

# PROGETTO di FATTIBILITA' TECNICA ed ECONOMICA



COMUNE di  
**L**UINO  
PROVINCIA di **V**ARESE

“Interventi per il miglioramento dell'efficienza energetica degli impianti di illuminazione pubblica e la diffusione di servizi tecnologici integrati”

## RELAZIONE **T**ECNICO **E**NERGETICA

Febbraio 2018

Il Professionista  
Ing. Stefano Caligara

Studio **T**ecnico di **P**rogettazione **S**tefano **C**aligara  
*Ingegnere*

Via Postcastello, 7 | 21013 | GALLARATE (VA)  
Telefono/Fax: 0331.780589 | E-mail: info@stefanocaligara.it





## SOMMARIO

1	RISPARMIO ENERGETICO ED IMPATTO AMBIENTALE .....	2
2	BENEFICI AMBIENTALI ATTESI .....	8



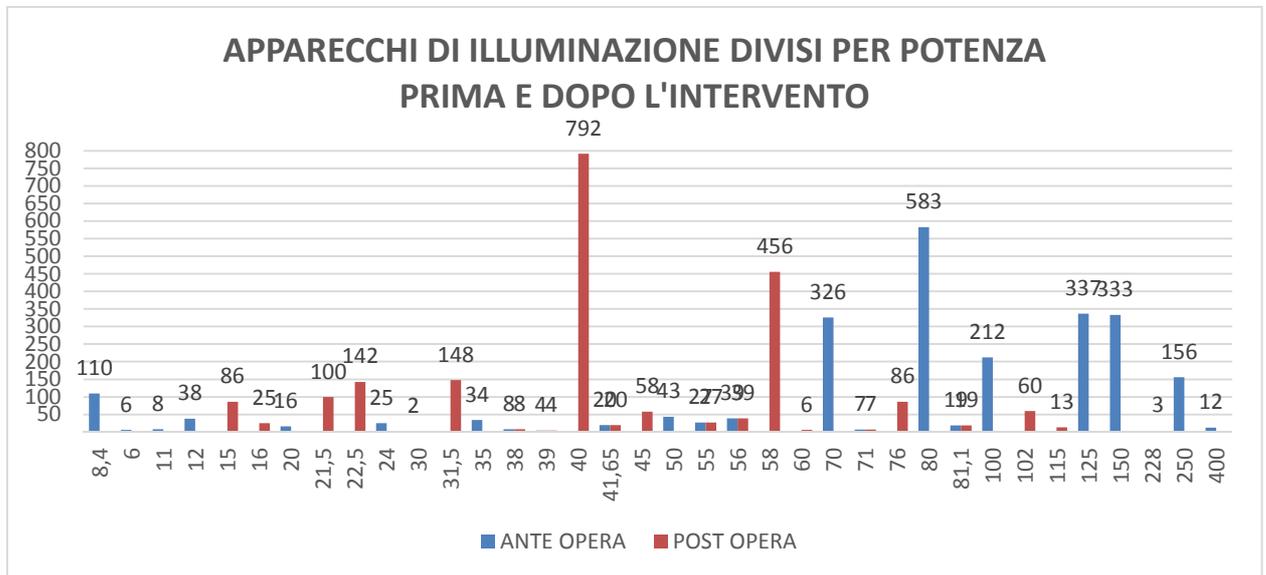
## 1 RISPARMIO ENERGETICO ED IMPATTO AMBIENTALE

Il risparmio energetico ottenibile attraverso gli interventi proposti sugli impianti esistenti di illuminazione pubblica viene di seguito calcolato rispetto allo stato attuale degli stessi.

