

POLITECNICO DI TORINO

I Facoltà di Ingegneria

Corso di laurea magistrale in Ingegneria Energetica

Tesi di laurea magistrale

**Analisi dei consumi energetici in amministrazioni pubbliche:
metodologia e caso studio**



Relatore:

Marco Simonetti

Co-relatore:

Roberto Gerbo

Candidato:

Fabrizio Zanon

Marzo 2019

Licenza

Quest'opera è soggetta alla Creative Public License versione 2.5 o posteriore. L'enunciato integrale della Licenza in versione 2.5 è reperibile all'indirizzo internet <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/deed.it>.

Si è liberi di riprodurre, distribuire, comunicare al pubblico, esporre in pubblico, rappresentare, eseguire e recitare quest'opera alle seguenti condizioni:

- **Attribuzione:** bisogna attribuire la paternità dell'opera nei modi indicati dall'autore o da colui al quale è stata data quest'opera in licenza: in questo caso si tratta del Politecnico di Torino.
- **Non commerciale:** non si può usare quest'opera per fini commerciali.
- **Non opere derivate:** non si può alterare o trasformare quest'opera, né usarla per crearne un'altra.

Ogni volta che si usa o si distribuisce quest'opera, lo si deve fare secondo i termini di questa licenza, che va comunicata con chiarezza.

In ogni caso si possono concordare con il titolare dei diritti d'autore (il Politecnico di Torino, in questo caso) utilizzi di quest'opera non consentiti da questa licenza.

Sommario

<i>Licenza</i>	2
Premessa	9
Riferimenti Normativi	10
Contesto	11
Unità di misura	12
Pre-Diagnosi energetica	13
<i>Contatti preliminari – Riunione iniziale</i>	14
<i>Raccolta dati</i>	15
<i>Analisi dell'affidabilità dei dati raccolti</i>	16
<i>Attività sul campo</i>	17
<i>Analisi</i>	18
Indici prestazionali	18
Stima dei risparmi	20
Fasce orarie per consumi elettrici	21
Illuminazione pubblica	22
<i>IP - Raccolta dati</i>	22
Censimento	22
Bollette elettriche	26
<i>IP - Accoppiamento quadri elettrici – POD</i>	29
<i>IP - Analisi dell'affidabilità dei dati raccolti</i>	31
Fase 1 – Analisi da censimento	33
Fase 2 – Confronto tra la potenza censita e la potenza rilevata	34
Fase 3 – Modifica del censimento	38
Conclusioni analisi	39
<i>IP - Indici prestazionali</i>	42
<i>IP - Stima dei risparmi</i>	43
CELS-EM	44
Quantificazione risparmi	47
Edifici	49
<i>Edifici - Raccolta dati</i>	54
<i>Edifici – Bollette elettriche</i>	58
Edifici – EE – costo unitario medio	61
Edifici – EE – ore annue equivalenti	63
Edifici – EE – profili di consumo	64
<i>Edifici – EE - Indici prestazionali</i>	69

<i>Edifici – EE - Stima dei risparmi</i>	71
Scuole - uffici	71
Edifici adibiti ad attività ricreative o associative	73
Utenze di tipo vario.....	77
<i>Impianti FER (Fonti di energia rinnovabile)</i>	81
<i>Edifici – Bollette termiche</i>	82
Edifici – ET – costo unitario medio	85
Edifici – ET – profili di consumo.....	87
<i>Edifici – ET - Analisi</i>	92
Firma energetica	93
<i>Edifici – ET - Indici prestazionali</i>	99
Gradi giorno	100
<i>Edifici – ET – Stima dei risparmi</i>	101
Analisi generale dell’edificio.....	101
Analisi di dettaglio – Scuola primaria “E. De Amicis”	104
Schema riassuntivo risparmi	106
Sintesi risparmi ottenibili	107
Conclusioni	108
Bibliografia	109

Indice delle figure

Figura 1 - Diagramma di flusso Pre-Diagnosi energetica	13
Figura 2 - Andamento consumi quadri elettrici – IP	26
Figura 3 - Andamento Consumi annuali per POD – parte 1	27
Figura 4 - Andamento Consumi annuali per POD – parte 2	27
Figura 5 - Andamento Consumi annuali per POD – parte 3	28
Figura 6 - Andamento ore buio Torino 2017	28
Figura 7 - Contatore quadro elettrico QE-025	33
Figura 8 – Offset	45
Figura 9 - CELS-EM.....	46
Figura 10 - Asilo nido "G. V. Navone"	49
Figura 11 - Scuola primaria "G. Rodari"	49
Figura 12 - Scuola primaria "E. De Amicis"	50
Figura 13 - Scuola secondaria "A. Astesano"	50
Figura 14 – Municipio	51
Figura 15 - Caserma volontari Vigili del fuoco	51
Figura 16 - Cinema comunale	52
Figura 17 - Palazzo Richetta.....	52
Figura 18 – Confraternita	53
Figura 19 - Magazzino comunale	53
Figura 20 - Potenze generatori di calore	54
Figura 21 - Consumi energia elettrica edifici	59
Figura 22 - Profilo di consumo elettrico – Asilo	64
Figura 23 - Profilo di consumo elettrico – Scuole primarie.....	64
Figura 24 - Profilo di consumo elettrico – Scuola secondaria	65
Figura 25 - Profilo di consumo elettrico – Uffici	66
Figura 26 - Profilo di consumo elettrico – Attività ricreative	67
Figura 27 - Profilo di consumo elettrico – Attività associative.....	68
Figura 28 - Profilo di consumo elettrico – Utenze varie	68
Figura 29 - Profilo di consumo - Associazioni varie.....	73
Figura 30 - Profilo di consumo - Biblioteca / sala congressi.....	74
Figura 31 - Profilo di consumo diviso per fasce - Biblioteca / sala congressi	74
Figura 32 - Profilo di consumo - Caserma VVF.....	75
Figura 33 - Profilo di consumo diviso per fasce - Caserma VVF	76
Figura 34 - Profilo di consumo - Cinema comunale	76
Figura 35 - Profilo di consumo diviso per fasce - Cinema comunale.....	77
Figura 36 - Profilo di consumo - Magazzino comunale	78
Figura 37 - Profilo di consumo diviso per fasce - Magazzino comunale	78
Figura 38 - Profilo di consumo - Magazzino comunale	79
Figura 39 - Profilo di consumo diviso per fasce - Torrette mercatali	79
Figura 40 - Profilo di consumo - Cimitero comunale	80
Figura 41 - Consumi energia termica edifici	83
Figura 42 - Consumi energia termica edifici stagione risc. senza acs.....	84

Figura 43 - Riepilogo consumi energia termica edifici	84
Figura 44 - Profilo di consumo termico – Asilo	87
Figura 45 - Profilo di consumo termico – scuole primarie	87
Figura 46 - Profilo di consumo termico – scuola secondaria	88
Figura 47 - Profilo di consumo termico – Palestra	88
Figura 48 - Profilo di consumo termico – Municipio.....	89
Figura 49 - Profilo di consumo termico – Attività ricreative	90
Figura 50 - Profilo di consumo termico – Attività associative.....	91
Figura 51 - Profilo di consumo termico – Magazzino.....	91
Figura 52 - Firma energetica – Scuola secondaria “A. Astesano”	94
Figura 53 - Firma energetica – Municipio	95
Figura 54 - Firma energetica – Scuola primaria "E. De Amicis"	96
Figura 55 - Firma energetica – Palestra scuola primaria "E. De Amicis"	97
Figura 56 - Firma energetica – Scuola primaria "G. Rodari"	98
Figura 57 - Firma energetica ideale	105

Indice delle tabelle

Tabella 1 – Unità di misura	12
Tabella 2 – Benchmark	19
Tabella 3 – Target	19
Tabella 4 – PCI metano	19
Tabella 5 – Definizione fasce orarie F1.F2 ed F3.....	21
Tabella 6 – Esempio di censimento	22
Tabella 7 – Potenza assorbita per quadro elettrico	23
Tabella 8 - Ore di luce e buio - fonte www.dateandtime.com	28
Tabella 9 – Accoppiamento quadri elettrici - POD.....	29
Tabella 10 – Calcolo ore annue equivalenti	31
Tabella 11 – Suddivisione consumi per fasce orarie	32
Tabella 12 - Valutazioni e conclusioni fase 2 – analisi – Lettura non effettuata	34
Tabella 13 - Valutazioni e conclusioni fase 2 – analisi – Scostamento accettabile.....	35
Tabella 14 - Valutazioni e conclusioni fase 2 – analisi – F1 zero consumo.....	37
Tabella 15 - Valutazioni e conclusioni fase 2 – analisi – Scostamento rilevante	37
Tabella 16 – Conclusioni analisi	39
Tabella 17 – Ore annue CELS-EM.....	47
Tabella 18 – Risparmi ottenuti	48
Tabella 19 – Anagrafica edifici – Energia elettrica	55
Tabella 20 – Anagrafica edifici – Energia termica	56
Tabella 21 – Densità alunni nelle scuole.....	57
Tabella 22 – Potenza impegnata / Potenza disponibile da bollette.....	60
Tabella 23 – Costo specifico medio - EE	61
Tabella 24 - Costo specifico medio – gruppo a forte consumo.....	62
Tabella 25 - Costo specifico medio – gruppo a medio consumo.....	62
Tabella 26 - Costo specifico medio – gruppo a basso consumo.....	62
Tabella 27 – Ore equivalenti annue.....	63
Tabella 28 – Costruzione dei valori benchmark e target per N/F	70
Tabella 29 – Risparmi derivanti da consumo per unità di superficie - Scuole.....	71
Tabella 30 – Risparmi derivanti da consumo per unità di superficie - Uffici.....	71
Tabella 31 – Risparmi derivanti da consumo per alunno.....	72
Tabella 32 – Risparmi da indice N/F	72
Tabella 33 – Calcolo risparmi pensiline bus.....	77
Tabella 34 – Calcolo risparmi campanile	80
Tabella 35 – costo specifico medio sul totale - ET	85
Tabella 36 - costo specifico medio sulla stagione riscaldamento - ET	86
Tabella 37 – Firma energetica – Scuola secondaria “A. Astesano”	94
Tabella 38 – Firma energetica – Municipio.....	95
Tabella 39 – Firma energetica – Scuola primaria "E. De Amicis"	96
Tabella 40 – Firma energetica – Palestra scuola primaria "E. De Amicis"	97
Tabella 41 – Firma energetica – Scuola primaria "G. Rodari"	98
Tabella 42 - GG	100
Tabella 43 - Risparmi derivanti da consumo per unità di superficie netta (con IVA)	101

Tabella 44 - Risparmi derivanti da consumo per unità di alunno	102
Tabella 45 - Risparmi per confronto con indici prestazionali.....	103
Tabella 46 – Firma energetica ideale – scuola primaria “E. De Amicis”	105
Tabella 47 - Risparmi derivanti da miglior conduzione generatore – Scuola primaria “E. De Amicis”	105
Tabella 48 – Schema riassuntivo risparmi	107

Premessa

La pre-diagnosi energetica è uno strumento che prende spunto dalla diagnosi energetica vera e propria. Si tratta di un'analisi simulare, ma priva di audit in campo, che però comprende solitamente un perimetro più ampio. Ha uno scopo diverso dalla diagnosi seppure con molti punti in comune: individuare i siti energeticamente più critici, analizzando i consumi e confrontando gli indici prestazionali ricavati con valori di benchmark.

Il D.lgs. 192/05 la descrive come:

elaborato tecnico che individua e quantifica le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici dell'intervento, individua gli interventi per la riduzione della spesa energetica e i relativi tempi di ritorno degli investimenti nonché i possibili miglioramenti di classe dell'edificio nel sistema di certificazione energetica e la motivazione delle scelte impiantistiche che si vanno a realizzare. La diagnosi deve riguardare l'edificio e l'impianto.

La norma UNI CEI EN 16247-1:2012 invece indica che:

la diagnosi energetica è un'indagine sistematica intrapresa nell'intento di identificare i flussi energetici e i potenziali interventi di miglioramento dell'efficienza energetica e di documentarli, quindi lo scopo è il raggiungimento di una conoscenza approfondita del reale comportamento energetico della realtà in esame.

Riferimenti Normativi

Legislazione:

- **Legge 9 gennaio 1991, n.10:** Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia;
- **D.P.R. 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 contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della L. 9 gennaio 1991, n. 10;
- **D.Lgs. 102/2014** attuazione della Direttiva Europea 2012/27/UE (con particolare riferimento all'Allegato VI "Criteri minimi per gli audit energetici, compresi quelli realizzati nel quadro dei sistemi di gestione dell'energia");
- **Deliberazione della Giunta Regionale Piemonte 4/8/2009 n° 46-11968:** Aggiornamento del Piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria – Stralcio di piano per il riscaldamento ambientale e il condizionamento e disposizioni attuative in materia di rendimento energetico dell'edilizia (con particolare riferimento alla Tabella 2 "Fabbisogno energetico annuo per il riscaldamento" dell'Allegato 3 "Limiti prestazionali dell'involucro edilizio").

Norme tecniche:

- Norma **UNI CEI EN 16247 - 1:2012:** "Diagnosi energetiche - Parte 1: Requisiti generali";
- Norma **UNI CEI EN 16247 - 2:2014:** "Diagnosi Energetiche - Parte 2: Edifici";
- Norma **UNI CEI EN ISO 50001:2011:** "Sistemi di gestione dell'energia - Requisiti e linee guida per l'uso";
- Norma **ISO 50002:2014:** "Energy audits – Requirements with guidance for use";
- Norma **UNI CEI/TR 11428:2011** "Gestione dell'energia - Diagnosi energetiche - Requisiti generali del servizio di diagnosi energetica";
- Norma **UNI EN 15603:2008** "Prestazione energetica degli edifici - Consumo energetico globale e definizione dei metodi di valutazione energetica" (con particolare riferimento all'ANNEX B in cui viene illustrata l'Energy Signature);

Contesto

In una pubblica amministrazione la voce di spesa energetica è significativa e ha un peso crescente. A volte tale spesa ingloba erroneamente anche i costi di gestione/manutenzione. Il personale della PA deve affrontare carenze dovute a:

- Evoluzione, anche significativa, della normativa;
- Migliorabile conoscenza in campo energetico;
- Ampliabile esperienza pratica;

Nelle PA si rilevano solitamente una o più delle seguenti criticità:

- Contabilizzazione energetica non affrontata in modo trasversale dai vari uffici interessati;
- Ogni comune tende a lavorare in proprio;
- Si tende a fare interventi spot su edifici/impianti, senza una corretta pianificazione;
- Adozione di soluzioni valutate innovative senza una vera analisi costi-benefici;
- Tendenza a terziarizzare, anche le attività “core”;

Una non adeguata ed efficiente gestione dell'area energia va a discapito anche del monitoraggio dei consumi energetici. Il D.lgs. 102:2014 (art. 5 c. 16) prevede il concorso delle PA locali all'obiettivo nazionale di risparmio energetico con azioni che comprendono i sistemi di gestione dell'energia.

Unità di misura

Le Unità di Misura utilizzate per i calcoli fanno riferimento al Sistema Internazionale.

Tabella 1 – Unità di misura

Parametro	U.M.
Energia elettrica	kWh
Energia termica	Smc o kWh
Energia primaria (sia termica, sia elettrica)	tep
Potenza	W o kW
Superficie	m ²
Volume	m ³
Lunghezza / larghezza / altezza / profondità	m

Pre-Diagnosi energetica

La pre-diagnosi energetica è una procedura strutturata di riferimento per multi - sito per l'analisi dei consumi energetici, in particolare adatta ad analisi del patrimonio edilizio e della pubblica illuminazione di una PA, svolta "a tavolino" su dati da bolletta e attraverso l'anagrafica definita con la PA. E' uno strumento grazie al quale è possibile:

- Realizzare una baseline (stato dell'arte del contesto energetico) e mantenerla aggiornata nel tempo.
- Perseguire gestioni più efficienti e automatizzate, con evidenza di eventuali consumi anomali (extra target) e stima delle maggiori spese utilizzando strumenti semplici ed efficaci di pre-diagnosi, favorendo quelli già sperimentati.
- Individuare gli interventi di miglioramento che possono essere gestionali (a costo "0" da implementare subito nel contesto esistente) o di investimento, i quali vanno scelti in base a vincoli esterni (obblighi normativi) e decisioni interne (limiti di budget, patto stabilità).
- Attivare analisi e diagnosi energetiche vere e proprie per i siti più critici (al netto di efficientamenti gestionali) al fine di individuare specifici interventi di miglioramento che vanno attuati riferendosi a:
 - Modelli/soluzioni tecnologiche e/o di gestione
 - Caratteristiche involucro, impianti BEMS, FER

Quindi applicare criteri di valutazione costi-benefici per fissare le priorità, modelli operativi per il personale, mansionari e sistemi di qualità.

Nel seguito, per quanto possibile, si farà riferimento al percorso sequenziale indicato dall'ANNEX A della norma UNI CEI EN 16247-2:2014.

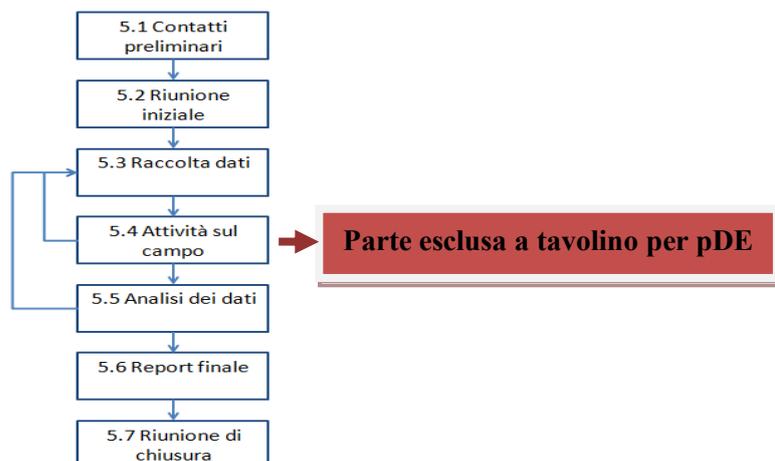


Figura 1 - Diagramma di flusso Pre-Diagnosi energetica

Contatti preliminari – Riunione iniziale

Innanzitutto occorre definire con il committente:

1. Referenti del progetto per la PA, di qualifica/posizione organica idonea che possano interloquire sia con il referente responsabile della pre-diagnosi che, all'interno del comune, con i singoli incaricati/responsabili delle strutture interessate del comune.
2. L'oggetto della pre-diagnosi e il suo perimetro.
3. Dimensionamento e pianificazione dell'attività, stima dei tempi di impegno per la realizzazione della pre-diagnosi.
4. Obiettivi della pre-diagnosi.

Il 30 Marzo 2018 ho contattato il sindaco del comune di Villanova d'Asti per richiedere la disponibilità sua e del suo personale tecnico alla collaborazione per la stesura del presente elaborato, che tratta proprio la pre-diagnosi energetica effettuata.

La richiesta è stata accolta positivamente. Sono stati individuati dal sindaco i referenti tecnici per la PA messi a mia diposizione per il reperimento e la consultazione dei dati. Inoltre sono stati definiti obiettivi e perimetro della pre-diagnosi: analisi dei consumi elettrici e termici di tutti gli edifici di competenza comunale ed analisi del sistema di pubblica illuminazione, al fine di individuare i siti più energeticamente più critici (causa una non ottimale gestione dell'energia utilizzata).

Raccolta dati

La redazione di una pre-diagnosi energetica implica differenti tipologie di dati da gestire:

- Informazioni dalle bollette elettriche e termiche (dati macro): contengono consumi e tariffe contrattuali. Sono il punto di partenza ed il punto di arrivo di tutta l'analisi, dato che l'utilizzatore finale dovrà trovare riscontro dei benefici del risparmio energetico proprio nelle bollette. Le bollette necessarie all'analisi sono quelle riferite almeno ad un intero anno solare. E' necessario correlare ad ogni utenza di rete, tramite il riferimento al POD/PDR, la destinazione d'uso (scuola, ufficio ecc), la denominazione e l'indirizzo.
- Informazioni dai consumi energetici (dati di dettaglio mensile per fascia) e da presenza di eventuali altri sistemi di raccolta dati di consumo e di controllo o di dati disponibili da letture manutentore): questi sono necessari per identificare i profili dei consumi da cui sarà possibile derivare gli andamenti anomali o inattesi che potremmo ricondurre ad inefficienze (Nelle pubbliche amministrazioni in genere non sono presenti tali sistemi).
- Informazioni dai dati riferiti agli immobili: layout/planimetrie edifici da cui desumerne le superfici ed i volumi (per le scuole è necessario raccogliere anche il numero di alunni). Questi dati, insieme ai consumi, permettono di calcolare degli indici prestazionali.
- Informazioni sulla tipologia degli impianti presenti e sulla gestione della manutenzione: queste sono riferite in particolare al sistema di illuminazione pubblica, di cui bisogna conoscerne il censimento (numero, tipologia, assorbimento degli apparecchi).
- Informazioni relative ad impianti a energia rinnovabile, se presenti (trattasi, di solito, di impianti fotovoltaici, ma potrebbero anche essere presenti impianti solari termodinamici, minieolici, mini-idroelettrici, geotermici ecc...). E' necessario reperire i dati di consistenza di tali impianti (ad esempio potenza installata di picco per gli impianti fotovoltaici), l'energia elettrica/termica prodotta, suddivisa per fasce orarie F1, F2 e F3 nel caso dell'energia elettrica, e le quote di energia auto consumata, sempre suddivisa per fasce orarie nel caso dell'energia elettrica (per differenza si otterrà l'energia ceduta alla rete, ove applicabile). Purtroppo nelle PA non è raro che gli impianti a fonti rinnovabili non siano monitorati in maniera adeguata, in tale caso il reperimento dei dati necessari e puntuali non è possibile.

I dati, pochi ma essenziali, devono essere affidabili e caratterizzare quantitativamente gli edifici, la composizione delle linee di illuminazione pubblica.

Analisi dell'affidabilità dei dati raccolti

Dopo la raccolta dati è buona norma:

- Riesaminare le informazioni raccolte.
- Riesaminare il campo di applicazione e i confini dell'audit se lo ritiene adeguato una volta che sono state ricevute le informazioni iniziali.
- Giudicare se le informazioni fornite consentono il processo di audit energetico per continuare e raggiungere gli obiettivi concordati. Qualora vi fosse una mancanza di dati, alla PA sarà data la scelta di produrre i dati mancanti o accettare che l'auditor dovrà effettuare delle ipotesi.

Nello specifico, prima di inserire i dati nel database è indispensabile procedere ad un'analisi critica (compresi controlli incrociati) articolata in:

- Verifica se vi siano ancora dei dati mancanti (es. controllare sia se ad ogni POD corrisponda effettivamente la sua anagrafica che se ad ogni dato di consumo corrisponda il proprio POD e la propria anagrafica).
- In caso di dati ricevuti su file dal Comune, verifica a campione sulle bollette al fine di attestare l'eshaustività e la correttezza del file.
- Verifica se i dati raccolti siano quelli più affidabili e parzializzati possibili, ovvero se sono a cadenza mensile (l'analisi effettuata solo su base trimestrale o annuale è parziale e poco affidabile).

Per gli immobili occorre verificare:

- se i valori forniti di consistenza dei volumi e delle superfici degli immobili provengono da documenti differenti (quindi con aggiornamenti differenti e/o che, a seconda dello scopo per i quali sono stati compilati, facciano riferimento ad aree e volumi calcolati in modo differente: netto, lordo ecc.), chiedere conferma se tali valori escludano locali non utilizzati (non illuminati e non climatizzati).
- Dove si è constatato che il dato di consumo presenta caratteristiche anomale, occorre effettuare una verifica mirata su ognuno di essi ricorrendo per esempio al reperimento della bolletta, per tutti gli altri invece basterà una verifica a campione. Un buon metodo per controllare la veridicità del dato è il calcolo della potenza media, dividendo il consumo in una fascia [kWh] per le ore di quella fascia, ottenendo quindi la potenza media di fascia, espressa in kW. La verifica sulle ore di funzionamento, dividendo cioè il valore di energia consumata [kWh] per il valore di potenza media assorbita [kW], va bene solo nei casi in cui la potenza installata è affidabile e presenta un andamento continuo.

Per gli impianti IP occorre verificare:

- La veridicità dei dati forniti, ricorrendo al calcolo delle ore di funzionamento (non possono superare le 4700 ore/anno e contemporaneamente non devono essere minori di 3900 ore/anno). Tale valore si ottiene dal rapporto tra consumi [kWh] e potenza installata [kW] dedotta dal censimento degli impianti IP. Questa verifica serve anche per confermare la congruenza del dato di potenza installata. In caso di valori fuori dal range suddetto occorre effettuare rilievi a campione sul campo.
- Se presenti linee di proprietà di terzi (ad esempio EnelSole), oggetto di servizio manutentivo da parte della proprietà, ma con consumi forfettari (in genere calcolati su 4200 ore/anno) fatturati però dal fornitore dell'energia, considerato che tali linee sono in via di dismissione da parte dei Comuni, occorre verificare che le potenze contrattuali con il fornitore energetico corrispondano a quelle realmente installate e non sono sovrastimate a causa di un mancato aggiornamento. Ciò porta spesso ad una stima forfettaria più alta del dovuto, oltre a una maggiore spesa non dovuta.

Attività sul campo

Le attività in campo non sono oggetto di Pre-diagnosi energetica, salvo piccole verifiche a campione per verificare l'affidabilità dei dati di input.

Le tipologie di attività che possono essere svolte sul campo e la loro mole dipendono fortemente dai dati raccolti e dalla loro veridicità. Se i dati raccolti e controllati non presentano anomalie (cosa rara) non c'è bisogno di svolgere, almeno in questa fase, nessuna attività in campo.

Se invece dai dati raccolti emergono anomalie o difformità, risulta necessario verificare la correttezza di questi con delle attività in campo. Per alcuni dati bastano operazioni semplici come ad esempio, per conoscere il profilo di funzionamento di un edificio basta interrogare il personale adatto.

Invece, in alcuni casi, le attività da svolgere in campo prevedono la necessità di svolgere delle misure. Dove non è possibile dedurre un dato, o il dato dedotto presenta delle incongruenze con la realtà con cui è correlato, e qualora questo risulti fondamentale per l'analisi, è opportuno dotarsi di alcuni strumenti da utilizzare in campo ed eventualmente lasciare in misura per un certo periodo. Gli strumenti di misura possono essere già presenti in loco, come ad esempio i contatori dell'energia elettrica per l'illuminazione pubblica. Dove non è possibile misurare il dato, sarà necessario stimarlo o calcolarlo per via indiretta. Va da se che questo è il campo in cui l'auditor esperto applica le sue conoscenze teoriche e pratiche della materia.

