesante a doppia parete esistente con parete interna liscia in conformità alla norma CEI ENE 50086 riferimento CEI 23-39 CEI 23-46I.

Le linee di dorsale in cavo cui sopra congiungeranno i pozzetti rompi tratta posti in prossimità di ogni palo, in corrispondenza dei quali verranno effettuate le derivazioni dei cavi di alimentazione ai singoli corpi illuminanti per mezzo di muffole isolanti al gel dotate di fusibili.

Le derivazioni ai singoli corpi illuminanti verranno eseguite con cavo FG7(O)R 0,6/1kV di sezione minima pari a 2x2,5mmq.

#### 4.2.3.6 Quadri elettrici

Tutti i quadri elettrici saranno controllati e testati per verificarne il corretto funzionamento e la messa a norma; qualora si dovessero riscontrare carenze dal punto di vista normativo, malfunzionamenti o stati di conservazione non idonei si interverrà per riqualificare od eventualmente sostituire lo stesso.



Nel caso di impianti estesi e con molti apparecchi, può verificarsi l'apertura degli interruttori per sovraccarico e il danneggiamento dei teleruttori a causa dell'elevata corrente di spunto; per evitare tale problema verrà verificata l'opportunità di installare interruttori magnetotermici con curva D e teleruttori sovradimensionati.

#### 4.2.3.7 Esempi di installazione lampade a LED

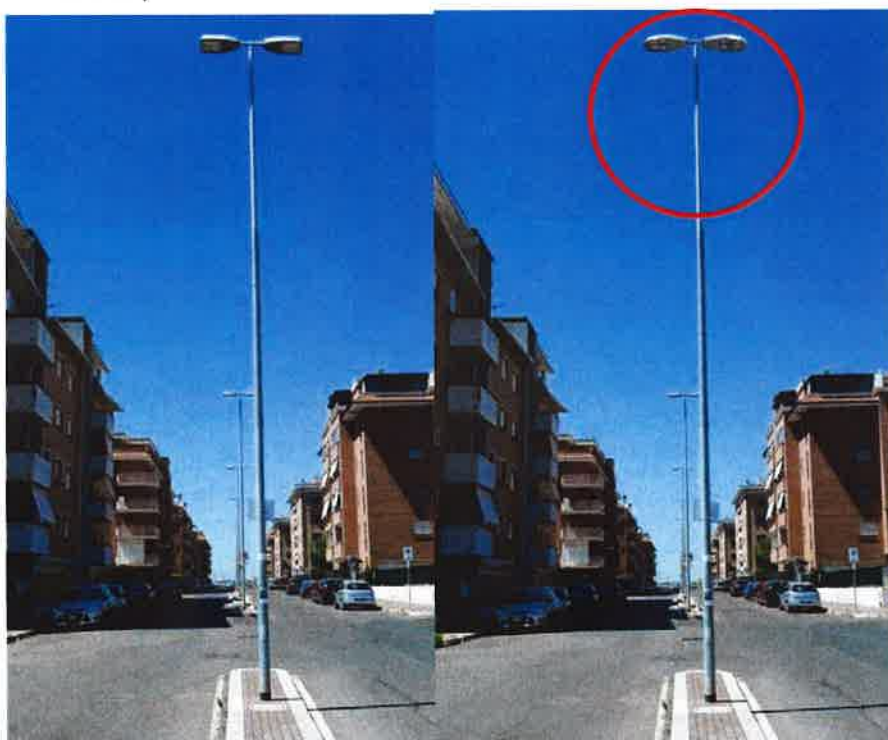
Di seguito vengono riportati dei fotoinserimenti che illustrano alcune soluzioni previste a progetto:

- Corso Centocelle:



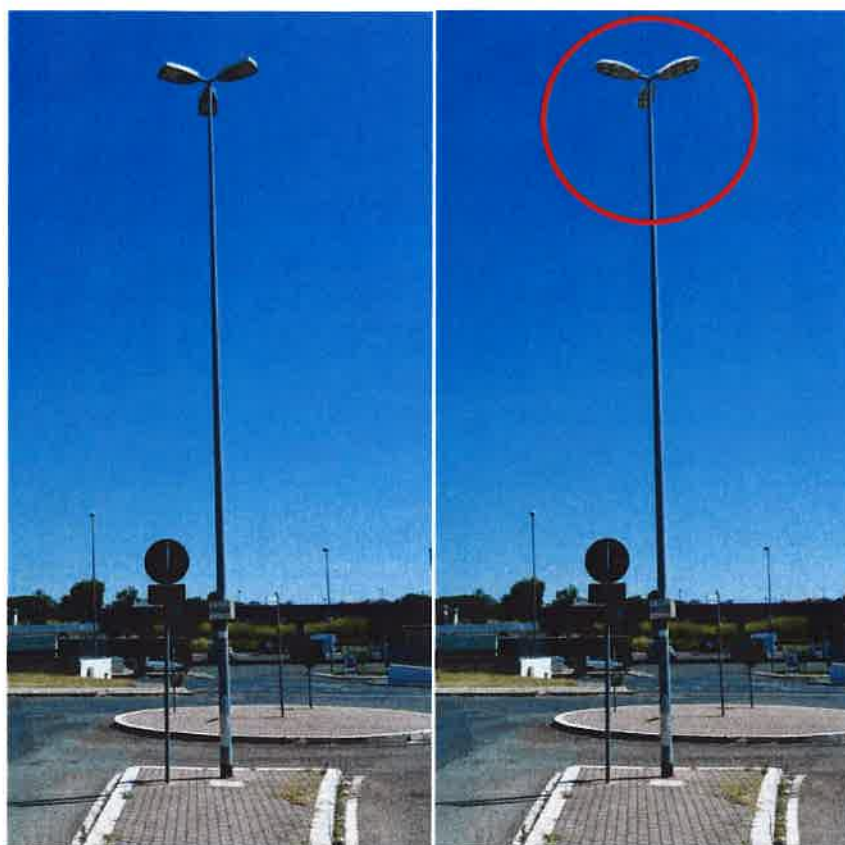
Figura 4 – Confronto Stato di fatto – Stato a progetto

- Via Padri Domenicani:





**Figura 5 - Confronto Stato di fatto – Stato a progetto**



**Figura 6 - Confronto Stato di fatto – Stato a progetto**

- Piazzale del Pincio:



**Figura 7 - Confronto Stato di fatto – Stato a progetto**



- Via dell'Acquedotto Romano:



Figura 12 - Confronto Stato di fatto – Stato a progetto

#### 4.2.4 Installazione sistema di telegestione avanzato

Si prevede l'installazione di un sistema di telegestione avanzato **centralizzato** che permetta la gestione dell'intero sistema di illuminazione pubblica da remoto.

Con questo sistema la gestione, e quindi la regolazione, avviene in modo centralizzato sulle linee sottese ai singoli quadri in cui vengono installati i concentratori;

Tale soluzione permette:

- La segnalazione di assenza di tensione di rete o circuito;
- Il monitoraggio di consumi e grandezze elettriche in tempo reale;
- La segnalazione di assorbimenti anomali;
- La lettura dei consumi per GSE (Certificati Bianchi);
- La gestione da remoto di relè differenziale a riarmo automatico;
- La gestione indipendente dei circuiti;
- L'accensione/spegnimento con orologio astronomico o orari personalizzati;
- La segnalazione intrusione tramite interruttori su sportelli quadro comando;
- La gestione di carichi diversi tramite relè ausiliari: fontane, dissuasori accesso a strade e piazze in ZTL, abilitazione prese elettriche nei soli giorni di mercato, ecc..



Figura 17 - Esempio di architettura di telegestione

#### 4.2.4.1 Descrizione del sistema

La telegestione permette di migliorare ulteriormente le tecnologie di regolazione tradizionali già integrate nei dispositivi a LED previsti a progetto come ad esempio la regolazione del flusso luminoso.

##### 4.2.4.1.1 Mezzanotte virtuale

La riduzione del flusso luminoso avviene attraverso un processo di auto-apprendimento dell'apparecchio, che, in funzione delle accensioni e spegnimenti pregressi, determina l'ipotetica "mezzanotte virtuale", media tra l'istante di accensione (tramonto) e quello di spegnimento (alba). La "mezzanotte virtuale" costituisce il punto di riferimento per applicare la riduzione dell'emissione luminosa secondo il profilo desiderato.

Nello specifico ogni apparecchio d'illuminazione può essere dotato di un dispositivo per la regolazione su due livelli di potenza impostabili, che si basa sul calcolo della "mezzanotte virtuale". Il dispositivo è integrato nell'apparecchio e non richiede alcun cavo di pilotaggio ovvero alcun intervento sull'impianto da parte dell'installatore.