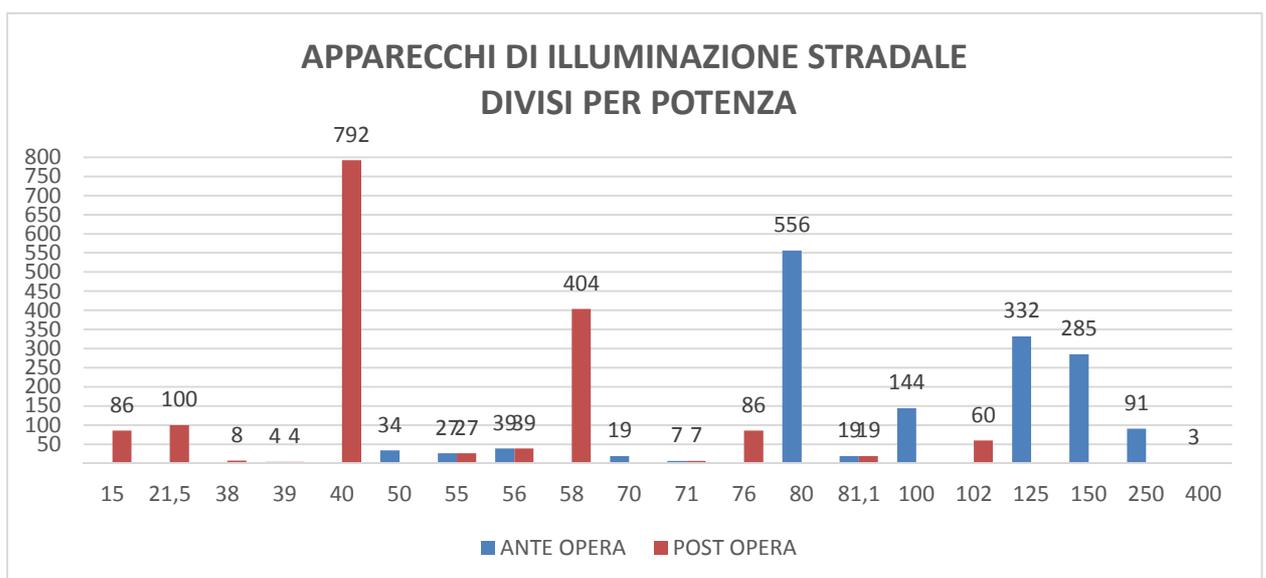
Il risparmio energetico è calcolato confrontando il consumo energetico annuale ante opera con il consumo energetico annuale post opera (a valle degli interventi previsti nel presente progetto di fattibilità).

I consumi energetici ante opera sono calcolati sull'effettiva consistenza attuale degli impianti di pubblica illuminazione della città.

Il parco lampade ante e post opera è indicato rispettivamente nei seguenti grafici.