Analisi

Indici prestazionali

La pre-diagnosi energetica si basa sulla valutazione di indici prestazionali.

Una volta ricevuti e verificati i dati, svolgendo o meno le attività sul campo, si possono calcolare questi indici.

Gli indici principali sono:

Energia elettrica degli impianti di illuminazione pubblica:

- Costo unitario medio, espresso in €/kWh, prezzo medio dell'energia elettrica.
- Numero di ore di accensione annue dell'impianto, espresso in ore/anno.
- Potenza media installata per ogni palo, espressa in kW/palo.

Energia elettrica per gli edifici:

- Costo unitario medio, espresso in €/kWh, prezzo medio dell'energia elettrica.
- Indice di consumo elettrico medio unitario, espresso in kWh/(m²*anno).
- Rapporto N/F: rapporto tra il consumo elettrico nelle fasce F2 e F3 e quello nella fascia F1.

Energia termica per il riscaldamento degli edifici:

- Costo unitario medio, espresso in €/kWh, prezzo medio dell'energia per riscaldamento.
- Indice di consumo per il riscaldamento, espresso in kWh/(m²*anno) e riferito ai gradi giorno (GG), in kWh/(m²*anno*GG)

Gli indici prestazionali vengono poi confrontati con dei valori di benchmark e di target, solitamente pubblicati a livello nazionale o dedotto da studi specifici per i diversi tipi di edifici.

Questo confronto serve per una valutazione comparativa del rendimento energetico del sistema.

I valori di riferimento adottati per il presente elaborato derivano da esperienze pregresse nell'ambito dello studio della gestione energetica nei comuni italiani da parte dell'Ing. Gerbo e da analisi di dati di letteratura.

Di seguito una tabella con i valori numerici dei valori utilizzati di benchmark e target per i diversi settori (NOTA: i costi sono stati valutati con IVA):

Tabella 2 – Benchmark

Benchmark							
Settore	N° ore/anno	Potenza installata per palo [W/(palo*anno)]	Costo unitario medio [€/kWh]	Indice consumo elettrico medio [kWh/(mq*anno)]	Indice consumo elettrico medio [kWh/(alunno*anno)]	N/F (F2+F3)/F1 [%]	Indice consumo termico medio [kWh/(mq*anno)]
EE - Scuola primaria	-	-	0,25	20	140	60,0%	-
EE - Scuola secondaria	-	-	0,25	25	175	60,0%	-
EE - Ufficio	-	-	0,25	120	-	70,0%	-
EE - IP	4200	100	0,22	-	-	-	-
ET - Riscaldamento	-	-	0,08	-	-	-	170*

*Ritenere valido questo valore per tutte le tipologie di edificio è una semplificazione pesante. Edifici piccoli hanno consumi specifici più alti perché hanno un elevato rapporto superficie / volume. In questo caso ci riferiamo ad edifici di media dimensione per cui un valore unico è ritenuto accettabile.

Tabella 3 – Target

Target							
Settore	N° ore/anno	Potenza installata per palo [W/(palo*anno)]	Costo unitario medio [€/kWh]	Indice consumo elettrico medio [kWh/(mq*anno)]	Indice consumo elettrico medio [kWh/(alunno*anno)]	N/F (F2+F3)/F1 [%]	Indice consumo termico medio [kWh/(mq*anno)]
EE - Scuola primaria	-	-	-	15	90	54,5%	-
EE - Scuola secondaria	-	-	-	20	120	54,5%	-
EE - Ufficio	-	-	-	85	-	63,6%	-
EE - IP	4000	-	-	-	-	-	-
ET - Riscaldamento	-	-	-	-	-	-	150

Si riportano i coefficienti di trasformazione utilizzati in questo elaborato per quanto concerne il gas metano:

Tabella 4 – PCI metano

PCI gas [kJ/Smc]	PCI gas metano [kWh/Smc]	Costo unitario medio [euro/Smc]
39.217	10,89	0,9

Stima dei risparmi

Individuati i benchmark/target si deve procedere al confronto tra questi e i valori reali corrispondenti rilevati per il Comune. Gli scostamenti dei parametri calcolati rispetto ai valori di benchmark/target, moltiplicati per la dimensione (superficie, numero di alunni ecc.) a cui il parametro fa riferimento consentono di stimare il risparmio.

In genere il risparmio riferito ai benchmark si ottiene prevalentemente con azioni di ottimizzazione gestionale, mentre il risparmio ottenibile passando dal benchmark al target richiede interventi di miglioramento di efficienza energetica di diversificato valore di investimento.

In questo contesto, anche in virtù del fatto che la realtà in esame è un'amministrazione pubblica, analizzerò solamente gli interventi gestionali, dove l'investimento è trascurabile.

Nei vari settori perciò sarà confrontato il valore degli indici solamente con il valore di benchmark.

Fasce orarie per consumi elettrici

In questo trattato si farà spesso riferimento alle fasce orarie F1, F2 ed F3.

Con lo scopo di promuovere e favorire comportamenti virtuosi da parte dei cittadini, l'AEEG (Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas) ha fissato delle fasce orarie di consumo elettrico. Tutti i contatori elettronici sono programmati per rilevare i consumi dei clienti distinguendoli tra le varie fasce orarie. I vecchi contatori meccanici non consentivano questa distinzione.

Tabella 5 – Definizione fasce orarie F1.F2 ed F3

F1 (ore di punta)	dalle 8:00 di mattina alle 19:00 dal lunedì al venerdì, festività nazionali escluse
F2 (ore intermedie)	dalle ore 7:00 alle ore 8:00 la mattina, dalle ore 19:00 alle ore 23:00 dal lunedì al venerdì e dalle ore 7:00 alle ore 23:00 il sabato, festività nazionali escluse
F3 (ore fuori punta)	dalle ore 00.00 alle ore 7.00 e dalle ore 23.00 alle ore 24.00 dal lunedì al sabato, la domenica e festivi tutte le ore della giornata

Illuminazione pubblica

IP - Raccolta dati

E' necessario avere a disposizione il censimento più aggiornato e articolato di ogni linea IP. In particolare, occorre disporre per ogni linea IP di: POD di riferimento, ubicazione, tipo – potenza - numero di lampade, e, se disponibile, tipo di apparecchio. Tale censimento deve tenere conto di eventuali aggiornamenti avvenuti nel tempo durante le attività di manutenzione ordinaria e straordinaria (report annuale del manutentore).

I primi documenti richiesti sono stati:

- Il censimento dei corpi illuminanti facenti parte del sistema di illuminazione pubblica;
- Le bollette dell' energia elettrica riferite all'anno 2017 relative alla pubblica amministrazione;

Censimento

Il censimento mi è stato fornito in formato cartaceo, con riportati numeri e tipologie dei corpi illuminanti in relazione alle strade asservite ed ai quadri elettrici collegati.

A partire dal formato cartaceo ho creato un database editabile su foglio Excel.

Tabella 6 – Esempio di censimento

Numero identificativo quadro elettrico	Strade - Vie - Piazze asservite	Numero apparecchi	Numero pali	VAPORI DI MERCURIO [HG] [W]				SODIO ALTA PRESSIONE [SAP] [W]					Potenza installata [kW]	Potenza installata con perdite +15% [kW]	
				80	100	125	250	70	100	150	250	400			
Potenza				Numero apparecchi											
QE001	Borgo Brassicarda	14	14			1			13				1,43	1,64	

Una volta organizzato il censimento ho sommato i contributi dalle diverse linee del sistema di illuminazione per avere la potenza assorbita per quadro elettrico (stimata pari al 15% in più della nominale per perdite, ausiliari ecc.).

Tabella 7 – Potenza assorbita per quadro elettrico

Numero identificativo quadro elettrico	Potenza installata [kW]	Potenza installata con perdite +15% [kW]
QE001	1,43	1,64
QE002	2,85	3,28
QE003	1,40	1,61
QE004	0,90	1,04
QE005	3,70	4,26
QE006	12,68	14,58
QE007	1,05	1,21
QE008	1,14	1,31
QE009	0,76	0,87
QE010	0,42	0,48
QE011	0,69	0,79
QE012	0,21	0,24
QE013	0,07	0,08
QE014	6,69	7,69
QE015	5,11	5,88
QE016	0,90	1,04
QE017	4,60	5,29
QE019	12,85	14,78
QE020	0,10	0,12
QE021	0,60	0,69
QE022	0,20	0,23
QE023	8,55	9,83
QE024	0,75	0,86
QE025	0,60	0,69
QE026	2,20	2,53
QE027	0,80	0,92
QE028	1,65	1,90
QE029	6,72	7,73
QE030	0,70	0,81
QE031	12,10	13,92
QE032	0,50	0,58
QE033	0,70	0,81
QE034	0,70	0,81
QE035	1,90	2,19
QE037	3,60	4,14
QE038	2,79	3,21
QE039	1,60	1,84
QE040	1,43	1,64
QE041	1,50	1,73
QE042	2,25	2,59
QE043	0,94	1,08
QE-ES	32,58	37,47
QEFV	0,09	0,10
QE-205	1,20	1,38
?	1,00	1,15

Da questa prima analisi è stata definita la consistenza dell'impianto di illuminazione pubblica comunale secondo censimento:

- 46 quadri elettrici di cui:
 - 2 quadri virtuali appartenenti a Enel Sole denominati “QE-ES”. I contributi di potenza dei corpi illuminanti asserviti da questi due quadri sono stati sommati e i pali in questione sono stati trattati come facenti parte di un unico tronco di linea in quanto non presente un censimento di Enel Sole per individuare gli apparecchi relativi all'uno e all'altro quadro. Oltre a questa valutazione non sono stati comunque presi in considerazione nel seguito dell'analisi in quanto non di competenza comunale.
 - 1 quadro denominato “QEFV” probabilmente legato ad un piccolo impianto fotovoltaico.
- 1249 pali (971 escludendo i pali di competenza di EnelSole)
- 145,2 kW di potenza installata (112,6 escludendo i pali di competenza di EnelSole)
- 1322 apparecchi di cui:
 - Vapori di mercurio (Hg):
 - ◆ 27 da 80 W
 - ◆ 19 da 100 W
 - ◆ 178 da 125 W
 - Sodio ad alta pressione (SAP):
 - ◆ 77 da 70 W
 - ◆ 333 da 100 W
 - ◆ 380 da 150 W
 - ◆ 9 da 250 W

- A ioduri metallici (Jm):
 - ◆ 88 da 70 W
 - ◆ 31 da 100 W
 - ◆ 2 da 150 W
 - ◆ 2 da 250 W

- Ad incandescenza:
 - ◆ 7 da 60 W

- A led:
 - ◆ 30 da 5 W
 - ◆ 3 da 30 W
 - ◆ 2 da 40 W
 - ◆ 35 da 60 W
 - ◆ 3 da 80 W
 - ◆ 83 da 85 W
 - ◆ 2 da 100 W

- Fluorescenti:
 - ◆ 4 da 30 W
 - ◆ 7 da 60 W

Bollette elettriche

L'analisi delle bollette consiste nell'organizzare i dati di consumo e di costo ricavabili dalle fatture stesse, per poi analizzare alcuni parametri come il costo specifico [€/kWh] e le ore equivalenti.

Viene anche analizzato il profilo di consumo annuale per verificare la presenza di eventuali anomalie.

Le bollette fanno riferimento al POD (Point of delivery) ed a un indirizzo di fornitura.

Dall'analisi delle bollette risultano 46 POD di competenza comunale.

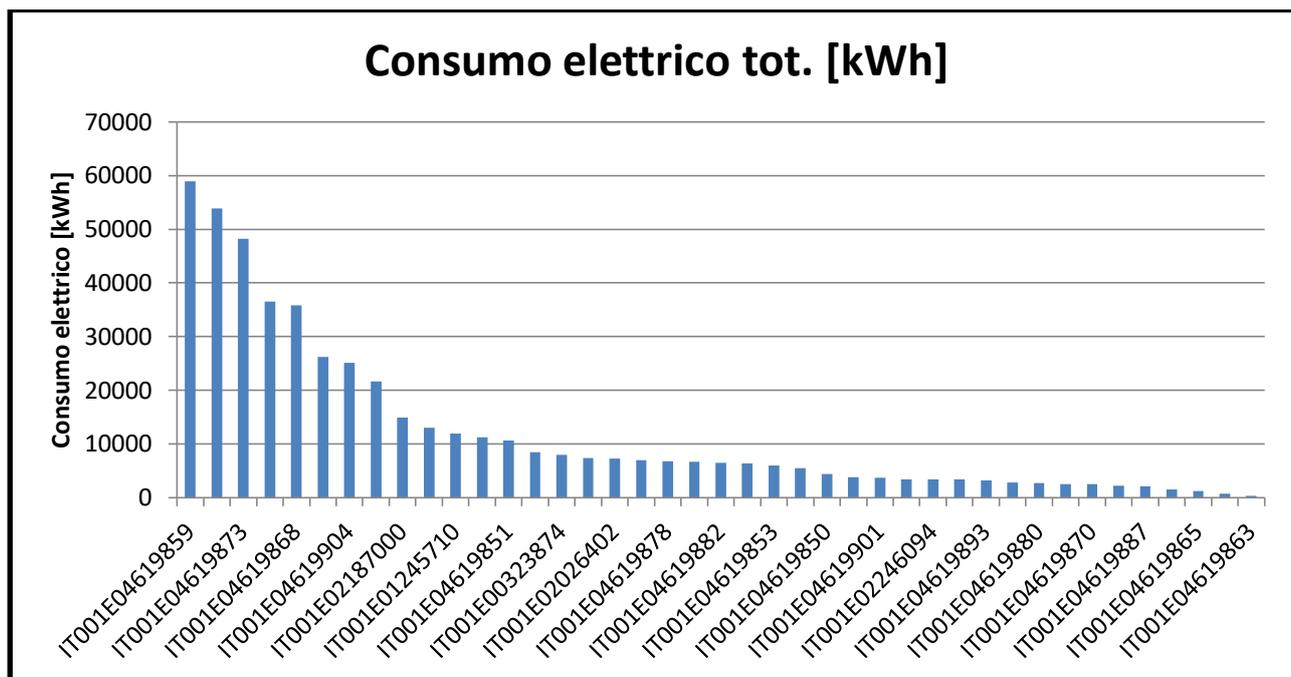


Figura 2 - Andamento consumi quadri elettrici – IP

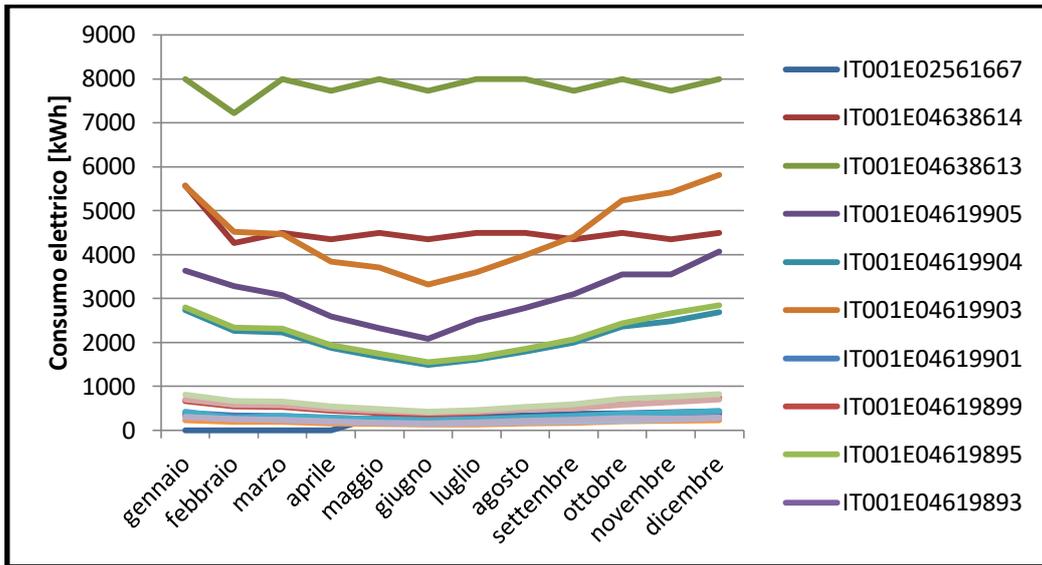


Figura 3 - Andamento Consumi annuali per POD – parte 1

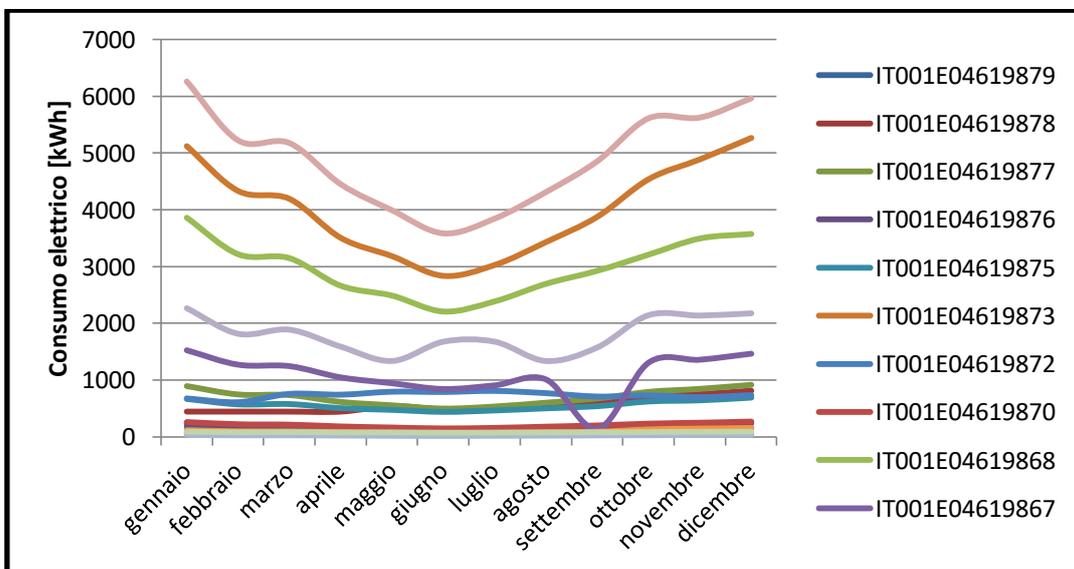


Figura 4 - Andamento Consumi annuali per POD – parte 2

Si può notare come il POD IT001E04619867, relativo alla zona di strada per Buttigliera, con asserviti 36 apparecchi, ha avuto un picco negativo di consumo nel mese di Settembre. Questo picco può essere ricondotto ad un malfunzionamento della linea in quel periodo in quanto già dal mese successivo i valori ritornano a valori coerenti.

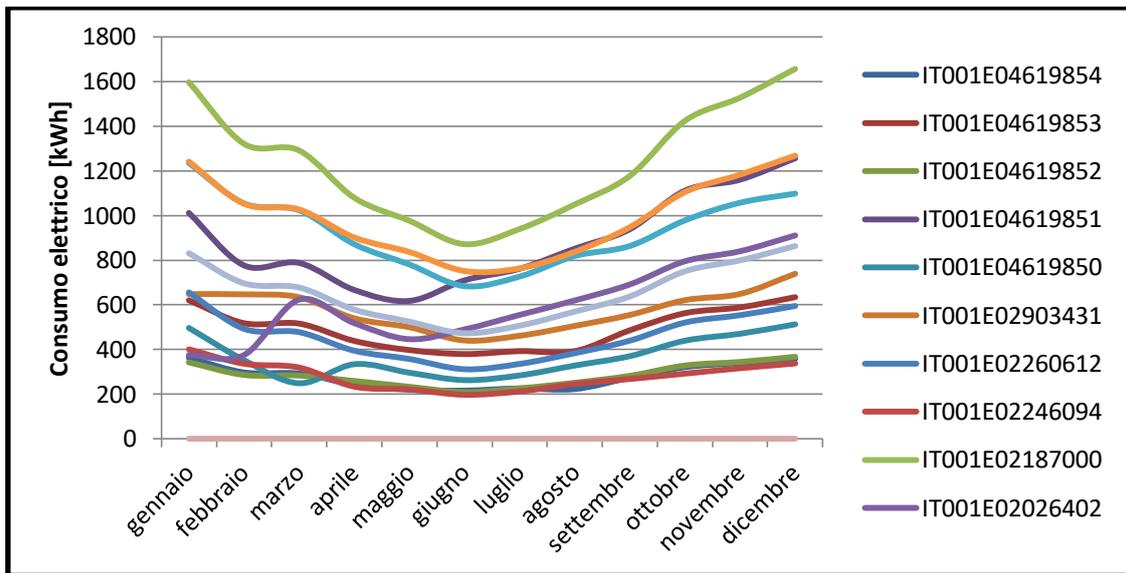


Figura 5 - Andamento Consumi annuali per POD – parte 3

Questi andamenti rispecchiano quello tipico di un sistema di illuminazione pubblica (esterna) variabile in base alle ore di illuminazione naturale. Di seguito l’andamento delle ore buio di Torino riferite al 2017, dove si può notare la normale flessione durante i mesi estivi:

Tabella 8 - Ore di luce e buio - fonte www.dateandtime.com

	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre
ore luce	09:14	10:26	11:58	13:33	14:53	15:34	15:12	14:00	12:29	10:55	09:33	08:49
ore buio	14:45	13:33	12:01	10:26	09:06	08:25	08:47	09:59	11:30	13:04	14:26	15:10

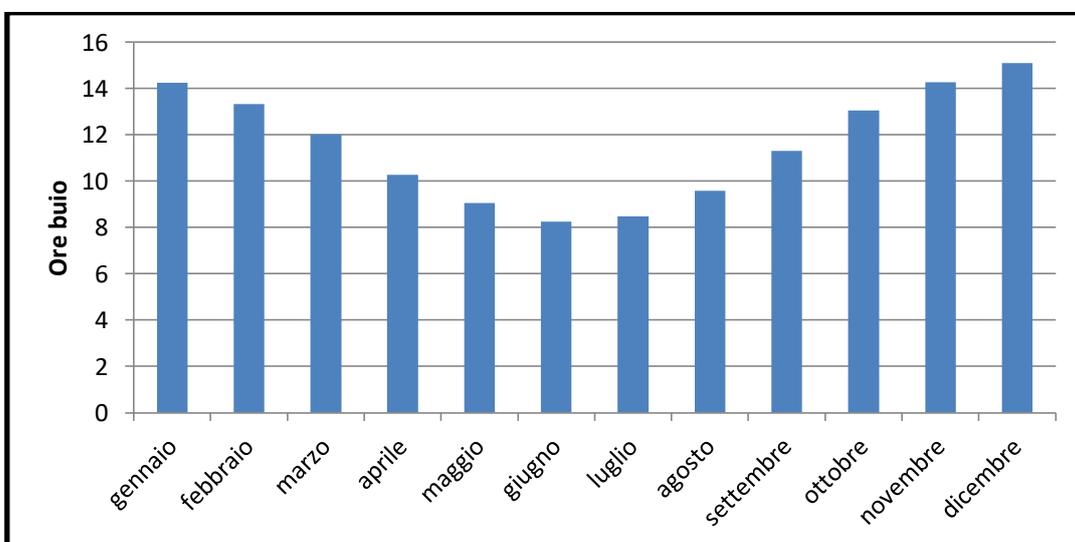


Figura 6 - Andamento ore buio Torino 2017

IP - Accoppiamento quadri elettrici – POD

Dopo essere stato richiesto all'ufficio tecnico, ho ricevuto un file contenente l'accoppiamento quadri elettrici – POD, dall'analisi del quale sono emerse alcune difformità. Queste sono state superate chiedendo direttamente al tecnico comunale.

Nel censimento compare un quadro elettrico denominato “QE-??” che, per ovvie ragioni, non è stato possibile ricondurlo a nessun POD. Il quadro denominato “QE-013”, che è stato censito, non è più di competenza del comune. I restanti 4 POD di cui non si conosceva il quadro elettrico associato invece sono stati denominati “NC1”, “NC2”, “NC3” e “NC4”. Il POD “NC4” è stato individuato dal tecnico, grazie all'indirizzo di fornitura, nel quadro censito con la denominazione “QE-205”. I 4 quadri elettrici “QE-013”, “NC1”, “NC2”, “NC3” sono stati dunque esclusi dall'analisi, insieme ai 2 di proprietà di EnelSole. Di seguito l'accoppiamento finale quadri elettrici – POD, essenziale per il prosieguo dell'analisi:

Tabella 9 – Accoppiamento quadri elettrici - POD

Codice POD	Quadro da comune	Indirizzo fornitura (POD)
IT001E04619850	QE001	BORGATA/BORGO BRASSICARDA SN 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E04619851	QE002	BORGATA/BORGO BIANCHI 131 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E04619853	QE003	BORGATA/BORGO TERRAZZE SN 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E04619854	QE004	BORGATA/BORGO GIANASSI SN 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E04619867	QE005	STRADA PER BUTTIGLIERA 4 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E04619868	QE006	STRADA PER BUTTIGLIERA 260IP 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E04619870	QE007	STRADA PER BUTTIGLIERA SN 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E04619878	QE008	STRADA PER ASTI 11 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E04619879	QE009	STRADA PER ASTI 1C 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E04619880	QE010	STRADA PROV S PAOLO 15 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E04619887	QE011	VIA ALLE SCUOLE 8 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E04619893	QE012	VIA S PAOLO SN 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E04619904	QE014	VIA S G BOSCO 18IP 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E04619905	QE015	PIAZZA V. ALFIERI 13 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E04619852	QE016	BORGATA/BORGO VALDICHIESA 28IP 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E04619856	QE017	PIAZZA DEL MERCATO 11 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA

Codice POD	Quadro da comune	Indirizzo fornitura (POD)
IT001E04619859	QE019	PIAZZA IV NOVEMBRE 11 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E04619863	QE020	STRADA VECC POIRINO 30IP 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E04619865	QE021	STRADA VECC POIRINO 11IP 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E04619866	QE022	STRADA DEI GERBIDI 49IP 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E04619873	QE023	STRADA PER CHIERI 66A 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E04619875	QE024	STRADA PER CHIERI 84IP 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E04619876	QE025	STRADA ALLA CNA NUOVA 13IP 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E04619882	QE026	STRADA DI CELLARENGO SNIP SNC 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E04619885	QE027	STRADA DELLA FREISA 11IP 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E04619892	QE028	VIA MILONE 11C 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E04619895	QE029	VIA S MARTINO 50IP 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E04619899	QE030	VIA GRIVA SNIP SNC 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E04619903	QE031	VIALE TORINO 32 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E04619901	QE032	VIALE GLORIA 9B 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E00323874	QE033	VIA SANT'ISIDORO 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E04619877	QE034	STRADA PER ASTI 50A 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E04619881	QE035	STRADA DELLA VARLETTA 20A 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E02187000	QE037	VIA MILANO SN 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E02903431	QE041	VIA SAN DOMENICO SAVIO 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E01864595	QE038	LARGO CAVOUR 24 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E02026402	QE039	STRADA MEZZALUNA SN 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E01245710	QE040	VIALE SAN GIACOMO 12/4 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E02260612	QE042	VIA G. MATTEOTTI 23 14019 VILLANOVA D'ASTI AT ITALIA
IT001E02246094	QE043	VIA ADOLFO VILLA 93D 14019 VILLANOVA D'ASTI
IT001E02561667	NC4	VIA GUIDO ZANIER SN 14019 VILLANOVA D'ASTI ITALIA

IP - Analisi dell'affidabilità dei dati raccolti

L'affidabilità dei dati riguardanti l'illuminazione pubblica è basata sul parametro ore/anno di accensione. Il primo obiettivo che ci si è posti dall'analisi dei consumi derivanti dal sistema di illuminazione pubblica è stato quello di trovare un numero di ore di funzionamento annue coerente per il sistema analizzato (3900 – 4700 ore/anno). Per ricavare questo dato si è dovuto dividere il consumo annuale (da bollette) per la potenza installata (da censimento) aumentata del 15% per tenere conto dell'energia dissipata.