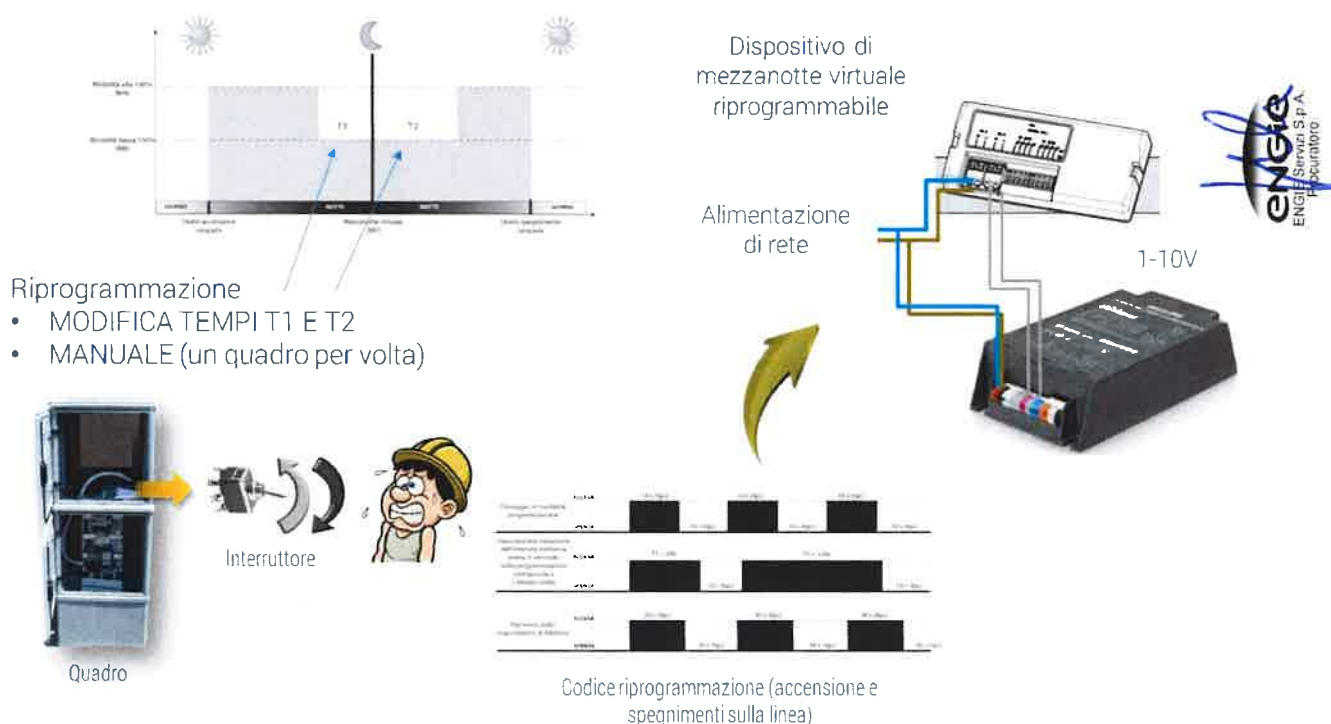
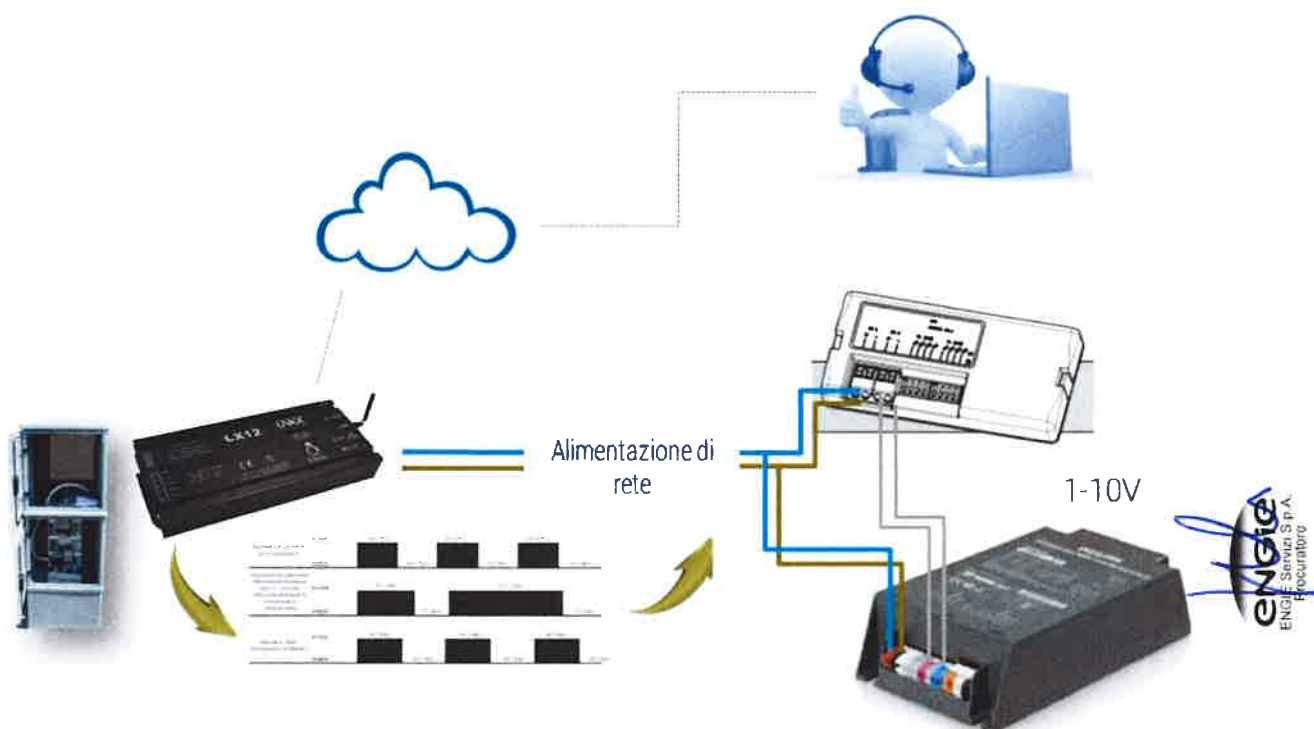


Figura 18 - Mezzanotte virtuale riprogrammabile (stand alone)

- Riprogrammazione da remoto (pc o smartphone);
- Riduzione dei costi del personale;
- Programmazione di tutti i quadri o di un solo quadro per volta.



**Figura 19 - Mezzanotte virtuale riprogrammabile con sistema di telegestione**





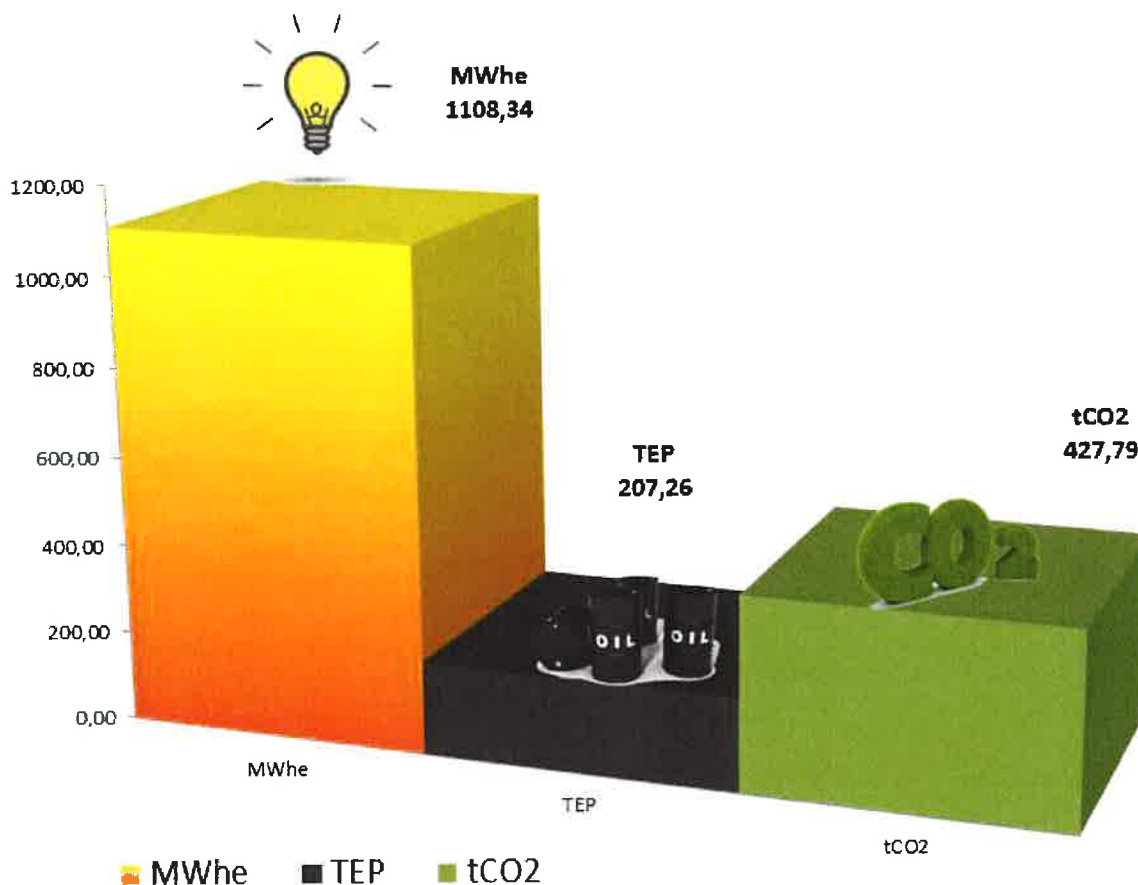
### 4.3 Riepilogo dei risparmi

In seguito agli interventi di riqualificazione dell'impianto di Illuminazione Pubblica sopra descritti si prevede di conseguire un risparmio energetico nell'ordine del **64,5%** rispetto agli attuali consumi ipotizzati.

Nella tabella sottostante si riportano i consumi annui pre intervento e post intervento.

POTENZA COMPLESSIVA PRE INTERVENTO [kW]*	ENERGIA TOTALE PRE INTERVENTO [kWh]**	POTENZA COMPLESSIVA POST INTERVENTO [kW]*	ENERGIA TOTALE POST INTERVENTO [kWh]**	RISPARMIO ENERGETICO
409,134	1.718.400,00	145,243	610.018,79	64,5%
* Potenza calcolata considerando gli assorbimenti residui (dispersioni sulle linee e assorbimento dei reattori / accumulatori)				
** Consumo calcolato considerando 4.200 ore di funzionamento annue				

Nel grafico sottostante si riporta il riepilogo dei risparmi attesi.



Risparmio di energia elettrica annuo: **1108,34 MWh**

TEP annui risparmiati: **207,26 TEP**

tCO<sub>2</sub> annue risparmiate: **427,79 t**



## 5 EDIFICI COMUNALI

Il Comune di Civitavecchia ha le seguenti caratteristiche climatiche:

- 1085 gradi giorno (GG)
- Zona C

Inoltre, i dati termici progettuali di riferimento della zona, secondo il D.P.R. 74/2013, per quanto non già previsto dal DPR 412/93 e secondo la norma UNI 10349, sono:

- Temperatura esterna invernale di progetto 0 °C
- Temperatura interna invernale di progetto 20 °C

Gli edifici di proprietà comunale, oggetto del presente progetto, sono qui di seguito elencati:

Rif.	SCUOLE COMUNALI
A.1	SCUOLA MATERNA (Via A. da Sangallo - ang. XVI Settembre) SUOLA ELEMENTARE "CESARE LAURENTI" (Via XVI Settembre)
A.2	SCUOLA MEDIA "MANZI" (Via da Sangallo, Via Borghese)
A.3	SCUOLA ELEMENTARE E PALESTRA "RODARI" (Via Apollodoro)
A.4	SCUOLA MATERNA "ANDERSEN - EX FRASCATANA" (Viale Togliatti, Via Villanoviani)
A.5	SCUOLA ELEMENTARE "DE CURTIS - EX FRASCATANA" (Viale Togliatti, Via Alga)
A.6	SCUOLA MATERNA "RANALLI" (Via Terme di Traiano)
A.7	SCUOLA MEDIA FLAVIONI E PALAZZETTO DELLO SPORT (Via Barbaranelli)
A.8	SCUOLA ELEMENTARE E MATERNA DON MILANI (Via Montanucci)
A.9	MEDIA CALAMATTA DON MILANI - ELEMENTARE FUSCO (Via Montanucci)
A.10	SCUOLA MATERNA "SAN LIBORIO" (Via Castagnola)
A.11	SCUOLA MATERNA (Via Pinelli)
A.12	SCUOLA ELEMENTARE- MATERNA - MEDIA BORLONE (Borgata Aurelia, Viale L. Perosi)
A.13	SCUOLA ELEMENTARE E MATERNA "CARLO COLLODI" (Via Adige)
A.14	SCUOLA ELEMENTARE "R. POSATA" (Via M. di Via Fani) SCUOLA MATERNA (Via Campania)
A.15	SCUOLA MATERNA (Via dei Platani)
A.16	SCUOLA ELEMENTARE "PAPACCHINI" (Via Monsignor Giuseppe Papacchini)
A.17	SCUOLA MATERNA "PAPACCHINI" E MEDIA ENNIO GALICE (Via Monsignor Giuseppe Papacchini)
A.18	SCUOLA MEDIA "E. GALICE" (Via Toscana)
A.19	ASILO NIDO (Via Lombardia)
A.20	SCUOLA MATERNA (Via Immacolata)
Rif.	ALTRI EDIFICI COMUNALI
B.1	TEATRO COMUNALE "TRAIANO" (Corso Centocelle)
B.2	SEDE MUNICIPALE E AULA CONSILIARE (Piazzale del Pincio – Piazzale Pietro Guglielmotti)
B.3	UFFICIO TECNICO COMUNALE (Viale Baccelli)
B.4	UFFICIO URBANISTICA (Viale Baccelli)
B.5	VILLA ALBANI - UFFICI PUBBLICI (Via Terme di Traiano)
B.6	CITTADELLA DELLA MUSICA
B.7	UFFICI DELLA CULTURA E DEL TURISMO, ARCHIVIO STORICO E BIBLIOTECA COMUNALE (P.zza Calamatta, Via degli Ospedali)

Ciascun edificio è caratterizzato da una struttura edilizia tipica del periodo storico a cui si può farne risalire la costruzione; stesso dicasi per gli impianti a servizio degli edifici, che tuttavia negli anni



possono aver subito alcune modifiche tecnologiche.

