



Comune di Lecco



AUDIT

ILLUMINAZIONE PUBBLICA

Anno di riferimento: 2017

Comune di Lecco

Area 7 - Gestione del territorio, edilizia, beni e servizi ambientali, mobilità e trasporti

Sommario

Premessa	1
L'audit energetico	1
Metodologia	4
Stato di fatto	6
Consumo energetico annuale	7
Efficientamento energetico	9
Relamping	9
Cambio apparecchio illuminante	16
Orologio astronomico	22
Regolazione flussi di traffico	27
Conclusioni	38





Premessa

L'audit energetico

L'audit energetico è una valutazione sistematica, documentata e periodica dell'efficienza e dell'organizzazione del sistema di gestione del risparmio energetico, volta a:

- fornire una conoscenza del profilo di consumo energetico;
- individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico.

Fasi di progetto di diagnosi e relativa finalità e caratteristiche



CONTRATTI PRELIMINARI

- Definizione delle esigenze della committenza
- Definizione dell'ambito d'intervento, grado di accuratezza e obiettivi della DE
- Definizione della tipologia di audit e del sistema energetico
- Informazioni preliminari sulle operazioni da effettuare per la DE
- Informazioni preliminari sui programmi strategici, sistemi di gestione energia dell'edificio, vincoli relativi a potenziali misure di risparmio energetico
- Definizione del referente dell'edificio e delle figure da coinvolgere durante le fasi
- Definizione degli elaborati di report da presentare



INCONTRO PRELIMINARE

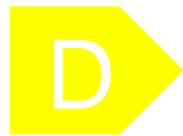
- Definizione dei confini del sistema energetico e modalità operative di accesso
- Definizione delle risorse e dati che devono essere forniti
- Definizione delle norme di sicurezza e incolumità per l'esecuzione della DE
- Informazione al committente delle fasi di processo, dello schema di esecuzione e delle modalità operative
- Acquisizione dei dati preliminari e significativi sull'edificio, eventi passati, opere di manutenzione recenti, vincoli particolari
- Definizione del programma di sopralluoghi con le relative priorità



RACCOLTA DATI

- Raccolta dati del sistema energetico
- Reperimento dei documenti di progetto, funzionamento e di manutenzione
- Prezzi e costi correnti e previsti
- Dati energetici, economici ed ambientali rilevanti
- Revisione ed eventuale integrazione dei dati raccolti
- Analisi preliminare del sistema energetico



**ATTIVITA' IN CAMPO**

- Ispezione dei vari aspetti del sistema energetico e del suo comportamento sulla base dell'incontro preliminare e dei dati raccolti
- Valutare gli aspetti energetici significativi
- Identificare le modalità operative, comportamento degli utenti e loro influenza sul consumo energetico
- Elencare le aree ed i processi che necessitano di integrazione di dati a supporto dell'analisi

**ANALISI**

- Costruzione del modello energetico sulla base dei dati e informazioni raccolte
- Analisi del bilancio e diagramma dei flussi energetici suddivisi per utilizzo finale, sistema impiantistico e approvvigionamento
- Definizione e calcolo degli indicatori di prestazione energetica, confronto tra indici effettivi, operativi e di benchmark
- Identificazione e valutazione delle ORE, scenari d'intervento

**REPORT**

- Elaborazione dei contenuti del rapporto di diagnosi energetica in funzione del campo di applicazione, obiettivi e livello di dettaglio della DE

**INCONTRO FINALE**

- Consegna del rapporto di diagnosi
- Presentazione dei risultati e verifica di un supplemento di indagine
- Analisi e programmazione preliminare degli interventi di ORE

Al termine del processo di diagnosi, in funzione dei risultati ottenuti, è presente la fase di "Implementazione delle ORE" che corrisponde alla traduzione operativa dei risultati derivanti dalla fase di analisi per il miglioramento delle prestazioni energetiche.





L'implementazione ha inizio con la messa a disposizione della committenza dei fondi per l'attuazione degli interventi individuati a seconda delle priorità.



Metodologia

L'analisi effettuata è basata sui dati forniti dal Comune, ovvero la consistenza delle sorgenti luminose al 30/12/2017.

I dati forniti hanno permesso di elaborare uno studio parziale e le analisi presenti in questo documento sono quindi frutto anche della competenza e dell'esperienza del team di lavoro nel campo della pubblica illuminazione e dell'efficientamento energetico, con un margine di miglioramento piuttosto elevato perché l'intero studio è stato realizzato con i dati a disposizione per approssimazione in mancanza di dati più precisi e dettagliati.

Nonostante queste premesse, si è riusciti a fornire un quadro dei possibili interventi adeguato previsto per questa fase.

In dettaglio, i dati pervenuti indicano per ogni sorgente luminosa la tipologia (SAP, LED, ...) e la rispettiva potenza nominale. Partendo da qui si è proceduto con la metodologia generale di seguito descritta.

Il consumo energetico teorico è stato calcolato per ciascuna sorgente moltiplicando potenza della sorgente con alimentatore per le ore di funzionamento annue, mentre per il consumo con perdita di reattore si è proceduto moltiplicando potenza, ore di funzionamento annue e un fattore correttivo di 1,1 indicato dai tecnici comunali.



La potenza della lampada con alimentatore è stata stimata partendo dalla loro potenza nominale fornita, tenendo conto della seguente tabella:

SORGENTE	POTENZA NOMINALE W	POTENZA CON ALIMENTATORE W
FLUORESCENTE	FL-23	28
	FL-26	30
ALOGENURI	HQI - 70w	89
	HQI - 100W	115
	HQI - 150W	170
	HQI - 250W	275
VAPORI MERCURIO	HQL - 50W	59
	HQL - 80W	89
	HQL - 125W	137
	HQL - 250W	266
VAPORI SODIO AP	NAV - 50	62
	NAV - 70	83
	NAV - 100	115
	NAV - 150	176
	NAV - 250	285
	NAV - 400	450
VAPORI SODIO BP	SOX - 90	125
	SOX - 135	175

Per i LED è stata considerata una maggiorazione del 2% per determinare la potenza con alimentazione.

Per il calcolo delle ore di funzionamento si è deciso di utilizzare il dato standard, comune nelle letterature, ovvero 4200 ore di funzionamento annue. Bisogna precisare che nel 2012 è stato redatto un progetto da Enel sole per l'introduzione su alcuni contatori dell'orologio astronomico in cui si prevedeva che le ore di accensione per i rispettivi punti luce si riducessero a 4.112,7. Non avendo certezza della realizzazione del progetto e, qualora fosse stato realizzato, quali punti luce fossero così regolati, si è deciso di condurre il calcolo dei consumi allo stato di fatto con le ore standard e di calcolare, in seguito, l'efficienza portata dall'intervento su tutta la consistenza dell'impianto.