Tabella 10 – Calcolo ore annue equivalenti

Numero identificativo quadro elettrico	Potenza installata [kW]	Potenza installata con perdite +15% [kW]	Consumi tot. [kWh/anno]	Ore / anno	Le ore sono coerenti? [>3900 - <4700]
QE001	1,43	1,64	4393	2681	NO
QE002	2,85	3,28	10655	3251	NO
QE003	1,40	1,61	5926	3681	NO
QE004	0,90	1,04	3367	3253	NO
QE005	3,70	4,26	13014	3059	NO
QE006	12,68	14,58	35820	2457	NO
QE007	1,05	1,21	2471	2046	NO
QE008	1,14	1,31	6739	5140	NO
QE009	0,76	0,87	1532	1753	NO
QE010	0,42	0,48	2735	5663	NO
QE011	0,69	0,79	2096	2641	NO
QE012	0,21	0,24	3206	13275	NO
QE014	6,69	7,69	25156	3270	NO
QE015	5,11	5,88	36516	6214	NO
QE016	0,90	1,04	3422	3306	NO
QE017	4,60	5,29	21630	4089	SI
QE019	12,85	14,78	58939	3988	SI
QE020	0,10	0,12	347	3017	NO
QE021	0,60	0,69	1219	1767	NO
QE022	0,20	0,23	692	3009	NO
QE023	8,55	9,83	48210	4903	NO
QE024	0,75	0,86	6662	7724	NO
QE025	0,60	0,69	2164	3136	NO
QE026	2,20	2,53	6434	2543	NO
QE027	0,80	0,92	2530	2750	NO
QE028	1,65	1,90	3822	2014	NO
QE029	6,72	7,73	26167	3386	NO
QE030	0,70	0,81	6329	7862	NO
QE031	12,10	13,92	53831	3869	NO
QE032	0,50	0,58	3708	6449	NO
QE033	0,70	0,81	7914	9831	NO
QE034	0,70	0,81	8404	10440	NO
QE035	1,90	2,19	7404	3389	NO
QE037	3,60	4,14	14921	3604	NO
QE038	2,79	3,21	11186	3486	NO
QE039	1,60	1,84	7244	3937	SI
QE040	1,43	1,64	11918	7247	NO
QE041	1,50	1,73	6942	4024	SI
QE042	2,25	2,59	5510	2129	NO
QE043	0,94	1,08	3381	3128	NO
NC4	1,20	1,38	2817	2041	NO

Come si può notare solo un numero esiguo di quadri raggiunge valori coerenti di ore equivalenti annue, il 10% circa. Inoltre, dividendo i consumi per fasce ed analizzandone i contributi percentuale, si possono notare i siti che presentano delle anomalie. Tenendo conto che la fascia F1 va dalle 8:00 alle 18:00 e che solo in inverno può avere un consumo, i siti con un'incidenza maggiore del 5% in F1 sono anomali.

Tabella 11 – Suddivisione consumi per fasce orarie

Numero identificativo quadro elettrico	Incidenza fasce sul totale [%]				TOT
	% F0	% F1	% F2	% F3	
QE001	0,0%	3,3%	24,0%	72,8%	100,0%
QE002	0,0%	4,2%	24,8%	71,1%	100,0%
QE003	0,0%	3,9%	24,8%	71,3%	100,0%
QE004	0,0%	6,8%	25,2%	68,0%	100,0%
QE005	0,0%	5,1%	26,0%	68,9%	100,0%
QE006	0,0%	4,2%	25,5%	70,4%	100,0%
QE007	0,0%	3,2%	24,9%	71,9%	100,0%
QE008	0,0%	11,6%	23,0%	65,4%	100,0%
QE009	0,0%	2,5%	23,2%	74,3%	100,0%
QE010	0,0%	2,3%	23,1%	74,6%	100,0%
QE011	0,0%	4,5%	25,1%	70,4%	100,0%
QE012	0,0%	5,2%	26,3%	68,5%	100,0%
QE014	0,0%	4,6%	25,4%	70,0%	100,0%
QE015	0,0%	7,2%	24,8%	68,0%	100,0%
QE016	0,0%	2,5%	24,8%	72,7%	100,0%
QE017	0,0%	8,5%	25,6%	65,9%	100,0%
QE019	0,0%	4,4%	25,2%	70,4%	100,0%
QE020	0,0%	2,3%	23,1%	74,6%	100,0%
QE021	0,0%	3,3%	24,1%	72,6%	100,0%
QE022	0,0%	2,2%	23,3%	74,6%	100,0%
QE023	0,0%	3,7%	25,3%	71,1%	100,0%
QE024	0,0%	3,4%	25,6%	71,0%	100,0%
QE025	0,0%	3,0%	24,0%	73,0%	100,0%
QE026	0,0%	4,0%	25,2%	70,9%	100,0%
QE027	0,0%	5,4%	26,1%	68,5%	100,0%
QE028	0,0%	2,3%	22,9%	74,8%	100,0%
QE029	0,0%	3,0%	24,3%	72,7%	100,0%
QE030	0,0%	3,1%	24,4%	72,5%	100,0%
QE031	0,0%	5,1%	25,0%	69,9%	100,0%
QE032	0,0%	5,5%	26,2%	68,4%	100,0%
QE033	0,0%	4,3%	25,5%	70,2%	100,0%
QE034	0,0%	3,6%	25,3%	71,1%	100,0%
QE035	0,0%	4,3%	24,6%	71,2%	100,0%
QE037	0,0%	3,1%	24,5%	72,4%	100,0%
QE038	0,0%	3,3%	24,9%	71,8%	100,0%
QE039	0,0%	6,7%	24,4%	69,0%	100,0%
QE040	0,0%	3,2%	24,8%	72,0%	100,0%
QE041	0,0%	6,0%	26,1%	67,9%	100,0%
QE042	0,0%	3,5%	24,1%	72,5%	100,0%
QE043	0,0%	2,8%	23,9%	73,3%	100,0%
NC4	0,0%	3,2%	24,4%	72,4%	100,0%

I motivi di queste anomalie possono essere ricondotti a:

- un censimento errato (probabile quando le ore equivalenti di funzionamento sono < 3500 salvo che una significativa parte di impianti abbia lampade guaste)
- un utilizzo improprio dell'impianto (ma non si superano in genere le 5000 ore/anno).

Per approfondire l'analisi e capire i motivi delle incoerenze, ho richiesto un sopralluogo per leggere i valori di potenza direttamente dai contatori dei vari impianti di illuminazione comunale. Non essendo stato possibile accendere e spegnere gli impianti insieme al manutentore, per avere una misura di potenza reale, sono stati letti i valori di potenza del "periodo precedente" salvati sul contatore. Questi valori di potenza, divisi per fasce orarie mi hanno aiutato a capire le possibili cause dei valori incoerenti calcolati in precedenza. Per motivi logistici non è stato possibile leggere i valori di potenza di tutti i quadri elettrici ma solo relativi all' 85% dei quadri di competenza comunale. Una volta terminato il sopralluogo (effettuato in due sessioni) e avendo a disposizione valori effettivi di potenza, l'analisi è avanzata a fasi.



Figura 7 - Contatore quadro elettrico QE-025

Fase 1 – Analisi da censimento

La prima fase sta nel valutare se le ore equivalenti annue calcolate come rapporto tra il consumo annuo [kWh] desunto dalle bollette e la potenza installata [kW] desunta dal censimento sono coerenti con un impianto di illuminazione pubblica esterna. I limiti fissati per questa valutazione sono stati individuati in 3900 e 4700 ore/anno. Come visto in precedenza (tabella 4) solo il 12% dei siti ricade nel range di accettabilità.

Fase 2 – Confronto tra la potenza censita e la potenza rilevata

La seconda fase si divide in due controlli distinti:

1. Controllo dello scostamento tra i valori di potenza [kW] rilevati per le diverse fasce orarie F1, F2 ed F3. Uno scostamento rilevante (maggiore del 15% - al di sotto possono esserci lievi variazioni di tensione che fanno variare di poco la potenza assorbita) tra valori positivi di potenza misurati nelle diverse fasce può essere sintomo di anomalie sulla linea: carichi non inerenti l'illuminazione pubblica allacciati oppure un utilizzo non corretto dell'impianto dovuto alla cattiva gestione delle accensioni e degli spegnimenti della stessa. Uno scostamento lieve invece (almeno tra quelli relativi alle fasce F2 ed F3 in caso di F1 senza assorbimento) è sintomo di un utilizzo corretto dell'impianto.
2. Controllo dello scostamento tra i valori di potenza [kW] rilevati nella fascia F3 (fascia in cui l'illuminazione pubblica è sempre attiva, escludendo la domenica) e i valori di potenza da censimento aumentati del 15%. Uno scostamento rilevante (maggiore del 15%) è sintomo di un censimento di base errato.

Da questi due controlli, insieme alla valutazione delle ore equivalenti annue calcolate come rapporto tra il consumo annuo [kWh] desunto dalle bollette e la potenza rilevata in F3 [kW], si possono fare valutazioni sull'utilizzo dell'impianto e sulla correttezza del censimento. Di seguito le valutazioni effettuate:

Tabella 12 - Valutazioni e conclusioni fase 2 – analisi – Lettura non effettuata

Numero identificativo quadro elettrico	Potenza max F1 [kW]	Potenza max F2 [kW]	Potenza max F3 [kW]	Variazione max-min [%]	Scostamento letture F1, F2, F3 accettabile? (sotto il 15% si per oscillamento tensione)	Note	Variaz Pot lettura F3 - Pot censim. [%]	Scostamento accettabile? (sotto il 15% si per oscillamento tensione)	Ore / anno	Conclusioni
QE012				Lettura non effettuata	Lettura non effettuata		Lettura non effettuata	Lettura non effettuata		censimento errato
QE034				Lettura non effettuata	Lettura non effettuata		Lettura non effettuata	Lettura non effettuata		censimento errato
QE035				Lettura non effettuata	Lettura non effettuata		Lettura non effettuata	Lettura non effettuata		censimento errato
QE040				Lettura non effettuata	Lettura non effettuata		Lettura non effettuata	Lettura non effettuata		censimento errato
QE043				Lettura non effettuata	Lettura non effettuata		Lettura non effettuata	Lettura non effettuata		censimento errato

Questi sono i 5 quadri elettrici di cui non si hanno a disposizione le letture. Le conclusioni derivano dal primo controllo (fase 1).

Tabella 13 - Valutazioni e conclusioni fase 2 – analisi – Scostamento accettabile

Numero identificativo quadro elettrico	Potenza max F1 [kW]	Potenza max F2 [kW]	Potenza max F3 [kW]	Variazione max-min [%]	Scostamento letture F1, F2, F3 accettabile? (sotto il 15% si per oscillamento tensione)	Variaz Pot lettura F3 - Pot censim. [%]	Scostamento accettabile? (sotto il 15% si per oscillamento tensione)	Ore / anno	Conclusioni
QE001	1,1	1,2	1,2	9,09%	OK	-26,77%	NO	3661	censimento errato - lampade guaste o utenze non IP collegate - impianto acceso F1,F2,F3 (crepusc. o brutte giornate)
QE002	2,6	2,6	2,6	0,00%	OK	-20,67%	NO	4098	OK con letture - censimento errato - impianto acceso F1,F2,F3 (crepusc. o brutte giornate)
QE003	1,3	1,4	1,4	7,69%	OK	-13,04%	OK	4233	OK con letture - censimento errato - impianto acceso F1,F2,F3 (crepusc. o brutte giornate)
QE004	0,7	0,8	0,8	14,29%	OK	-22,71%	NO	4209	OK con letture - censimento errato - impianto acceso F1,F2,F3 (crepusc. o brutte giornate)
QE006	8,3	8,4	8,6	3,61%	OK	-41,00%	NO	4165	OK con letture - censimento errato - impianto acceso F1,F2,F3 (crepusc. o brutte giornate)
QE009	0,5	0,5	0,5	0,00%	OK	-42,79%	NO	3064	censimento errato - lampade guaste o utenze non IP collegate - impianto acceso F1,F2,F3 (crepusc. o brutte giornate)
QE010	0,6	0,6	0,6	0,00%	OK	24,22%	NO	4558	OK con letture - censimento errato - impianto acceso F1,F2,F3 (crepusc. o brutte giornate)
QE011	0,5	0,5	0,5	0,00%	OK	-36,99%	NO	4192	OK con letture - censimento errato - impianto acceso F1,F2,F3 (crepusc. o brutte giornate)
QE014	5,8	5,9	6	3,45%	OK	-22,01%	NO	4193	OK con letture - censimento errato - impianto acceso F1,F2,F3 (crepusc. o brutte giornate)
QE015	8,2	8,4	8,4	2,44%	OK	42,94%	NO	4347	OK con letture - censimento errato - impianto acceso F1,F2,F3 (crepusc. o brutte giornate)
QE016	0,8	0,8	0,8	0,00%	OK	-22,71%	NO	4278	OK con letture - censimento errato - impianto acceso F1,F2,F3 (crepusc. o brutte giornate)
QE019	13,6	13,8	13,6	1,47%	OK	-7,97%	OK	4334	OK con letture - impianto acceso F1,F2,F3 (crepusc. o brutte giornate)
QE021	0,3	0,3	0,3	0,00%	OK	-56,52%	NO	4063	OK con letture - censimento errato - impianto acceso F1,F2,F3 (crepusc. o brutte giornate)
QE022	0,1	0,1	0,1	0,00%	OK	-56,52%	NO	6920	censimento errato - impianto acceso F1,F2,F3 (crepusc. o brutte giornate)
QE023	11,5	11,6	11,7	1,74%	OK	18,99%	NO	4121	OK con letture - censimento errato - impianto acceso F1,F2,F3 (crepusc. o brutte giornate)
QE024	1,6	1,6	1,6	0,00%	OK	85,51%	NO	4164	OK con letture - censimento errato - impianto acceso F1,F2,F3 (crepusc. o brutte giornate)

IP - Analisi dell'affidabilità dei dati raccolti

Numero identificativo quadro elettrico	Potenza max F1 [kW]	Potenza max F2 [kW]	Potenza max F3 [kW]	Variazione max-min [%]	Scostamento letture F1, F2, F3 accettabile? (sotto il 15% si per oscillamento tensione)	Variaz Pot lettura F3 - Pot censim. [%]	Scostamento accettabile? (sotto il 15% si per oscillamento tensione)	Ore / anno	Conclusioni
QE025	0,5	0,5	0,5	0,00%	OK	-27,54%	NO	4328	OK con letture - censimento errato - impianto acceso F1,F2,F3 (crepusc. o brutte giornate)
QE026	1,4	1,4	1,4	0,00%	OK	-44,66%	NO	4596	OK con letture - censimento errato - impianto acceso F1,F2,F3 (crepusc. o brutte giornate)
QE027	0,6	0,6	0,6	0,00%	OK	-34,78%	NO	4217	OK con letture - censimento errato - impianto acceso F1,F2,F3 (crepusc. o brutte giornate)
QE029	6,1	6,2	6,2	1,64%	OK	-19,77%	NO	4220	OK con letture - censimento errato - impianto acceso F1,F2,F3 (crepusc. o brutte giornate)
QE030	1,4	1,4	1,4	0,00%	OK	73,91%	NO	4521	OK con letture - censimento errato - impianto acceso F1,F2,F3 (crepusc. o brutte giornate)
QE031	11,5	11,6	11,7	1,74%	OK	-15,92%	NO	4601	OK con letture - censimento errato - impianto acceso F1,F2,F3 (crepusc. o brutte giornate)
QE032	0,8	0,8	0,9	12,50%	OK	56,52%	NO	4120	OK con letture - censimento errato - impianto acceso F1,F2,F3 (crepusc. o brutte giornate)
QE037	3,6	3,6	3,6	0,00%	OK	-13,04%	OK	4145	OK con letture - impianto acceso F1,F2,F3 (crepusc. o brutte giornate)
QE039	2	2	2	0,00%	OK	8,70%	OK	3622	Utenze non IP collegate o lampade guaste
QE041	1,5	1,5	1,5	0,00%	OK	-13,04%	OK	4628	OK con letture - impianto acceso F1,F2,F3 (crepusc. o brutte giornate)
NC4	1,1	1,1	1,1	0,00%	OK	-20,29%	NO	2561	censimento errato - impianto acceso F1,F2,F3 (crepusc. o brutte giornate) - utenze non IP collegate

Questi sono i 27 quadri elettrici per cui i valori di potenza rilevati non presentano grossi scostamenti. Come si può notare, il secondo controllo, quello tra la potenza in F3 e la potenza da censimento è indipendente dalla valutazione dei valori nelle 3 fasce.

Tabella 14 - Valutazioni e conclusioni fase 2 – analisi – F1 zero consumo

Numero identificativo quadro elettrico	Potenza max F1 [kW]	Potenza max F2 [kW]	Potenza max F3 [kW]	Variazione max-min [%]	Scostamento letture F1, F2, F3 accettabile? (sotto il 15% si per oscillamento tensione)	Note	Variation Pot lettura F3 - Pot censim. [%]	Scostamento accettabile? (sotto il 15% si per oscillamento tensione)	Ore / anno	Conclusioni
QE005	0	3,1	3,1	-	-	Chiarire perché in F1 assenza consumo	-27,14%	NO	4198	censimento errato - impianto acceso solo in F2,F3
QE020	0	0	0	-	-	c'è solo una lampada!	Lettura non effettuata	Lettura non effettuata		censimento errato
QE033	0	1,9	1,9	-	-		136,02%	NO	4165	OK con letture - censimento errato - impianto acceso solo F2,F3
QE038	0	2,3	2,4	-	-	Chiarire perché in F1 assenza consumo	-25,20%	NO	4661	OK con letture - censimento errato - impianto acceso solo F2,F3

Questi sono i 4 quadri elettrici per cui lo scostamento non è calcolabile in quanto in F1 l'assorbimento è pari a zero. Potrebbe essere sintomo di un impianto di illuminazione che funziona molto bene in quanto non ci sono assorbimenti nelle ore diurne.

Tabella 15 - Valutazioni e conclusioni fase 2 – analisi – Scostamento rilevante

Numero identificativo quadro elettrico	Potenza max F1 [kW]	Potenza max F2 [kW]	Potenza max F3 [kW]	Variazione max-min [%]	Scostamento letture F1, F2, F3 accettabile? (sotto il 15% si per oscillamento tensione)	Note	Variation Pot lettura F3 - Pot censim. [%]	Scostamento accettabile? (sotto il 15% si per oscillamento tensione)	Ore / anno	Conclusioni
QE007	0,5	0,6	0,6	20,00%	NO	Variazione in F1 anomala	-50,31%	NO	4118	OK con letture - censimento errato - impianto acceso F1,F2,F3 - anomalia in F1
QE008	2,2	1,8	1,5	46,67%	NO	Carichi non IP su linea in F1	14,42%	OK	4493	OK con letture - censimento errato - utenze non IP collegate su linea F1
QE017	1,6	5,4	5,5	243,75%	NO	Variazione in F1 anomala	3,97%	OK	3933	Variazione in F1 anomala
QE028	2,1	2,3	1,8	27,78%	NO	Carichi non IP su linea in F1	-5,14%	OK	2123	Variazione in F1 e F2 anomala - utenze non IP collegate
QE042	7	7	2	250,00%	NO	Carichi non IP su linea in F1; *si leggeva male	-22,71%	NO	2755	censimento errato - utenze non IP collegate

In questa tabella ci sono i quadri elettrici che presentano grandi scostamenti tra i valori misurati nelle diverse fasce orarie. Questi scostamenti sono probabilmente da attribuire a:

- **Carichi non IP su linea in F1:** nel caso in cui la potenza in F1 è maggiore delle altre due potenze, probabilmente ci sono carichi non inerenti l'illuminazione pubblica allacciati sulla linea.
- **Variazione in F1 anomala:** nel caso in cui la potenza in F1 è minore delle altre due potenze ma con valore sensibilmente diverso. Non per forza l'impianto non funziona correttamente.

Come si può vedere dalle tabelle sovrastanti, il ricalcolo delle ore annue equivalenti utilizzando la potenza rilevata in F3 (quando dovrebbe essere acceso l'impianto) migliora sensibilmente la situazione rispetto alla fase 1, ottenendo valori più coerenti. Contestualmente si esegue il secondo controllo di questa fase, quello rispetto allo scostamento della potenza da censimento: nel caso in cui lo scostamento è rilevante il censimento di base è sicuramente errato. Le conclusioni alla fine di questa fase sono un insieme delle seguenti informazioni:

- **Censimento errato:** il censimento è errato o per la conclusione della prima fase o perché lo scostamento tra la potenza in F3 e la potenza censita è elevato. Se non c'è questa dicitura il censimento di base è corretto.
- **Lampade guaste o utenze non IP collegate:** ci possono essere lampade guaste o utenze non inerenti l'illuminazione pubblica in quanto con la potenza in F3 misurata, le ore equivalenti annue raggiungono un valore inferiore al range di accettabilità (3900 – 4700). Questa conclusione può esserci anche se lo scostamento tra i valori di potenza misurati nelle tre fasce è rilevante.
- **Impianto acceso F1,F2,F3 (crepuscolare o brutte giornate):** l'impianto risulta acceso sempre (ci può essere un problema di funzionamento del crepuscolare o semplicemente ci sono state giornate nuvolose che hanno anticipato l'accensione dell'impianto).
- **OK con letture:** con la potenza in F3 misurata, le ore equivalenti annue raggiungono un valore coerente con quello di accettabilità (3900 – 4700).

Fase 3 – Modifica del censimento

Nei casi in cui le ore annue calcolate con la potenza censita non sono coerenti e nei casi in cui lo scostamento tra potenza misurata in F3 e potenza censita è rilevante, dove possibile, si è tentato di “correggere” il censimento di base per avvicinarsi al valore di potenza ottimale. Non sempre è stato possibile eseguire questa operazione a causa della complessità di alcuni tronchi di linea.

La modifica è consistita nel sostituire la potenza nominale della lampada con quella minore più vicina, senza quindi modificare il numero di apparecchi o il numero di pali.

Nei casi in cui è stato possibile modificare il censimento traendone risultati (ovvero dove lo scostamento tra la nuova potenza censita ed il valore rilevato da contatore è minore del 15%) si è ricalcolato il numero di ore equivalenti annue facendo la solita valutazione di coerenza.

Conclusioni analisi

A questo punto sono state tratte le conclusioni. Sono stati scelti per il proseguo dell'analisi i quadri elettrici per cui si siano ottenuti valori di ore equivalenti annue coerenti. Per questi quadri si è scelta la potenza e le relative ore di funzionamento con cui stimare gli eventuali risparmi derivanti da un sistema di gestione dell'energia tra:

- “Censimento corretto”: è la potenza ricavata dal censimento corretto.
- “Censimento +15%”: è la potenza ricavata dal censimento di base aumentata del 15% per tenere conto della potenza dissipata.
- “Misurata F3”: è la potenza ricavata dalla lettura del contatore.
- “Non definita”: significa che non si è trovato un valore coerente di potenza che dia un valore coerente di ore annue equivalenti. Questo a causa di un mix di anomalie.