Il presente capitolo è finalizzato a descrivere, in senso generale, le opere di riqualificazione tecnologica proposte per i vari impianti, prendendo in esame tutti gli aspetti richiesti dalla normativa in vigore.

Le soluzioni analizzate riguardano principalmente l'individuazione di interventi di riqualificazione impiantistica che, a parità di costo dell'investimento, siano più idonei a garantire l'ottimizzazione energetica voluta, con una significativa riduzione del consumo di energia primaria e la conseguente riduzione dell'impatto ambientale globale.

## 5.1 Aspetti energetici e di salvaguardia ambientale

Gli interventi analizzati hanno come finalità il miglioramento delle prestazioni e dell'efficienza energetica dei sistemi generativi, oltre alla implementazione della regolazione esistente ed alla realizzazione di un sistema di telegestione atto a migliorare il processo gestionale dell'impianto.

Il progetto si pone come obiettivo primario quello di ridurre il consumo di energia primaria e le emissioni inquinanti in atmosfera mediante:

- l'ottimizzazione nell'erogazione del calore grazie alla migliore gestione termodinamica della produzione del vettore primario;
- il miglioramento della regolazione degli impianti termici grazie ad un corretto uso di un sistema telematico;
- un migliore sfruttamento dell'impiantistica con puntuali verifiche dei parametri in campo (temperature fluidi, temperature ambiente ...);
- una manutenzione preventiva programmata e predittiva, che determini un'ottimale conservazione in esercizio dei componenti tecnologici in campo.

Le principali criticità riscontrabili riguardano:

- generatori di calore obsoleti;
- alte emissioni di NOx in atmosfera;
- sistemi di regolazione inefficienti;
- mancanza di un sistema di telecontrollo;
- consumi elettrici elevati.

Al fine di eliminare le criticità riscontrate e di perseguire gli obiettivi progettuali sopra descritti, si prevede la realizzazione dei seguenti interventi:

- sostituzione dei generatori di calore obsoleti con generatori a condensazione dotati di bruciatori modulanti a bassissime emissioni di NOx;
- installazione di valvole termostatiche;
- installazione di un sistema di regolazione e telecontrollo;
- sostituzione gruppi frigoriferi;
- refitting corpi illuminanti.

## 5.2 Analisi delle principali proposte di riqualificazione

### 5.2.1 Riqualificazione centrale termica

Al fine di raggiungere gli obiettivi di risparmio energetico posti alla base del progetto di riqualificazione, si prevede la sostituzione dei generatori, ormai obsoleti, degli edifici scolastici e comunali che presentano consumi elevati e la cui sostituzione porterebbe maggior beneficio. In alcuni casi nelle centrali termiche di questi edifici sono presenti due caldaie a gas metano, una delle quali ha il compito di soddisfare i fabbisogni per la maggior parte della stagione termica, mentre l'altra, oltre ad essere di riserva alla prima, serve ad integrare la potenza nei soli periodi di picco.

In altri casi, invece, è presente una sola caldaia a metano in centrale termica, che risulta obsoleta e con notevoli consumi di energia primaria.

L'ipotesi scelta di efficientamento energetico in centrale termica riguarda la sostituzione dei due generatori di calore esistenti, o della singola caldaia presente, con una caldaia a condensazione caratterizzata da alti rendimenti grazie al recupero di calore ottenuto dalla condensazione dei fumi. Questo permetterà una riduzione dei consumi di combustibile e conseguentemente di emissioni di NOx in atmosfera.

Il gas naturale è una miscela di gas formata prevalentemente da metano (CH<sub>4</sub>) e da altri gas quali etano, propano, butano etc. La quantità percentuale dei componenti presenti nel gas naturale varia da







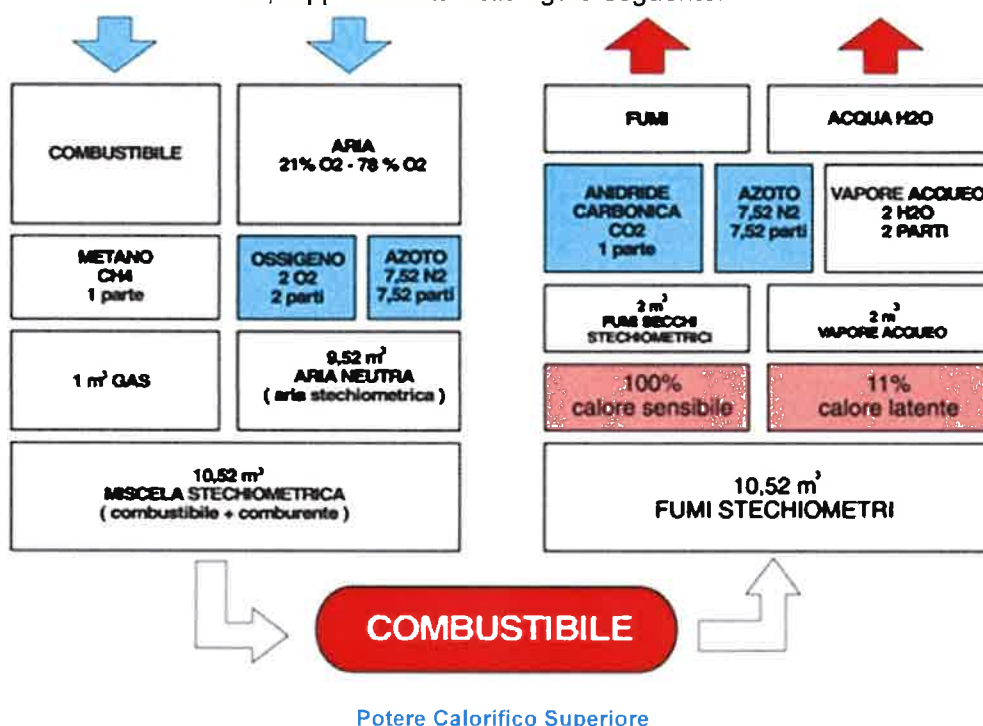
giacimento a giacimento, in ogni caso il metano risulta avere percentuali molto elevate ed in alcune miscele raggiunge il 99%.

La combustione del gas metano in un gruppo termico genera calore; questo calore è composto da due poteri calorifici, quello superiore e quello inferiore.

Il potere calorifico inferiore e quello superiore di un combustibile rappresentano la quantità di energia che si può ricavare dalla sua combustione: quello superiore comprende anche il calore latente di vaporizzazione (calore contenuto nel vapore acqueo).

Il Potere Calorifico Inferiore (P.C.I.) è la quantità di calore liberata durante la combustione completa di un combustibile, senza considerare il calore di evaporazione del vapore acqueo.

Il Potere Calorifico Superiore (P.C.S.) è la quantità di calore liberata durante la combustione completa di un combustibile, incluso il calore di evaporazione contenuto nel vapore acqueo presente come prodotto della reazione chimica, rappresentata nella figura seguente:



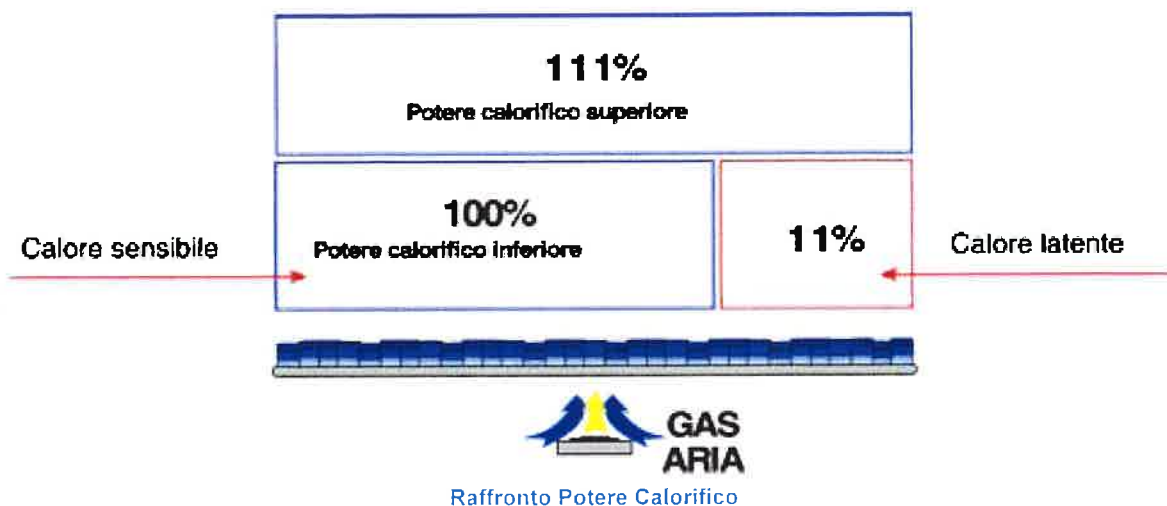
In teoria condensando tutto il vapore contenuto nei fumi, si ottiene un incremento del rendimento pari all'11% rispetto a quello massimo riferito al potere calorifico inferiore del combustibile.

Con le caldaie tradizionali, anche ad alto rendimento, si considera esclusivamente il P.C.I. in quanto per il loro sistema costruttivo non possono che sfruttare una sola parte del calore teorico. Con le caldaie tradizionali, arrivare alla condensazione dei gas di combustione potrebbe provocare danni da corrosione delle superfici di scambio termico interne.

Per poter confrontare la tecnica di combustione convenzionale con quella della condensazione, e quindi i relativi gradi di rendimento utile, si fa riferimento ancora oggi al P.C.I.

In linea di massima, tanto più è elevata la differenza tra il potere calorifico inferiore e il potere calorifico superiore, tanto maggiore è la possibilità di applicare efficacemente la tecnica della condensazione.

Ad esempio, per il gasolio questa differenza è pari al 6%, mentre per il gas metano il P.C.S. si trova circa l'11% sopra al P.C.I. Inoltre, la temperatura di condensazione del metano risulta di 10°C superiore a quella del gasolio. Ne consegue un maggior sfruttamento dell'energia tratta dal metano rispetto al gasolio.



La curva di saturazione di un gas dal vapore acqueo definisce la temperatura di rugiada al di sotto della quale si produce la condensazione.