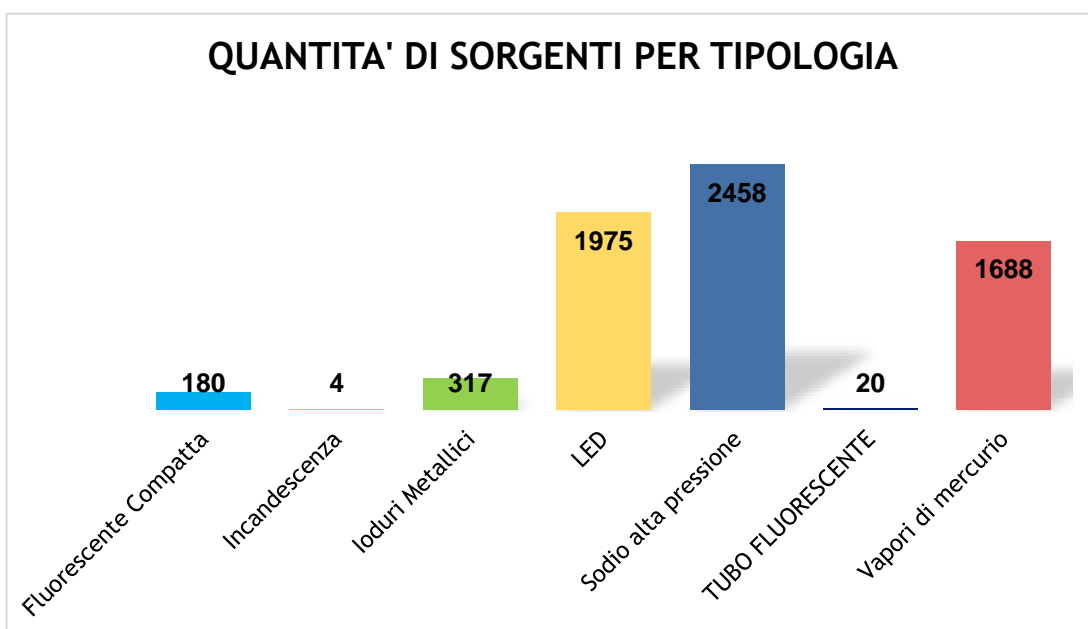




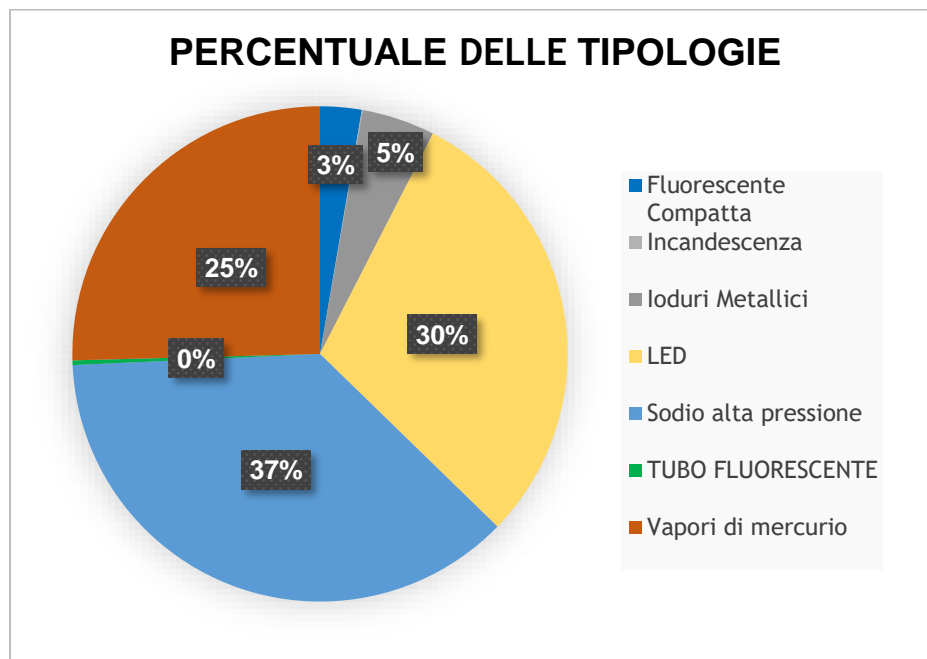
Stato di fatto

Le sorgenti luminose risultano essere in totale **6642**, così suddivise:

TIPO DI SORGENTE LUMINOSA	QUANTITA'
Fluorescente Compatta	180
Incandescenza	4
Ioduri Metallici	317
LED	1975
Sodio alta pressione	2458
TUBO FLUORESCENTE	20
Vapori di mercurio	1688



Dalla loro suddivisione si evince che la maggior parte delle sorgenti sono sodio alta pressione, LED e vapori di mercurio. Le altre tipologie sono inferiori al 10% del totale.



Consumo energetico annuale

A fronte della metodologia precedentemente esplicitata, i consumi energetici per tipologia di sorgente luminosa risultano essere:

TIPO DI SORGENTE LUMINOSA	CONSUMO TEORICO ANNUALE [kWh]	CONSUMO ANNUALE CON PERDITA DI REATTORE [kWh]
Fluorescente Compatta	19.564,11	21.520,53
Incandescenza	1.891,84	2.081,03
Ioduri Metallici	181.546,92	199.701,61
LED	247.980,51	272.778,56
Sodio alta pressione	1.436.586,67	1.580.245,34
TUBO FLUORESCENTE	7.608,50	8.369,34
Vapori di mercurio	729.185,82	802.104,40

La tipologia di sorgente più energivora risulta essere quella a Sodio alta pressione responsabile di più del 50% del consumo totale.

Confrontando il consumo con le quantità di tipologie presenti nel parco illuminazione il quadro è evidente.

La maggior parte delle sorgenti risultano essere **sodio alta pressione 37%, LED 30% e vapori di mercurio 25%**. Questa consistenza non si riscontra però nei consumi che vedono un consumo del **55% delle sorgenti a sodio alta pressione, del 28% delle sorgenti a vapori di mercurio e del 9% delle sorgenti LED**.

Si deduce quindi che a quasi parità di presenza per queste 3 tipologie, le sorgenti a sodio alta pressione consumano più del doppio delle altre, evidenziando un' inefficienza energetica elevata, che si può riscontrare anche nelle sorgenti a vapori di mercurio seppure in quantità minore. Le sorgenti LED sono invece le più efficienti di tutte in assoluto.

In conclusione dall'analisi si può dire che il **70 %** delle sorgenti può essere efficientato nelle modalità descritte nel capitolo seguente.

L'intero impianto di illuminazione pubblica ha un consumo totale di **2.948.078,73 kWh** annui.

Consumo energetico annuale teorico [kWh/anno]: 2.680.071,58	Consumo energetico annuale con perdita di reattore: 2.948.078,73
--------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------

Questo dato può essere efficientato, a prescindere dal cambio di tipo di sorgente, con modalità descritte nel capitolo successivo.



Un'immagine notturna dell'Europa presa da satellite può essere illuminante su quanto ci sia da fare per migliorare la cultura energetica del nostro Paese. L'Italia, infatti, risalta subito, tra le altre nazioni, proprio per l'eccessivo livello di illuminazione. E la luce visibile dallo spazio... è tutta energia sprecata.



LEGENDA

LED
Risparmio En.
Neon
Alogene
Incandescenza

Efficientamento energetico

Relamping

Con il termine *relamping* si intende la sostituzione di lampade che, in un sistema di illuminazione, risultino inefficienti e quindi causa di sprechi energetici, pari (a volte anche una con maggiore) resa luminosa, e con durata superiore in termini di ore.

Tale sostituzione non comporta interventi di sorta sugli impianti già esistenti: si tratta semplicemente di sostituire le vecchie lampadine con i loro omologhi LED, o altre tipologie di lampade con tecnologie avanzate, aventi le medesime dimensioni e tipologia di attacco. La nuova lampada deve garantire minore spreco energetico e una maggiore durata. Non tutte le vecchie lampadine possono essere sostituite con una lampadina a LED per il loro tipo di costruzione, quindi risulterà che per alcune tipologie di lampadina bisognerà cambiare la lampada intera, come si vedrà nel paragrafo seguente.

Il *relamping* si traduce in un duplice vantaggio: risparmio energetico, grazie ai consumi ridotti fino all'85%, e spese di manutenzione assai ridotte, grazie alla maggior durata delle lampadine LED, che dunque necessitano di essere sostituite più di rado. Parliamo infatti di 50.000h di vita media di una lampadina LED, contro le 1000h di una lampadina ad incandescenza.

I vantaggi sono anche per l'ambiente. Con un *relamping* LED dei più semplici, per esempio la sostituzione di una plafoniera neon con una plafoniera LED, si evita l'immissione in atmosfera di circa 225 kg di CO₂; l'equivalente dell'anidride carbonica assorbita da nove piante di abete in un anno.

Il chip **LED** è composto da un materiale **semiconduttore** (in genere composti del Gallio, Indio ed Alluminio) il quale presenta una divisione in due zone caratterizzate da due tipi di impurità diverse. Una zona sarà caratterizzata da **lacune** mentre un'altra zona sarà ricca di elettroni liberi. Una volta sottoposti ad una variazione di tensione questa fa sì che venga ridotta la barriera di potenziale tra le due zone, così facendo si ha uno spostamento di cariche dalle zone più ricche di elettroni verso quelle di lacune. Il rapido spostamento fa sì che venga rilasciata energia luminosa sotto forma di **fotoni** i quali sfuggono dal chip riuscendo così ad **illuminare l'ambiente** e tutto ciò che li circonda.

Il colore emesso dal chip **LED** dipende principalmente dalla differenza di energia tra le due regioni all'interno del **semiconduttore**, in base a questo si ha un'emissione di



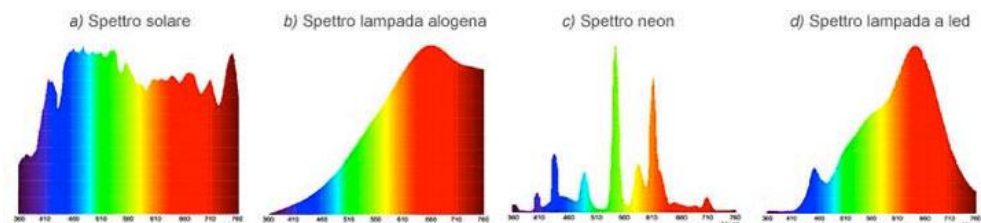
frequenza luminosa diversa, e quindi di conseguenza un colore diverso. Per questo motivo in base al colore che si vuole ottenere si scelgono diversi tipi di semiconduttori all'interno del chip LED.

Miscelando vari semiconduttori e gestendo le tensioni di giunzione è così possibile creare una resa cromatica senza precedenti nel mondo dell'illuminotecnica, riuscendo così a fornire lampadine rgb, a luce calda, naturale e fredda. Grazie a questi materiali un LED riesce a spaziare una gamma di colori dai 2700 gradi kelvin fino ad un massimo di 8000K.