Tabella 16 – Conclusioni analisi

Numero identificativo quadro elettrico	censimento modificato?	Conclusioni	Potenza utilizzata definitiva in base all'analisi [kW]			
			Valore potenza [kW]	Valore ore	Potenza scelta	Ore scelte
QE001	SI	Censimento modificato non risolve - controllare insieme al manutentore - ANOMALIA ore troppo basse anche da misura			NON DEFINITA	NON DEFINITA
QE002	SI	Censimento modificato risolve - controllare insieme al manutentore	2,3	4542	CENSIMENTO CORRETTO	CENSIMENTO CORRETTO
QE003	NO	Censimento non modificato - ANOMALIA ore troppo basse - lampade guaste (20%)	1,6	4233	CENSIMENTO+15%	MISURATA F3
QE004	SI	Censimento modificato risolve - controllare insieme al manutentore - ANOMALIA ore troppo alte	0,7	4647	CENSIMENTO CORRETTO	CENSIMENTO CORRETTO
QE005	SI	Censimento modificato risolve - controllare insieme al manutentore	3,2	4130	CENSIMENTO CORRETTO	CENSIMENTO CORRETTO
QE006	SI	Censimento errato ma non modificato causa varie linee allacciate - rivedere puntualmente con manutentore	8,6	4165	MISURATA F3	MISURATA F3
QE007	SI	Censimento modificato risolve - controllare insieme al manutentore - ANOMALIA in F1	0,6	4385	CENSIMENTO CORRETTO	CENSIMENTO CORRETTO
QE008	SI	Censimento non modificato - utenze non IP collegate	1,5	4493	MISURATA F3	MISURATA F3
QE009	NO	Censimento errato ma non modificato causa varie linee allacciate - rivedere puntualmente con manutentore			NON DEFINITA	NON DEFINITA
QE010	SI	Censimento modificato risolve - controllare insieme al manutentore	0,6	4854	CENSIMENTO CORRETTO	CENSIMENTO CORRETTO
QE011	NO	Censimento errato ma non modificato causa varie linee allacciate - rivedere puntualmente con manutentore	0,5	4192	MISURATA F3	MISURATA F3
QE012	NO	Censimento errato ma non modificato			NON DEFINITA	NON DEFINITA
QE014	SI	Censimento modificato risolve - controllare insieme al manutentore	6,0	4215	CENSIMENTO CORRETTO	CENSIMENTO CORRETTO

IP - Analisi dell'affidabilità dei dati raccolti

Numero identificativo quadro elettrico	censimento modificato?	Conclusioni	Potenza utilizzata definitiva in base all'analisi [kW]			
			Valore potenza [kW]	Valore ore	Potenza scelta	Ore scelte
QE015	SI	Censimento modificato risolve - controllare insieme al manutentore	8,4	4350	CENSIMENTO CORRETTO	CENSIMENTO CORRETTO
QE016	SI	Censimento modificato risolve - controllare insieme al manutentore	0,7	4959	CENSIMENTO CORRETTO	CENSIMENTO CORRETTO
QE017	NO	Censimento originale corretto - variazione in F1 anomala	5,3	4089	CENSIMENTO+15%	CENSIMENTO+15%
QE019	SI	Censimento non modificato - ANOMALIA ore troppo basse - lampade guaste (20%)	14,8	4334	CENSIMENTO+15%	MISURATA F3
QE020	SI	Censimento modificato risolve - controllare insieme al manutentore	0,1	4311	CENSIMENTO CORRETTO	CENSIMENTO CORRETTO
QE021	NO	Censimento errato ma non modificato - poco senso (abbassando le potenze ho ore/anno basse perciò magari alcune bruciate ma sarebbero troppe)	0,3	4063	MISURATA F3	MISURATA F3
QE022	SI	Censimento modificato risolve - controllare insieme al manutentore - ANOMALIA perché Pmis troppo diversa da Pcorscorretto, forse utenze non IP collegate			NON DEFINITA	NON DEFINITA
QE023	SI	Censimento modificato risolve - controllare insieme al manutentore	10,5	4607	CENSIMENTO CORRETTO	CENSIMENTO CORRETTO
QE024	SI	Censimento modificato risolve - controllare insieme al manutentore	1,4	4634	CENSIMENTO CORRETTO	CENSIMENTO CORRETTO
QE025	SI	Censimento modificato risolve - controllare insieme al manutentore	0,5	4480	CENSIMENTO CORRETTO	CENSIMENTO CORRETTO
QE026	SI	Censimento modificato risolve - controllare insieme al manutentore	1,5	4207	CENSIMENTO CORRETTO	CENSIMENTO CORRETTO
QE027	SI	Censimento modificato risolve - controllare insieme al manutentore - ANOMALIA ore troppo basse - lampade guaste (10%)	0,6	3929	CENSIMENTO CORRETTO	CENSIMENTO CORRETTO
QE028	NO	Censimento non modificato - ANOMALIA ore troppo alte - utenze non IP collegate			NON DEFINITA	NON DEFINITA
QE029	SI	Censimento errato ma non modificato causa varie linee allacciate - rivedere puntualmente con manutentore	6,2	4220	MISURATA F3	MISURATA F3
QE030	SI	Censimento modificato non risolve - controllare insieme al manutentore - ANOMALIA ore troppo alte - utenze non IP collegate			NON DEFINITA	NON DEFINITA
QE031	NO	Censimento modificato non risolve - controllare insieme al manutentore - ANOMALIA ore troppo basse - lampade guaste (20%)	13,9	4601	CENSIMENTO+15%	MISURATA F3
QE032	SI	Censimento modificato risolve - controllare insieme al manutentore	0,9	4299	CENSIMENTO CORRETTO	CENSIMENTO CORRETTO
QE033	SI	Censimento modificato risolve - controllare insieme al manutentore	1,6	4916	CENSIMENTO CORRETTO	CENSIMENTO CORRETTO
QE034	SI	Censimento modificato non risolve - controllare insieme al manutentore - ANOMALIA ore troppo alte			NON DEFINITA	NON DEFINITA
QE035	SI	Censimento modificato risolve - controllare insieme al manutentore	1,5	4841	CENSIMENTO CORRETTO	CENSIMENTO CORRETTO
QE037	NO	Censimento non modificato - ANOMALIA ore troppo basse - lampade guaste (10%)	4,1	4145	CENSIMENTO+15%	MISURATA F3
QE038	SI	Censimento modificato risolve - controllare insieme al manutentore	2,3	4913	CENSIMENTO CORRETTO	CENSIMENTO CORRETTO
QE039	NO	Censimento originale corretto - ANOMALIA ore troppo basse - lampade guaste (10%)	1,8	3937	CENSIMENTO+15%	CENSIMENTO+15%

Numero identificativo quadro elettrico	censimento modificato?	Conclusioni	Potenza utilizzata definitiva in base all'analisi [kW]			
			Valore potenza [kW]	Valore ore	Potenza scelta	Ore scelte
QE040	SI	Censimento modificato risolve - controllare insieme al manutentore	2,6	4506	CENSIMENTO CORRETTO	CENSIMENTO CORRETTO
QE041	NO	Censimento originale corretto	1,7	4628	CENSIMENTO+15%	MISURATA F3
QE042	SI	Anomalie da controllare			NON DEFINITA	NON DEFINITA
QE043	SI	Censimento modificato non risolve - controllare insieme al manutentore - ANOMALIA ore troppo basse			NON DEFINITA	NON DEFINITA
NC4	SI	Censimento modificato non risolve - controllare insieme al manutentore - ANOMALIA ore troppo basse - lampade guaste (30%)			NON DEFINITA	NON DEFINITA

Dopo questa analisi la percentuale di siti che ricade nel range di accettabilità sale dal 10% al 75%.

Ovviamente il Comune dovrà approfondire con il manutentore l'affidabilità del nuovo censimento fornito.

IP - Indici prestazionali

L'analisi si deve basare sulla valutazione di indici prestazionali, in questo contesto si riportano gli indicatori qui utilizzati:

- **Costo unitario medio (€/kWh):** prezzo medio dell'energia elettrica per IP. Dall'analisi delle bollette si ricava un valore medio (tra tutti i contratti IP) pari a 0,19 €/kWh (tenendo conto del costo + IVA).
- **Numero ore/anno:** numero di ore di accensione dell'illuminazione pubblica. Per questo dato si rimanda all'analisi precedente (Illuminazione pubblica – analisi). Il valore medio dopo l'analisi è pari a 4400 ore/anno.
- **Potenza media per palo [W/palo]:** calcolato sulla base della potenza totale installata dell'illuminazione pubblica da censimento diviso per il numero di pali della luce presenti. Il valore che si ricava è di circa 116 W/palo.

IP - Stima dei risparmi

Una volta definita la baseline di riferimento, ovvero l'energia consumata nell'anno di riferimento dall'impianto di illuminazione pubblica depurata dalle anomalie rilevate durante l'analisi, si può affrontare il calcolo dei risparmi ottenibili attuando azioni di efficientamento/miglioramento.

Per il caso in esame si è pensato di agire sulla gestione degli impianti più che sul rifacimento o il rinnovamento degli stessi. Oltretutto è già prevista la sostituzione graduale dell'attuale impianto con apparecchi led nel prossimo futuro.

Agire sulla gestione si traduce nel cercare di abbassare il numero di ore di funzionamento degli apparecchi illuminanti senza ledere il confort o infrangere le norme di riferimento. Questo si ottiene ottimizzando gli orari di accensione e di spegnimento degli impianti di illuminazione.

In questo settore (illuminazione esterna), la baseline per la corretta gestione dell'impianto consiste in dispositivi crepuscolari, orologi astronomici e l'uso contemporaneo. Con l'uso di questi, la gestione degli impianti può essere condizionata da vari fattori:

- Errata configurazione o installazione dei sistemi di temporizzazione.
- Condizioni di mantenimento, settaggio e tolleranza implicita della soluzione tecnologica dei sistemi di temporizzazione.
- Fenomeni esterni come la presenza di ombre o nuvole e lo sporco (molto frequente) da polveri, smog ecc. del dispositivo utilizzato

Il sistema che si propone di utilizzare nel comune oggetto d'analisi è il CELS-EM.

CELS-EM

I sistemi CELS-EM sono assimilabili a degli interruttori orari astronomici permanenti tele-gestiti e tele-monitorati, con sistema crepuscolare via web (tramite sito di previsioni del tempo), con misuratore di energia trifase integrato.

I sistemi hanno le seguenti funzionalità:

- L'orologio su ogni dispositivo è sincronizzato dal server di telegestione con il tempo campione (UTC).
- Il misuratore di energia fornisce i dati di energia completi per ognuna delle tre fasi (Energia attiva, Energia Reattiva, $\cos(\varphi)$) e i dati di correnti e tensioni minime e massime per ogni fase. Le misurazioni tengono conto anche delle fasce orarie secondo la deliberazione AEEG 181/06.
- Sono possibili misurazioni di carichi con correnti da 1 a 50 A per ciascuna fase.
- È anche possibile, se necessario, utilizzare il misuratore di energia trifase per monitorare separatamente tre linee derivate da un impianto monofase.
- Ogni dispositivo CELS-EM può essere gestito e monitorato autonomamente in tele gestione.
- L'accensione (spegnimento) dell'illuminazione per i dispositivi associati allo stesso gruppo (normalmente equivalente a un comune, area geografica) avviene contemporaneamente (differenza massima ± 6 secondi).
- Il funzionamento dell'orologio sul dispositivo viene mantenuto tramite batteria tampone anche in mancanza di tensione di alimentazione e di collegamento con il server di telegestione.
- Intervallo minimo di programmazione 1 minuto.
- È possibile impostare fino a 10 eventi a orario fisso oltre agli orari di accensione e spegnimento in corrispondenza di alba e tramonto

- È possibile impostare opportuni “Offset” per l’adattamento degli orari dell’alba e del tramonto alle caratteristiche orografiche del luogo.

Questa impostazione permette una perfetta regolazione degli orari di accensione e spegnimento del sistema di illuminazione esterna, secondo le esigenze del luogo in cui sono installati. Andando a modificare l’angolo di offset si vanno a modificare le ore di funzionamento dell’impianto e quindi l’efficienza dello stesso.

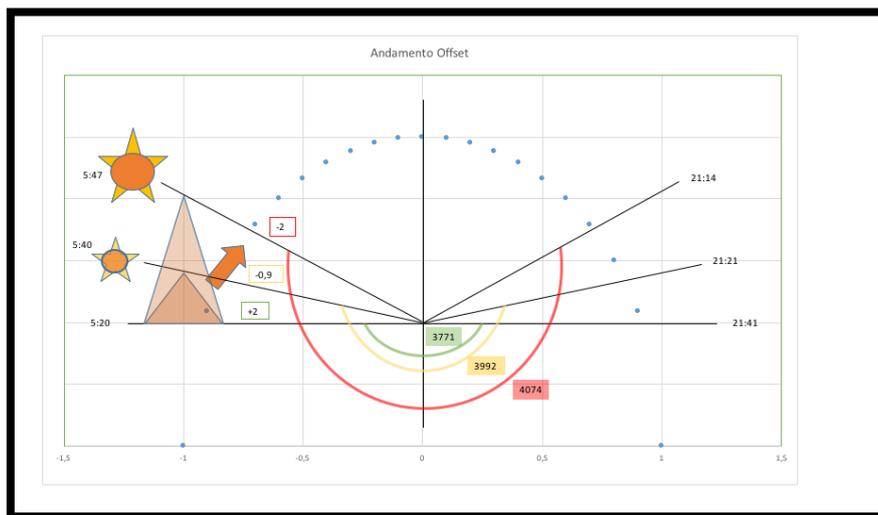


Figura 8 – Offset

- Le coordinate geografiche per il calcolo di alba e tramonto sono impostabili in telegestione.
- Il cambio ora legale/solare avviene automaticamente
- Per maggiore sicurezza, i circuiti di alimentazione e gli ingressi/uscite di comando sono galvanicamente isolati.
- Il firmware (FW) di funzionamento dei dispositivi è aggiornabile “Over the Air” su rete GSM/GPRS.
- I comandi ON / OFF sono telegestiti e monitorati.
- È possibile impostare la modalità di funzionamento (Automatico, Manuale, Auto-ON, Auto-OFF) mediante telegestione.
- La comunicazione avviene su rete GSM con comandi USSD NI e TI (network initiator, terminal initiator).
- Gli apparati CELS-EM sono a tutti gli effetti in condizioni di “always ON” per il server di telegestione.

- I dispositivi sono in grado di mantenere il funzionamento di base (ON e OFF programmati) anche in caso di mancanza di comunicazione con il server di telegestione.
- È possibile configurare degli allarmi che vengono inviati automaticamente tramite e-mail in corrispondenza di errori/eventi (vedi CELS – Guida Server).
- L'orario di accensione e spegnimento può essere corretto in ogni momento utilizzando i dati di luminosità prevista forniti da un servizio di previsioni meteo.



Figura 9 - CELS-EM

Quantificazione risparmi

Da dati riferiti a vari impianti sparsi per il Piemonte dotati di CELS con conformazioni simili al comune preso in esame, sono state ricavate le ore di funzionamento medie di un impianto di illuminazione pubblica mensili riferite all'anno 2017:

Tabella 17 – Ore annue CELS-EM

gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre
434	367	350	282	250	221	236	275	313	379	431	466

Per un totale di 4004 ore annue nel 2017.

Questo dato è stato utilizzato per confrontarlo con il dato reale, aggiustato previa analisi.

Ad ogni quadro elettrico è stata associata una potenza e un numero di ore annue di funzionamento. Si è confrontata perciò l'energia di baseline (prodotto tra ore e potenza) con l'energia utilizzata in caso di impianto dotato di CELS-EM (prodotto tra la stessa potenza e le ore di funzionamento con CELS-EM) ricavandone i risparmi.

Oltre ad un'analisi di tipo energetica dove si sono valutati i kilowattora risparmiati, si è fatta un'analisi economica stimando un risparmio in termini di euro / anno ed un "Simple Payback Period", ovvero un tempo di ritorno semplice dell'investimento espresso in anni, ottenuto dividendo il costo dell'investimento per i risparmi annui.

Per convertire in termini economici i risparmi energetici si è deciso come valore di costo dell'energia 0,19 €/kWh (costo + IVA), dato derivante dall'analisi delle bollette. Si prende la tariffa con IVA in quanto il comune paga le bollette come un privato perciò anche i risparmi economici sono legati a quella tariffa.

Come costo dell'investimento 250,00 € + IVA per dispositivo CELS-EM, di cui se ne sono ipotizzati un numero di pezzi pari al numero di quadri elettrici.

Di seguito la tabella che riassume i risultati ottenuti.

Tabella 18 – Risparmi ottenuti

Numero identificativo quadro elettrico	Energia baseline [kWh/anno]	Potenza baseline [kW]	Ore TOT	Ore TOT dopo analisi - baseline	Energia con CELS [kWh/anno]	Risparmio [kWh]	Risparmi [euro]	Tempo di ritorno semplice [anni]
QE002	10.655	2,3	4.542	4.542	9.393	1.262	€ 237,0	1,27
QE003	6.815	1,6	3.681	4.233	6.446	368	€ 69,2	4,33
QE004	3.367	0,7	4.647	4.647	2.901	466	€ 87,6	3,43
QE005	13.014	3,2	4.130	4.130	12.617	397	€ 74,7	4,02
QE006	35.820	8,6	4.165	4.165	34.434	1.386	€ 260,3	1,15
QE007	2.471	0,6	4.385	4.385	2.256	215	€ 40,3	7,44
QE008	6.739	1,5	4.493	4.493	6.006	733	€ 137,7	2,18
QE010	2.735	0,6	4.854	4.854	2.256	479	€ 89,9	3,34
QE011	2.096	0,5	4.192	4.192	2.002	94	€ 17,7	16,99
QE014	25.156	6,0	4.215	4.215	23.898	1.258	€ 236,3	1,27
QE015	36.516	8,4	4.350	4.350	33.614	2.902	€ 545,2	0,55
QE016	3.422	0,7	4.959	4.959	2.763	659	€ 123,8	2,42
QE017	21.630	5,3	4.089	4.089	21.181	449	€ 84,3	3,56
QE019	64.042	14,8	3.988	4.334	59.169	4.873	€ 915,4	0,33
QE020	347	0,1	4.311	4.311	322	25	€ 4,6	64,71
QE021	1.219	0,3	4.063	4.063	1.201	18	€ 3,3	89,72
QE023	48.210	10,5	4.607	4.607	41.902	6.308	€ 1.185,0	0,25
QE024	6.662	1,4	4.634	4.634	5.756	906	€ 170,2	1,76
QE025	2.164	0,5	4.480	4.480	1.934	230	€ 43,2	6,94
QE026	6.434	1,5	4.207	4.207	6.124	310	€ 58,2	5,15
QE029	26.167	6,2	4.220	4.220	24.825	1.342	€ 252,1	1,19
QE031	64.022	13,9	3.869	4.601	55.716	8.306	€ 1.560,4	0,19
QE032	3.708	0,9	4.299	4.299	3.453	255	€ 47,8	6,27
QE033	7.914	1,6	4.916	4.916	6.446	1.468	€ 275,7	1,09
QE035	7.404	1,5	4.841	4.841	6.124	1.280	€ 240,4	1,25
QE037	17.159	4,1	3.604	4.145	16.577	583	€ 109,4	2,74
QE038	11.186	2,3	4.913	4.913	9.117	2.069	€ 388,7	0,77
QE039	7.874	1,8	3.937	3.937	7.367	507	€ 95,2	3,15
QE040	11.918	2,6	4.506	4.506	10.591	1.327	€ 249,4	1,20
QE041	7.983	1,7	4.024	4.628	6.907	1.076	€ 202,2	1,48
TOTALE	464.849				423.299	41.550	€ 7.805,6	

Per un totale di quasi 8.000 euro risparmiati l'anno solo gestendo in maniera più efficiente il sistema di illuminazione pubblica.

Se l'installazione del sistema CELS-EM fosse fatto simultaneamente su tutti i tronchi di linea di illuminazione comunale per un investimento totale pari a 7.500 euro + IVA (manodopera esclusa), il tempo di ritorno sarebbe di circa un anno; i risparmi sul consumo, pari a circa il 9% dell'energia utilizzata al momento, sarebbero costanti per la durata della vita degli impianti.

Edifici

Gli edifici di competenza comunale sono:

- Edifici adibiti a scuola:
 - Asilo nido "G. V. Navone"



Figura 10 - Asilo nido "G. V. Navone"

- Scuola primaria "G. Rodari"



Figura 11 - Scuola primaria "G. Rodari"

- Scuola primaria "E. De Amicis"



Figura 12 - Scuola primaria "E. De Amicis"

- Scuola secondaria "A. Astesano"



Figura 13 - Scuola secondaria "A. Astesano"

- Edifici adibiti ad attività sportive:
 - Palestra scuola primaria "E. De Amicis"

- Edifici adibiti ad uffici:
 - Municipio



Figura 14 – Municipio

- Edifici adibiti ad attività ricreative ed associative:
 - Sede associazioni varie
 - Biblioteca - Sala congressi
 - Caserma volontari Vigili del fuoco



Figura 15 - Caserma volontari Vigili del fuoco

- Cinema comunale



Figura 16 - Cinema comunale

- Palazzo Richetta



Figura 17 - Palazzo Richetta

- Confraternita



Figura 18 – Confraternita

- Altro:

- 2 pensiline del bus
- Magazzino comunale



Figura 19 - Magazzino comunale

- Torrette mercatali
- Campanile
- Cimitero comunale

Edifici - Raccolta dati

Innanzitutto è stata richiesta al comune, oltre alle indispensabili bollette dell'energia elettrica e termica, l'anagrafica degli edifici di competenza comunale. Nello specifico:

- Dati di superficie e volume.

Si premette che questi dati possono essere non del tutto affidabili, soprattutto per quanto riguarda le superfici utilizzate per il calcolo: queste sono state ricavate dividendo i volumi (forniti dal comune) per un'altezza media del piano "tipo" considerata pari a 3 m.

In genere gli indici energetici (ad esempio per l'APE – Attestato di Prestazione Energetica) sono riferiti alla superficie netta interna, che può differire da quella lorda del 10-20% a seconda del tipo di struttura dell'immobile.

Dai valori calcolati per gli indici energetici si è dedotto che le superfici fornitemi dal comune fossero palesemente lorde.

Nel seguito della relazione si è utilizzata la superficie netta, calcolata riducendo quella lorda del 15%.

- Censimento generatori di calore.

Per l'analisi della gestione dell'energia termica è indispensabile conoscere le potenze termiche installate nei siti di competenza comunale, espresse in kilowatt. Di seguito una tabella che contiene le potenze dei generatori ordinate in maniera decrescente:

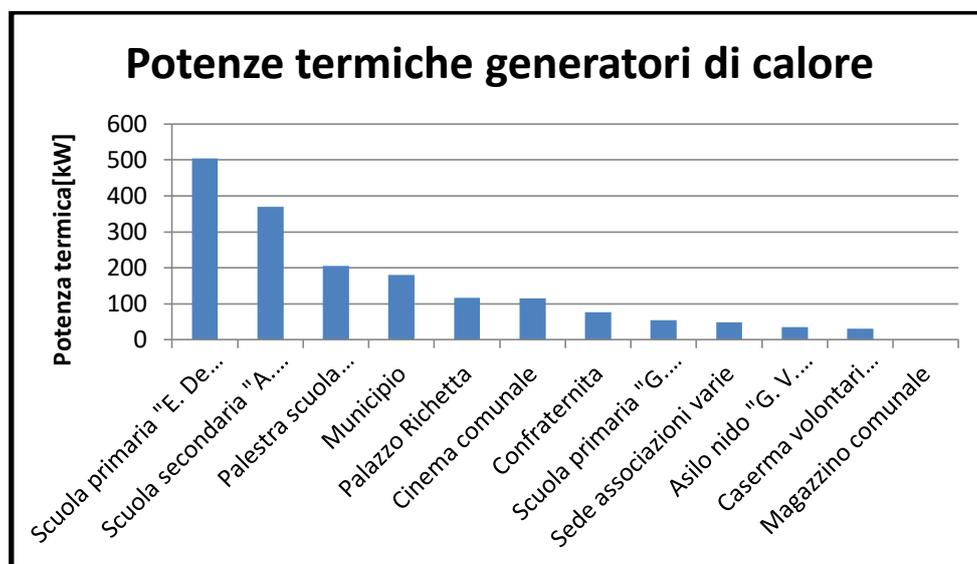


Figura 20 - Potenze generatori di calore

- Numero alunni scuole.

Edifici

Le utenze dei siti sono caratterizzate da:

- Codice POD/PDR rispettivamente per energia elettrica e gas naturale.
- Denominazione e destinazione d'uso.
- Indirizzo di fornitura.

Sono stati prodotti due elenchi:

Tabella 19 – Anagrafica edifici – Energia elettrica

Codice POD	Denominazione	Destinazione d'uso	Indirizzo fornitura	Superficie lorda [mq]	Superficie netta [mq]	Volume [mc]	Numero alunni
IT001E04619861	Sede associazioni varie	Edificio adibito ad attività ricreative o associative	Piazza Marconi 10	243	207	2190	-
IT001E04619869	Pensilina del bus	ALTRO	Strada per Buttigliera - Savi	-	-	-	-
IT001E04619871	Pensilina del bus	ALTRO	Strada per Buttigliera - Stazione	-	-	-	-
IT001E04619884	Scuola secondaria "A. Astesano"	Edificio adibito a scuola	Strada Zabert 14	2514	2137	15084	290
IT001E01267697	Biblioteca - Sala congressi	Edificio adibito ad attività ricreative o associative	Via Tommaso Villa 3	-	-	-	-
IT001E02642782	Caserma volontari Vigili del fuoco	Edificio adibito ad attività ricreative o associative	Strada Zabert 67	139	118	835	-
IT001E02911452	Magazzino comunale	ALTRO	Via San Giovanni Bosco 5	333	283	1000	-
IT001E04619855	Torrette mercatali	ALTRO	Piazza del mercato 11	-	-	-	-
IT001E04619857	Campanile	ALTRO	Piazza Supponito	-	-	-	-
IT001E04619860	Municipio	Edificio adibito a uffici	Piazza IV novembre 11	491	417	2945	-
IT001E04619902	Cimitero comunale	ALTRO	Viale San Giacomo 29	-	-	-	-
IT001E04619888	Scuola primaria "G. Rodari"	Edificio adibito a scuola	Via alle scuole 3	372	316	2234	90
IT001E04619889	Asilo nido "G. V. Navone"	Edificio adibito a scuola	Via Navone 30	717	609	2150	80
IT001E04619890	Scuola primaria "E. De Amicis"	Edificio adibito a scuola	Via Villa Adolfo 55	1907	1621	11440	200
IT001E04619897	Cinema comunale	Edificio adibito ad attività ricreative o associative	Via Villa Tommaso 63	823	700	2470	-

Tabella 20 – Anagrafica edifici – Energia termica

Codice PDR	Denominazione	Tipologia	Indirizzo fornitura	Utilizzo	Superficie lorda [mq]	Superficie netta [mq]	Volume [mc]	Numero alunni
02800000227001	Palazzo Richetta	Edificio adibito ad attività ricreative o associative	Piazza Supponito 7	Uso tecnologico + riscaldamento	460	391	4140	-
10400001055813	Caserma volontari Vigili del fuoco	Edificio adibito ad attività ricreative o associative	Strada Zabert 67	Riscaldamento + cottura cibi (+ acs)	139	118	835	-
02800000225526	Sede associazioni varie	Edificio adibito ad attività ricreative o associative	Via Piave	Riscaldamento + cottura cibi (+ acs)	243	207	2190	-
02800000281691	Confraternita	Edificio adibito ad attività ricreative o associative	Via Fiume	Riscaldamento	1353	1150	4060	-
02800000226612	Scuola secondaria "A. Astesano"	Edificio adibito a scuola	Strada Zabert 14	Riscaldamento	2514	2137	15084	290
02800000225315	Magazzino comunale	ALTRO	Via San Giovanni Bosco 5	Cottura cibi (+acs)	333	283	1000	-
02800000225362	Municipio	Edificio adibito a uffici	Piazza IV novembre 11	Riscaldamento	491	417	2945	-
02800000226629	Scuola primaria "G. Rodari"	Edificio adibito a scuola	Via alle scuole 3	Riscaldamento + cottura cibi (+ acs)	372	316	2234	90
02800000225327	Asilo nido "G. V. Navone"	Edificio adibito a scuola	Via Navone 30	Riscaldamento	717	609	2150	80
02800000226176	Scuola primaria "E. De Amicis"	Edificio adibito a scuola	Via villa Adolfo 55	Riscaldamento	1907	1621	11440	200
02800000225495	Palestra scuola primaria "E. De Amicis"	Edificio adibito ad attività sportive	Via villa Adolfo 55	Riscaldamento	657	558	1970	-
02800000226559	Cinema comunale	Edificio adibito ad attività ricreative o associative	Via villa Tommaso 63	Riscaldamento + cottura cibi (+ acs)	823	700	2470	-

Si riporta inoltre, per le scuole, la densità di alunni [m^2 /alunno]:

Tabella 21 – Densità alunni nelle scuole

Denominazione	Indirizzo fornitura	Superficie netta [mq]	Numero alunni	Superficie per alunno [mq/alunno]
Scuola secondaria "A. Astesano"	Strada Zabert 14	2137	290	7,4
Scuola primaria "G. Rodari"	Via alle scuole 3	316	90	3,5
Asilo nido "G. V. Navone"	Via Navone 30	609	80	7,6
Scuola primaria "E. De Amicis"	Via Villa Adolfo 55	1621	200	8,1

Questo indice può indicare quali scuole non utilizzano al meglio i propri spazi, avendo per esempio un basso numero di alunni rispetto alla capienza disponibile. In passato possono essere state allestite strutture scolastiche più ampie per poter raccogliere un numero di studenti maggiore rispetto a quello necessario oggi; attualmente ciò si traduce in un eccesso di spazi procapite che, anche se con consumi unitari bassi, risulta uno spreco di energia (oltre che presumibilmente di pulizia, manutenzione, ecc.).