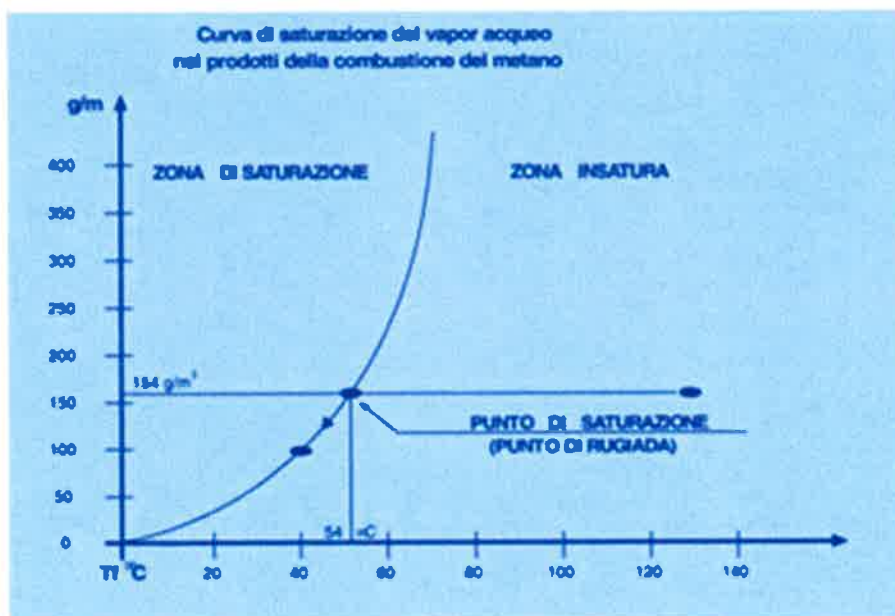
Il raffreddamento si effettua sulla linea orizzontale fino ad incontrare la curva che definisce la temperatura di rugiada. Quando il punto di saturazione (temperatura di rugiada) è raggiunto, il raffreddamento provoca l'inizio della condensazione del vapore acqueo e il punto rappresentativo si trova sulla curva di saturazione. Più si raffredda più si condensa, liberando il calore latente corrispondente.

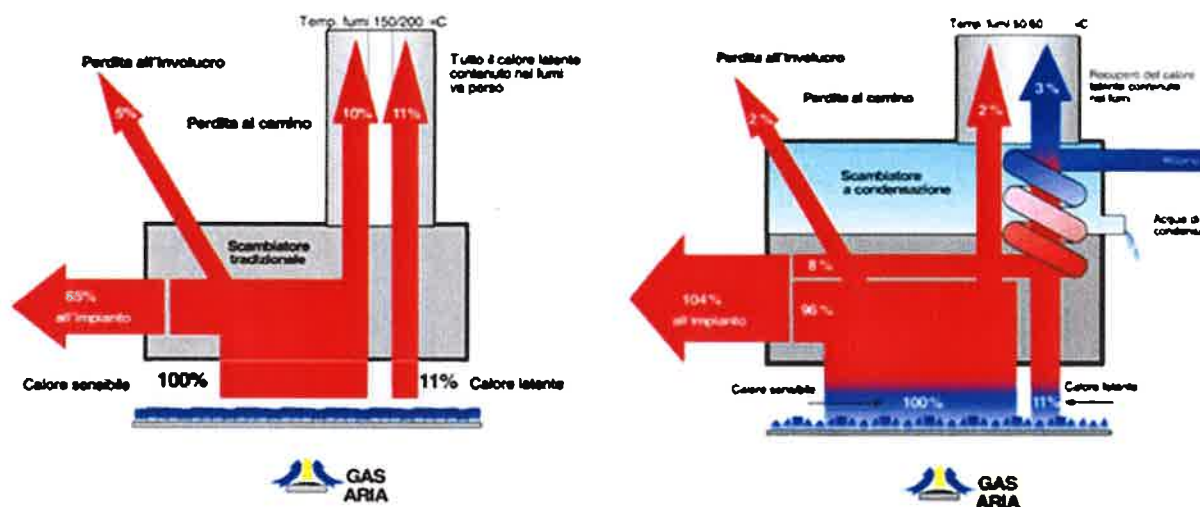
Nel caso dei prodotti della combustione del gas naturale, il fenomeno è identico e il calore latente di condensazione dell'acqua rappresenta l'11% del potere calorifico inferiore del gas. In altri termini, quando la combustione del gas fornisce 100 kWh di calore sensibile, essa fornisce ugualmente 11 kWh di calore latente.

La temperatura di rugiada è di circa 54°C con un 20% di eccesso d'aria.

Per quanto concerne la sostituzione del generatore a gasolio (A.3 - Scuola ELEMENTARE E PALESTRA "RODARI") con un generatore a metano, il vantaggio consiste nel notevole incremento del rendimento utile e quindi un notevole risparmio nel consumo di combustibile.

La trasformazione del combustibile implica la bonifica del serbatoio a gasolio e la sua successiva rimozione.





Schema di raffronto caldaia tradizionale – caldaia a condensazione

Nello schema riportato, vediamo come in una caldaia tradizionale il calore latente (11%) venga perso direttamente nei fumi, che vengono espulsi a temperature superiori a 150°C.

L'alta temperatura dei fumi di scarico fa sì che anche le perdite al camino siano elevate (circa 10%), così come le perdite all'involucro (circa 5%).

Ne conseguirà che di tutto il calore generato dalla combustione solo l'85% andrà all'impianto.

In una caldaia a condensazione il rendimento è variabile secondo la temperatura dell'acqua che rientra in caldaia.

Quando la temperatura di ritorno fa sì che i fumi scendano sotto la temperatura di rugiada del metano, il rendimento oltrepasserà il 100% sul P.C.I. e aumenterà esponenzialmente per ogni grado al di sotto della temperatura di rugiada.

Nello schema qui illustrato si può notare come la bassa temperatura dei fumi consenta meno perdite al camino (nell'ordine del 2%) e minori perdite all'involucro (nell'ordine del 2%), ottenendo già così un rendimento sul P.C.I. del 96%.

Al 96% andrà ad aggiungersi un ulteriore 8% dato dal recupero del calore latente contenuto nei fumi, portando così il rendimento al 104% sul potere calorifico inferiore.

Il concetto fondamentale che nasce da questo schema è che tanto più si può spingere la temperatura fumi al di sotto del punto di rugiada, tanto più aumenta il rendimento.

### 5.2.2 Installazione valvole termostatiche

L'intervento prevede l'installazione di valvole termostatiche sui radiatori esistenti.

Le valvole termostatiche sono tipicamente impiegate per la **regolazione del fluido** ai radiatori degli impianti di riscaldamento. Esse sono dotate di un elemento regolatore di comando che, intervenendo automaticamente sull'apertura della valvola, mantiene costante, al valore impostato, la temperatura ambiente del locale in cui sono installate. In questo modo si evitano indesiderati incrementi di temperatura e si ottengono **consistenti risparmi energetici**.

Le valvole che si installeranno di marca Caleffi, o similare, sono dotate di un particolare codolo con tenuta idraulica in gomma che permette il collegamento al radiatore in modo veloce e sicuro, senza l'ausilio di altro mezzo sigillante.

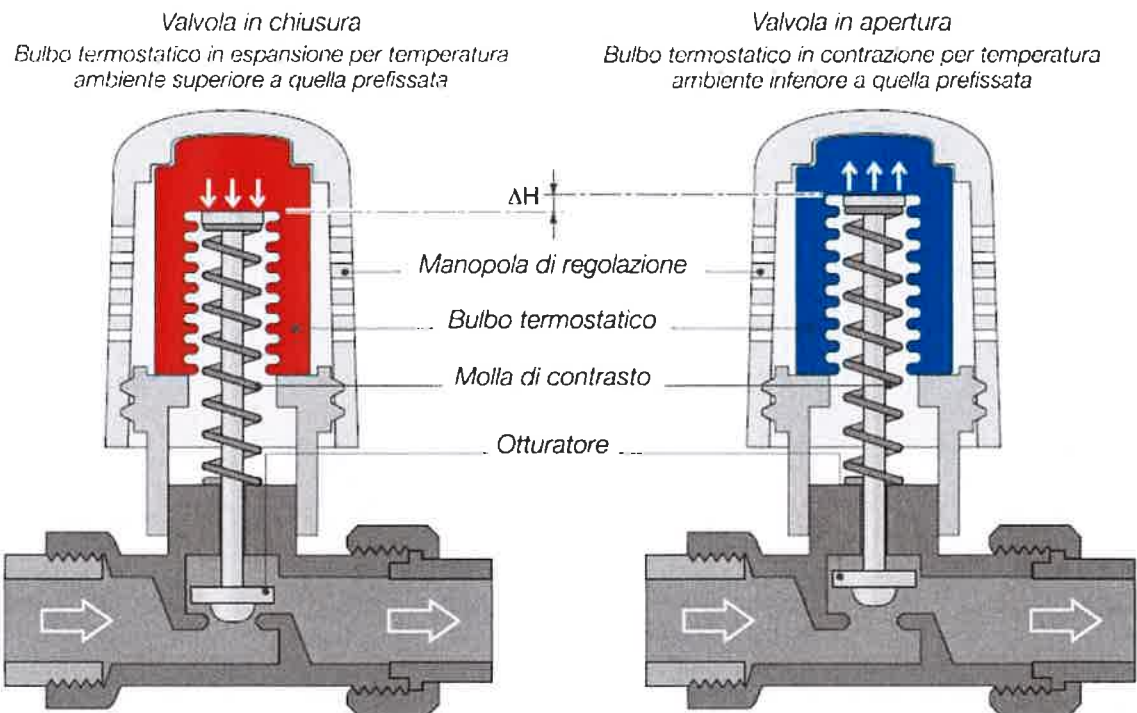
Il dispositivo di comando della valvola termostatica è un regolatore proporzionale di temperatura,





costituito da un soffietto contenente uno specifico liquido termostatico.

All'aumentare della temperatura, il liquido aumenta di volume e provoca la dilatazione del soffietto. Con la diminuzione della temperatura si verifica il processo inverso; il soffietto si contrae per effetto della spinta della molla di contrasto. I movimenti assiali dell'elemento sensibile vengono trasmessi all'attuatore della valvola tramite l'asta di collegamento, regolando così il flusso del liquido nel corpo scaldante.



Si specifica che le valvole saranno dotate di blocco antimanomissione per evitare variazioni dei parametri regolati da parte di personale non autorizzato.

La versione antimanomissione ed antifurto del comando termostatico si ottiene montando sulla manopola l'apposito guscio come rappresentato nella figura a fianco; Il suo fissaggio è ottenuto mediante l'impiego di due viti dotate di testa speciale e, quindi, serrabili solamente mediante l'impiego di apposita chiave.



#### 5.2.2.1 Installazione pompa elettronica

Per garantire il funzionamento ottimale dell'impianto con le valvole termostatiche, si prevede la sostituzione delle pompe di circolazione che servono i circuiti a radiatori con gruppi di pompaggio di tipo elettronico a portata variabile con caratteristiche di portata e prevalenza analoghe.



Pompa elettronica

Le pompe MAGNA 3, o similari, sono state scelte in modo da garantire la portata di acqua richiesta



con la prevalenza specificata a funzionamento continuo in modo da scongiurare il surriscaldamento del motore, dei cuscinetti, ecc. e senza rumore udibile nell'edificio all'esterno della centrale termica.

Il rendimento della pompa è sempre quello massimo consentito, tenuto conto della portata e della prevalenza e comunque non inferiore al 75%.

I motori sono dotati di un convertitore di frequenza incorporato concepito per una regolazione continua della pressione in base alla portata.

Le pompe saranno dotate di regolazione integrata della velocità per l'adattamento automatico delle prestazioni alle condizioni correnti.

I consumi energetici sono, quindi, ridotti al minimo. Le pompe possono funzionare in qualsiasi punto di lavoro entro il 25 % ed il 100 % della gamma di velocità. Durante il funzionamento le pompe possono funzionare con velocità fino al 110 %.

La curva del 100 % corrisponde alla curva di una identica pompa dotata di motore a velocità fissa.

Le pompe per montaggio orizzontale saranno del tipo ad alto rendimento ad asse orizzontale, direttamente accoppiate al motore elettrico a 4 poli, a mezzo di giunto elastico; monoblocco sino a  $Q=40$  mc/h max, a base e giunto oltre  $Q=40$  mc/h.