<p>LUNGA DURATA</p> <p>La durata del LED è senza rivali, si aggira tra le 30000 e le 50000 ore di funzionamento, rispetto alle 15000 delle lampade CFL e le 7000 di una comune alogena</p>	<p>BASSO CONSUMO</p> <p>85% in meno rispetto alle alogene, 45% in meno rispetto alle lampadine a risparmio energetico CFL</p>	<p>FLESSIBILITA' D'INSTALLAZIONE</p> <p>Un punto luce LED può essere installato praticamente ovunque, anche vicino a superfici sensibili al calore come plastica e legno</p>	<p>LUCE PULITA</p> <p>I LED producono luce libera da raggi infrarossi e dai pericolosi raggi UV. Costituiscono così una sicurezza per la salute di chi ne viene esposto senza incorrere a pericoli a occhi ed epidermide.</p>
<p>RESISTENZA</p> <p>In ambito lavorativo i LED sono ottimali, nessun problema per le vibrazioni e per l'umidità nell'ambiente di utilizzo</p>	<p>DURATA SENZA LIMITI</p> <p>A differenza delle altre tecnologie un LED non viene influenzato nella sua durata dal numero di accensioni, tant'è che vengono spesso utilizzati per effetti stroboscopici</p>	<p>ACCENSIONE A FREDDO</p> <p>I LED possono operare fino a situazioni di freddo estremo, riuscendo ad accendersi anche a -40° vengono usati nelle piattaforme di estrazioni del gas nella fredda Siberia.</p>	<p>ECOLOGICI</p> <p>I LED non contengono vapori di mercurio o sostanze pericolose per l'uomo e per la natura, inoltre, consumando decisamente meno delle altre tecnologie contribuiscono a non sprecare corrente per il loro funzionamento.</p>
<p>DESIGN INNOVATIVO</p> <p>Grazie alla varietà di forme e grandezze delle lampadine LED questi offrono ad Architetti e Designers nuove fonti d'ispirazione per creare opere mai viste prima nel panorama dell'illuminotecnica.</p>	<p>RISPARMIO</p> <p>Consumando così poco e durando così tanto, a fronte di una spesa iniziale leggermente più alta rispetto alle tecnologie rivali nel medio-lungo periodo le lampadine LED si rivelano un grande risparmio.</p>	<p>SICURI</p> <p>Funzionando a basse tensioni, in genere a 5,12 o 24V, non costituiscono un pericolo anche se toccati dai più piccoli.</p>	<p>NESSUNA MANUTENZIONE</p> <p>Grazie alla resistenza alle vibrazioni, al freddo, all'umidità e all'usura i LED sono particolarmente indicati negli ambiti lavorativi.</p>

Nel contesto comunale, il relamping è possibile sulle tipologie fluorescenti compatte, tubi fluorescenti e incandescenza.

Le seguenti tabelle e i seguenti grafici mostrano i consumi ante e post operam per tutte le tipologie delle lampade, con evidenziato in verde quelle interessate dall'intervento di relamping.

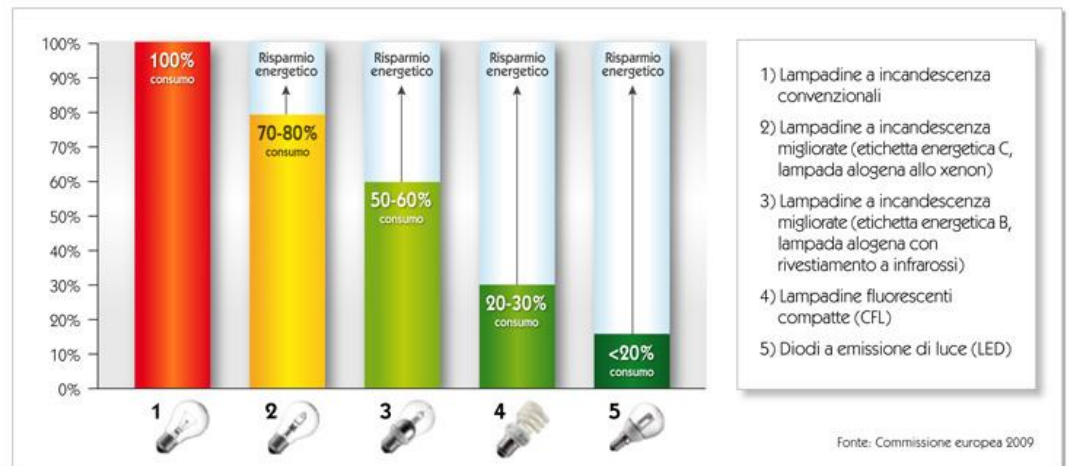


In questo schema vengono messi a confronto lo spettro solare (a) e gli spettri delle lampade più comuni: alogena (b), neon (c) e led (d). A differenza dello spettro solare, pieno e completo, si noterà che: lo spettro della lampada alogena è carente delle frequenze "fredde"; lo spettro del neon è incompleto e selettivo; lo spettro del led, invece, presenta, in maniera più o meno omogenea, tutte le frequenze.



Nel contesto comunale, il relamping è possibile sulle tipologie fluorescenti compatte, tubi fluorescenti e incandescenza.

Risparmio energetico rispetto al consumo energetico

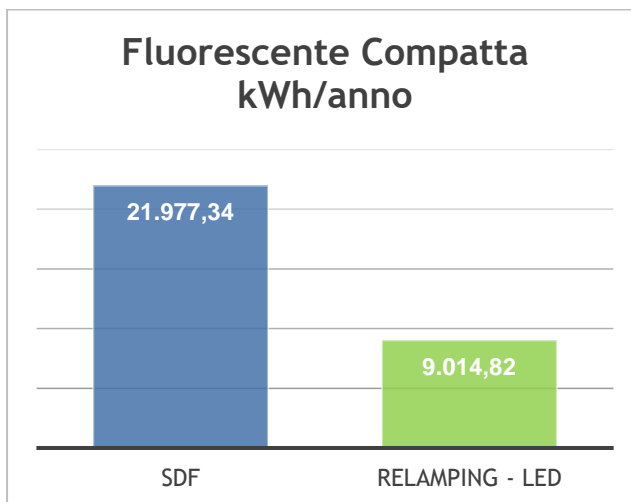


La seguente tabella e i seguenti grafici mostrano i consumi ante e post operam per tutte le tipologie delle lampade, con evidenziato in verde quelle interessate dall'intervento di relamping.

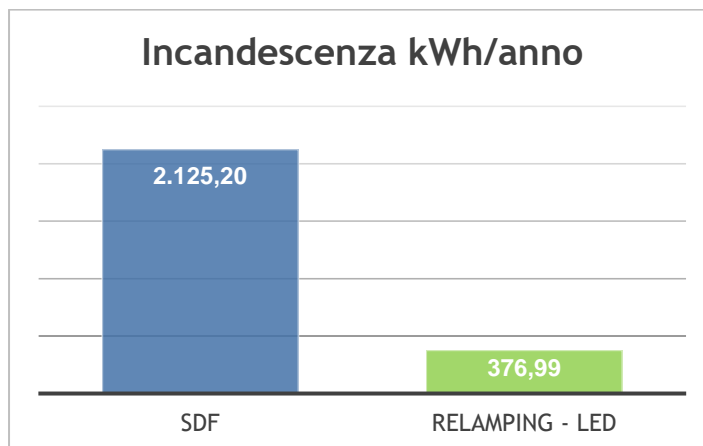
TIPO DI SORGENTE LUMINOSA	CONSUMO TEORICO ANNUALE [kWh]		CONSUMO ANNUALE CON PERDITA DI REATTORE [kWh]	
	SDF	RELAMPING	SDF	RELAMPING
Fluorescente Compatta	19.979,40	8.195,29	21.977,34	9.014,82
Incandescenza	1.932,00	342,72	2.125,20	376,99
Ioduri Metallici	185.400,60	185.400,60	203.940,66	203.940,66
LED	253.244,38	253.244,38	278.568,81	278.568,81
Sodio alta pressione	1.467.081,00	1.467.081,00	1.613.789,10	1.613.789,10
TUBO FLUORESCENTE	7.770,00	2.056,32	8.547,00	2.261,95
Vapori di mercurio	744.664,20	744.664,20	819.130,62	819.130,62



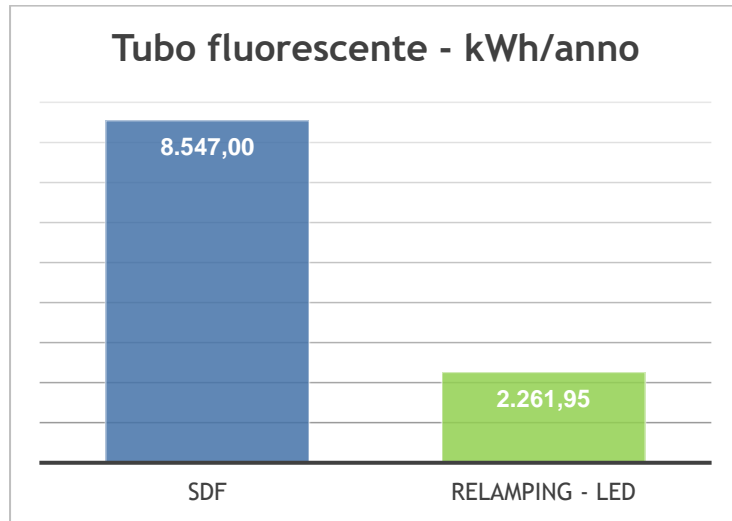
Consumo energetico annuale ante e post operam per tipologia