Il parametro in oggetto è quindi anche un primo elemento di base per avviare una valutazione di accorpamento di alcune scuole. Si consiglia per i casi extratarget una valutazione immobiliare e gestionale (manutenzione, energia, pulizia, ecc.) almeno per eventuali razionalizzazioni o compartimentazioni di spazi in eccesso. Ciò genera risparmi energetici apparentemente occulti, in edifici apparentemente in linea con i target di consumo specifico.

Edifici – Bollette elettriche

L'analisi delle bollette consiste nell'organizzare a livello mensile i dati di consumo e di costo ricavabili dalle fatture stesse, per poi analizzare alcuni parametri come il costo specifico [€/kWh] e le ore equivalenti.

Viene anche analizzato il profilo di consumo annuale per verificare la presenza di eventuali anomalie.

Le bollette fanno riferimento al POD (Point of delivery) ed a un indirizzo di fornitura.

Dall'anagrafica risultano 15 utenze elettriche di competenza comunale così composte:

Edifici adibiti a scuola:

- Asilo nido "G. V. Navone"
- Scuola primaria "G. Rodari"
- Scuola primaria "E. De Amicis"
- Scuola secondaria "A. Astesano"

Edifici adibiti ad uffici:

- Municipio

Edifici adibiti ad attività ricreative ed associative:

- Sede associazioni varie
- Biblioteca - Sala congressi
- Caserma volontari Vigili del fuoco
- Cinema comunale

Altro:

- 2 pensiline del bus
- Magazzino comunale
- Torrette mercatali
- Campanile
- Cimitero comunale

Si è adottata questa suddivisione, oltre che per dare una caratterizzazione agli edifici, perché a seconda della categoria ci sono dei valori di benchmark e quindi di target differenti.

Per prima cosa, dopo aver organizzato i dati di consumo e di costo delle bollette in un foglio dati, si sono ricavati ed analizzati i consumi annuali, il costo medio unitario ed i profili di consumo.

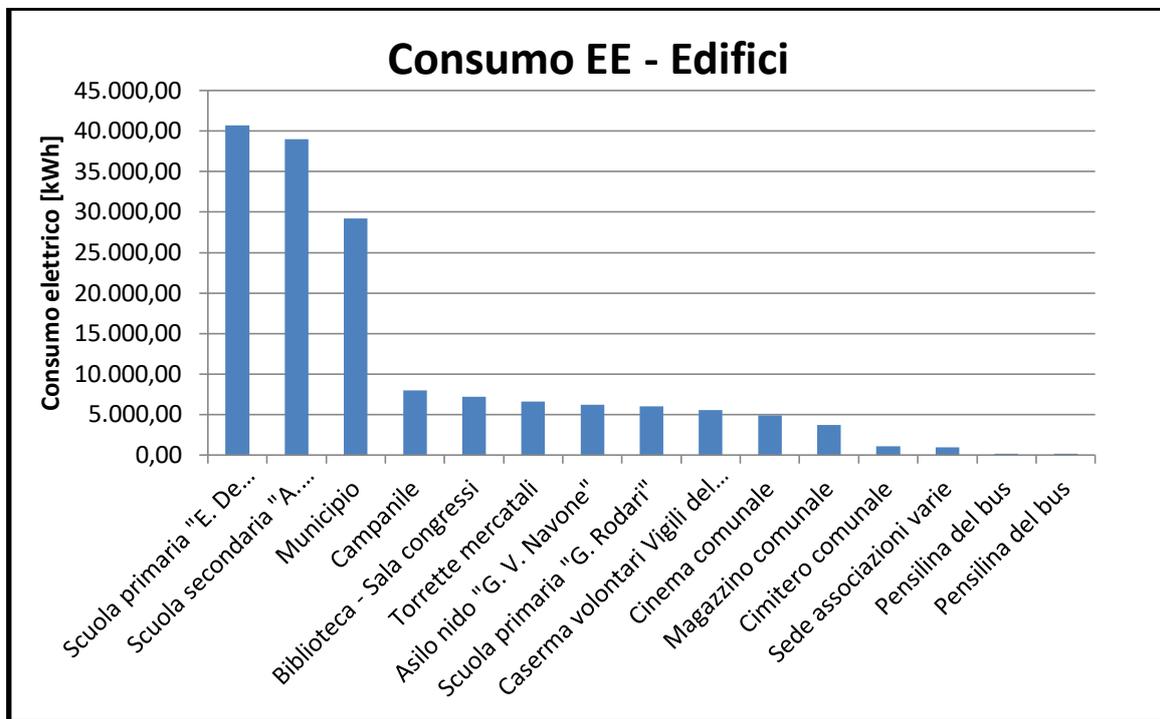


Figura 21 - Consumi energia elettrica edifici

Si consiglia di analizzare più nel dettaglio i consumi della scuola G. Rodari, che sembrano bassi per la tipologia di utenza.

Tabella 22 – Potenza impegnata / Potenza disponibile da bollette

Denominazione	Potenza impegnata [kW]	Potenza disponibile [kW]
Scuola secondaria "A. Astesano"	35	35
Scuola primaria "E. De Amicis"	35	35
Municipio	31,3	31,3
Torrette mercatali	30	30
Campanile	30	30
Biblioteca - Sala congressi	25	25
Cinema comunale	20	22
Scuola primaria "G. Rodari"	10	11
Asilo nido "G. V. Navone"	10	11
Magazzino comunale	6	6,6
Caserma volontari Vigili del fuoco	4,5	5
Sede associazioni varie	3	3,3
Pensilina del bus	1,5	1,7
Pensilina del bus	1,5	1,7
Cimitero comunale	1,5	1,7

Dall’analisi dei consumi annuali di energia elettrica e delle potenze impegnate possiamo dividere le utenze in tre macro gruppi in base alla quantità di energia consumata:

- Elevato consumo:
 - Scuola primaria “E. De Amicis”
 - Scuola secondaria “A. Astesano”
 - Municipio

- Medio consumo:
 - Campanile
 - Biblioteca – sala congressi
 - Torrette mercatali
 - Asilo nido “G. V. Navone”
 - Scuola primaria “G. Rodari”
 - Caserma volontari VVF

Edifici

- Cinema comunale
 - Magazzino comunale
- Basso consumo:
 - Cimitero comunale
 - Sede associazioni varie
 - Pensiline del bus

Edifici – EE – costo unitario medio

Dall'analisi del costo specifico medio annuale [€/kWh], calcolato come media dei rapporti tra consumo mensile e spesa mensile (IVA inclusa), vengono fuori valori molto diversi tra loro:

Tabella 23 – Costo specifico medio - EE

Denominazione	TOT [kWh/anno]	Spesa bolletta [euro/anno]	Costo specifico [euro/kWh]
Sede associazioni varie	945	€ 480,8	0,509
Pensilina del bus	139	€ 108,2	0,779
Pensilina del bus	130	€ 106,7	0,821
Scuola secondaria "A. Astesano"	38974	€ 7.966,6	0,204
Biblioteca - Sala congressi	7174	€ 1.744,8	0,243
Caserma volontari Vigili del fuoco	5526	€ 1.387,4	0,251
Magazzino comunale	3680	€ 1.116,3	0,303
Torrette mercatali	6606	€ 1.655,4	0,251
Campanile	7973	€ 2.507,1	0,314
Municipio	29203	€ 5.860,9	0,201
Cimitero comunale	1099	€ 266,1	0,242
Scuola primaria "G. Rodari"	6022	€ 1.738,5	0,289
Asilo nido "G. V. Navone"	6213	€ 1.764,8	0,284
Scuola primaria "E. De Amicis"	40723	€ 8.438,4	0,207
Cinema comunale	4902	€ 1.399,6	0,286
Valore medio			0,346

Valore minimo: 20,4 c€/kWh

Valore massimo: 82,1 c€/kWh

Non c'è da stupirsi che ci siano utenze, specie quelle con piccole potenze impegnate, con un costo unitario dell'energia molto alto e lontano dalla media. Queste sono utenze a basso o ridottissimo consumo dove prevalgono i costi fissi (Impegno contatore, ecc). Come si può notare le utenze con costi medi elevati sono infatti quelle del gruppo a "basso consumo".

Come prova si sono calcolati i costi unitari medi per gruppo:

Tabella 24 - Costo specifico medio – gruppo a forte consumo

Denominazione	Consumo tot. [kWh/anno]	Spesa bolletta [euro/anno]	Costo specifico [euro/kWh]
Scuola primaria "E. De Amicis"	40723	€ 8.438,4	0,207
Scuola secondaria "A. Astesano"	38974	€ 7.966,6	0,204
Municipio	29203	€ 5.860,9	0,201
Valore medio			0,204

Tabella 25 - Costo specifico medio – gruppo a medio consumo

Denominazione	Consumo tot. [kWh/anno]	Spesa bolletta [euro/anno]	Costo specifico [euro/kWh]
Campanile	7973	€ 2.507,1	0,314
Biblioteca - Sala congressi	7174	€ 1.744,8	0,243
Torrette mercatali	6606	€ 1.655,4	0,251
Asilo nido "G. V. Navone"	6213	€ 1.764,8	0,284
Scuola primaria "G. Rodari"	6022	€ 1.738,5	0,289
Caserma volontari Vigili del fuoco	5526	€ 1.387,4	0,251
Cinema comunale	4902	€ 1.399,6	0,286
Magazzino comunale	3680	€ 1.116,3	0,303
Valore medio			0,278

Tabella 26 - Costo specifico medio – gruppo a basso consumo

Denominazione	Consumo tot. [kWh/anno]	Spesa bolletta [euro/anno]	Costo specifico [euro/kWh]
Cimitero comunale	1099	€ 266,1	0,242
Sede associazioni varie	945	€ 480,8	0,509
Pensilina del bus	139	€ 108,2	0,779
Pensilina del bus	130	€ 106,7	0,821
Valore medio			0,588

Come previsto più il consumo è basso, più prevalgono i costi fissi, più aumenta il costo unitario.

Edifici – EE – ore annue equivalenti

Sono state calcolate anche le ore equivalenti mensili, come rapporto tra l'energia consumata [kWh] e la potenza impegnata (da bolletta), dopodiché si sono sommate per ottenere le ore equivalenti annue:

Tabella 27 – Ore equivalenti annue

Denominazione	Potenza impegnata [kW]	Consumo tot. [kWh/anno]	Ore equivalenti
Sede associazioni varie	3	945	315
Pensilina del bus	1,5	139	93
Pensilina del bus	1,5	130	87
Scuola secondaria "A. Astesano"	35	38974	1.114
Biblioteca - Sala congressi	25	7174	287
Caserma volontari Vigili del fuoco	4,5	5526	1.228
Magazzino comunale	6	3680	613
Torrette mercatali	30	6606	220
Campanile	30	7973	266
Municipio	31,3	29203	933
Cimitero comunale	1,5	1099	733
Scuola primaria "G. Rodari"	10	6022	602
Asilo nido "G. V. Navone"	10	6213	621
Scuola primaria "E. De Amicis"	35	40723	1.164
Cinema comunale	20	4902	245

Un basso numero di ore evidenzia solo che la potenza impegnata è largamente superiore al necessario, ma spesso la taglia del contatore minima (3kW, in quanto i distributori non installano più quelli da 1,5 kW) è largamente elevata, per cui essendo al denominatore riduce il numero di ore equivalenti.

Edifici – EE – profili di consumo

Di seguito i profili di consumo delle singole utenze:

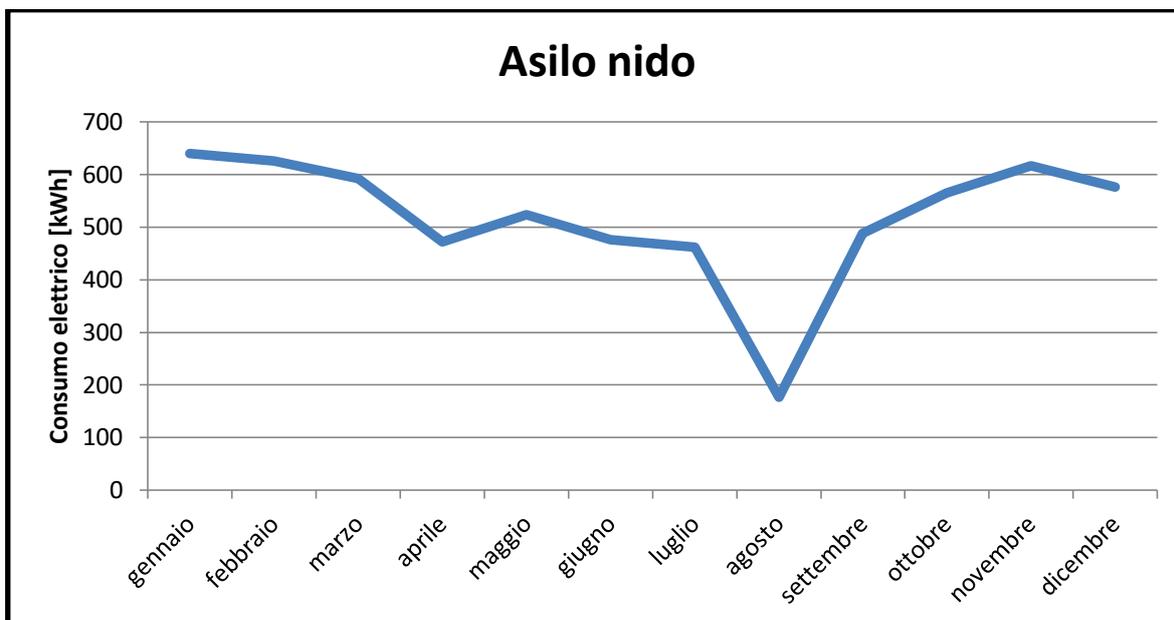


Figura 22 - Profilo di consumo elettrico – Asilo

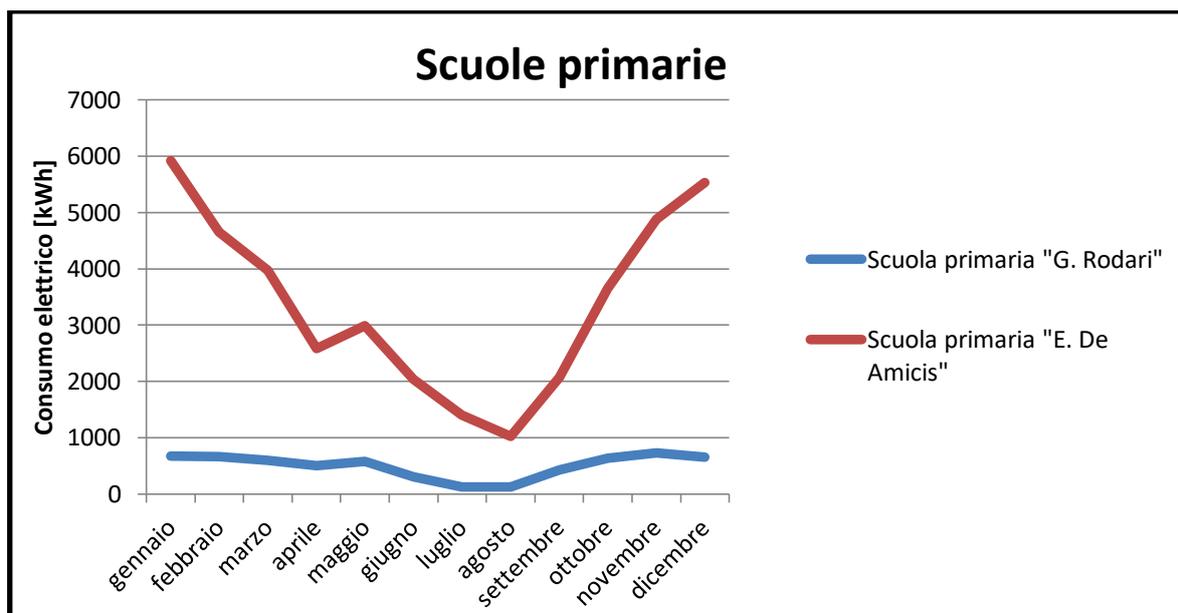


Figura 23 - Profilo di consumo elettrico – Scuole primarie

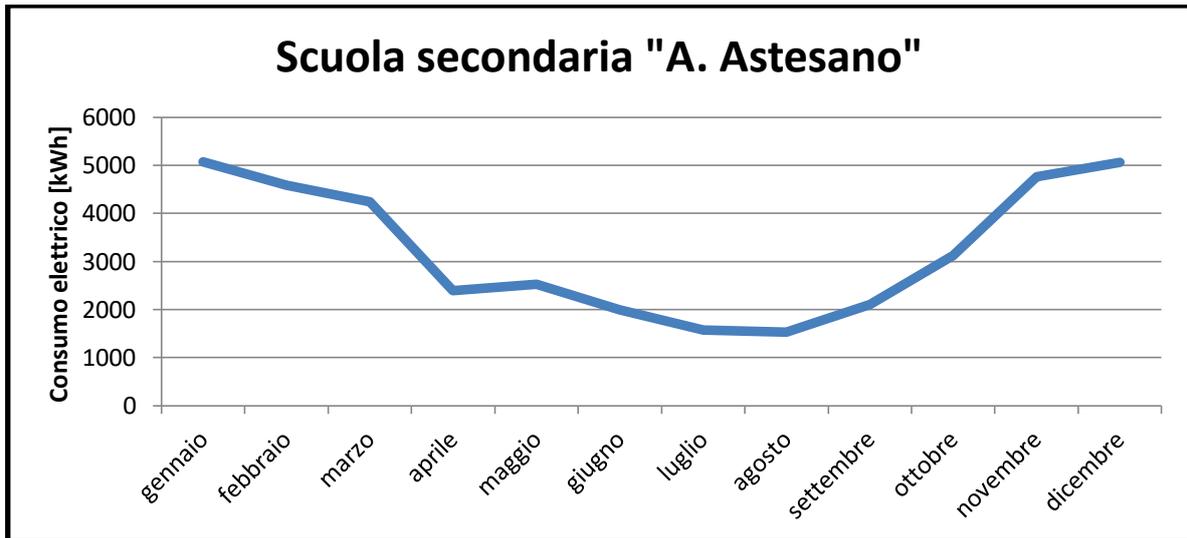


Figura 24 - Profilo di consumo elettrico – Scuola secondaria

Le scuole hanno un profilo di assorbimento tipico a “vasca”. Il consumo di energia elettrica è da attribuire per la maggior parte all’illuminazione dei locali scolastici, la restante parte è da attribuire a carichi quali computer, stampanti ecc che contribuiscono al consumo totale in maniera minore. Si può notare infatti che, quando le ore di buio diminuiscono, si ha un calo del consumo elettrico, con un picco inferiore in corrispondenza dei mesi estivi (in particolare di agosto), quando verosimilmente le scuole sono chiuse.

In tale contesto emerge l’inopportunità di dotare le scuole di impianti fotovoltaici, che hanno profili di produzione opposti, del tipo a “collina” (i picchi di produzione si hanno nei mesi estivi).

Si può anche notare un picco inferiore nel mese di aprile, probabilmente da attribuire alle pause per le vacanze pasquali.

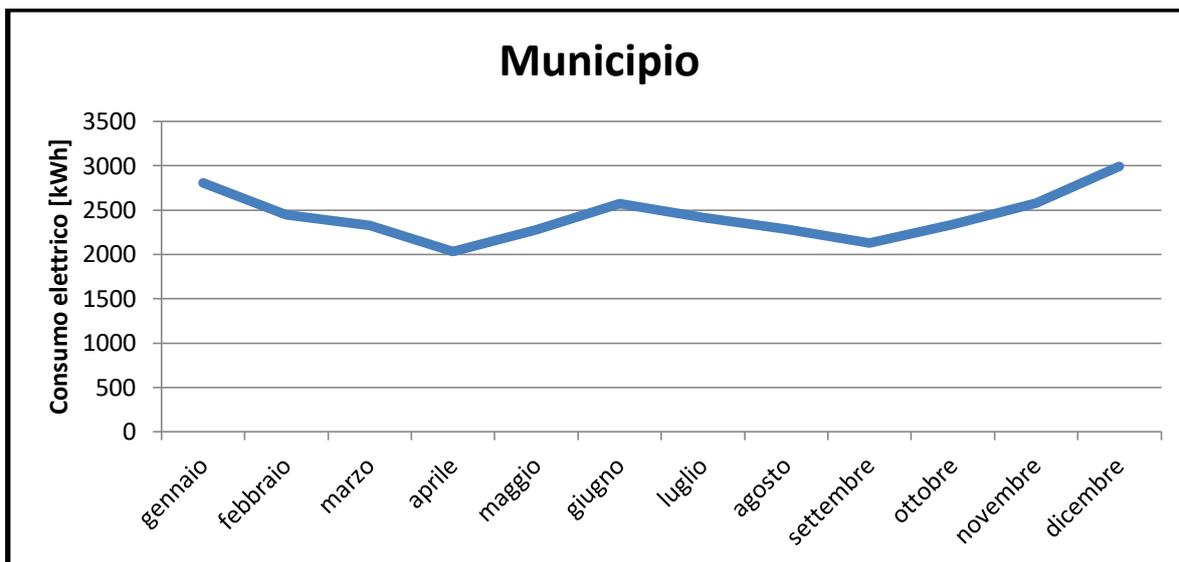


Figura 25 - Profilo di consumo elettrico – Uffici

Il municipio, edificio adibito ad uffici, ha un profilo di assorbimento elettrico diverso dalle scuole. Come si può notare il profilo presenta picchi meno marcati rispetto alle scuole, perché il contributo dell'illuminazione, che varia con il variare delle ore buio, è inferiore rispetto alle scuole. Negli uffici gli assorbimenti dovuti agli apparecchi quali computer e stampanti è maggiore rispetto alle scuole. L'andamento a "vasca" è interrotto nel periodo estivo presumibilmente per l'utilizzo di impianti di condizionamento.

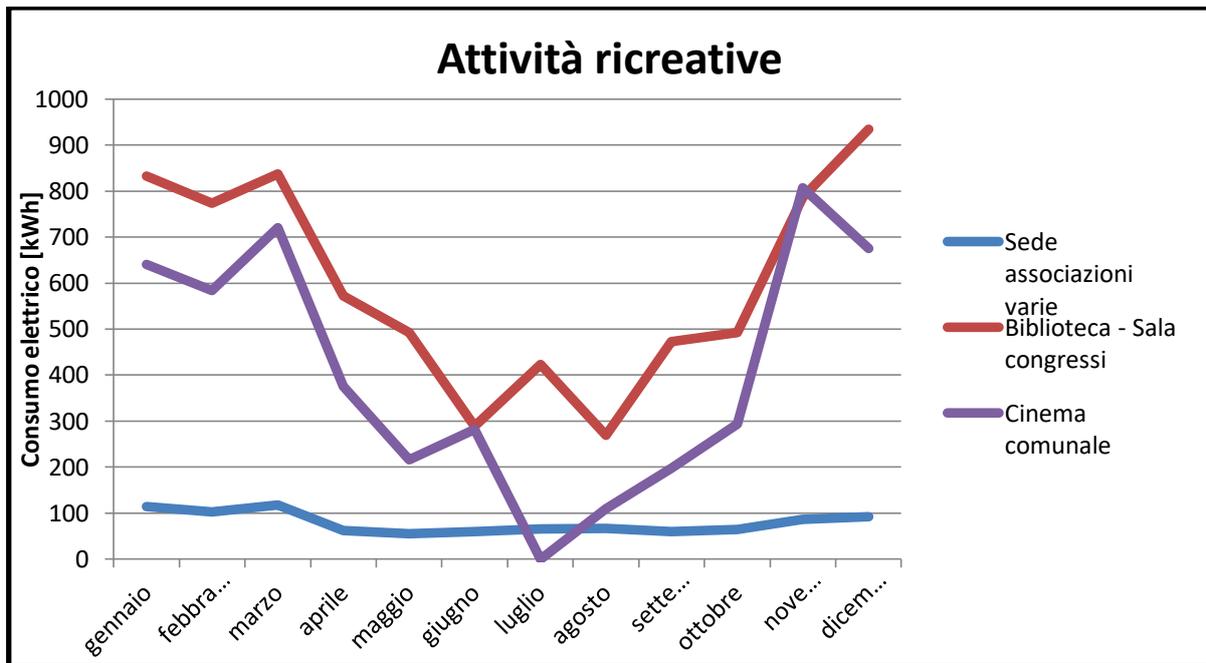


Figura 26 - Profilo di consumo elettrico – Attività ricreative

Sede associazioni varie: sede concessa alle varie associazioni che ne richiedono l'accesso. Il consumo è dovuto esclusivamente all'illuminazione. Il profilo è costante e l'assorbimento medio molto basso.

Biblioteca – Sala congressi: è aperta dal lunedì al sabato per mezza giornata. Anche in questo caso il contributo più rilevante è quello dell'illuminazione. Si nota come il profilo segua quello della variazione delle ore buio. Si nota un picco anomalo in corrispondenza di luglio.

Cinema comunale: è utilizzato occasionalmente, circa un paio di sere al mese. Il suo profilo è influenzato principalmente dall'utilizzo, in quanto i carichi, che siano da attribuire all'illuminazione o ad altri apparecchi (proiettori ecc) vengono accessi solo quando il cinema è aperto, dato che è variabile. Anche in questo caso si nota comunque un profilo che si abbassa in corrispondenza dei mesi estivi.