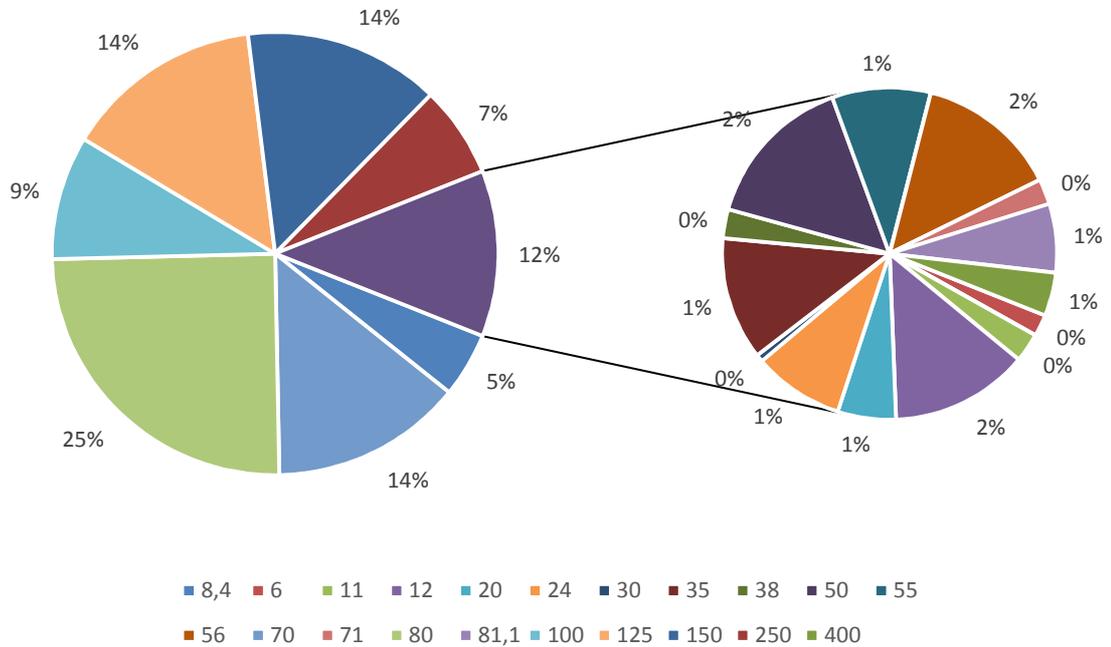


2



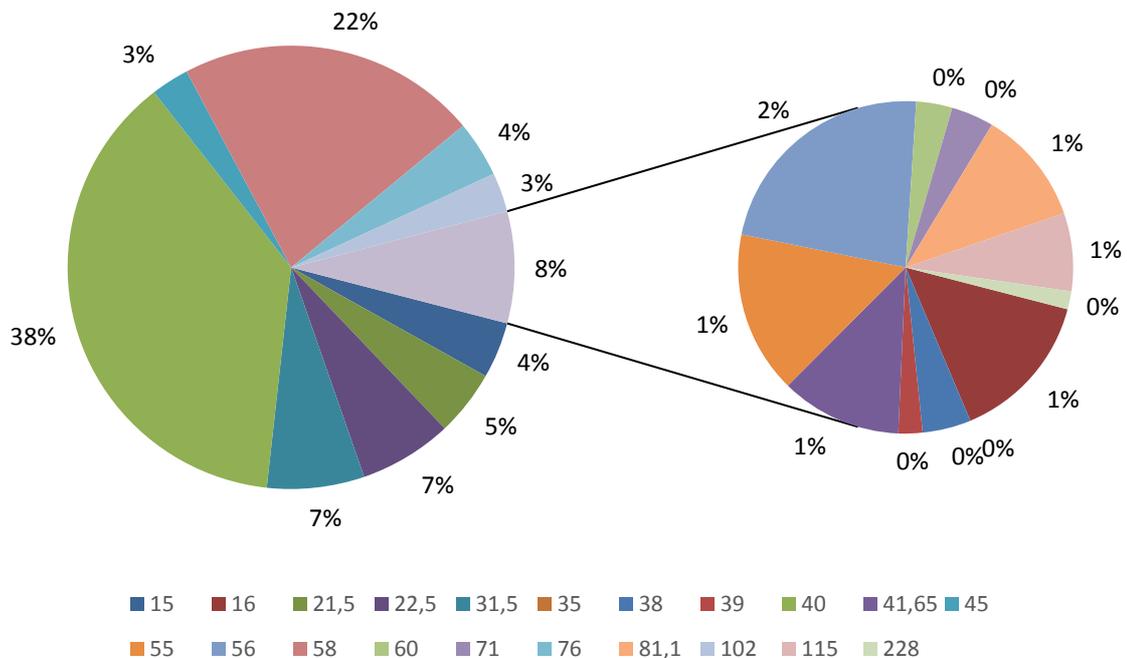


**POTENZE APPARECCHI D'ILLUMINAZIONE ANTE OPERA**



3

**POTENZE NUOVI APPARECCHI D'ILLUMINAZIONE**



La potenza impegnata sarà quindi del 67 % inferiore a quella attuale.



Per valutare il risparmio energetico occorre calcolare l'energia assorbita nel corso di un anno dall'installazione esistente (ante opera) e quella assorbita nel corso di un anno dalle stesse installazioni a valle degli interventi previsti (post opera) considerando ovviamente anche gli effetti dei sistemi di riduzione della potenza installati in ciascun impianto, quando presenti.