12.962,52 kWh/anno	Risparmio sul consumo energetico con l'attività di relamping
60	Percentuale di risparmio sul consumo energetico con l'attività di relamping
Tonnellate di CO ₂ risparmiate all'anno:	10
TEP risparmiate all'anno:	2

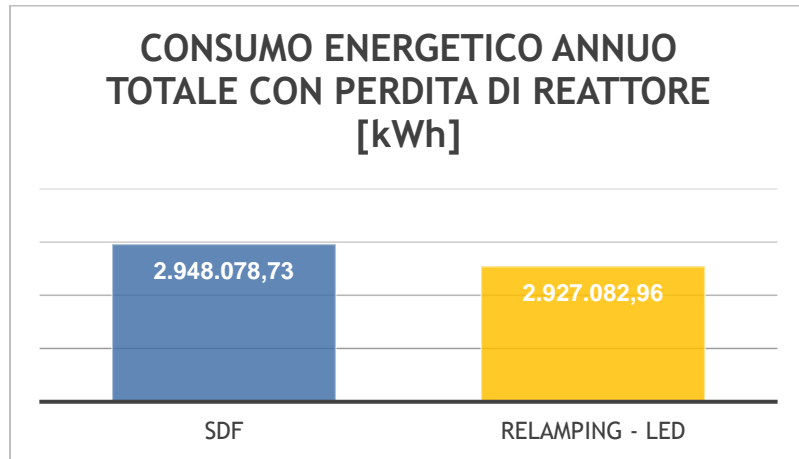


1.748,21 kWh/anno	Risparmio sul consumo energetico con l'attività di relamping
82	Percentuale di risparmio sul consumo energetico con l'attività di relamping
Tonnellate di CO ₂ risparmiate all'anno:	0
TEP risparmiate all'anno:	1



6.285,05 kWh/anno	Risparmio sul consumo energetico con l'attività di relamping
74	Percentuale di risparmio sul consumo energetico con l'attività di relamping
Tonnellate di CO ₂ risparmiate all'anno:	1
TEP risparmiate all'anno:	5

 Consumo energetico annuale ante e post operam TOTALI



20.995,77 kWh/anno	Risparmio sul consumo energetico con l'attività di relamping
0,7	Percentuale di risparmio sul consumo energetico con l'attività di relamping
Tonnellate di CO ₂ risparmiate all'anno:	4
TEP risparmiate all'anno:	16

Il calcolo di *relamping* effettuato porta ad una riduzione di più del 50% dei consumi per le tipologie interessate, mentre sul totale dei consumi della pubblica illuminazione è un intervento poco efficace (0,7% di risparmio). Un risparmio così ridotto è derivato dal fatto che le tipologie interessate a questo tipo di intervento sono quelle che, allo stato di fatto, apportavano un consumo trascurabile sull'intero impianto di illuminazione pubblica come visibile nel grafico n.3 a pag. 5, ovvero incidavano circa per l'1%.

Cambio apparecchio illuminante

Per le tipologie ioduri metallici, sodio alta pressione e vapori di mercurio non è possibile effettuare solamente un cambio lampadina, come già detto, ma bisogna provvedere al cambio totale del corpo illuminante, ovvero della “scatola” che contiene la lampada, in quanto per la loro conformazione su di esse non può essere applicata una lampada a led.

Si tiene a precisare che le sorgenti a vapori di mercurio sono state bandite da normativa CE 245/2009 e quindi per legge devono essere sostituite.

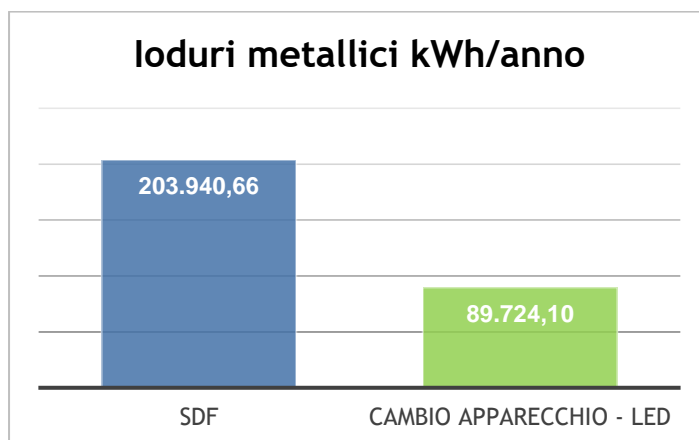
L'intervento di cambio corpo illuminante ovviamente risulta economicamente più impegnativo rispetto alla sola azione di *relamping*.

Analizzando la consistenza dell'illuminazione pubblica comunale è evidente che queste 3 tipologie di sorgente sono in assoluto le più numerose e soprattutto le più inefficienti e quindi il loro efficientamento è l'intervento più urgente e più significativo sul risparmio del consumo dell'intero impianto, come si può notare nei seguenti risultati.

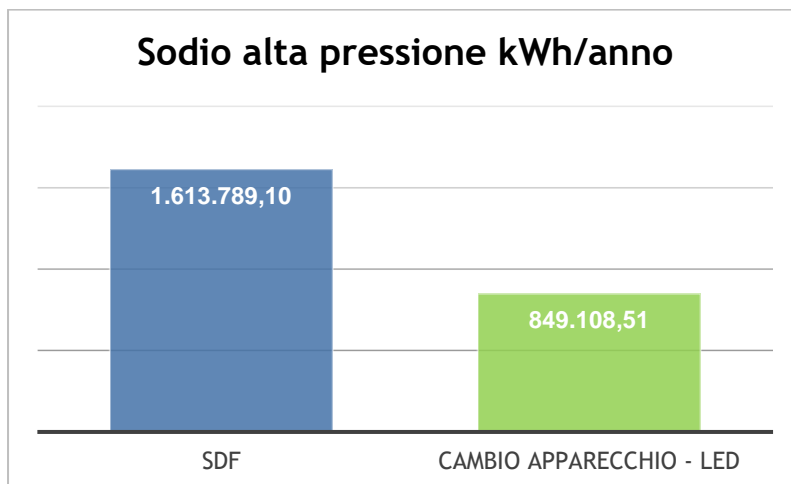
TIPO DI SORGENTE LUMINOSA	CONSUMO TEORICO ANNUALE [kWh]		CONSUMO ANNUALE CON PERDITA DI REATTORE [kWh]	
	SDF	RELAMPING	SDF	RELAMPING
Fluorescente Compatta	19.979,40	19.979,40	21.977,34	21.977,34
Incandescenza	1.932,00	1.932,00	2.125,20	2.125,20
Ioduri Metallici	185.400,60	81.567,36	203.940,66	89.724,10
LED	253.244,38	253.244,38	278.568,81	278.568,81
Sodio alta pressione	1.467.081,00	771.916,82	1.613.789,10	849.108,51
TUBO FLUORESCENTE	7.770,00	7.770,00	8.547,00	8.547,00
Vapori di mercurio	744.664,20	164.612,70	819.130,62	181.073,97



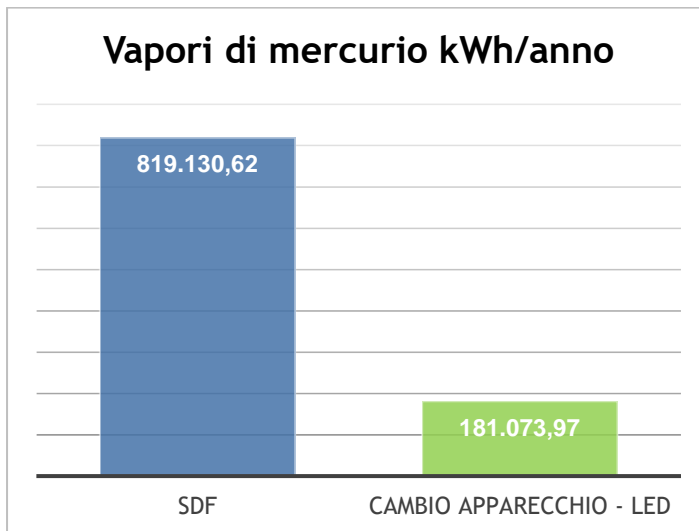
 Consumo energetico annuale ante e post operam per tipologia