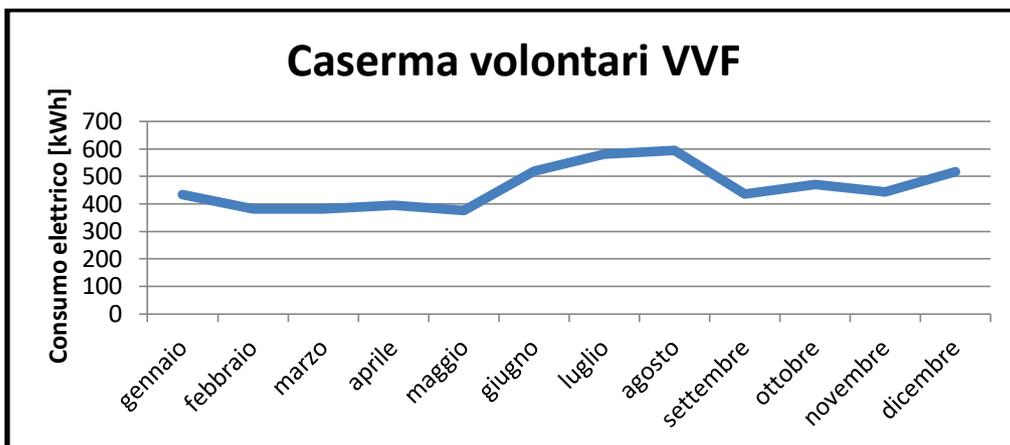


Figura 27 - Profilo di consumo elettrico – Attività associative

Questa caserma è utilizzata solo da volontari il fine settimana (dal venerdì sera alla domenica sera). In questo caso il profilo di funzionamento è diverso da quello di tutte le altre utenze. Si nota che durante il periodo estivo il consumo elettrico abbia un picco positivo, probabilmente da attribuire ad un maggiore utilizzo di questo sito o più presumibilmente per l'utilizzo di impianti di condizionamento. Nella restante parte dell'anno il profilo è abbastanza costante.

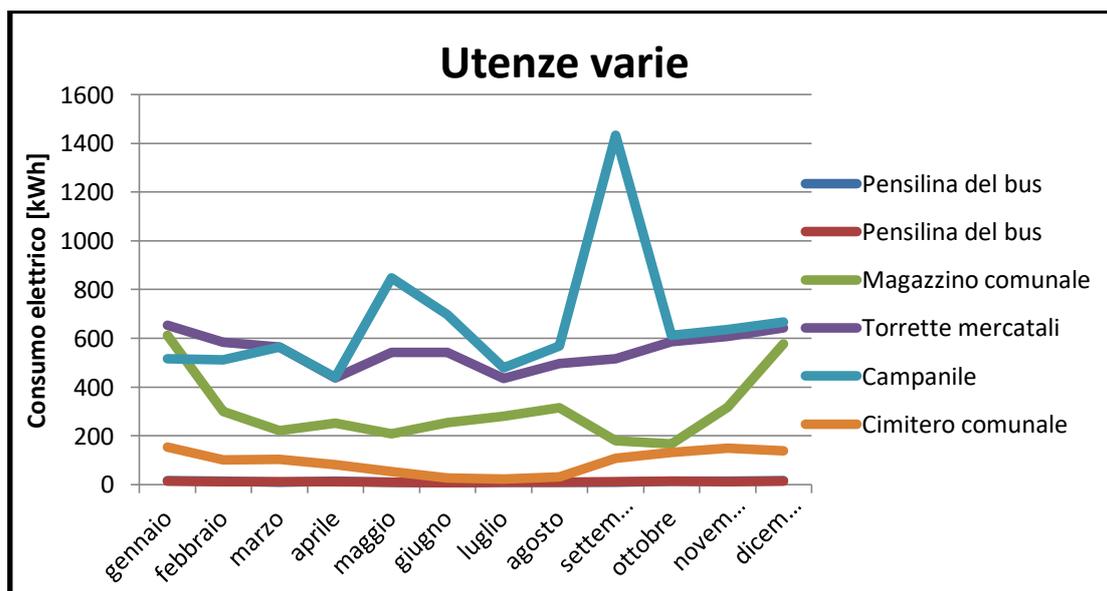


Figura 28 - Profilo di consumo elettrico – Utenze varie

Per queste tipologie di utenze non si possono fare molti ragionamenti in quanto, per loro natura, hanno assorbimenti che dipendono da un utilizzo non prevedibile. Si può notare che i profili sono abbastanza costanti sul periodo considerato. L'unico picco anomalo è rappresentato dal consumo di settembre del campanile, da attribuire a qualche intervento o ad un sistema di regolazione orario dell'illuminazione guasto.

Edifici – EE - Indici prestazionali

L'analisi si deve basare sulla valutazione di indici prestazionali, in questo contesto si riportano gli indicatori qui utilizzati:

ECONOMICI

- **Costo unitario medio (€/kWh):** prezzo medio dell'energia elettrica per edifici e assimilabili (impianti semaforici, aree mercatali ecc.). Dall'analisi di tutte le bollette si ricava un valore medio pari a 0,35 €/kWh. Prendendo in esame solo il gruppo a medio consumo, escludendo perciò i contributi inferiori del gruppo ad alto consumo (media pari a 0,20 €/kWh) e quelli superiori del gruppo a basso consumo (media pari a 0,59 €/kWh), si ricava un valore medio pari a 0,28 €/kWh, leggermente superiore al valore di benchmark, pari a 0,25 €/kWh (benchmark ricavato da dati rilevati in altri comuni).
- **Densità alunni nelle scuole (m^2 /alunno):** tale valore ha una valenza gestionale dell'edificio in quanto permette di stabilire se gli spazi sono utilizzati in maniera corretta e correlare le spese non solo di consumo energetico ma anche di facility management. Questo indice è calcolato, sia per il valori benchmark e target che per i valori ricavati da questa analisi, come rapporto tra la superficie netta ed il numero di alunni.

Benchmark europeo: 6 m^2 /alunno

Benchmark italiano: 8 m^2 /alunno

ENERGETICI

- **Indice consumo elettrico medio ($kWh/m^2 \cdot anno$):** questo indice viene utilizzato per stimare i potenziali risparmi per realtà quali scuole ed uffici, dove c'è abbondanza di dati che hanno permesso di creare dei valori di benchmark e di target. Questi valori sono stati ricavati da studi effettuati su altri comuni simili dall'Ing. Gerbo. Nel caso delle scuole tale indice può essere valutato anche in funzione del numero di alunni [$kWh/alunno$], in modo da correlare il consumo specifico con la densità di utilizzo degli spazi.
- **Indice N/F:** questo indice è calcolato come rapporto tra la somma dei contributi di energia utilizzata nelle fasce notturne (F2 + F3) e la quota di energia utilizzata durante il giorno (F1). Questo valore è molto utile per caratterizzare gli sprechi di siti nei quali si svolgono attività prevalentemente diurne come scuole ed uffici. Gestire correttamente l'energia elettrica utilizzata vuol dire cercare di minimizzare questo indice, con attività di informazione/formazione sulle buone pratiche, temporizzando accensioni e spegnimenti degli apparecchi elettrici ecc.

Per questo indice i valori di benchmark e target sono stati forniti dall'Ing. Gerbo, ideatore dell'indice stesso, ricavati da uno studio eseguito su altri comuni simili. L'algoritmo con cui sono stati calcolati non è divulgabile, mentre i risultati sono stati utilizzati per il calcolo dei risparmi ottenibili.

L'algoritmo ha restituito i valori F_i/FT per diverse superfici e in diverse stagioni (estate-inverno). Per ogni fascia di superficie dell'edificio si è calcolato il valor medio (tra inverno ed estate), dopodiché si è calcolato il valor medio tra i valori riferiti a diverse taglie di superficie (si usa un solo valore target per tutte le scuole), ed infine si è calcolato il target come rapporto tra la somma dei contributi notturni e il contributo diurno. Il valore di benchmark è stato ricavato aumentando del 10% il valore di target.

Tabella 28 – Costruzione dei valori benchmark e target per N/F

	Parametri [%]				Target	Benchmark
S=501-1000	F1/FT	F2/FT	F3/FT	(F1+F2+F3)/FT	N/F	N/F
estate	63,00%	17,00%	20,00%	100,00%	65,3%	71,8%
inverno	58,00%	20,00%	22,00%	100,00%		
medio	60,50%	18,50%	21,00%	100,00%		
S=1001-2000	F1/FT	F2/FT	F3/FT	(F1+F2+F3)/FT	N/F	N/F
estate	64,00%	17,00%	19,00%	100,00%	60,0%	66,0%
inverno	61,00%	19,00%	20,00%	100,00%		
medio	62,50%	18,00%	19,50%	100,00%		
S=>2000	F1/FT	F2/FT	F3/FT	(F1+F2+F3)/FT	N/F	N/F
estate	76,00%	19,00%	5,00%	100,00%	35,1%	38,6%
inverno	72,00%	7,00%	21,00%	100,00%		
medio	74,00%	13,00%	13,00%	100,00%		
MEDIE	65,7%	16,5%	17,8%	100,00%	52,3%	57,5%
MEDIE 1-2	61,5%	18,3%	20,3%	100,0%	62,6%	68,9%

Viste le differenze di superficie tra le scuole, ed essendo quasi tutte inferiori ai 2000 m^2 , si è scelto di utilizzare per tutte il valor medio ottenuto tenendo conto solo dei valori medi riferiti alle due categorie di superfici più piccole.

Per i calcoli dei risparmi ottenibili da un'ottimizzazione del coefficiente N/F, si è utilizzato un valore di benchmark cautelativo pari al 70% (da 68,9%).

Per gli uffici si è svolto un procedimento simile a quello fatto per le scuole; il valore che si utilizzerà per il calcolo dei risparmi è un valore cautelativo pari al 70%.

Edifici – EE - Stima dei risparmi

La stima dei risparmi è stata effettuata tramite confronto con i valori di benchmark per i siti le cui attività possono essere ricondotte ad uno dei settori per cui ho stabilito un indice prestazionale soglia, ovvero scuole ed uffici (Municipio).

Scuole - uffici

Tabella 29 – Risparmi derivanti da consumo per unità di superficie - Scuole

Denominazione	Superficie netta [mq]	TOT [kWh]	Indice consumo elettrico medio [kWh/(mq*anno)]	Benchmark [kWh/(mq*anno)]	Risparmi - Indice consumo EE [kWh/anno]	Risparmi - Indice consumo EE [euro/anno]
Scuola secondaria "A. Astesano"	2137	38974	18,2	25	-	-
Scuola primaria "G. Rodari"	316	6022	19,0	20	-	-
Asilo nido "G. V. Navone"	609	6213	10,2	20	-	-
Scuola primaria "E. De Amicis"	1621	40723	25,1	20	8310	€ 1.828

Tabella 30 – Risparmi derivanti da consumo per unità di superficie - Uffici

Denominazione	Superficie netta [mq]	TOT [kWh]	Indice consumo elettrico medio [kWh/(mq*anno)]	Benchmark [kWh/(mq*anno)]	Risparmi - Indice consumo EE [kWh/anno]	Risparmi - Indice consumo EE [euro/anno]
Municipio	417	29203	70,0	120	-	-

Al netto delle eventuali imprecisioni sulla fonte dei dati di superficie, gli indici ricavati sono sintomo di una buona gestione in quanto quasi tutti gli edifici adibiti a scuole o uffici presentano valori al di sotto del benchmark; alcuni presentano valori addirittura migliori del target.

Dalla densità delle scuole e dall'indice di consumo per unità di superficie deriva un ulteriore indice energetico: il consumo specifico per alunno. Utilizzando la media tra benchmark italiano ed europeo per la densità e i valori sopracitati per l'indice di consumo, si ricavano direttamente i valori benchmark per il consumo specifico ad alunno.

Es.: scuola primaria

Bench. Densità = $7 \text{ m}^2/\text{alunno}$

Bench. Indice di consumo spec. per superficie = $20 \text{ kWh}/(\text{mq} \cdot \text{anno})$

Bench. Indice di consumo spec. per alunno = $7 \times 20 = 140 \text{ kWh}/(\text{alunno} \cdot \text{anno})$

Tabella 31 – Risparmi derivanti da consumo per alunno

Denominazione	Numero alunni	TOT [kWh]	Indice consumo elettrico medio [kWh/(alunno*anno)]	Benchmark [kWh/(alunno*anno)]	Risparmi - Indice consumo EE [kWh]	Risparmi - Indice consumo EE [euro/anno]
Scuola secondaria "A. Astesano"	290	38974	134,4	175	-	-
Scuola primaria "G. Rodari"	90	6022	66,9	140	-	-
Asilo nido "G. V. Navone"	80	6213	77,7	140	-	-
Scuola primaria "E. De Amicis"	200	40723	203,6	140	12723	€ 2.799

Anche nella valutazione dei risparmi conseguenti ad una riduzione dell'indice kWh/alunno si scopre che le scuole di Villanova hanno valori inferiori a quelli di benchmark.

Tabella 32 – Risparmi da indice N/F

Denominazione	F1 [kWh]	F2 [kWh]	F3 [kWh]	TOT [kWh]	Risparmi - N/F [kWh/anno]	Risparmi - N/F [euro/anno]
Scuola secondaria "A. Astesano"	19976	7067	11931	38974	5157	€ 1.134,4
Municipio	13771	6140	9292	29203	5792	€ 1.274,3
Scuola primaria "G. Rodari"	4274	732	1016	6022	110	€ 24,2
Asilo nido "G. V. Navone"	3330	1235	1648	6213	552	€ 121,4
Scuola primaria "E. De Amicis"	24470	6489	9764	40723	1764	€ 388,1
TOTALE						€ 2.942,5

Il confronto con i valori benchmark producono risparmi pari a 5.741 €/anno (i risparmi derivanti dal confronto tra indici di consumo specifico (kWh/(m² * anno) e kWh/(alunno * anno)) non si sommano in quanto migliorando il primo migliora anche il secondo, ma si prende il maggiore.

Questo vuol dire che una più corretta gestione dell'energia, a fronte della semplice attuazione di "buone pratiche", potrebbe portare con interventi gestionali e su pochi edifici ad un risparmio economico del 15,6% sul totale della spesa, ricordando che attualmente il comune sostiene una spesa di energia elettrica per tutti gli edifici pari a 36.656 €/anno.

Circoscrivendo il risparmio fruibile dalla migliore gestione energetica di scuole ed uffici alla spesa derivante solo da queste utenze (25.770 €/anno), il risparmio raggiungerebbe il 22,2%.

Edifici adibiti ad attività ricreative o associative

Per queste tipologie di edifici non ci sono benchmark e target da confrontare; per ogni edificio bisogna attuare un'analisi ad hoc.

Sede associazioni varie

Questo sito viene utilizzato saltuariamente per le riunioni delle associazioni varie comunali (che possono avvenire sia di giorno che di sera, ma difficilmente la domenica).

Consumo annuo: 945 kWh.

Ore/anno: 572

Ore/giorno: 2,8

Riporto il suo profilo di consumo elettrico:

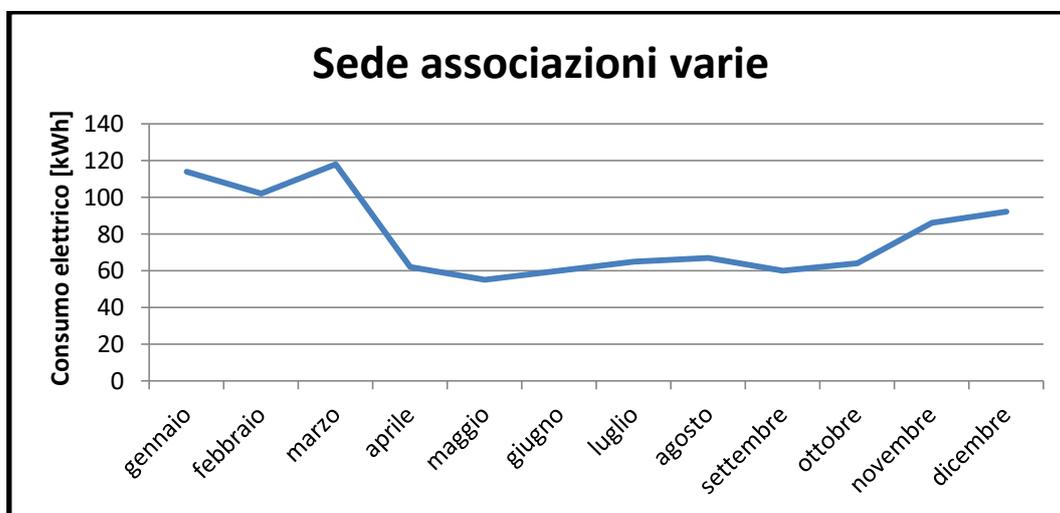


Figura 29 - Profilo di consumo - Associazioni varie

Per questo tipo di edificio non si possono stimare dei risparmi in quanto non si può definire un profilo di funzionamento. I consumi in F3, pari a 369 kWh/anno corrispondenti a circa 80 €/anno, si ipotizza possano essere ottimizzati.

Biblioteca - sala congressi

Come spiegato dal tecnico comunale, la biblioteca viene utilizzata per mezza giornata dal lunedì al sabato per tutto l'anno (circa 1250 ore/anno).

Consumo annuo: 7174 kWh.

Riporto il suo profilo di consumo elettrico:

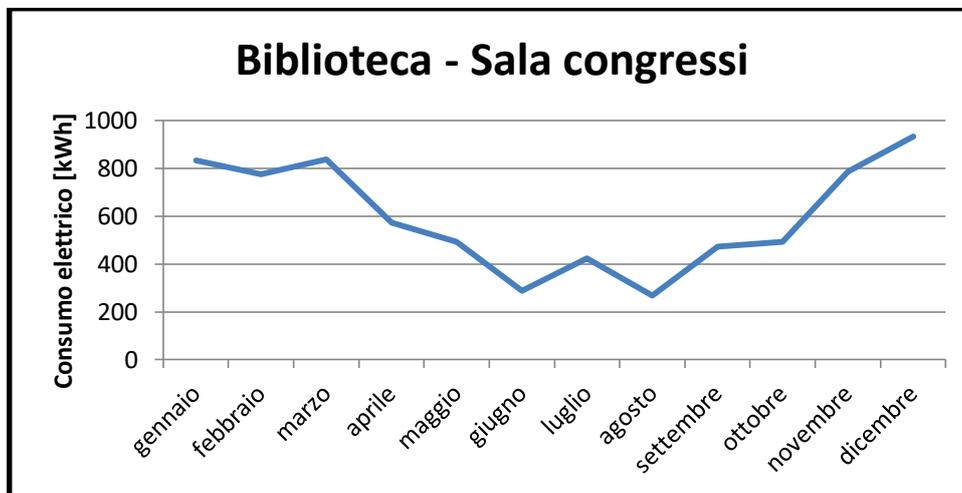


Figura 30 - Profilo di consumo - Biblioteca / sala congressi

Visto il funzionamento tipicamente diurno, un potenziale risparmio può essere ricavato dall'azzeramento dei consumi in fascia F3. Prima di stimare il risparmio controllo il profilo di consumo diviso per fasce, per verificare il suo comportamento diurno.

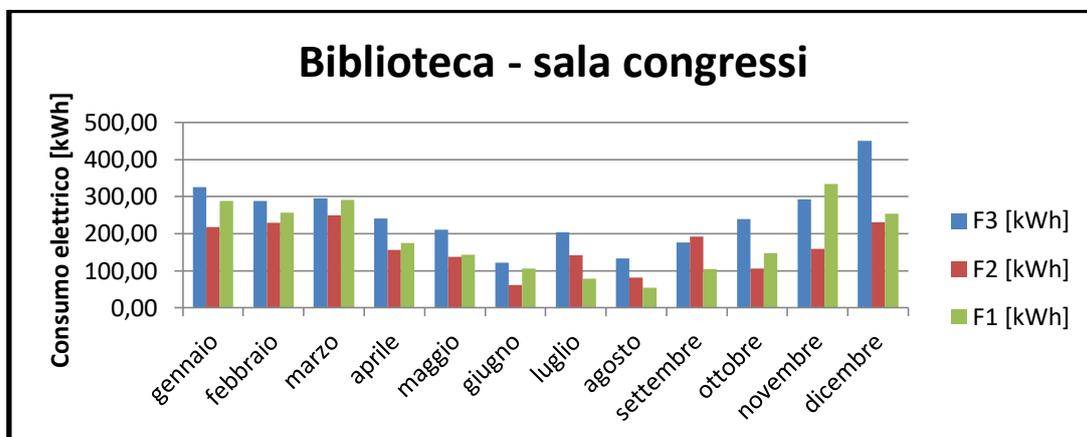


Figura 31 - Profilo di consumo diviso per fasce - Biblioteca / sala congressi

Si può notare che l'informazione sul suo funzionamento da parte del comune non pare allineata all'uso reale. Si vede infatti come i consumi nelle tre fasce sono molto simili, con la fascia F3

maggior parte dei mesi (10 su 12). Da questo profilo si ipotizza un forte utilizzo dell'edificio sia come sala congressi, in fascia F3 (serale), che come biblioteca, in fascia F1. Da questa ipotesi ne deriva che anche i consumi in fascia F2 (tra le due fasce) sono giustificati.

Si consiglia di verificare le ore di funzionamento di questo sito per confermare l'ipotesi e di mettere un sistema di basso costo di disattivazione automatica degli impianti nelle ore notturne.

Caserma volontari VVF

La caserma dei volontari di vigili del fuoco viene utilizzata, come specificato dal tecnico comunale, solo nei fine settimana (dal venerdì sera alla domenica sera) per circa 2000 ore/anno.

Consumo annuo: 5526 kWh.

Questo consumo fa pensare ad una potenza media di 2,6 kW, valore molto distante dalla potenza impegnata (da bolletta) di 35 kW.

Riporto il suo profilo di consumo elettrico:

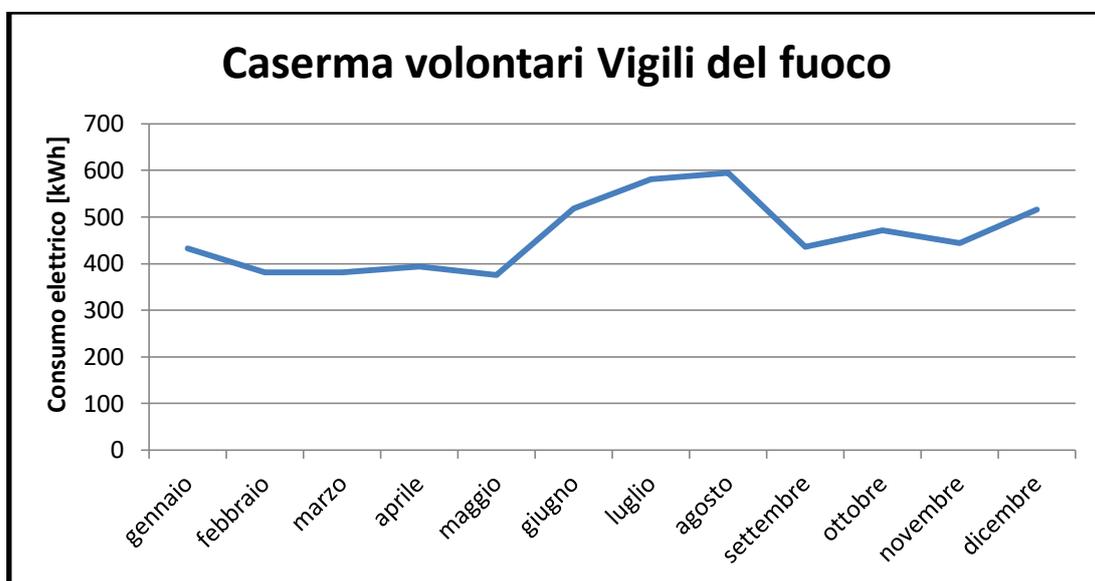


Figura 32 - Profilo di consumo - Caserma VVF

Prima di stimare il risparmio controllo il profilo di consumo diviso per fasce, per verificare il suo comportamento.

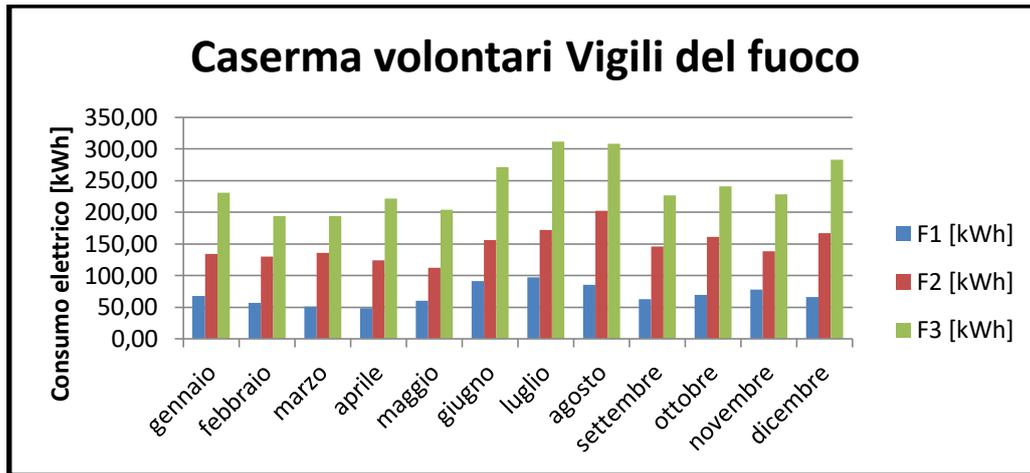


Figura 33 - Profilo di consumo diviso per fasce - Caserma VVF

Effettivamente si nota come le fasce F2 ed F3 presentano il consumo maggiore, mentre la fascia F1 ha un consumo molto ridotto. Questo conferma l'utilizzo esclusivo nei week-end.

Peraltro le potenze medie in F2 e F3 sono pari a circa 1 kW, per cui è consigliabile rivedere il contratto di potenza impegnata, salvo necessiti per particolari esigenze occasionali.

Il risparmio ottenibile da una migliore gestione del consumo di energia si può ricavare azzerando il consumo annuo che si ha in F1, attualmente pari a 833 kWh/anno, corrispondenti a circa 185 €/anno.

Cinema comunale

Il cinema, come indicato dal tecnico comunale, viene utilizzato occasionalmente per eventi come sala incontri (indicativamente 1 o 2 sere al mese).

Consumo annuo: 4902 kWh.