Di seguito il calcolo del consumo energetico ante opera, partendo dal database di censimento che descrive puntualmente il parco lampade ante opera, dettagliando anche la presenza di eventuali sistemi di riduzione della potenza installati (regolatori di flusso, tutta-notte / mezza-notte, ecc.).

I coefficienti R di riduzione della potenza associati ai vari sistemi esistenti sono i seguenti:

	<b>R</b>
Nessuna regolazione	<b>1</b>

Per il calcolo dell'energia elettrica sono stati considerati inoltre i seguenti parametri:

<b>K</b>	<b>1,02</b>	coefficiente % di aumento della potenza installata per tener conto delle perdite di linea
<b>H</b>	<b>4.200 h</b>	ore annue di accensione totali annue dell'impianto di pubblica illuminazione (valore standard normalmente usato in letteratura)
<b>Hr</b>	<b>0 h</b>	ore annue di funzionamento annue dell'impianto di pubblica illuminazione durante la fase di regolazione del flusso luminoso (regolazione dalle ore 00:00)

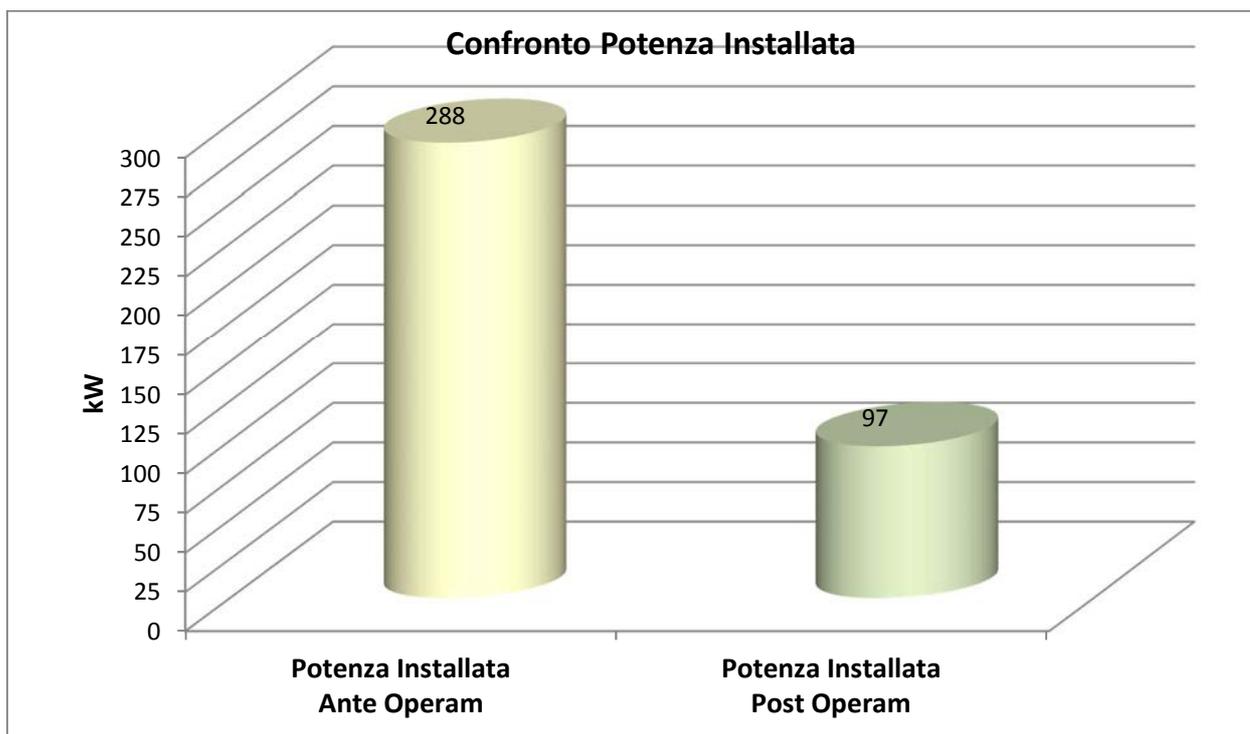
4

Per ciascuna lampada, considerando la potenza totale assorbita dal sistema (incluse le perdite negli accessori) la formula adottata per il calcolo dell'energia è la seguente:

$$kW \times K \times (H - Hr) + kW \times K \times Hr \times R = \text{Energia Assorbita Annua}$$

*Negli impianti esistenti in realtà non sono presenti sistemi di regolazione del flusso luminoso, per cui il coefficiente **R** sarà pari ad **1** per ogni lampada.*

La potenza installata attualmente, comprese le perdite negli accessori e le perdite di linea, risulta pari a circa **288,55 kW**.



5

Il Consumo Energetico Ante Opera è quindi pari a **1.211.168,62 kWh/anno**.

Di seguito il calcolo del consumo energetico post opera, partendo dal database di censimento che descrive puntualmente il parco lampade post opera, dettagliando anche la presenza di eventuali sistemi di riduzione della potenza installati (regolatori di flusso, tutta-notte / mezza-notte, ecc.).

La potenza post opera, comprese le perdite negli accessori e le perdite di linea, risulta pari a circa **96,52 kW**.

I coefficienti R di riduzione della potenza associati ai vari sistemi esistenti sono i seguenti:

	R
Nessuna regolazione	1
Profilo di regolazione 1 (telecontrollo)	0,5
Profilo di regolazione 2 (telecontrollo)	0,75

La regolazione ipotizzata è la seguente:

- Lunedì/venerdì dalle 22.30 alle 24.00 e sabato/domenica dalle 23.00 alle 24.00 funzionamento a potenza pari al 75% della nominale.
- Lunedì/domenica dalle 00.00 allo spegnimento mattutino funzionamento a potenza pari al 50% della nominale.
- Lunedì/venerdì dalla accensione alle 22.30 e sabato/domenica dalla accensione alle 23.00 funzionamento a potenza nominale.



Per il calcolo dell'energia elettrica sono stati considerati inoltre i seguenti parametri:

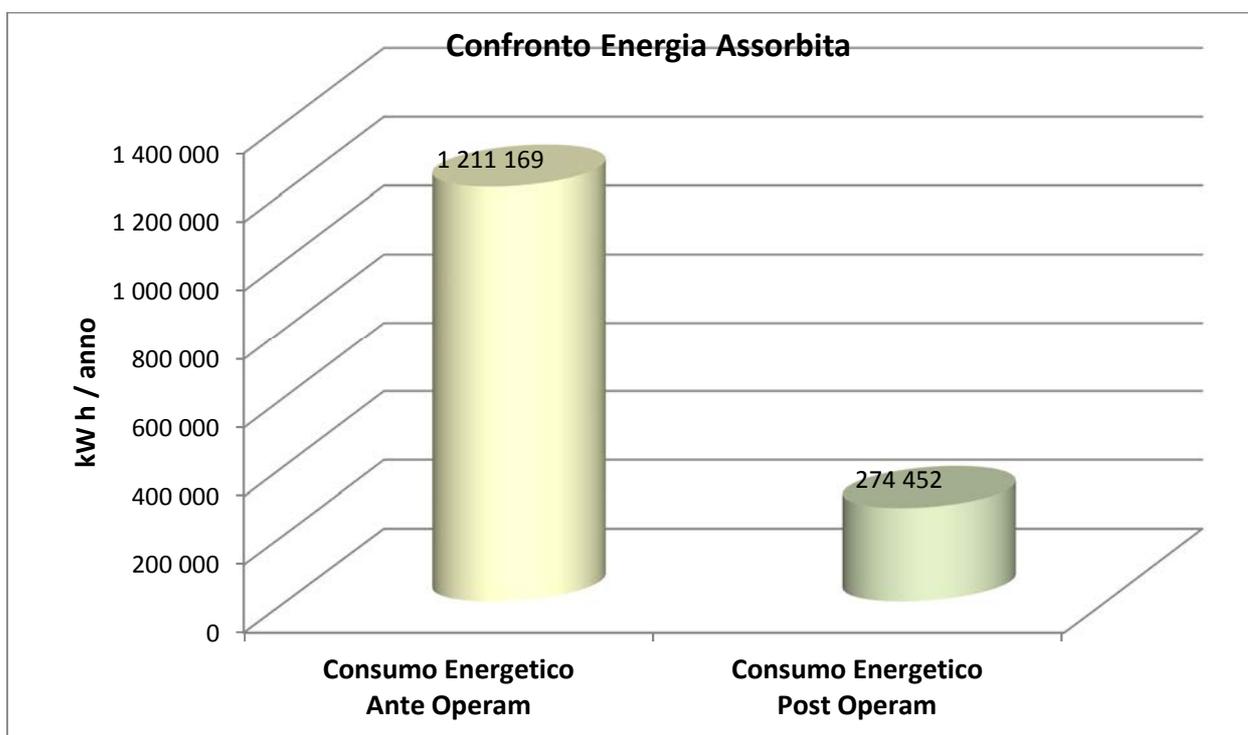
<b>K</b>	<b>1,02</b>	coefficiente % di aumento della potenza installata per tener conto delle perdite di linea
<b>H</b>	<b>4.200 h</b>	ore annue di accensione totali annue dell'impianto di pubblica illuminazione (orologio astronomico)
<b>Hr<sub>1</sub></b>	<b>2.469,6 h</b>	ore annue di funzionamento dell'impianto di pubblica illuminazione a potenza pari al 50% della nominale
<b>Hr<sub>2</sub></b>	<b>487,2 h</b>	ore annue di funzionamento dell'impianto di pubblica illuminazione a potenza pari al 75% della nominale

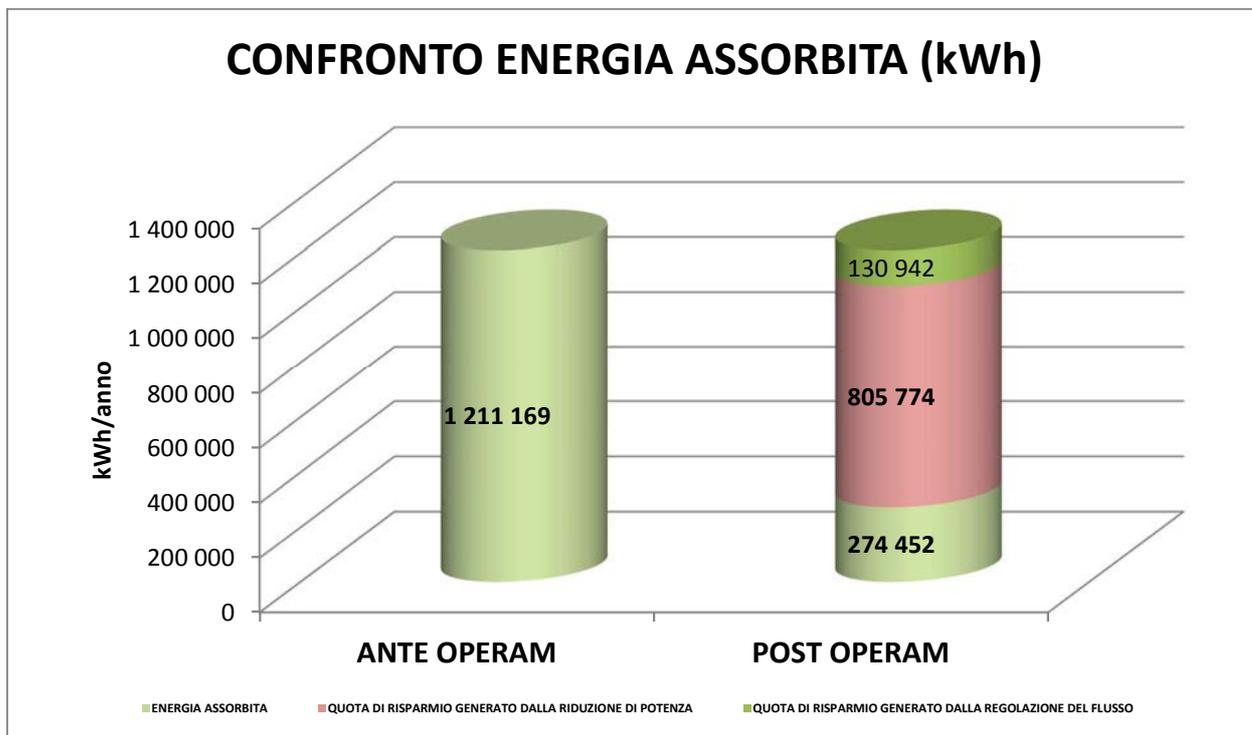
Per ciascuna tipologia di lampada, considerando la potenza totale assorbita dal sistema (incluse le perdite negli accessori) la formula adottata per il calcolo dell'energia è la seguente:

$$kW \times K \times (H - Hr_1 - Hr_2) + kW \times K \times Hr_1 \times R_1 + kW \times K \times Hr_2 \times R_2 = \\ = \text{Energia Assorbita Annua}$$

Il Consumo Energetico Post Opera è quindi pari a **274.452,07 kWh/anno**.

Ovvero, è possibile conseguire attraverso gli interventi proposti sugli impianti esistenti una riduzione dell'energia assorbita come riassunto nel grafico sotto riportato.





7

**IL RISPARMIO ENERGETICO CONSEGUIBILE E' QUINDI PARI A CIRCA 936,72 MWh/anno, CORRISPONDENTE AD UN RISPARMIO DEL 77 % RISPETTO ALLO STATO ANTE OPERA.**



## 2 BENEFICI AMBIENTALI ATTESI

Gli interventi previsti per la riduzione dell'inquinamento luminoso e per il risparmio energetico si traducono anche in benefici in termini ambientali.

Il risparmio energetico viene oggi solitamente espresso in TEP.

Il TEP (tonnellate equivalenti di petrolio; in lingua inglese: tonne of oil equivalent, TOE) rappresenta la quantità di energia rilasciata dalla combustione di una tonnellata di petrolio grezzo; vale circa 42 GJ. Il valore è fissato convenzionalmente, dato che le diverse varietà di petrolio posseggono diversi poteri calorifici e le convenzioni attualmente in uso sono più di una. È un'unità di misura usata per rendere più maneggevoli le cifre relative a grandi valori di energia. L'energia liberata dalla combustione di una tonnellata di petrolio è più intuitiva dell'equivalente valore di 42 miliardi di Joule.

Sono pure utilizzati i multipli MTOE (un milione di TOE) e GTOE (un miliardo di TOE).

In riferimento alla Delibera EEN 3/08 dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas, datata 28 marzo 2008, si assume come fattore di conversione dei kWh in tonnellate equivalenti di petrolio (TEP o TOE) il seguente parametro:

$$\text{fattore di conversione} = 0,187 \times 10^{-3} \text{ TEP / kWh}$$

Ne deriva che il risparmio di TEP annui sono **175 TEP**

Per effettuare la conversione dei TEP in CO<sub>2</sub>, occorre considerare la TABELLA DEI PARAMETRI STANDARD NAZIONALI dei "Coefficienti utilizzati per l'inventario delle emissioni di CO<sub>2</sub> nell'inventario nazionale UNFCCC" del Piano Nazionale per la riduzione delle emissioni di gas responsabili dell'effetto serra del Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare, che introduce i fattori di conversione dei TEP in CO<sub>2</sub> emessa.