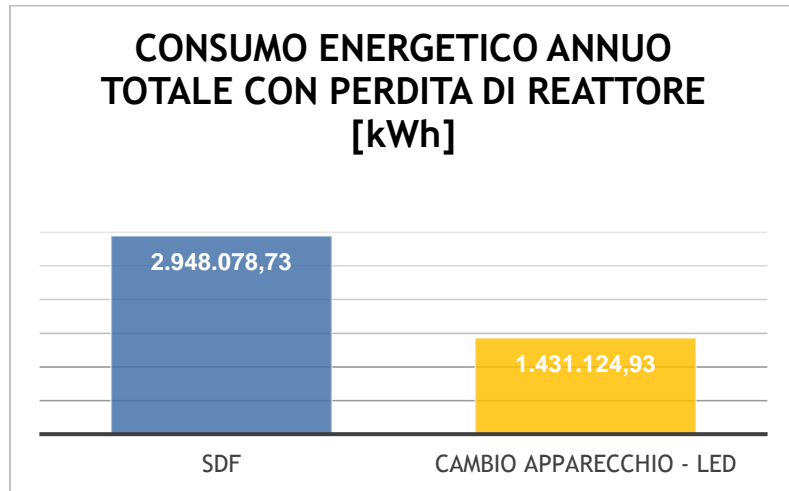
114.246,56 kWh/anno	Risparmio sul consumo energetico con il cambio apparecchio
56	Percentuale di risparmio sul consumo energetico con il cambio apparecchio
Tonnellate di CO ₂ risparmiate all'anno:	21
TEP risparmiate all'anno:	85



764.680,59 kWh/anno	Risparmio sul consumo energetico con il cambio apparecchio
47	Percentuale di risparmio sul consumo energetico con il cambio apparecchio
Tonnellate di CO ₂ risparmiate all'anno:	143
TEP risparmiate all'anno:	566



638.056,65 kWh/anno	Risparmio sul consumo energetico con il cambio apparecchio
78	Percentuale di risparmio sul consumo energetico con il cambio apparecchio
Tonnellate di CO ₂ risparmiate all'anno:	119
TEP risparmiate all'anno:	473

 Consumo energetico annuale ante e post operam TOTALI


1.516.953,81 kWh/anno	Risparmio sul consumo energetico con il cambio apparecchio
51,5	Percentuale di risparmio sul consumo energetico con il cambio apparecchio
Tonnellate di CO ₂ risparmiate all'anno:	284
TEP risparmiate all'anno:	1124



Questo intervento risulta essere il più efficiente in quanto va ad operare su quelle tipologie che allo stato di fatto sono risultate più numerose, obsolete ed a consumi più elevati, come già mostrato.

Sostituendo con tecnologia LED i corpi lampada a ioduri metallici, sodio alta pressione e vapori di mercurio si ottiene una riduzione dei consumi del 51,5% che aggiunti ai risparmi dovuti al relamping si ottiene una diminuzione circa del 52%, ovvero i consumi si dimezzano.

Risparmio di consumo energetico effettuando sia relamping che cambio apparecchio [kWh/anno]: 1.537.949,58	Percentuale risparmio di consumo energetico effettuando sia relamping che cambio apparecchio: 52%
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Orologio astronomico

L'intervento proposto riprende un progetto già esistente del Comune di Lecco del 2012 in cui si proponeva l'introduzione nell'impianto illuminazione pubblica dell'orologio astronomico.

L'intervento consiste nella rimozione dell'interruttore crepuscolare/orario installato nei quadri elettrici di protezione e comando esistenti e non sostituiti, e nella sua sostituzione con un nuovo interruttore orario astronomico. Un altro importante parametro che influisce sul risparmio energetico è infatti la durata del periodo di accensione degli impianti. La tempestiva accensione degli impianti rappresenta una fonte di risparmio spesso trascurata. Sfruttando tutto il crepuscolo (sia all'alba che al tramonto) e posizionando l'accensione/spengimento alla fine dello stesso, si può ottenere un risparmio di una o due decine di minuti di accensione al giorno, quantificabile in circa il 2/3 % delle ore totali di funzionamento (rispetto alle 4200 h/anno, dato medio presente in letteratura). Al fine di ottimizzare i periodi di accensione, evitando che l'impianto risulti acceso quando l'illuminazione naturale è sufficiente, si prevede l'installazione di interruttori astronomici in grado di calcolare in modo preciso l'ora in cui sorge e tramonta il sole in funzione delle coordinate (latitudine e longitudine) del luogo dove è collocato l'impianto da comandare, ed in funzione della data corrente. Nel corso dell'anno gli orari di alba e tramonto del sole variano. Ovviamente, tali orari variano anche a secondo del luogo di riferimento in cui si osservano alba e tramonto, ovvero in funzione delle coordinate geografiche. Gli interruttori crepuscolari, gli interruttori orari e gli interruttori orari astronomici, svolgono tutti la medesima funzione, ovvero comandare l'accensione e lo spegnimento dell'impianto di illuminazione, ma con differenti modalità e caratteristiche che determinano importanti riflessi anche sui consumi energetici dell'impianto stesso.

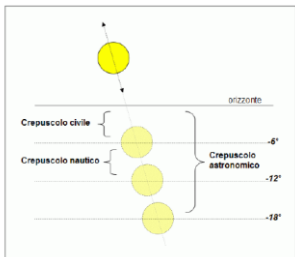
L'interruttore orario astronomico è un orologio che comanda l'accensione e lo spegnimento dell'impianto in funzione di determinate fasce orarie preimpostate.

L'interruttore orario però è in grado di riconoscere (tramite opportune impostazioni) sia le coordinate geografiche di installazione sia la data del giorno corrente. Ciò permette all'interruttore orario astronomico di regolare automaticamente le fasce orarie di accensione e spegnimento, che si modificheranno automaticamente con il decorrere dell'anno solare al fine risultare sempre coordinate con i reali cicli naturali della luce solare.

L'installazione di dispositivi di controllo dei periodi di accensione di tipo astronomico, in grado di regolare automaticamente il periodo di accensione dell'impianto nel corso dell'anno in funzione delle effettive ore di buio, consente di migliorare l'efficienza



energetica e funzionale degli impianti. Gli interruttori astronomici permettono la gestione nel tempo delle utenze in relazione agli effettivi orari di alba e tramonto nell'area geografica impostata. I temporizzatori astronomici calcolano con esattezza gli orari di levata e tramonto del sole per ogni giorno dell'anno. I tempi così calcolati consentono di controllare con una precisione al minuto il sistema di illuminazione collegato. Gli orologi astronomici rendono superfluo, a differenza degli interruttori crepuscolari, l'impiego di sensori addizionali e sono assolutamente versatili nella scelta del punto di ubicazione. Ai fini del calcolo dell'orario di accensione degli impianti di IP, si può far riferimento agli orari di crepuscolo civile. Si intende per crepuscolo civile il lasso di tempo che intercorre tra il tramonto del sole e il momento in cui esso raggiunge l'altezza di -6° sotto l'orizzonte (e viceversa durante l'alba). In questo intervallo infatti, essendo il cielo ancora molto luminoso, è ancora possibile distinguere chiaramente gli oggetti circostanti e condurre attività all'aperto senza utilizzare illuminazione supplementare. L'inizio (il mattino) o il termine (la sera) del crepuscolo civile indicano idealmente il momento in cui è necessario rispettivamente spegnere o accendere fonti di illuminazione artificiale per condurre attività all'aperto. Il crepuscolo civile dura circa 35 minuti. Seguono il crepuscolo nautico e quello astronomico.



Gli interruttori astronomici possono essere opportunamente tarati in modo che provochino un leggero ritardo nello spegnimento degli impianti rispetto all'ora di effettiva alba ed un leggero anticipo nell'accensione degli impianti rispetto all'ora di effettivo tramonto. Le sue scritte tarature hanno il fine di evitare intempestivi interventi in condizioni atmosferiche sfavorevoli (ad esempio, per cielo nuvoloso) o nel caso di particolari orografie. Utilizzando gli interruttori astronomici per il comando in accensione e spegnimento degli impianti, e da un'attenta analisi delle ore di alba e tramonto alle coordinate specifiche, si possono ottenere i seguenti vantaggi:

- avere un controllo preciso delle ore di funzionamento annue di un impianto, contrariamente al crepuscolare che determina invece un periodo di accensione molto aleatorio;
- evitare che si verifichino accensioni e spegnimenti asincroni particolarmente evidenti in impianti con punti luce contigui, oltre che accensioni/spegnimenti intempestivi;
- un risparmio energetico legato alla migliore precisione nel calcolo del periodo di effettiva accensione, rispetto agli interruttori crepuscolari/orari.