Riporto il suo profilo di consumo elettrico:

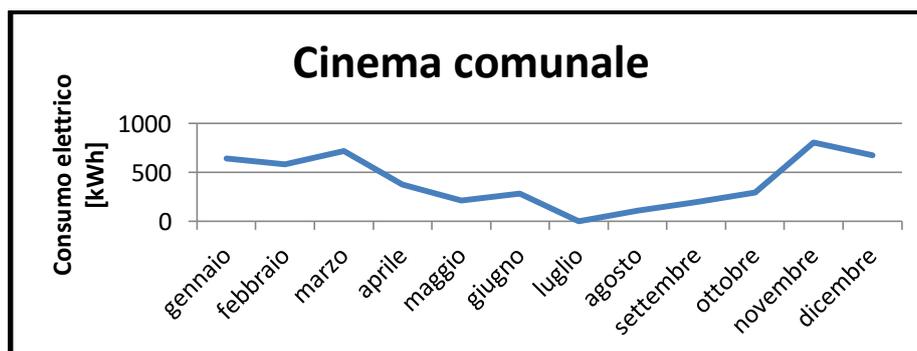


Figura 34 - Profilo di consumo - Cinema comunale

Prima di stimare il risparmio controllo il profilo di consumo diviso per fasce, per verificare il suo comportamento.

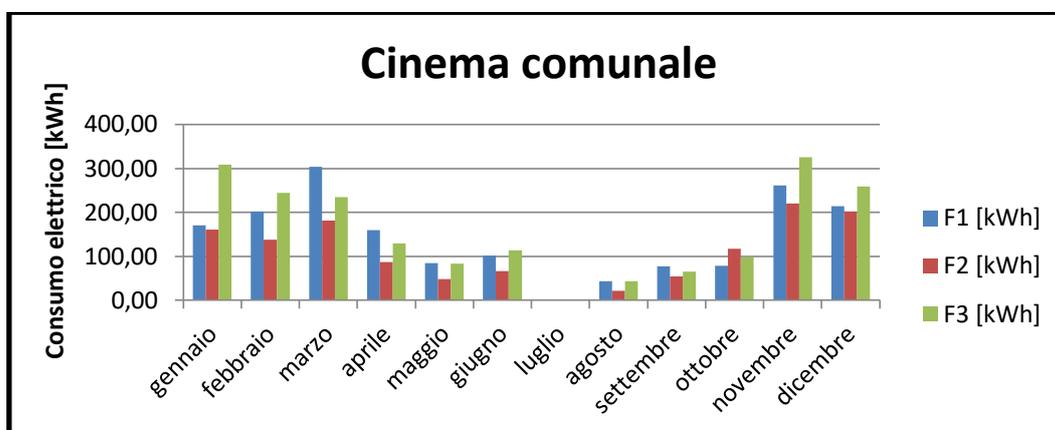


Figura 35 - Profilo di consumo diviso per fasce - Cinema comunale

La fascia F3 è quella che presenta il consumo maggiore per la maggior parte dell'anno. Trattandosi di un cinema, il cui funzionamento dovrebbe essere nel periodo serale/notturno, ha una quota di energia consumata in F1 troppo elevata. Se l'edificio non è utilizzato anche per altri scopi, durante la fascia F1 i consumi vanno azzerati con un sistema a basso costo di disattivazione automatica degli impianti durante le ore notturne.

Utenze di tipo vario

Anche in questo caso non esistono valori di benchmark o target con cui confrontare i consumi di queste utenze, perciò si proseguirà con analisi specifiche.

Pensiline del bus

Per le due pensiline del bus bisogna fare un'analisi simile a quella per l'illuminazione pubblica, infatti il consumo prevalente lo si ha nelle fasce F2 ed F3.

Tabella 33 – Calcolo risparmi pensiline bus

	F1 [kWh]	F2 [kWh]	F3 [kWh]	TOT [kWh]	Potenza installata [W]	Ore equivalenti [ore/anno]	Benchmark [ore/anno]	Risparmi [kWh]	Risparmi [euro]
Pensilina 1	8,00	37,00	94,00	139,00	30	4.633	4200	13	2,86
Pensilina 2	6,00	34,00	90,00	130,00	30	4.333	4200	4	0,88

Come si può vedere, il risparmio ottenibile dall'abbassamento delle ore di funzionamento produce, per la bassa potenza installata ed usata, risparmi trascurabili.

Magazzino comunale

Il magazzino comunale viene utilizzato esclusivamente dai dipendenti comunali, perciò esclusivamente di giorno, in fascia F1.

Consumo annuo: 3680 kWh.

Riporto il suo profilo di consumo elettrico:



Figura 36 - Profilo di consumo - Magazzino comunale

Prima di stimare il risparmio controllo il profilo di consumo diviso per fasce, per verificare il suo comportamento.

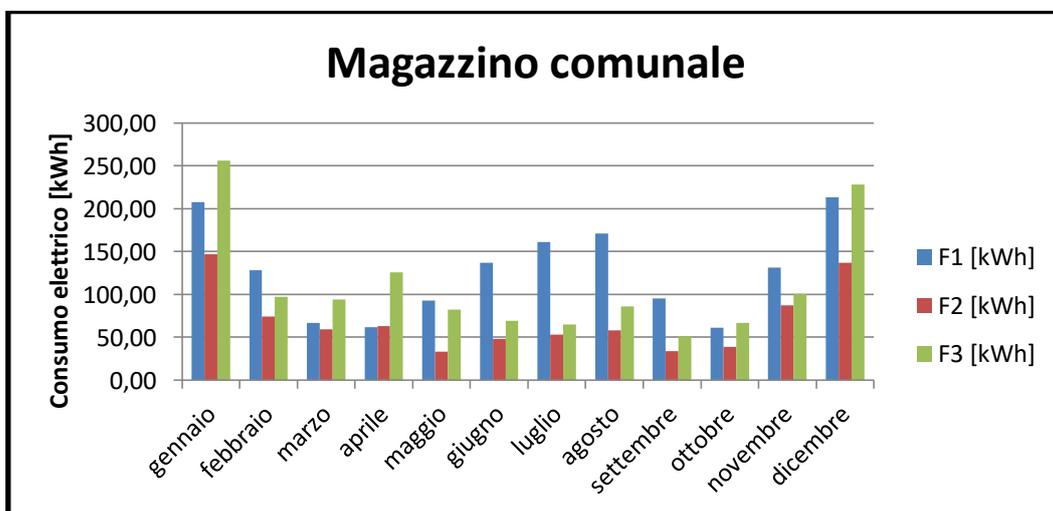


Figura 37 - Profilo di consumo diviso per fasce - Magazzino comunale

Il risparmio ottenibile da una migliore gestione del consumo di energia si può ricavare azzerando il consumo annuo che si ha in F2 ed F3, rispettivamente pari a 832 e 1321 kWh/anno, corrispondenti a circa 475 €/anno installando un sistema a basso costo di disattivazione automatica degli impianti nelle ore notturne..

Torrette mercatali

Le torrette mercatali vengono utilizzate solo durante il mercato, ovvero principalmente nella fascia F1. Ci possono essere consumi ridotti in F3 ed F2.

Consumo annuo: 6606 kWh.

Riporto il suo profilo di consumo elettrico:

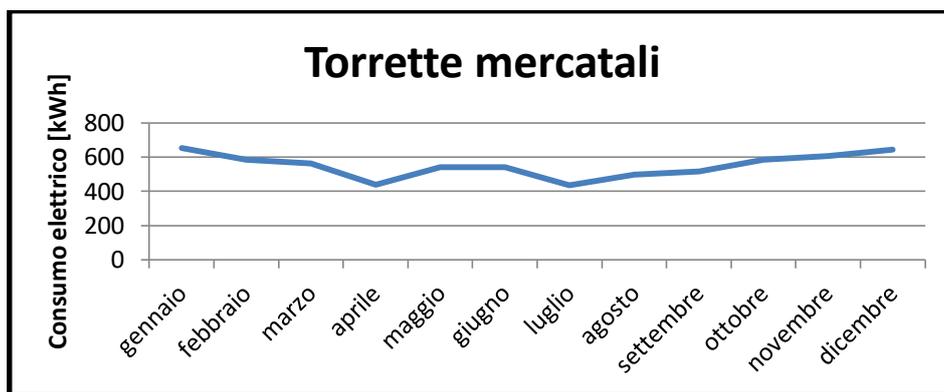


Figura 38 - Profilo di consumo - Magazzino comunale

Prima di stimare il risparmio controllo il profilo di consumo diviso per fasce, per verificare il suo comportamento.

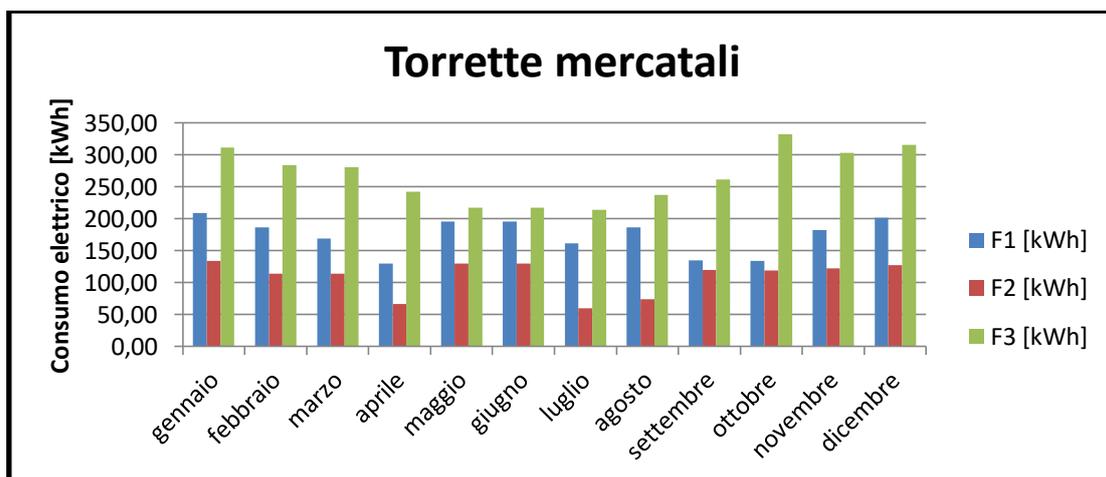


Figura 39 - Profilo di consumo diviso per fasce - Torrette mercatali

Dal profilo di consumo diviso per fasce si nota la presenza di anomalie, infatti la quota di consumo prevalente è quella in F3.

La stima del risparmio prevedrebbe un azzeramento della quota in F3, ma dato il profilo non è giustificabile. Si raccomanda un'analisi ad hoc per questo tipo di utenza (utilizzo di terzi occasionale?), e comunque l'installazione di un sistema a basso costo di disattivazione automatica degli impianti nelle ore di uso non mercatale.

Campanile

Per il campanile bisogna fare un'analisi simile a quella per l'illuminazione pubblica, con il controllo sulle ore di funzionamento. La potenza installata è pari a 1,5 kW, dato fornito dal comune.

Tabella 34 – Calcolo risparmi campanile

	F1 [kWh]	F2 [kWh]	F3 [kWh]	TOT [kWh]	Potenza installata [kW]	Ore equivalenti [ore/anno]	Benchmark [ore/anno]	Risparmi [kWh]	Risparmi [euro]
Campanile	4.844,00	1.429,00	1.700,00	7.973,00	1,5	5.315	4200	1673	368 €

Utilizzando un valore di benchmark pari a 4200 ore/anno (valore non verificato), si ipotizza un risparmio di circa 370 €/anno.

Cimitero comunale

Consumo annuo: 1099 kWh.

Riporto il suo profilo di consumo elettrico:

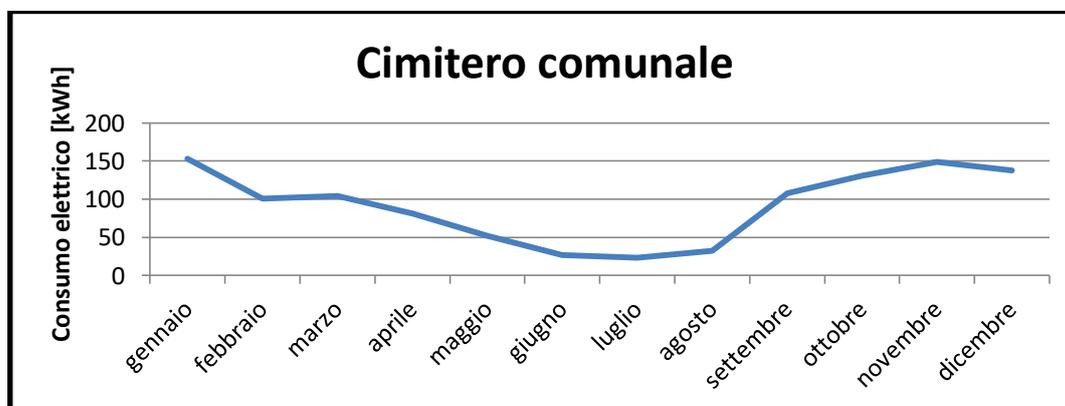


Figura 40 -Profilo di consumo - Cimitero comunale

Al fine del calcolo dei risparmi è un'utenza trascurabile.

Impianti FER (Fonti di energia rinnovabile)

L'unico impianto ad energia rinnovabile di competenza comunale consiste in un piccolo impianto fotovoltaico situato sul tetto della scuola primaria "E. De Amicis" ed è adibito alla produzione di energia elettrica autoconsumata da parte della scuola. Non ci sono dati di monitoraggio disponibili.

La potenza di picco dell'impianto è pari a 3 kW, per cui si prevede una auto produzione di 3000 kWh/anno, di cui solo il 20-25% per autoconsumo. Questo valore di massima proviene da studi precedenti affrontati dall'Ing. Gerbo

Si segnala che i consumi diretti dell' energia autoprodotta (750 kWh circa) vanno sommati ai consumi della scuola, ma sono trascurabili, a conferma del non corretto dimensionamento FV a utenza scuola.

Edifici – Bollette termiche

L'analisi delle bollette consiste nell'organizzare i dati di consumo e di costo ricavabili dalle fatture stesse, per poi analizzare alcuni parametri come il costo specifico [$\text{€}/\text{Sm}^3$] e i consumi specifici (ad esempio il consumo per unità di superficie o il consumo per grado giorno).

Viene anche analizzato il profilo di consumo annuale per verificare la presenza di eventuali anomalie.

Le bollette fanno riferimento al PDR (Punto di riconsegna) ed a un indirizzo di fornitura.

Dall'anagrafica risultano 12 utenze termiche di competenza comunale così composte:

Edifici adibiti a scuola:

- Asilo nido "G. V. Navone"
- Scuola primaria "G. Rodari"
- Scuola primaria "E. De Amicis"
- Scuola secondaria "A. Astesano"

Edifici adibiti ad uffici:

- Municipio

Edifici adibiti ad attività ricreative ed associative:

- Sede associazioni varie
- Palazzo Richetta
- Caserma volontari Vigili del fuoco
- Cinema comunale
- Confraternita

Edifici adibiti ad attività sportive:

- Palestra scuola primaria "E. De Amicis"

Altro:

- Magazzino comunale

Per prima cosa, dopo aver organizzato i dati di consumo e di costo delle bollette in un foglio dati, si sono ricavati ed analizzati i consumi annuali (anche per identificare l'incidenza dei siti più rilevanti sui consumi termici), il costo medio unitario ed i profili di consumo.

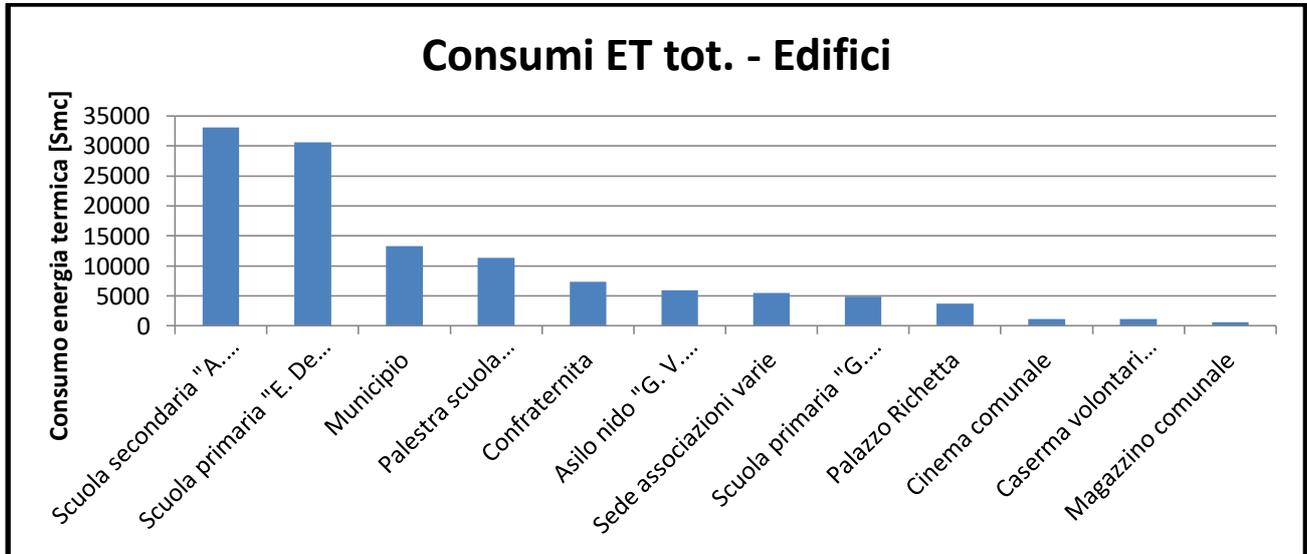


Figura 41 - Consumi energia termica edifici

Tutte le utenze, a parte il magazzino, utilizzano l'energia termica per il riscaldamento (ed al più per la produzione di acqua calda sanitaria).

Il magazzino utilizza il gas esclusivamente per la produzione di acs e per questo motivo verrà escluso dalle analisi successive.

E' anche interessante vedere l'ammontare dei consumi della sola stagione di riscaldamento, ovvero quello riferito ai mesi di ottobre, novembre, dicembre, gennaio, febbraio marzo ed aprile, depurato dalla quota di acqua calda sanitaria. Quest'ultima è stata ricavata facendo la media dei consumi estivi, convenzionalmente imputabili alla sola produzione di acs.

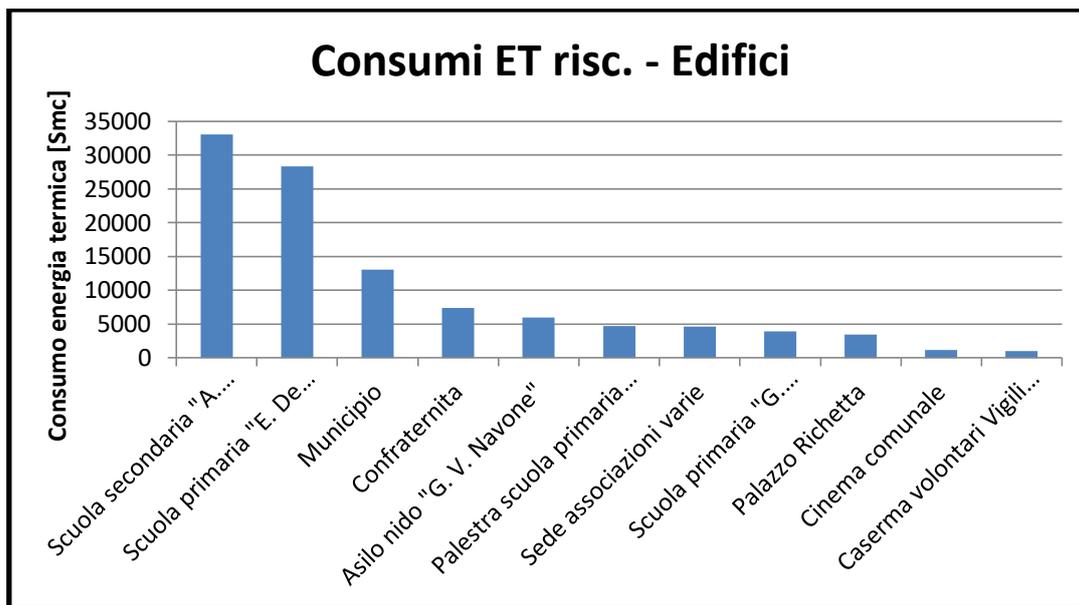


Figura 42 - Consumi energia termica edifici stagione risc. senza acs

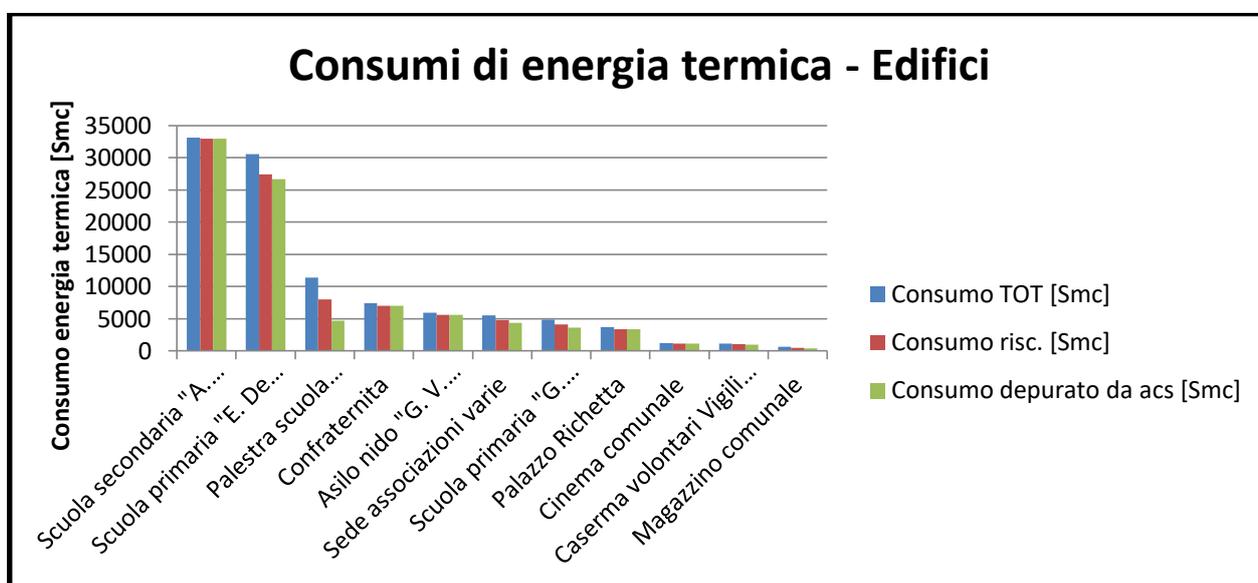


Figura 43 - Riepilogo consumi energia termica edifici

Nei casi in cui il consumo per riscaldamento eguaglia il consumo depurato dalla produzione di acs, vuol dire che non c'è produzione di quest'ultima, tranne per le scuole dove la chiusura estiva non permette una valutazione di questo tipo.

Le utenze per cui non vi è la produzione di acqua calda sanitaria sono:

- Confraternita
- Cinema comunale

Edifici – ET – costo unitario medio

Dall'analisi del costo specifico medio annuale [$\text{€}/\text{Sm}^3$], calcolato come media dei rapporti tra consumo mensile e spesa mensile (IVA inclusa), risulta:

Tabella 35 – costo specifico medio sul totale - ET

Totale 2017				
Denominazione	Consumo [Smc]	Spesa da bolletta [euro]	Spesa comune [euro]	Costo medio unitario Iva inclusa [euro/Smc]
Palazzo Richetta	3.702	€ 2.925	€ 2.425,8	0,79
Caserma volontari Vigili del fuoco	1.127	€ 767	€ 654,8	0,68
Sede associazioni varie	5.481	€ 3.827	€ 3.165,0	0,70
Confraternita	7.376	€ 5.546	€ 4.574,5	0,75
Scuola secondaria "A. Astesano"	33.098	€ 23.353	€ 19.181,7	0,71
Magazzino comunale	594	€ 364	€ 321,8	0,61
Municipio	13.257	€ 9.686	€ 7.971,0	0,73
Scuola primaria "G. Rodari"	4.846	€ 3.386	€ 2.802,7	0,70
Asilo nido "G. V. Navone"	5.940	€ 4.162	€ 3.431,7	0,70
Scuola primaria "E. De Amicis"	30.579	€ 21.617	€ 17.757,4	0,71
Palestra scuola primaria "E. De Amicis"	11.380	€ 8.334	€ 6.860,4	0,73
Cinema comunale	1.170	€ 1.250	€ 1.051,4	1,07
TOT	118.551	€ 85.216,3	€ 70.198,0	0,74

Ricordando il valore di benchmark pari a 0,85 €/Smc si può notare che la situazione, per quanto riguarda il costo specifico medio del gas naturale, è buona. Infatti tutti i valori, tranne il cinema che ha un consumo annuale molto basso, sono al di sotto del valore di benchmark.

Tabella 36 - costo specifico medio sulla stagione riscaldamento - ET

Stagione riscaldamento				
Denominazione	Consumo [Smc]	Spesa da bolletta [euro]	Spesa comune [euro]	Costo medio unitario inverno IVA inclusa [euro/Smc]
Palazzo Richetta	3.465	€ 2.586,6	€ 2.147,0	0,75
Caserma volontari Vigili del fuoco	1.071	€ 699,8	€ 599,4	0,65
Sede associazioni varie	5.105	€ 3.507,0	€ 2.901,0	0,69
Confraternita	7.376	€ 5.339,1	€ 4.403,6	0,72
Scuola secondaria "A. Astesano"	33.098	€ 23.096,9	€ 18.965,2	0,70
Magazzino comunale	511	€ 311,8	€ 275,6	0,61
Municipio	13.066	€ 9.337,1	€ 7.682,3	0,71
Scuola primaria "G. Rodari"	4.435	€ 3.095,9	€ 2.563,9	0,70
Asilo nido "G. V. Navone"	5.940	€ 4.131,3	€ 3.403,9	0,70
Scuola primaria "E. De Amicis"	29.127	€ 20.394,2	€ 16.749,3	0,70
Palestra scuola primaria "E. De Amicis"	8.526	€ 6.221,0	€ 5.126,6	0,73
Cinema comunale	1.170	€ 1.049,6	€ 886,4	0,90
TOT	112.890	€ 79.770,2	€ 65.704,1	0,71

Anche considerando solo i mesi di riscaldamento (da ottobre ad aprile) i valori sono simili o al di sotto del valore di benchmark.