Il funzionamento sarà silenzioso, la tenuta meccanica esente da manutenzione e grado di protezione IP 44.

I circolatori saranno almeno a due velocità con morsettiera universale (3x400 V - 3x230 V), ed avranno canotto separatore realizzato in acciaio inox, in unico pezzo con le due estremità portate all'esterno della pompa.

Caratteristiche principali:

- AUTOADAPT;
- FLOWADAPT e FLOWLIMIT;
- Regolazione a pressione proporzionale;
- Regolazione a pressione costante;
- Regolazione a temperatura costante;
- Funzionamento a curva costante;
- Funzionamento a curva massima o minima;
- Modalità notturna automatica;
- Non è richiesta alcuna protezione esterna del motore;
- Gusci isolanti forniti con le pompe singole per i sistemi di riscaldamento;
- Ampio intervallo di temperature in cui la temperatura del liquido e quella ambientale sono indipendenti l'una dall'altra.

Vantaggi:

- Consumo energetico ridotto;
- La funzione AUTOADAPT garantisce il risparmio energetico;
- Sensore integrato di pressione differenziale e di temperatura;
- Selezione sicura;
- Installazione semplice;
- Lunga durata di vita utile e nessuna manutenzione;
- Interfaccia utente estesa con display TFT;
- Pannello di controllo con pulsanti auto esplicativi in silicone di alta qualità;
- Cronologia del registro di lavoro;
- Facile ottimizzazione dell'impianto;
- Misuratore di energia termica;
- Funzione multi-pompa;
- Monitoraggio e controllo esterno ottenibili tramite moduli aggiuntivi.

### 5.2.3 Sostituzione gruppi frigoriferi

I gruppi frigoriferi a servizio dell'aula consiliare "Renato Pucci" (Sede Municipale - B.2) e del "Teatro Traiano" (B.1) risultano obsoleti o malfunzionanti; se ne prevede la sostituzione per garantire un efficientamento energetico e un miglioramento del rendimento dell'impianto di climatizzazione con conseguente riduzione delle emissioni di inquinanti in atmosfera.





Sono stati riscontrati problemi di funzionamento e di potenza erogata, con conseguente riduzione sensibile di resa della macchina.

Si prevede la sostituzione con refrigeratori funzionanti a gas frigorifero R410a, del tipo "monoblocco" e raffreddati ad aria, della potenza frigorifera pari all'incirca a quelli dei gruppi esistenti.

I vantaggi di un refrigeratore di questo tipo sono i seguenti:

- Controllo ad inverter su compressori e ventilatori;
- Compressori scroll inverter;
- Sezionatore generale di serie e flussostato acqua di serie;
- Filtro di serie;
- Controllo preciso temperatura di mandata;
- Funzionamento in caldo fino a -15°C;
- Funzionamento notturno silenzioso;
- Comando remoto fornito di serie;

Ogni gruppo dovrà funzionare con alimentazione elettrica a 400V, trifase, 50Hz.

I valori di EER e di COP della macchina non saranno inferiori rispettivamente a 3,05 / 3,00 alle condizioni di funzionamento di progetto, mentre l'efficienza media stagionale ESEER sarà non inferiore a 4.75. Il gruppo frigo dovrà essere in grado di erogare, secondo le esigenze d'impianto, dal 120% al 25% della propria potenza nominale frigorifera e termica attraverso l'attivazione del boost (sovralimentazione) e la modulazione continua della potenza.

L'unità, sarà provvista di compressori ermetici scroll con motore inverter; il gruppo sarà completamente assemblato in fabbrica su un robusto telaio in profilati di acciaio zincato, protetto con verniciatura epossidica a forno, con un cabinato realizzato con pannelli in lamiera di acciaio zincata con rivestimento in poliestere. Il gruppo sarà collaudato in fabbrica a pieno carico e alle condizioni nominali di lavoro.

Le unità di refrigerazione / pompa di calore hanno le seguenti caratteristiche costruttive:

**Scocca** rivestita a polvere epossidica in acciaio galvanizzato resistente alle intemperie, completamente assemblata in fabbrica, sezionatore generale e griglia di protezione del condensatore di serie.

**Compressori** ermetici scroll azionati da inverter, ottimizzati per l'uso di R-410A, caratterizzato da alta affidabilità, precisione, e durata, anche grazie al ridotto numero di parti in movimento, basso livello sonoro ed alta efficienza.

**Condensatore** a batteria di scambio alettata dal design ad alta prestazione, scambiatore di calore in rame/alluminio (Cu/Al). Alettatura della batteria per aumentare la superficie di scambio, di tipo Waffle Louvre asimmetriche con trattamento idrofilo e resistente alla corrosione, tubi Hi/XSS per un maggior coefficiente 7 di scambio termico, riducendo le dimensioni della batteria garantendo livelli ottimi in termini di rumorosità. Circuito sottoraffreddatore per migliorarne l'efficienza. Il condensatore subisce un processo di rivestimento poli acrilico (trattamento standard anticorrosivo della parte di alluminio) che garantisce il refrigeratore contro la corrosione nel tempo, ampliando la gamma di applicazione e di condizioni d'esercizio.

**Evaporatore** a piastre in acciaio saldobrasate con geometria in controcorrente, ottimizzato per l'uso di refrigerante R-410A per applicazione con e senza glicole.

**Ventilatori assiali** con direzione di mandata verticale, dal profilo ottimizzato per ridurre la rumorosità, staticamente e dinamicamente bilanciati. Controllo di condensazione di serie (funzionamento fino a -15°C aria esterna).

**Tubazioni** in rame complete di tutti gli accessori necessari: trasduttori di alta e bassa pressione, filtro deidratatore circuito gas, valvola termostatica di espansione elettronica per ogni circuito, porta di misurazione della pressione per ogni circuito, sensore di minima pressione, ricevitore di liquido e valvola 4 vie, doppio pressostato di alta pressione, sicurezze elettriche quali cut-out termico per i motori di compressore, relay di sovraccarico, protezione antigelo, relay sequenza fase, sezionatore generale, flussostato.

Il refrigeratore è dotato, come standard, dei seguenti sistemi di protezione e controllo:

- sensori di alta e bassa pressione;
- monitoraggio alta temperatura del gas;







- cut-out termico per i motori di compressore;
- relay di sovraccarico;
- protezione antigelo;
- monitoraggio elettronico della temperatura;
- relay sequenza fase.

Sono forniti come dotazione standard quelli con un filtro ingresso evaporatore ed un flussostato.

Il quadro di controllo dell'unità assemblato in conformità delle norme EN(CE) è in classe di sicurezza IP 54 e contiene tutti i componenti di controllo e interruttori quali:

- interruttore principale;
- carico;
- cut-out ausiliari e di controllo;
- trasformatori;
- relay e relay ausiliari;
- fusibili e sensori.

Il controllo fornito come standard è remotabile.

#### Sistema di controllo

Il controllo remoto (con controllo di precisione punto fisso mandata acqua evaporatore, grazie alla tecnologia INVERTER) fornito di serie con la macchina, è provvisto di tutti i componenti necessari al funzionamento automatico, nello specifico:

- On/off;
- Riscaldamento ambiente;
- Raffrescamento ambiente;
- Modalità di funzionamento notturno silenzioso;
- Limitazione della potenza erogata per riduzione rumorosità fino a -17dB(A);
- Impostazione dei set-point;
- Programma giornaliero o settimanale;
- Doppio set-point in funzione alla temperatura esterna (solo riscaldamento);
- Visualizzazione stato della macchina;
- Stato guasti.

#### Campo di funzionamento

Unità funzionante nei seguenti campi di funzionamento:

- Temperatura aria esterna compresa tra i -15 °CBS e i 43 °CBS (standard -5°C) in raffreddamento.
- Temperatura aria esterna compresa tra i -15 °CBS e i 35 °CBS (standard -5°C) in riscaldamento.
- Temperatura acqua compresa tra i 5 °C (-10 °C come opzione) e i 20 °C come standard in raffreddamento.
- Temperatura acqua compresa tra i 25 °C e i 50 °C come standard in riscaldamento.

#### 5.2.4 Installazione sistema di telegestione

Il sistema di telecontrollo permette l'automazione, la conduzione, la gestione e la manutenzione degli impianti HVAC, Tecnici e Tecnologici degli edifici. Il software, unitamente ai controllori DDC, consente l'automazione e il controllo di tutti gli apparati e i servizi tecnici necessari per il funzionamento degli immobili. I compiti principali sono:

- Semplificare la progettazione, l'installazione, la manutenzione e l'utilizzo delle tecnologie.
- Garantire il funzionamento in condizioni ottimali di impianti e macchine installate.
- Ridurre i costi di gestione.
- Risparmiare energia.
- Migliorare la sicurezza.

Scendendo più in dettaglio l'insieme Supervisore e Controllori DDC costituisce uno strumento **modulare e flessibile** che, in modo ottimizzato:

- Permette il collegamento fra il CO (Centro Operativo) e i controllori di campo, attraverso uno o più vettori di comunicazione standard (Bus, Ethernet, Reti Wireless, ecc).
- Permette di gestire a distanza gli impianti, sia nella fase configurazione, che in quella di normale

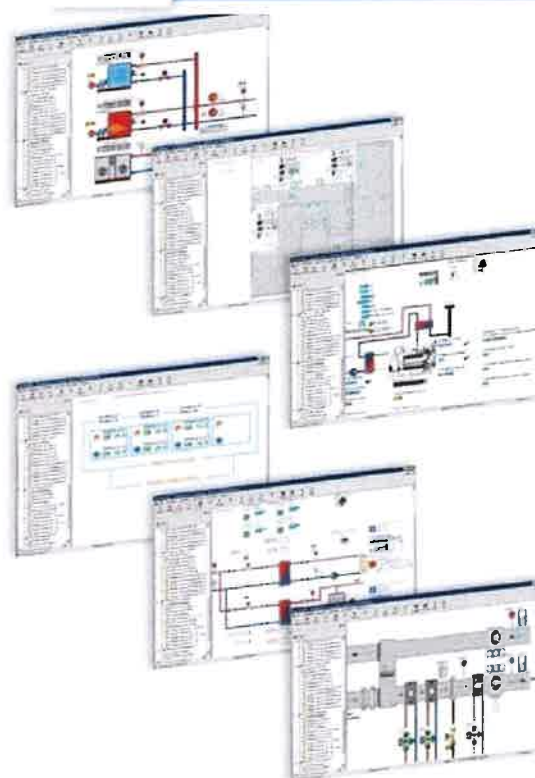
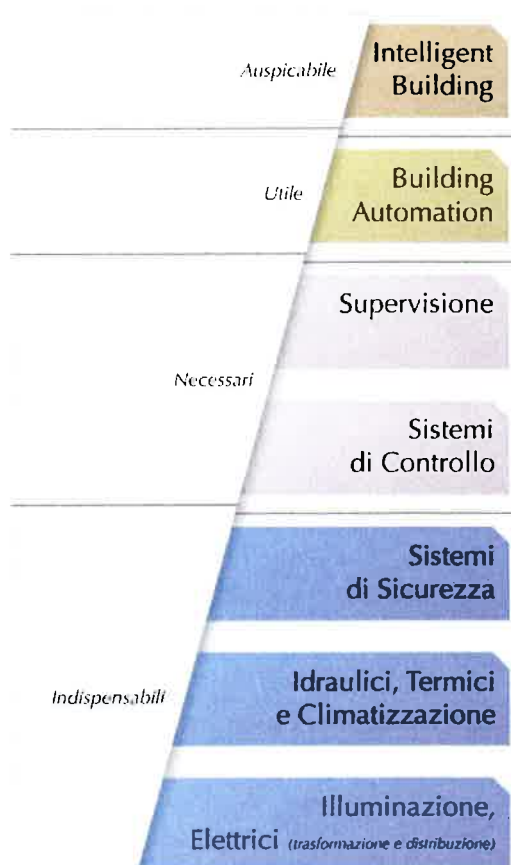


funzionamento.