In realtà, la sostituzione dell'interruttore crepuscolare con l'interruttore astronomico è un intervento economico ma che normalmente non porta un beneficio energetico; anzi, le ore di accensione impostate di default in un astronomico sono solitamente leggermente superiori rispetto alle 4200 ore/anno che è il dato medio presente in letteratura. Ma



l'interruttore astronomico permette di settare il periodo di accensione attraverso delle impostazioni che consentono di posticipare l'ora di accensione ed anticipare l'ora di spegnimento di un impianto (rispetto alle tarature di default); ovviamente tali impostazioni sono piuttosto delicate e devono essere realizzate con cautela in modo da porre il periodo di accensione ai limiti del crepuscolo, evitando però che l'impianto rimanga spento quando ormai la luce solare è scarsa. È necessaria ovvero un'attenta analisi dell'orografia del territorio e delle prove sperimentali in campo: l'installazione dell'interruttore astronomico abbinata ad un'attenta taratura potrebbe consentire un risparmio di circa un 2÷3% rispetto alle 4200 ore/anno di funzionamento, dato medio presente in letteratura. La sostituzione degli interruttori orari astronomici ha un tempo di vita utile molto elevato in quanto la durata di vita media di un moderno interruttore orario astronomico è pari ad oltre 20 anni. Ovviamente tale durata insiste in ipotetiche condizioni ideali di funzionamento. Nella realtà occorre considerare il verificarsi di alcuni eventi che, seppur estranei al normale funzionamento dell'apparecchio, determinano una riduzione della vita utile dell'apparecchio, quali:

- Atti vandalici
- Eventi atmosferici
- Incidenti stradali

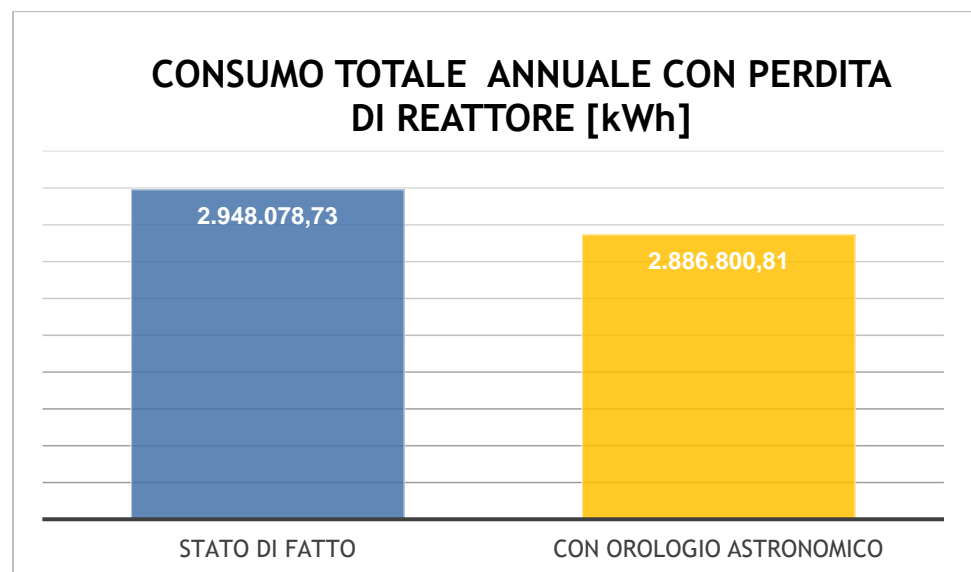


Nel caso dell'impianto comunale le ore con l'introduzione dell'orologio astronomico si sono ridotte da 4200 a 4112,7. Si procede così al calcolo dei consumi con le nuove ore di funzionamento.

TIPO DI SORGENTE LUMINOSA	CONSUMO TEORICO ANNUALE [kWh]	CONSUMO ANNUALE CON PERDITA DI REATTORE [kWh]
---------------------------	-------------------------------	-----------------------------------------------

	SDF	CON OROLOGIO ASTRONOMICICO	SDF	CON OROLOGIO ASTRONOMICICO
Fluorescente Compatta	19.979,40	19.564,11	21.977,34	21.520,53
Incandescenza	1.932,00	1.891,84	2.125,20	2.081,03
Ioduri Metallici	185.400,60	181.546,92	203.940,66	199.701,61
LED	253.244,38	247.980,51	278.568,81	272.778,56
Sodio alta pressione	1.467.081,00	1.436.586,67	1.613.789,10	1.580.245,34
TUBO FLUORESCENTE	7.770,00	7.608,50	8.547,00	8.369,34
Vapori di mercurio	744.664,20	729.185,82	819.130,62	802.104,40

 Consumo energetico annuale ante e post operam TOTALI



Il consumo totale post intervento risulta essere di 2.886.800,81 kWh/anno, con un risparmio di 61.277,92 kWh/anno, pari al 2,1%. Di seguito viene riportata una tabella riepilogativa dei risparmi energetici dovuti all'intervento.

61.277,92 kWh/anno	Risparmio sul consumo energetico con orologio astronomico
2,1	Percentuale di risparmio sul consumo energetico con orologio astronomico
Tonnellate di CO ₂ risparmiate all'anno:	11
TEP risparmiate all'anno:	45

Regolazione flussi di traffico

L'aggiornamento del luglio 2001 della norma UNI 10439 e la successiva norma UNI 11248 hanno introdotto la possibilità di ridurre i livelli di luminanza quando il traffico risulta inferiore al 50% e al 25% del livello massimo consentito per ogni tipologia di strada. I flussi massimi si desumono dalle caratteristiche geometriche descritte nel D.M. del 5/11/2001, nella seguente tabella.

TIPI SECONDO IL CODICE		AMBITO TERRITORIALE	Larghezza min del margine interno (m)	Larghezza min del margine laterale (m)	LIVELLO DI SERVIZIO	Portata di servizio per corsia (autoveic. equiv/ora)	Larghezza minima dei marciapiedi (m)	
AUTOSTRADA	A	EXTRAURBANO	strada principale	4,0 (a)	6,1 (b)	B (2 o più corsie)	1100	-
			eventuale strada di servizio	-	-	C (1 corsia) C (2 o più corsie)	650 (d) 1350	-
		URBANO	strada principale	3,2 (a)	5,3 (b)	C (2 o più corsie)	1550	-
			eventuale strada di servizio	-	-	D (1 corsia) D (2 o più corsie)	1150 (d) 1650	1,50
EXTRAURBANA PRINCIPALE	B	EXTRAURBANO	strada principale	3,5 (a)	4,25 (b)	B (2 o più corsie)	1000	-
			eventuale strada di servizio	-	-	C (1 corsia) C (2 o più corsie)	650 (d) 1200	-
EXTRAURBANA SECONDARIA	C	EXTRAURBANO	C1	-	-	C (1 corsia)	- 600 (e) -	-
			C2	-	-	C (1 corsia)	- 600 (e) -	-
URBANA DI SCORRIMENTO	D	URBANO	strada principale	2,8 (a)	3,30 (b)	CAPACITA' (c)	950	1,50
			eventuale strada di servizio	-	-	CAPACITA' (c)	800	1,50

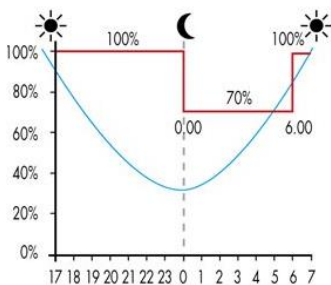


URBANA DI QUARTIERE	E	URBANO		0,50 (segnaletica orizz.)	-	CAPACITA' (c)	800	1,50
LOCALE	F	EXTRAURBANO	F1	-	-	C (1 corsia)	450 (e) -	-
			F2	-	-	C (1 corsia)	450 (e) -	-
		URBANO		-	-	CAPACITA' (c)	800	1,50

La colonna 16 indica la portata di servizio per corsia in veicoli/ora per i diversi tipi di strade. Quando i flussi scendono al di sotto della metà del massimo, l'indice della categoria illuminotecnica può essere ridotto di una unità, mentre per flussi inferiori ad un quarto del massimo l'indice può essere ridotto di due unità. La riduzione della luminanza del manto stradale in funzione dei livelli di traffico viene attuata con l'introduzione di riduttori di flusso luminoso prescritti anche per legge.

La valutazione del traffico deve essere realizzata con le seguenti modalità:

1. in due serate ritenute critiche (venerdì e domenica) non durante il periodo estivo dove il traffico si intensifica anche di molto anche per una maggiore fruizione notturna, ma per i quali i dati sarebbero meno significativi essendo il tramonto oltre le ore 20;
2. negli orari che vanno dalle ore 17 alle ore 1 di mattina;
3. non la mattina in quanto generalmente i flussi di traffico iniziano a crescere solo con l'approssimarsi dell'alba durante il periodo più sfavorevole e quindi durante l'inverno;
4. condotto su una media di 10 minuti per ogni corsia di marcia per diminuire l'errore di misura. Il valore orario viene quindi successivamente estrapolato e fornito per una singola corsia, in quanto i dati di flusso ammessi per ogni categoria di strada sono indicati per corsia di marcia.



L'introduzione di sistemi per la riduzione del flusso luminoso è una fase imprescindibile in tutto il territorio comunale unitamente a sistemi di telecontrollo a distanza in quanto permette di conseguire notevoli risparmi e parte integrante del progetto di

riqualificazione. Le tecnologie oggi in commercio si dividono sostanzialmente in 3 tipologie:

- Regolatori di flusso luminoso centralizzati
- Regolatori di flusso luminoso punto a punto

Si propongono sistemi di regolazione del flusso luminoso e del suo telecontrollo del tipo punto a punto.

La rete d'illuminazione dovrà quindi essere predisposta ed integrata al fine di erogare tali servizi attraverso la rete con tecnologie ad onde convogliate o attraverso soluzioni miste che si appoggiano alla rete medesima per alimentare dispositivi che forniscono servizi accessori a quelli dell'illuminazione.