PARAMETRI STANDARD <sup>1</sup> - COMBUSTIBILI/MATERIALI					
Combustibile/Materiale	Unità di misura utilizzata per consumo di combustibile	Fattore Emissione <sup>2</sup> (tCO <sub>2</sub> /Un. di misura quantità)	Coefficiente Ossidazione	PCI	Unità di Misura PCI
Gas naturale (metano)	1000 Stdm <sup>3</sup>	1,955	1	8,370	Mcal/Stdm <sup>3</sup>
	TJ	55,837	1	35,0197	GJ/1000 Stdm <sup>3</sup>
Olio combustibile	TJ	76,480	1	41,082	GJ/t
	T	3,142	1	0,982	tep/t
Gasolio riscaldamento (dati sperimentali)	TJ	73,578	1	42,877	GJ/t
	T	3,155	1	1,025	tep/t
Benzina senza piombo per autotrazione (dati sperimentali)	T	3,140	1	42,817	GJ/t
				1,023	tep/t
GPL (Gas di petrolio liquefatto) (dati sperimentali)	T	3,024	1	46,110	GJ/t
				1,102	tep/t
Coke da petrolio (pet coke)	TJ	94,351	1	33,454	GJ/t
	T	3,156	1	0,800	tep/t
Carbone da vapore	TJ	94,272	1	25,636	GJ/t
	t	2,417	1	0,613	tep/t
Coke (metallurgico)	TJ	109,337	1	29,592	GJ/t
	t	3,234	1	0,707	tep/t
Carbone per cokeria, altro carbone bituminoso	TJ	93,249	1	32,215	GJ/t
	t	3,028	1	0,794	tep/t
Agglomerati di carbone (sub-bituminoso)	TJ	96,1	1	0,452	tep/t
Gas derivati di raffineria	TJ	57,477	1	46,285	GJ/t
	t	2,660	1	1,106	tep/t
Gas derivati da cokeria	1000 Stdm <sup>3</sup>	0,763	1	4,213	Mcal/Stdm <sup>3</sup>
	TJ	43,314	1	17,625	GJ/1000 Stdm <sup>3</sup>
Gas derivati da convertitore	1000 Stdm <sup>3</sup>	1,253	1	1,524	Mcal/Stdm <sup>3</sup>
	TJ	196,008	1	6,378	GJ/1000 Stdm <sup>3</sup>
Idrocarburi pesanti per gassificazione	t	3,128	1	0,931	tep/t
Gas derivati di altoforno	1000 Stdm <sup>3</sup>	0,945	1	0,907	Mcal/Stdm <sup>3</sup>
	TJ	249,155	1	3,795	GJ/1000 Stdm <sup>3</sup>
Oriemulsion	TJ	77	1	27,50	GJ/t
Virgin nafta	TJ	73,3	1	44,5	GJ/t

Si può prendere ad esempio a riferimento come materia prima l'olio combustibile, avente fattore di conversione pari a  $3,142/0,984 = 3,193$  tCO<sub>2</sub>/ tep.

Possiamo ora calcolare la quantità di CO<sub>2</sub> che i nuovi impianti previsti in progetto non immetteranno in atmosfera rispetto agli impianti esistenti, grazie al progetto proposto:



<b>RISPARMIO ENERGETICO TOTALE</b>	<b>937,32</b>	<b>MWh / anno</b>
<b>TONNELLATE EQUIVALENTI DI PETROLIO RISPARMIATE OGNI ANNO</b>	<b>175</b>	<b>TEP / anno</b>
<b>TONNELLATE DI CO<sub>2</sub> RISPARMIATE OGNI ANNO</b>	<b>559</b>	<b>t CO<sub>2</sub></b>

Tale valore di TEP dovrà essere confermato da opportuna PPPM da presentare al GSE in linea con le nuove linee guida di gennaio 2018.