- Permette di controllare in tempo reale le funzionalità degli impianti, permettendo quindi di rilevare lo stato di funzionamento delle principali apparecchiature in campo (pompe, bruciatori, sonde, controllori di stanza, sistemi di illuminazione, ecc.) e di visualizzarlo sugli schemi sinottici informatizzati.
- Rileva, misura e registra grandezze analogiche (temperature dell'acqua, temperatura esterna, temperature interne degli uffici e dei locali comuni, ecc.). Su tali grandezze potranno essere impostate soglie di generazione allarme programmabili, in termini di valore e di tempo; in questo modo si riducono drasticamente i tempi di intervento per anomalie e disservizi.
- Raccoglie e memorizza, ad intervalli di tempo programmabili, i valori storici delle sonde in campo sugli impianti e permette la loro visualizzazione in forma grafica, nonché la stampa del grafico visualizzato. I dati storici, oltre che sulla base dati del CO saranno presenti per un certo tempo sui controllori di campo.
- Contabilizza il tempo di erogazione di energia e più in generale il tempo di funzionamento degli organi di comando;
- Monitora lo stato generale degli impianti mediante visualizzazione sinottica su mappe digitalizzate dell'immobile, in modo tale da avere sempre presente la condizione generale;
- Riceve, visualizza e raccoglie le segnalazioni, gli eventi di anomalia e di allarme provenienti dai controllori in modo da permetterne una corretta gestione, attraverso il concetto di "code di attesa" differenziate, in modo da poter seguire l'evoluzione di un avvenimento.
- Permette la ricerca storica di tali eventi e di produrre dei tabulati completi delle transizioni significative associate alla data e all'ora della loro effettuazione: generazione in campo al controllore, arrivo al CO, chi e come li ha gestiti, chi e come è intervenuto, come e quando il problema è stato risolto;
- Permette il collegamento di più postazioni di supervisione.
- Mette a disposizione le procedure di salvataggio degli archivi di configurazione e dei dati storici;
- Mette a disposizione, per mezzo di calendari, la schedulazione automatica di comandi verso le unità periferiche, consentendo di automatizzare le procedure di aggiornamento degli orari di funzionamento, di raccolta dei dati storici, ecc.

L'interfaccia con l'operatore, di tipo grafico, è semplice ed efficace, facile da apprendere e permette quindi agli addetti di operare da subito e prendere le decisioni migliori per la conduzione dell'edificio.

Il telecontrollo degli impianti avviene mediante visualizzazione su schemi sinottici in cui vengono



mostrate le temperature ed i parametri e gli stati funzionali degli impianti. L'interrogazione degli impianti può avvenire sia in tempo reale sia accedendo ai dati registrati. I dati saranno costantemente disponibili (con stampe di report periodici su supporto informatico modificabile e/o cartaceo) e saranno previste funzioni per seguire in tempo reale l'azione della termoregolazione climatica e della regolazione delle caldaie.

Nella centrale operativa verrà installato un PC server con software Trend 963 Server o similare, dedicato alla supervisione dell'intero sistema di controllo, alla storicizzazione di tutti i dati provenienti dal campo, alla gestione e storicizzazione degli allarmi.

### 5.2.5 Refitting corpi illuminanti interni

L'operazione di refitting consiste nel sostituire le lampade (a fluorescenza) attualmente installate all'interno dei corpi illuminanti esistenti negli edifici, con apparecchi analoghi a **LED**, marca Philips, Osram, Gewiss, CREE o similare.

Questo tipo di tecnologia, come analizzato successivamente, garantisce inoltre un **miglior comfort visivo** che, vista la particolare destinazione d'uso, risulta un fattore non trascurabile.

Tale intervento, come verrà in seguito esposto dettagliatamente, consentirà di ridurre notevolmente i consumi di energia elettrica e di conseguenza l'impatto ambientale.

I tubi luminosi a **LED** sono progettati per adattarsi perfettamente ai più comuni sistemi di montaggio esistenti che pertanto, se le condizioni risulteranno accettabili, non andranno sostituiti.

La potenza elettrica assorbita da essi si attesta sui 10W, 20W e 25 W in funzione del modello, a tecnologia tradizionale, che andranno a sostituire (18W, 36W, 58W...); si tenga presente che, per le lampade tradizionali, le potenze appena elencate rappresentano solamente il consumo effettivo del tubo luminoso al quale però occorre aggiungere anche quello dovuto agli altri apparecchi elettronici o elettromeccanici necessari al funzionamento.

Tale analisi evidenzia in modo chiaro come il consumo di energia elettrica si ridurrà in modo sensibile garantendo altresì un flusso luminoso adeguato alla tipologia di locale, in maniera uguale o superiore alla precedente tecnologia.

Aspetto non trascurabile è quello poi legato alla durata della lampada: l'apparecchiatura a LED, essendo

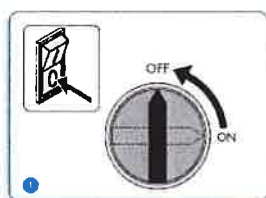
assolutamente priva di filamento interno, è caratterizzata da una durata e un'affidabilità molto maggiori rispetto alle vecchie tecnologie, con una vita media nominale attesa di circa 30.000 ore.

Inoltre i LED emettono una luce bianca "neutral white" con una temperatura di colore di 4.000 K, molto efficace per una percezione nitida di forme e colori.

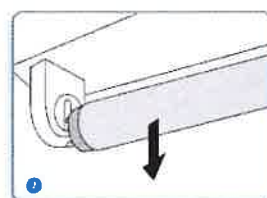
Le sorgenti a LED non producono calore, se non in minima parte, e sono alimentate a bassissimo voltaggio, inoltre non emanano raggi ultravioletti e, a differenza di altre tecnologie illuminanti, non hanno problemi di smaltimento a fine vita perché non contengono materiali inquinanti, quali piombo, mercurio e alogenuri metallici, e non attirano gli insetti.



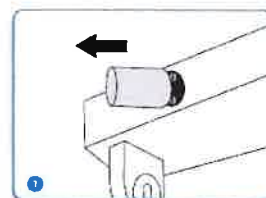
Esempio di tubo a LED



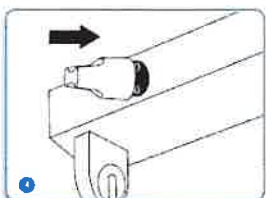
Togliere l'alimentazione



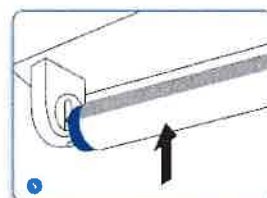
Rimuovere i tubi fluorescenti esistenti



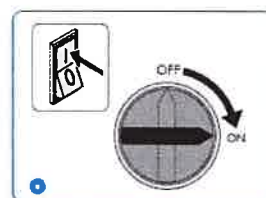
Rimuovere gli starters



Installare gli starters LED



Installare i LedTubes



Alimentare l'impianto





In sintesi, i vantaggi della tecnologia a LED possono essere così riassunti:

- Durata elevata;
- Riduzione dei costi di gestione;
- Risparmio energetico;
- Qualità della luce.

### 5.3 Descrizione degli interventi proposti da realizzare nel corso del 1° anno

#### 5.3.1 Riqualificazione centrale termica

Dopo aver analizzato tutti i possibili interventi, si è optato per una riqualificazione impiantistica delle Centrali Termiche, andando a sostituire i generatori ad acqua calda "tradizionali" a metano con generatori a condensazione dotati di bruciatori modulanti a bassissime emissioni inquinanti; la "Scuola Rodari" (A.3) è attualmente servita da una caldaia a gasolio che verrà anch'essa sostituita con una caldaia a metano a condensazione con bruciatore modulante.

##### 5.3.1.1 Sostituzione generatore di calore

Verranno sostituiti i generatori di calore esistenti con generatori di calore a condensazione con le seguenti caratteristiche:

- Generatore di calore:
  - ▼ Marca: UNICAL o similare

La sostituzione della caldaia sarà effettuata procedendo con l'intercettazione dell'alimentazione del gas metano a monte del circuito attraverso apposite saracinesche, verrà scollegato l'impianto elettrico e verrà intercettato l'impianto idraulico con l'azionamento di saracinesche collegate alle singole caldaie.

Dopo di che si provvederà a smontare le tubazioni idrauliche collegate alle caldaie. Successivamente si potrà scollegare il condotto fumi ed estrarre l'intera caldaia con l'ausilio di autogru con braccio telescopico.

Analogamente verrà inserita la nuova caldaia attraverso autogrù, collegata al nuovo condotto esalazione fumi, ricollegate tutte le tubazioni idrauliche e gas metano. Verrà in fine ripristinato il collegamento elettrico e riattivato l'impianto idraulico e gas a servizio della singola caldaia.

Gli interventi relativi alle sostituzioni dei generatori di calore a condensazione a gas metano saranno soggetti ad apposita denuncia (ai sensi dell'Art.284 del D.lgs. 152/06) e rispetteranno i limiti di emissioni previsti dall'Art. 6.3 del DGR 164 del 05/03/2010 (come in tabella di seguito riportata).

Inquinante	impianti a focolare nuovi		impianti a focolare esistenti		
	Combustibili liquidi e solidi *	Combustibili gassosi **	Focolari > 3 Mwt Combustibili liquidi e solidi *	Focolari ≤3 Mwt Combustibili liquidi e solidi *	Combustibili gassosi **
SO <sub>2</sub>	400	35	1700	400	35
NO <sub>X</sub>	200	200	250	300	200
POLVERI	50	5	50	50	5
CO	100	100	100	100	100
*	I limiti di emissione sono riferiti ai gas secchi in condizioni normali e ad una percentuale del 3 % di Ossigeno libero nei fumi per i combustibili liquidi, del 6% per il carbone e dell'11% per gli altri combustibili solidi.				
**	I limiti di emissione sono riferiti ai gas secchi in condizioni normali e ad una percentuale del 3 % di Ossigeno libero nei fumi. I limiti di SO <sub>2</sub> e Polveri si intendono rispettati utilizzando gas naturale e GPL.				

Limiti di emissioni impianti a focolare

Le lavorazioni di smontaggio e rimontaggio avverranno in appositi locali e zone dedicate senza interferire con le varie attività svolte negli edifici in oggetto.

##### 5.3.1.2 Contatermie

In ogni sito nel quale verrà sostituita la caldaia sarà installato un contatermie ad ultrasuoni, con relativo convertitore/trasmittitore mod. ML210, relative sonde mod. PT500 e calcolatore di energia mod. ML311, sul circuito di ritorno generale dell'acqua calda.

- Misuratore:



- ▼ Marca: ISOIL, o similare
- ▼ Modello: IFX-M4-01

#### 5.3.1.3 Smantellamenti

Tutte le linee e tubazioni non più necessarie, quali quelle alimentanti utenze oggetto di smantellamento nel progetto fluidomeccanico, verranno smantellate e smaltite in discarica, secondo le vigenti normative in merito al trattamento dei rifiuti.