Una scelta di codesto tipo inoltre garantisce importanti vantaggi oltre a quelli economici:

- L'integrazione completa e l'espandibilità del sistema
- La modularità nel senso che qualsiasi intervento si realizzi potrà essere fine a se stesso o solo l'inizio di un progetto più esteso anche in funzione dei finanziamenti disponibili,
- La compatibilità delle tecnologie impiegate in quanto l'infrastruttura esistente non essendo dedicata avrà un lento invecchiamento, rispetto a tecnologie dedicate e potranno essere implementate sulla stessa tutte le tecnologie compatibili con le onde convogliate anche con diversi livelli di evoluzione e complessità
- La ridondanza in quanto ogni nodo sarà indipendente dal precedente, in caso di guasto infatti verrà bypassato, e potrà essere sostituito esattamente come si sostituisce una lampadina di un lampione stradale.
- L'ampliabilità dei servizi in quanto non essendo una rete dedicata questa può diventare multi utility.

All'impianto di regolazione di flusso si possono aggiungere sistemi di telecontrollo che tramite tecnologie GSM, GPRS, onde radio, altro.. permettono di gestire, monitorare, variare da una centrale operativa (che può essere un semplice PC), una serie di parametri



legati all'impianto d'illuminazione. Essi permettono di controllare il quadro sino alla gestione e regolazione del singolo punto luce permettendo fra le varie funzioni di:

1. Ricevere allarmi e misure elettriche.
2. Modificare a distanza i parametri di funzionamento di un regolatore.
3. Comandare l'accensione di impianto.
4. Censire lo stato di fatto e programmare la manutenzione.

Il sistema di telecontrollo aggiunge ad un sistema di riduzione del flusso luminoso una gestione più completa ed integrata riducendo anche i costi non sempre quantificabili di manutenzione.

Nel caso specifico del comune di Lecco, si propone di installare i regolari di flusso non sulle lampade già esistenti ma di introdurre questa tecnologia soltanto su quelle ancora da efficientare con la tecnologia a LED. Questa scelta perché l'introduzione dell'impianto di regolazione sull'esistente risulta oneroso e valutando la quantità di LED esistente rimarrebbero esclusi pochi punti luce da non influire sui consumi totali.

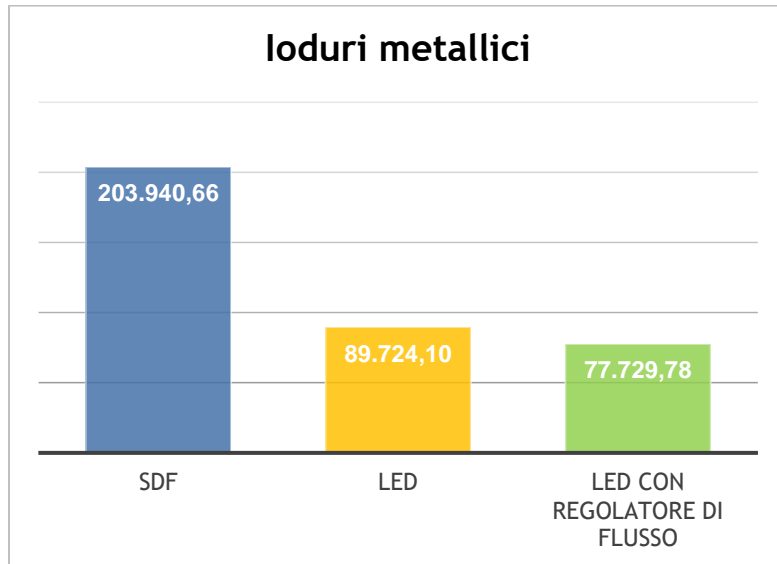
Il risparmio energetico è stato calcolato suddividendo le ore di funzionamento a pieno regime, 1.280 ore annuali, e ore con una riduzione del 20% della potenza, 2.920 ore annuali. Si è presupposto che si avrà una riduzione della potenza e quindi del flusso luminoso dalle ore 22.00 alle ore 6.00. Questo dato è inteso come standard ma per avere l'intervallo preciso bisognerebbe effettuare le analisi di traffico descritte precedentemente. Anche per stabilire la diminuzione percentuale della potenza si dovrebbe procedere all'analisi della tipologia di punto luce (stradale, architettonico, tecnico, ...) e soprattutto alla definizione della classe stradale che si deve illuminare e seguire i valori indicati da normativa. Il 20% è stato definito da una stima. Non avendo appunto alcun dato che indica la tipologia di punto luce e cosa illumina nel calcolo è stata introdotta la regolazione di flusso solo per le sorgenti con potenza pari o maggiore di 30W, presumendo, dall'esperienza nel campo, che quelle più basse non rientrino nell'illuminazione stradale.



TIPO DI SORGENTE LUMINOSA	CONSUMO TEORICO ANNUALE [kWh]			CONSUMO ANNUALE CON PERDITA DI REATTORE [kWh]		
	SDF	LED	LED CON REGOLAZIONE DI FLUSSO	SDF	LED	LED CON REGOLAZIONE DI FLUSSO
Fluorescente Compatta	19.979,40	8.195,29	8.195,29	21.977,34	9.014,82	9.014,82
Incandescenza	1.932,00	342,72	342,72	2.125,20	376,99	376,99
Ioduri Metallici	185.400,60	81.567,36	70.663,44	203.940,66	89.724,10	77.729,78
LED	253.244,38	253.244,38	230.824,77	278.568,81	278.568,81	253.907,24
Sodio alta pressione	1.467.081,00	771.916,82	664.583,63	1.613.789,10	849.108,51	731.041,99
TUBO FLUORESCENTE	7.770,00	2.056,32	1.913,36	8.547,00	2.261,95	2.104,69
Vapori di mercurio	744.664,20	164.612,70	157.130,96	819.130,62	181.073,97	172.844,06



Consumo energetico annuale ante e post operam per tipologia



126.210,88 kWh/anno	Risparmio sul consumo energetico con regolazione del flusso
----------------------------	-------------------------------------------------------------

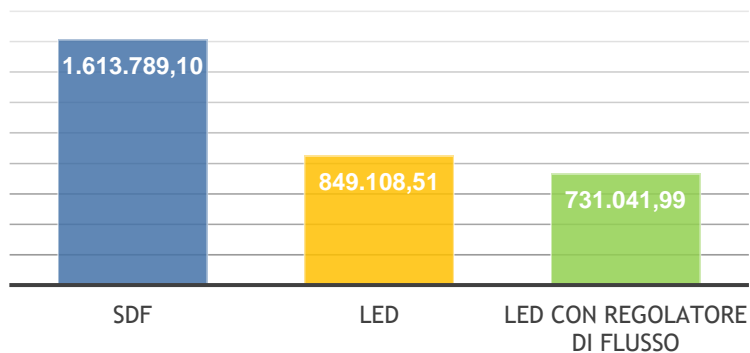
62	Percentuale di risparmio sul consumo energetico con regolazione del flusso
-----------	----------------------------------------------------------------------------

Tonnellate di CO ₂ risparmiate all'anno:	24
-----------------------------------------------------	-----------

TEP risparmiate all'anno:	93
---------------------------	-----------

Risparmio sul consumo rispetto al solo LED [kWh/anno]: 11.994,31	Percentuale di risparmio rispetto al solo LED: 13
----------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------

Sodio alta pressione



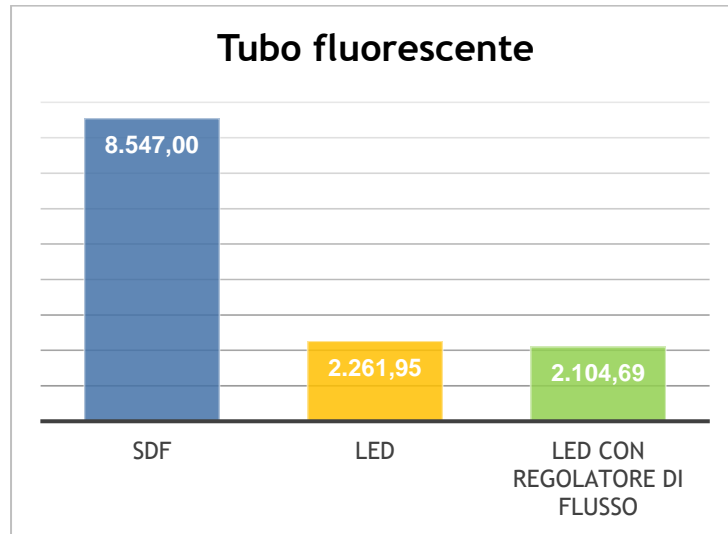
802.497,37 kWh/anno	Risparmio sul consumo energetico con regolazione del flusso
-------------------------------	-------------------------------------------------------------

55	Percentuale di risparmio sul consumo energetico con regolazione del flusso
-----------	----------------------------------------------------------------------------

Tonnellate di CO ₂ risparmiate all'anno:	150
-----------------------------------------------------	------------

TEP risparmiate all'anno:	594
---------------------------	------------

Risparmio sul consumo rispetto al solo LED [kWh/anno]: 107.333.20	Percentuale di risparmio rispetto al solo LED: 14
-----------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------



6.442,31 kWh/anno	Risparmio sul consumo energetico con regolazione del flusso
-----------------------------	-------------------------------------------------------------

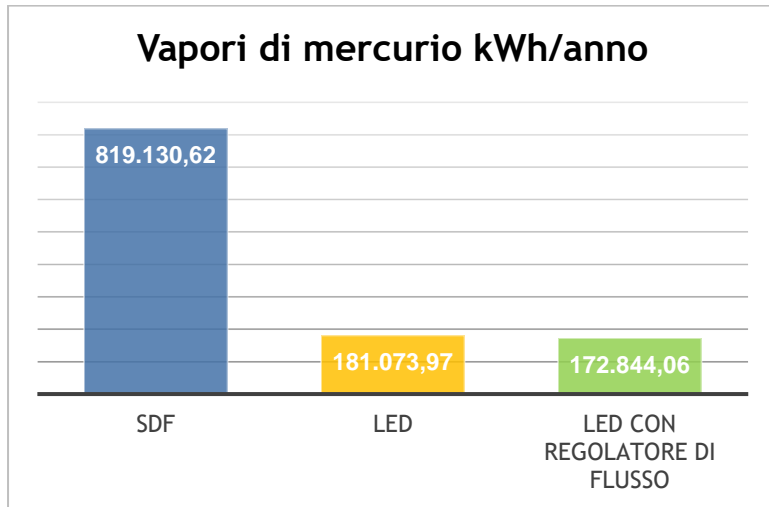
75	Percentuale di risparmio sul consumo energetico con regolazione del flusso
-----------	----------------------------------------------------------------------------

Tonnellate di CO ₂ risparmiate all'anno:	1
-----------------------------------------------------	----------

TEP risparmiate all'anno:	5
---------------------------	----------

Risparmio sul consumo rispetto al solo LED [kWh/anno]: 157,26	Percentuale di risparmio rispetto al solo LED: 7
-------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------





646.286,56 kWh/anno	Risparmio sul consumo energetico con regolazione del flusso
--------------------------------	-------------------------------------------------------------

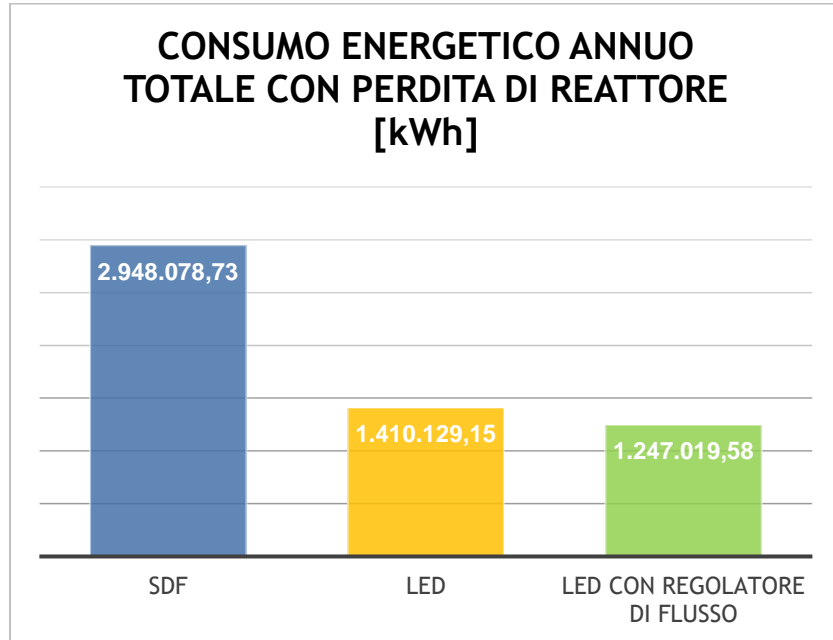
79	Percentuale di risparmio sul consumo energetico con regolazione del flusso
-----------	----------------------------------------------------------------------------

Tonnellate di CO ₂ risparmiate all'anno:	121
-----------------------------------------------------	------------

TEP risparmiate all'anno:	479
---------------------------	------------

Risparmio sul consumo rispetto al solo LED [kWh/anno]: 8.229,91	Percentuale di risparmio rispetto al solo LED: 5
---------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------

Consumo energetico annuale ante e post operam TOTALE



1.701.059,16 kWh/anno	Risparmio sul consumo energetico con regolazione del flusso
----------------------------------	-------------------------------------------------------------

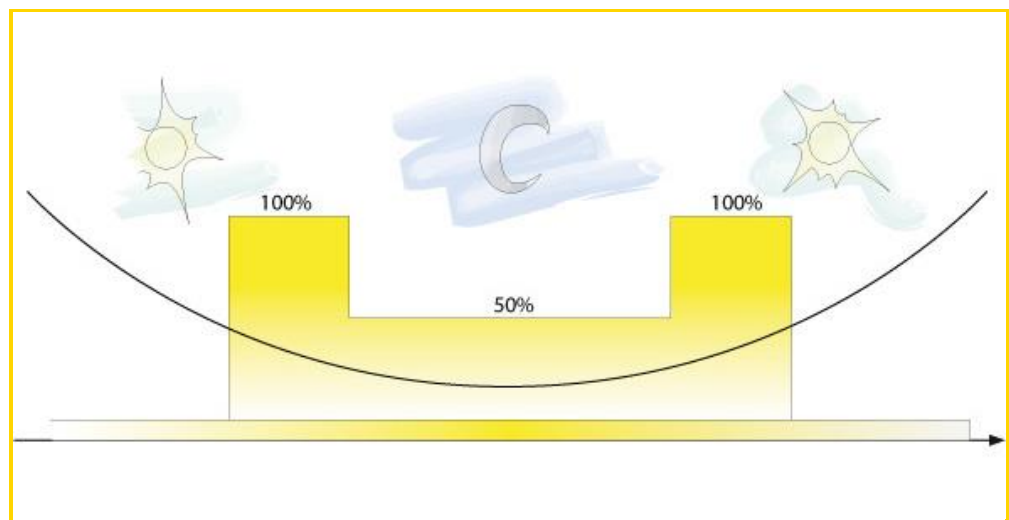
58	Percentuale di risparmio sul consumo energetico con regolazione del flusso
-----------	----------------------------------------------------------------------------

Tonnellate di CO ₂ risparmiate all'anno:	318
-----------------------------------------------------	------------

TEP risparmiate all'anno:	1260
---------------------------	-------------

Risparmio sul consumo rispetto al solo LED [kWh/anno]: 163.109,57	Percentuale di risparmio rispetto al solo LED: 12
-----------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------

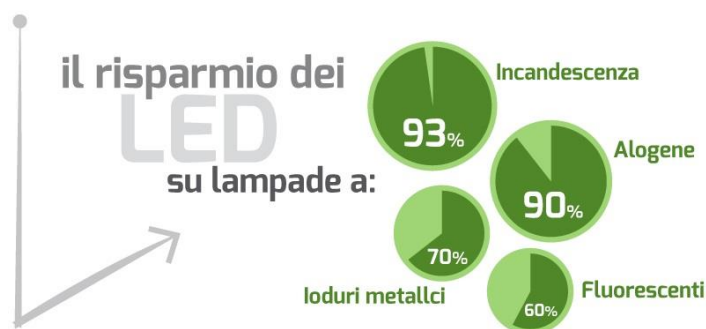
Presumendo che si intervenga sostituendo tutti i corpi lampade esistenti con corpi lampade a tecnologia LED con regolatore di flusso, il risparmio energetico è di **1.701.059,16 kWh/anno**, ovvero una riduzione dei consumi del **58%**. Qualora si preferisse cambiare soltanto tipologia di sorgente e, successivamente introdurre la regolazione del flusso, il risparmio atteso risulta essere del 12%.





Conclusioni

Dall'analisi, è emerso che attualmente l'impianto di illuminazione pubblica consuma annualmente **2.948.078,73** kWh (di cui **21.520,53** dovute a lampade fluorescenti compatte, **2.081,03** dovute a lampade ad incandescenza, **199.701,61** a lampade a ioduri metallici, **272.778,56** a lampade a LED, **1.580.245,34** a lampade sodio alta pressione, **8.369,34** a tubi fluorescenti e **802.104,40** a lampade a vapori di mercurio).



L'impianto di illuminazione risulta quindi molto inefficiente e, valutando tutti gli interventi migliorativi

possibili, ha un potenziale di efficientamento tra il 55-60 %.

L'intervento più urgente risulta essere l'eliminazione delle lampade a vapori di mercurio in quanto bandite da normativa.

Dalla ricerca dei dati disponibili è emersa l'inesistenza del DAIE, documento di analisi dell'illuminazione esterna previsto per tutti i comuni dalla legge regionale 5

ottobre 2015, n. 31. Si consiglia quindi di adeguarsi alle prescrizioni di legge.