#### 5.3.2 Installazione valvole termostatiche

Verranno installate valvole termostatiche sui radiatori degli edifici ad esclusione dei bagni. Questo intervento garantirà una migliore gestione ed un corretto funzionamento dell'impianto di riscaldamento, oltre al raggiungimento degli obiettivi di risparmio energetico.

Si prevede, per ogni pompa, la creazione di un ramo di bypass dotato di apposita valvola di sfioro.

Si dovrà pertanto procedere allo svuotamento dell'impianto ed all'effettuazione di un lavaggio dello stesso.

#### 5.3.2.1 Gruppi di pompaggio

In ogni impianto nel quale verranno installate le valvole termostatiche sarà sostituito il gruppo di pompaggio, attualmente presente sul circuito radiatori, con pompa elettronica a portata variabile con caratteristiche di portata e prevalenza analoghe.

#### 5.3.3 Sostituzione gruppo frigorifero

Per garantire un miglioramento dell'efficienza energetica verranno sostituiti i gruppi frigoriferi a servizio dell'aula consiliare "Renato Pucci" (Sede Municipale - B.2) e del "Teatro Traiano" (B.1).

Verranno installati gruppi frigoriferi con le seguenti caratteristiche:

- Gruppo Frigo:
  - ▼ Marca: CLIMAVENETA, o similare

#### 5.3.4 Installazione sistema di telegestione

##### 5.3.4.1 Criteri generali di regolazione

I controllori logici programmabili che si andranno ad installare nelle Centrali Termiche, mediante l'interfacciamento con il campo, saranno in grado di attuare tutte le logiche di regolazione necessarie per il buon funzionamento degli impianti.

I PLC saranno in grado di:

- Azionare i generatori di calore:
  - ▼ la comunicazione con il generatore avviene direttamente sul dispositivo, prelevando o inviando i segnali di stato, di allarme e di comando.
- Acquisire valori di temperatura mediante le seguenti sonde in campo:
  - ▼ sonda di temperatura esterna, per la regolazione climatica;
  - ▼ sonde di temperatura ambiente;
  - ▼ sonde di temperatura sulle tubazioni di mandata e ritorno dei circuiti.
- Comandare i servomotori delle elettrovalvole;
  - ▼ I servomotori di nuova installazione saranno tutti del tipo proporzionale, comandati da PLC per mezzo di un'apposita uscita analogica;
  - ▼ I servomotori esistenti, del tipo a 3 punti saranno comandati da PLC per mezzo di due apposite uscite digitali;
- Azionare le elettropompe;
  - ▼ La comunicazione con le pompe di tipo elettronico, ove supportato, avviene direttamente sul dispositivo, acquisendo o inviando i segnali di stato, di allarme e di comando. In alternativa si dovrà procedere come descritto nel punto seguente.
  - ▼ La comunicazione con le pompe di tipo tradizionale avviene comandando l'apposito contattore posto sul quadro di centrale termica; da esso è inoltre possibile, per mezzo di contatto ausiliario, prelevare lo stato di funzionamento; il segnale di allarme viene prelevato da apposito contatto ausiliario del dispositivo di protezione motore o MTD.
- Acquisire gli allarmi provenienti dalla centralina rivelazione gas;

Saranno in grado di funzionare in stand-alone o gestiti dal sistema di supervisione con il quale verranno interconnessi.

A livello di logica di funzionamento, ci sono due tipi di regolazione dell'impianto: la sonda esterna





agisce sulla centralina della caldaia, che lavora a temperatura scorrevole, permettendone la regolazione climatica; la sonda ambiente gestirà invece il funzionamento delle pompe elettroniche inverter in centrale, che lavorano a prevalenza costante, arrestandole quando sono raggiunte le condizioni di temperatura richieste.

#### 5.3.4.2 Elementi della regolazione

##### 5.3.4.2.1 Impianto di riscaldamento

Il controllo dell'impianto implica una serie di logiche di funzionamento suddivise per tipologia di utenza. Tali regolazioni sono la base di partenza e non precludono la modifica, l'aggiornamento o l'ampliamento in base ad esigenze future.

Data la programmazione libera delle unità periferiche, combinando gli oggetti disponibili nelle librerie di sistema è possibile realizzare molteplici varianti a discrezione del conduttore.

Scendendo nel dettaglio, di seguito, è descritto come gli apparati del sistema di supervisione operano in regime di configurazione standard.

##### 5.3.4.2.2 Generatore di calore

Il generatore di calore è abilitato al funzionamento in base alla richiesta dei vari circuiti utilizzatori e non hanno un programma orario indipendente.

E' possibile ottimizzare l'accensione automaticamente per garantire la temperatura ambiente di set point all'orario di confort previsto; il sistema mediante un algoritmo interno si regola in funzione della temperatura esterna ed ambiente utilizzando i dati da esso registrati nei precedenti periodi.

La compensazione climatica, con l'ausilio della sonda di temperatura esterna, sarà effettuata con una regolazione del tipo indicato nel grafico; il circuito ACS sarà comunque prioritario rispetto a questa regolazione in quanto in caso di richiesta è necessario garantire la temperatura minima necessaria al sistema.

##### 5.3.4.2.3 Pompe primario caldaia

L'abilitazione della pompa avviene con la stessa modalità descritta per la caldaia/e. La disabilitazione avviene con un ritardo allo spegnimento prestabilito. Nel caso di pompe gemellari oppure doppie lo scambio è eseguito tutti i giorni o in caso di guasto della pompa master. L'avvenuto comando e il mancato ritorno dello stato genera l'allarme "Guasto pompa", abilitando il comando della pompa di scorta.

##### 5.3.4.2.4 Pompe circuiti

Le pompe sono attivate quando il programma orario abbinato ai circuiti è ON. La pompa (una delle due nel caso di pompe gemellari oppure doppie) viene disabilitata al di fuori del programma orario relativo oppure quando la temperatura ambiente ha raggiunto il set point impostato.

##### 5.3.4.2.5 Circuiti miscelati

La valvola miscelatrice dotata di servocomando modulante è abilitata in base al programma orario del relativo circuito e regolata secondo logica PID attraverso la sonda di temperatura ad immersione installata sulla tubazione di mandata e la sonda di temperatura aria esterna.

La temperatura di mandata del circuito è mantenuta ad un valore compensato con la temperatura esterna e con la temperatura ambiente secondo una curva di compensazione idonea.

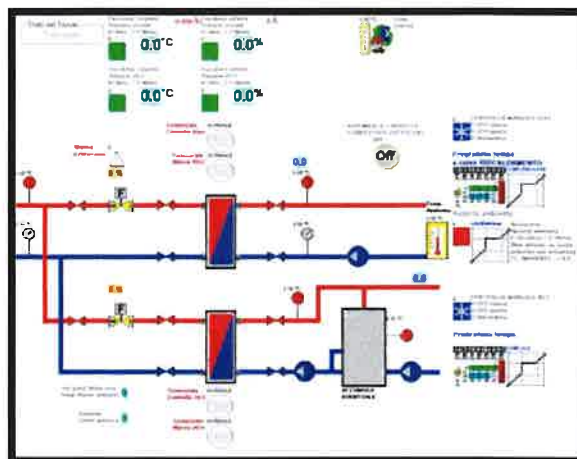
##### 5.3.4.3 Punti di telecontrollo

Si prevede di telecontrollare circa **500 punti**.

#### 5.3.5 Refitting corpi illuminanti interni

Si prevede di sostituire i **corpi illuminanti** esistenti di aule, palestre, mense, servizi (wc), locali di servizio (compresi camerini), locali tecnici, uffici, biblioteche, a tecnologia tradizionale, con apparecchi a LED.

#### 5.4 Descrizione degli interventi proposti di manutenzione specialistica da realizzare nel corso







## **della Concessione**

### **5.4.1 Rifacimento della coibentazione delle tubazioni in centrale termica**

Nell'ambito di un intervento di riqualificazione della centrale termica, si propone anche un intervento di adeguamento delle coibentazioni delle tubazioni esistenti in centrale termica che convogliano i fluidi termovettori caldo e/o freddo dal generatore ai collettori di distribuzione o eventualmente alle sottocentrali termiche presenti nell'edificio.

Tali linee risultano allo stato attuale vetuste e dotate di un isolamento raramente conforme alle prescrizioni del DPR 412/93 e addirittura in alcuni casi del tutto assenti.

Nel caso di tubazioni convoglianti acqua refrigerata, una coibentazione non adeguata comporta, oltre al conseguente dispendio energetico, anche problemi di natura igienica a causa della condensa che può formarsi sulla superficie esterna dei tubi. Per una stima del risparmio energetico conseguibile con un intervento di ricobimentazione delle linee esistenti, si è supposto che le coibentazioni esistenti abbiano un'efficienza pari a circa il 50% di quelle che si intende realizzare.

### **5.4.2 Impianto FM**

Verranno realizzate nuove linee di alimentazione per tutte le utenze di nuova installazione, mentre si manterranno quelle attuali, se idonee, nel caso di mera sostituzione delle apparecchiature.

Si installeranno nuovi gruppi prese per l'alimentazione delle apparecchiature di nuova installazione.

La distribuzione sarà di tipo a vista in tubo PVC rigido autoestinguente; gli stacchi verso le apparecchiature verranno realizzati, qualora necessario, con guaina spiralata o guaina armata a seconda che sia necessaria o meno la protezione meccanica della condotta.

Le tubazioni saranno dotate, ove necessario, di scatole di derivazione e pezzi speciali (curve, raccordi, ecc.). L'ingresso all'interno di scatole verrà realizzato mediante raccordi tubo-scatola.

I conduttori utilizzati saranno ovunque di sezioni minime pari a 2,5mmq.

Per posa all'interno di tubazioni metalliche o per il collegamento verso le apparecchiature saranno di tipo FG7OR, mentre potranno essere di tipo N07V-k all'interno di tubazioni in PVC.

L'ingresso di conduttori all'interno di apparecchiature verrà realizzato mediante idonei pressa cavo.

### **5.4.3 Impianto di illuminazione di sicurezza**

Dove non è presente è prevista l'installazione di un apparecchio di illuminazione montato a parete in materiale plastico autoestinguente, con circuito elettronico di controllo, completo di spia rete/ricarica da 60 minuti di autonomia in configurazione non permanente. La lampada a bordo sarà di tipo LED da 11 W e sarà alimentata da un'apposita partenza sul quadro elettrico di centrale termica.

### **5.4.4 Impianto di equipotenzializzazione**

Tutti i collegamenti equipotenziali e verso l'impianto di terra dovranno essere effettuati con corda in rame N07V-k di colore giallo-verde; le attestazioni sul collettore avverranno per mezzo di appositi capicorda e si utilizzeranno collari in acciaio per il collegamento alle tubazioni metalliche.

Dove non è presente dovrà essere installato all'interno della centrale termica, possibilmente in prossimità quadro elettrico, un collettore di terra in bandella di rame su cui verranno attestati i collegamenti equipotenziali previsti in centrale termica.

Tale collettore verrà collegato all'impianto di terra esistente; tutti i collegamenti equipotenziali e verso l'impianto di terra dovranno essere effettuati con corda in rame N07V-k di colore giallo-verde; le attestazioni sul collettore avverranno per mezzo di appositi capicorda e si utilizzeranno collari in acciaio per il collegamento alle tubazioni metalliche.

### **5.4.5 Rivelazione gas**

L'impianto sarà essenzialmente costituito da un rilevatore di gas metano e da due sensori posti in prossimità delle caldaie.

La centralina sarà collegata all'elettrovalvola di intercettazione gas a riarmo manuale posta all'esterno del locale e ne determinerà la chiusura in caso di presenza di gas in ambiente.

Un'eventuale segnale d'allarme verrà trasferito al PLC in modo tale da poter essere visualizzato da remoto.

### **5.4.6 Quadri elettrici**

Per ogni centrale termica verrà valutato lo stato manutentivo e funzionale del quadro elettrico per





l'alimentazione di tutte le utenze elettriche presenti in centrale termica; in funzione della scelta tecnicamente più efficiente si deciderà se adeguarlo o sostituirlo. L'eventuale nuovo quadro sarà in carpenteria metallica con portella in vetro trasparente e controporta cieca sulla quale saranno installati spie di segnalazione e selettori di commutazione (MAN-O-AUT); il quadro sarà alimentato dal quadro generale di edificio.

Dove non è presente all'esterno della centrale termica un interruttore per lo sgancio di emergenza si provvederà ad installarlo.

#### **5.4.7 Installazione addolcitori**

Verranno installati impianti dotati di pompa dosatrice di poliammide, elettronica, a membrana, multi-funzione, a microcontrollore, al fine di correggere i parametri dell'acqua utilizzata negli impianti in oggetto.

A seconda delle richieste della normativa di riferimento, verranno adeguati gli impianti termici mediante un semplice impianto di condizionamento chimico mediante pompa dosatrice, come sopra descritto, oppure un impianto di addolcimento mediante addolcitore.

#### **5.4.8 Sostituzione gruppi di pompaggio**

Qualora risultino obsolete le pompe installate nelle centrali termiche, si dovrà prevedere la sostituzione delle pompe che servono i circuiti non a radiatori con gruppi di pompaggio di tipo elettronico a portata variabile con caratteristiche di portata e prevalenza analoghe.





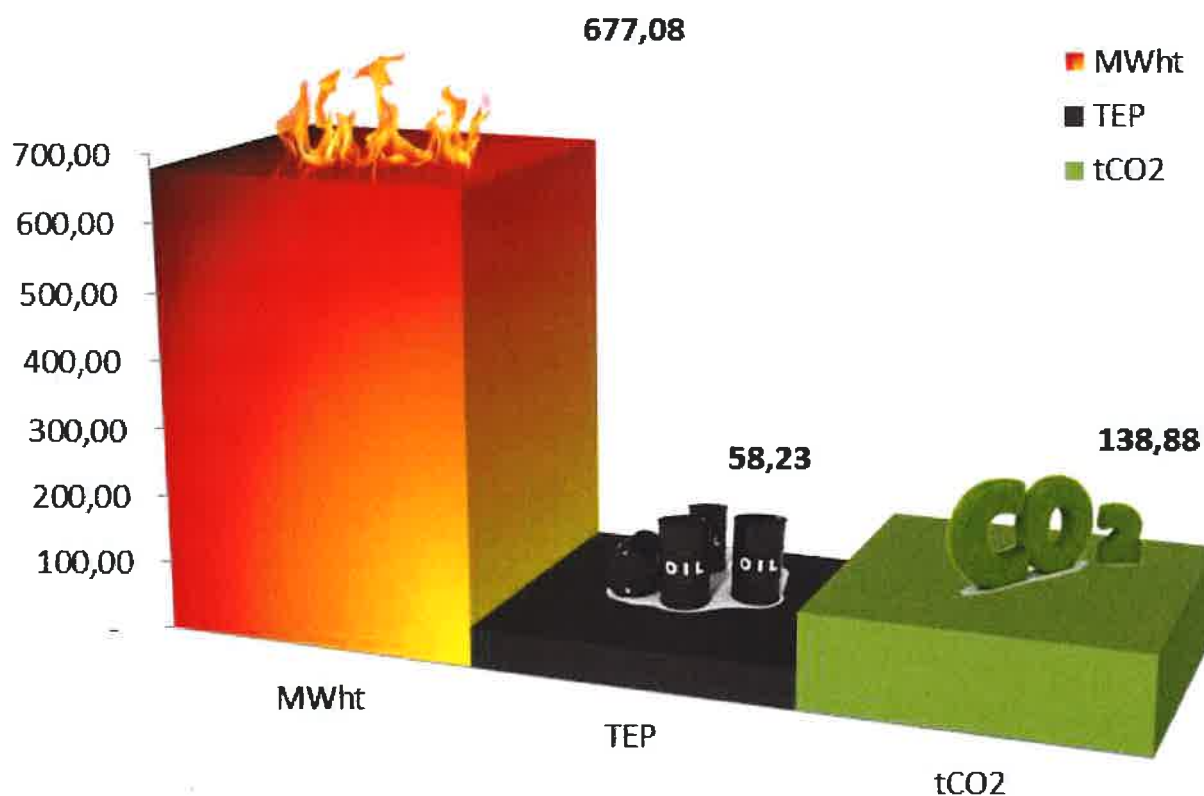
## 5.5 Riepilogo dei risparmi

A valle degli interventi di riqualificazione degli impianti degli edifici comunali sopra descritti si prevede di conseguire un risparmio energetico di metano dell'ordine del **11,5%** e del **100%** di gasolio.

Nella tabella sottostante si riportano i consumi annui pre intervento e post intervento.

TOTALE RISPARMI METANO E GASOLIO										
Consumo METANO ANTE-OPERAM	Consumo GASOLIO ANTE-OPERAM	Consumo METANO POST-OPERAM (*)	Consumo GASOLI O POST-OPERAM	Risparmio metano	Risparmio metano	Risparmio gasolio	Risparmio gasolio	Risparmio energia termica		
[m3]	[l]	[m3]	[l]		[m3]		[m3]	kWht	tep	CO <sub>2</sub>
280.562,15	31.000,00	248.297,50	-	<b>11,5%</b>	32.264,65	<b>100%</b>	31.000,00	677.077,96	58,23	138,88

\* include il consumo della centrale termica della Scuola elementare e palestra "Rodari", Via Apollodoro (rif. A.3), a valle della conversione da gasolio a metano



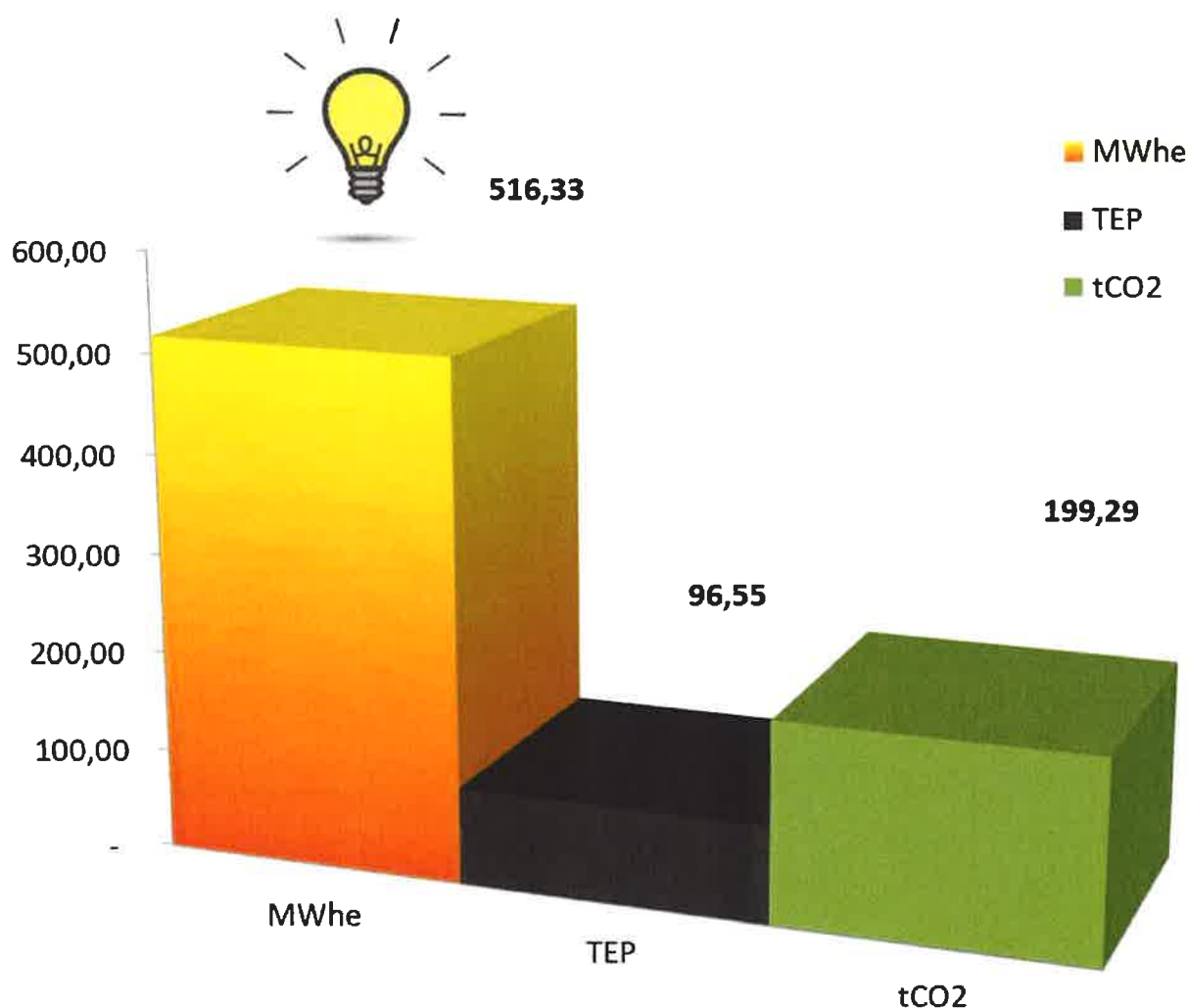




Per quanto riguarda i consumi elettrici, a valle degli interventi proposti il risparmio energetico atteso è dell'ordine del **40%**.

Nella tabella sottostante si riportano i consumi annui pre intervento e post intervento.

TOTALE RISPARMI ENERGIA ELETTRICA					
Consumo ENERGIA ELETTRICA ANTE-OPERAM	Consumo ENERGIA ELETTRICA POST-OPERAM	Risparmio energetico	Risparmio energia elettrica		
[kWh]	[kWh]		kWhe	tep	CO <sub>2</sub>
1.290.829,74	774.497,84	40%	516.331,90	96,55	199,29





## 6 CRONOPROGRAMMA DEGLI INTERVENTI

Il termine ultimo per l'ultimazione di tutti i lavori previsti nel presente progetto è fissata in **12 mesi** decorrenti dalla data di consegna degli impianti.

## 7 ALLEGATI TECNICI

**7.1 Tipologico 1 - Impianto pubblica illuminazione - Cartografia con georeferenziazione punti luce**

**7.2 Tipologico 2 - Impianto pubblica illuminazione - Riqualificazione apparecchi**

**7.3 Tipologico 3 - Riqualificazione centrali termiche**

**7.4 Tipologico 4 - Installazione valvole termostatiche**

**7.5 Tipologico 5 - Sostituzione gruppi frigoriferi**

**7.6 Tipologico 6 - Refitting corpi illuminanti interni**

**7.7 Tipologico 7 - Installazione sistema di telegestione**