Edifici - ET - profili di consumo

Di seguito i profili di consumo delle singole utenze:

Scuole

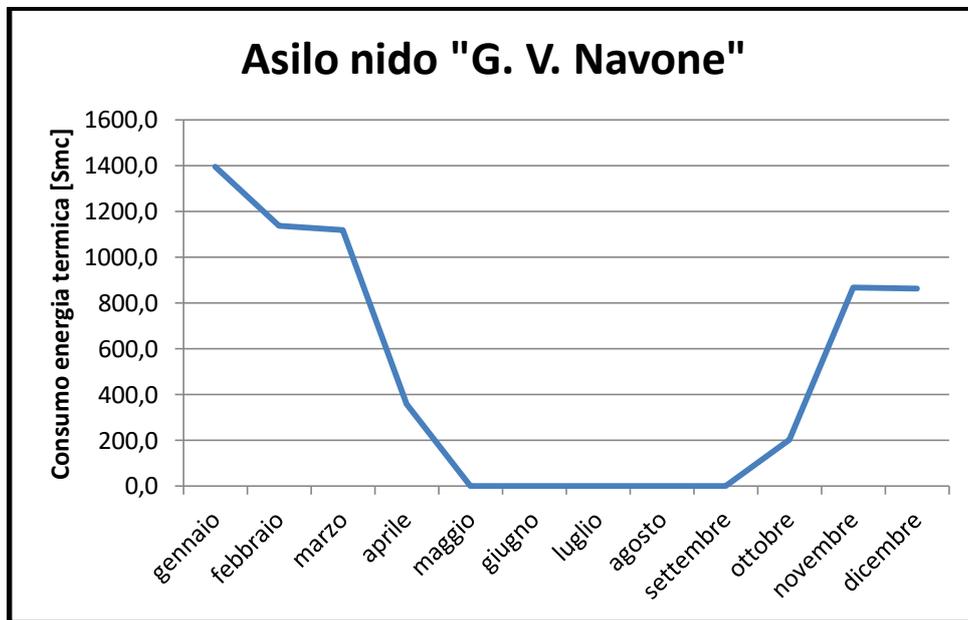


Figura 44 - Profilo di consumo termico – Asilo

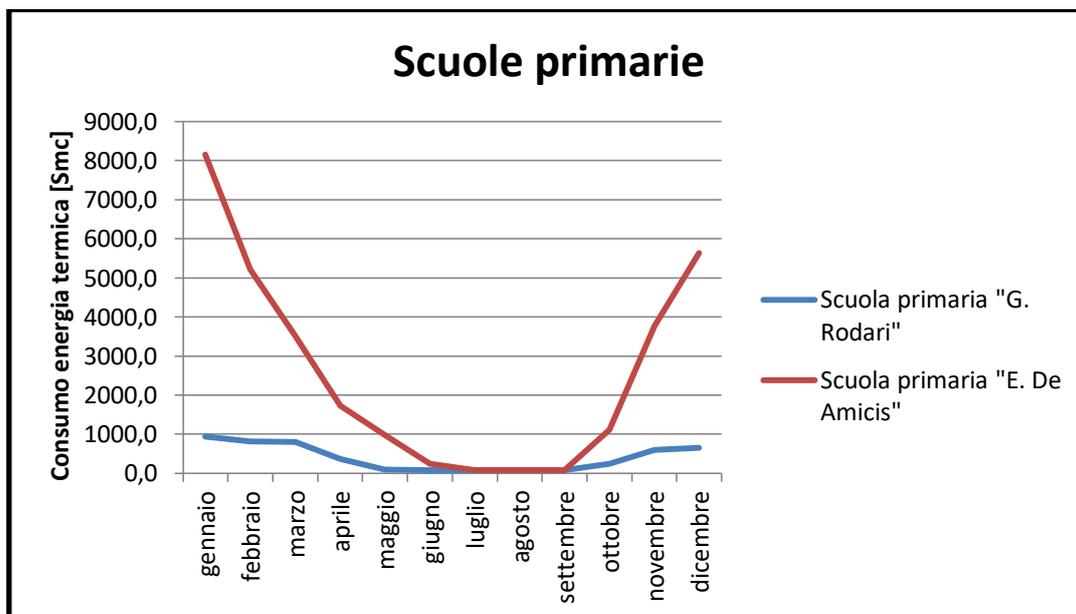


Figura 45 - Profilo di consumo termico – scuole primarie

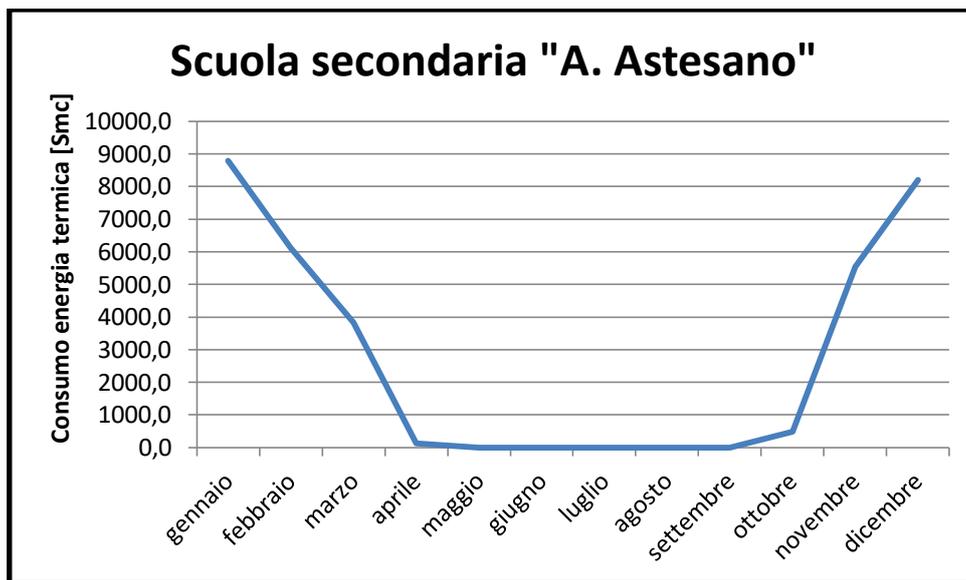


Figura 46 - Profilo di consumo termico – scuola secondaria

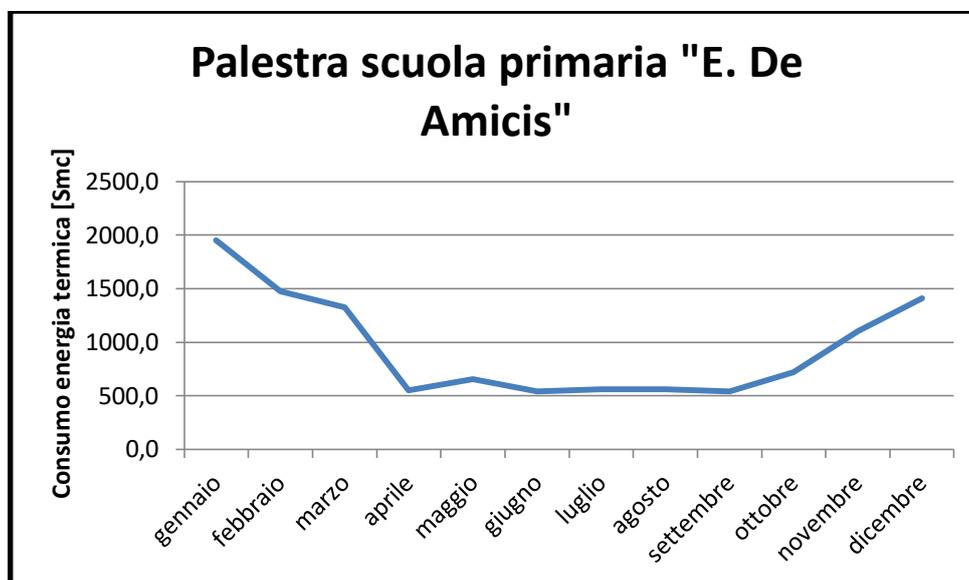


Figura 47 - Profilo di consumo termico – Palestra

Le scuole (e la palestra) hanno un profilo di assorbimento tipico a “vasca”, che segue l’andamento climatico del Nord Italia.

Si può notare infatti che nei mesi da maggio a settembre, quando non c’è bisogno di riscaldamento, il consumo è nullo per le scuole e molto basso per la palestra, che probabilmente viene utilizzata anche in estate con un consumo di acs. Il consumo si impenna in corrispondenza dei mesi dove la temperatura media esterna è più rigida (dicembre – gennaio). Da notare che in genere a Maggio c’è un prolungamento di consumi per riscaldamento.

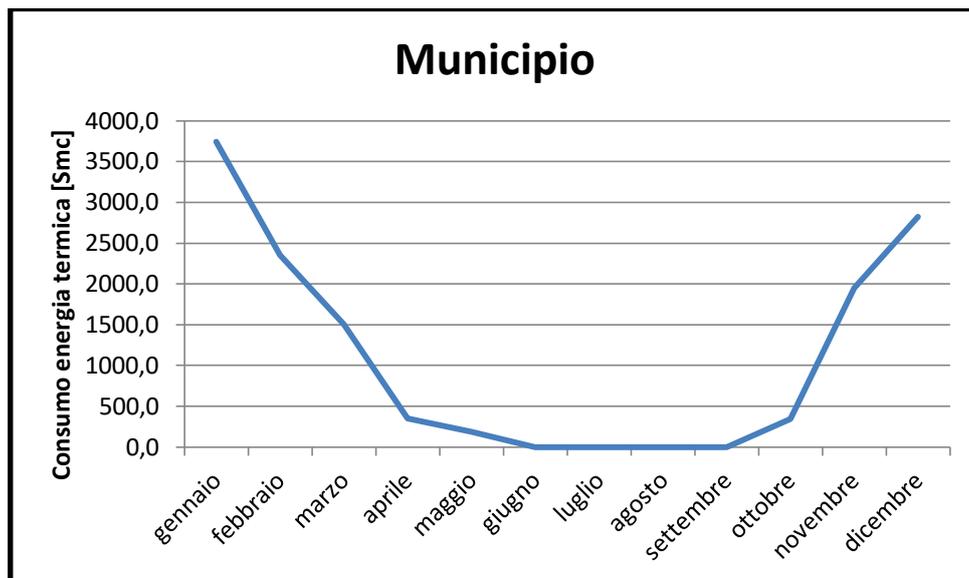


Figura 48 - Profilo di consumo termico – Municipio

Il municipio ha un profilo di assorbimento tipico a “vasca”.

Si può notare infatti che nei mesi da maggio a settembre, quando non c'è bisogno di riscaldamento, il consumo è nullo. Il consumo si impenna in corrispondenza dei mesi dove la temperatura media esterna è più rigida (dicembre – gennaio).

Attività ricreative

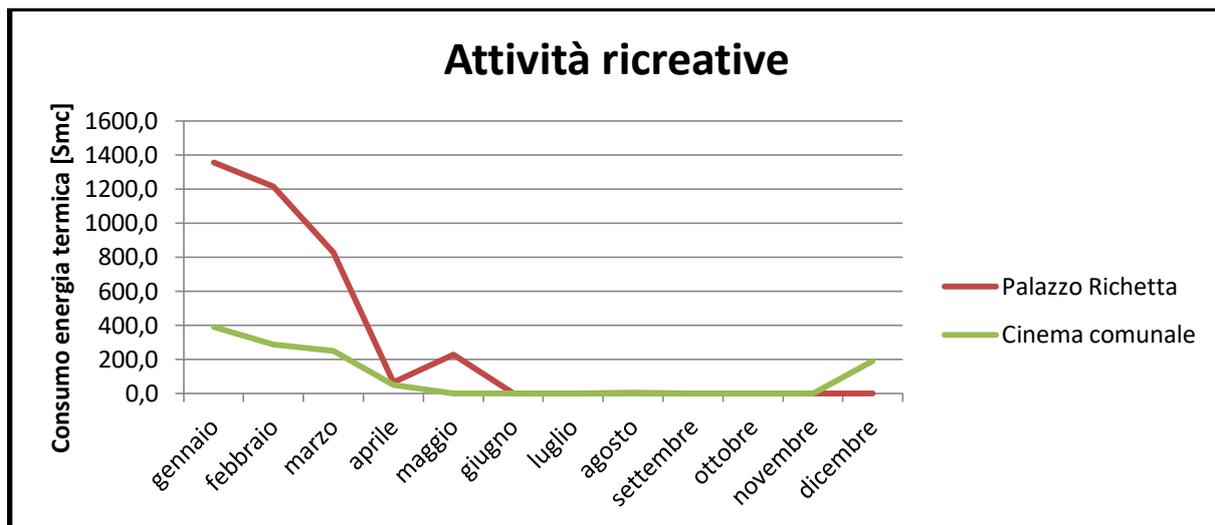


Figura 49 - Profilo di consumo termico – Attività ricreative

Palazzo Richetta: è un edificio storico situato in piazza Supponito 7, appartenuto alla casata Richetta, che regnava su Villanova d’Asti. Il palazzo, adibito a cerimonie e manifestazioni culturali occasionali, non è più di competenza del comune per quanto riguarda la fornitura di energia termica a partire dall’agosto 2017. Si può notare come infatti il consumo a partire dal mese di giugno sia nullo.

Cinema comunale: è utilizzato occasionalmente, circa un paio di sere al mese. Il suo profilo è influenzato principalmente dall’utilizzo, in quanto il riscaldamento viene acceso solo quando il cinema è aperto. Anche in questo caso si nota comunque un profilo che si abbassa in corrispondenza dei mesi estivi (in realtà è trascurabile fino ad ottobre).

Attività associative

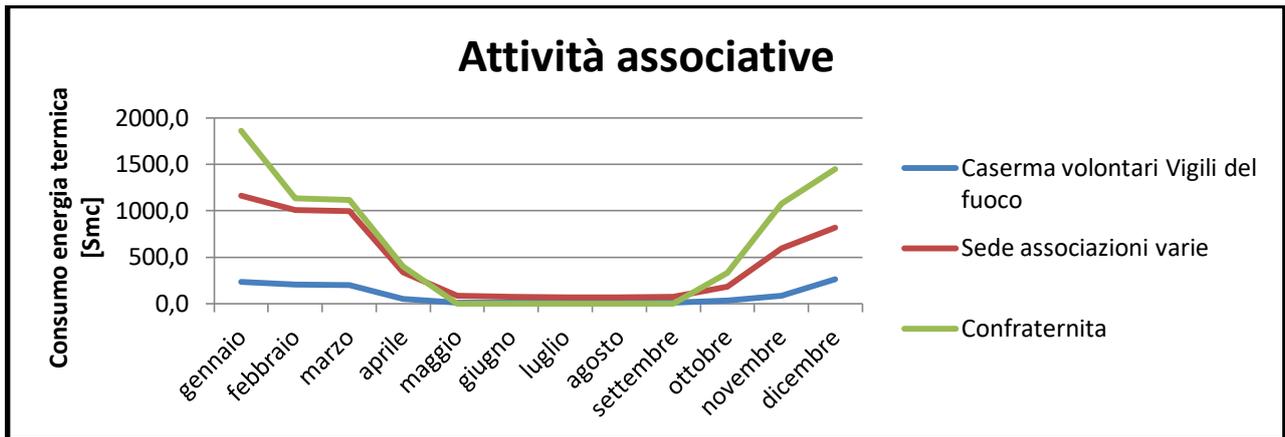


Figura 50 - Profilo di consumo termico – Attività associative

Gli edifici adibiti ad attività associative presentano profili di consumo termico coerenti, con un consumo quasi nullo nei mesi estivi, e i picchi in corrispondenza dei mesi più freddi.

Altro



Figura 51 - Profilo di consumo termico – Magazzino

Per completezza ho inserito anche il profilo del magazzino comunale, che utilizza l'energia termica solamente per la produzione di acqua calda sanitaria (è l'utenza col minor consumo, pari a 594 Smc/anno). Emerge comunque un profilo incoerente in quanto non stabile neanche nei mesi invernali.

Edifici – ET - Analisi

L'analisi delle bollette di energia termica per il riscaldamento fornisce una indicazione del livello di consumo, ma non consente di approfondirne le cause. Anche per edifici con consumi unitari inferiori al benchmark è opportuno comunque meglio approfondire con l'uso di specifici algoritmi di diagnosi.

Dall'analisi delle bollette, nello specifico, si è osservato che per alcune utenze i consumi di alcuni mesi, tra quelli della stagione di riscaldamento, sono stati stimati mentre per altre sono precisi, derivando da letture. Per questo motivo gli strumenti di analisi a mia disposizione saranno applicati esclusivamente ad alcune utenze con dati affidabili:

- Scuola secondaria "A. Astesano"
- Municipio
- Scuola primaria "E. De Amicis"
- Palestra scuola primaria "E. De Amicis"

Ho applicato l'analisi anche a:

- Scuola primaria "G. Rodari"

Solo per vedere i risultati ottenuti a partire da dati di input stimati (in questo caso i consumi da bolletta non erano esaustivi).

Le analisi svolte di seguito consentono di rispondere alle seguenti domande:

- I consumi unitari per unità di superficie complessivi sono allineati al benchmark?
- La temperatura media interna dei locali è superiore ai valori prescritti di comfort?
- Al variare della temperatura esterna (gradi giorno) il consumo di combustibile è proporzionale?
- Il manutentore/conduttore gestisce in modo idoneo l'impianto?
- La potenza del generatore di calore è idonea per le necessità dell'edificio?
- L'edificio evidenzia consumi tipici di un edificio ben o sufficientemente coibentato o di un edificio da coibentare?

Firma energetica

La firma energetica consiste in una rappresentazione grafica di un valore in funzione di un parametro esterno. In questo caso si analizza la potenza media del generatore di calore presso un'utenza in funzione della temperatura media esterna.

Grazie a questo strumento si è in grado di stabilire il grado di adeguatezza della regolazione della caldaia e/o al modo di gestione del manutentore e dell'utilizzatore interno (rispetto alla temperatura ambiente interna), andando a controllare la linearità dei consumi con la temperatura esterna, il corretto mantenimento della temperatura interna e l'idoneità della potenza del generatore.

Per prima cosa si costruisce un grafico: in ascissa ci sono le temperature medie esterne e in ordinata la potenza media mensile espressa in kW (la firma energetica non è necessario, anche se fattibile, farla per periodi inferiori). La potenza media si ottiene dividendo il consumo mensile, espresso in kWh, per le ore medie di funzionamento, che sono regolamentate dall'AEEG in base alla fascia climatica dove si trova l'utenza (Villanova – fascia E – 14 ore/giorno di riscaldamento, valore verificato rispettato dal comune). Alle ore di funzionamento è stato moltiplicato un fattore 6/7 per tenere conto di uno spegnimento a quantomeno una riduzione degli impianti durante i giorni festivi. Si è scelto di adottare questa soluzione perché non si avevano ulteriori informazioni a riguardo. Quanto detto può influire in minima parte nei calcoli seguenti, alzando leggermente i valori delle potenze medie trovate. Questa analisi deve comprendere i 7 mesi della stagione di riscaldamento (da ottobre ad aprile).

La seconda fase consiste nel calcolare la retta di best fit tra i punti individuati. Questa equazione è calcolata direttamente dal software Excel.

Tramite questa equazione si possono calcolare due valori fondamentali per l'analisi:

- La temperatura reale esterna alla quale non è più richiesto calore dall'utenza con la gestione reale dell'impianto: si trova intersecando la curva ottenuta dall'equazione con l'ascissa (potenza media pari a zero). Se la temperatura trovata è più alta della temperatura interna di riferimento (circa 16 - 18°C tenendo conto degli apporti gratuiti) vuol dire che ci sono eccessi di consumo a causa di un eccesso di temperatura interna mantenuta.
- La potenza che si dovrebbe avere in funzione della temperatura esterna più rigida, regolamentata dall'AEEG (per Villanova la temperatura esterna di progetto è pari a -8°C): si trova imponendo, seguendo la retta di interpolazione dei dati mensili ricavati, la temperatura di riferimento nell'equazione trovata. Previo un aumento cautelativo del 10-15 % del valore ricavato, se si trova un valore inferiore alla potenza installata vuol dire che l'impianto è sottodimensionato (si possono avere dei fabbisogni di calore che non possono essere soddisfatti), mentre viceversa l'impianto è sovradimensionato (non si sfrutta a pieno il generatore installato).

Inoltre, anche la pendenza della retta e la dispersione dei punti intorno ad essa danno informazioni importanti: una pendenza eccessiva significa che la coibentazione è scarsa; una forte dispersione dei punti (lontananza dei punti dalla retta) significa che la regolazione del generatore o il modo di gestione del manutentore è inadeguata.

Si riportano le firme energetiche costruite per le utenze sopracitate:

Tabella 37 – Firma energetica – Scuola secondaria “A. Astesano”

Scuola secondaria "A. Astesano"			
Mese	Temperatura media esterna [°C]	Potenza media [kW]	Consumo specifico [kWh/GG]
gennaio	1,25	257	165
febbraio	5,6	198	144
marzo	11,5	112	158
aprile	13,5	8	17
ottobre	14,5	26	50
novembre	7,2	168	149
dicembre	1,8	240	158
Potenza consigliata	-8	493*	
Potenza zero	15,94	0	
generatore	-8	370	

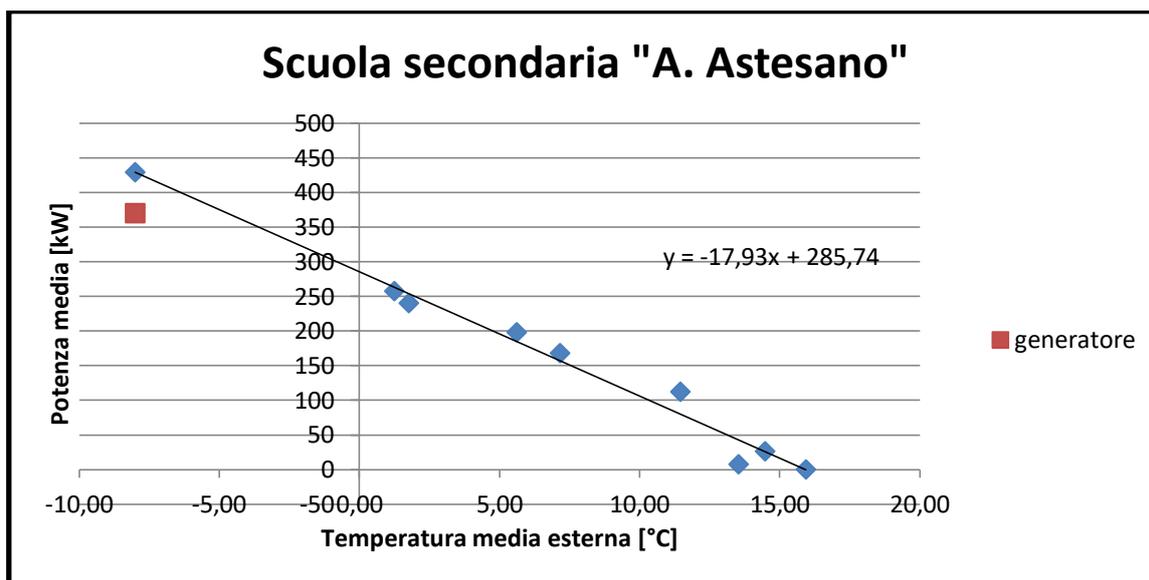


Figura 52 - Firma energetica – Scuola secondaria “A. Astesano”

Il controllo è positivo. La temperatura alla quale non è più richiesta energia termica è pari a 16°C, un valore più che adeguato tenendo conto che il limite superiore per evitare sprechi è 18°C. Inoltre l’impianto è ben dimensionato: la potenza consigliata è simile a quella attualmente installata e di taglia maggiore (in genere c’è un leggero sottodimensionamento della potenza installata). A parte marzo ed aprile anche la regolazione dell’impianto è buona in quanto i punti sul grafico sono vicini alla retta.

Tabella 38 – Firma energetica – Municipio

Municipio			
Mese	Temperatura media esterna [°C]	Potenza media [kW]	Consumo specifico [kWh/GG]
gennaio	1,25	110	70
febbraio	5,6	76	55
marzo	11,5	44	62
aprile	13,5	21	49
ottobre	14,5	18	35
novembre	7,2	59	52
dicembre	1,8	83	54
Potenza consigliata	-8,0	177*	
Potenza zero	17,64	0	
generatore	-8	180	

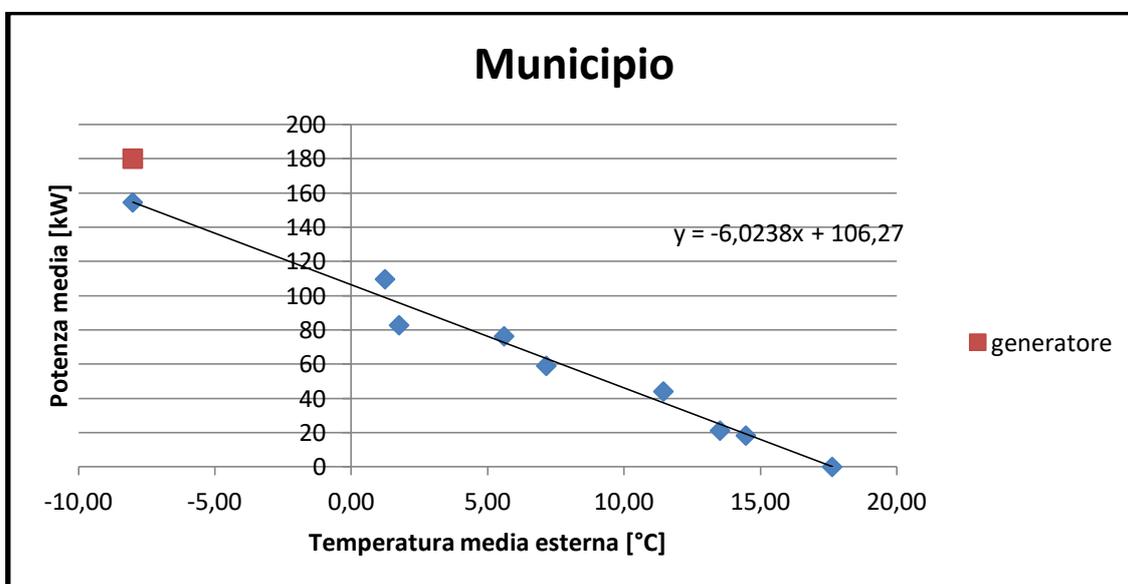


Figura 53 - Firma energetica – Municipio

Anche in questo caso la situazione è positiva. La temperatura a cui la potenza termica richiesta è nulla è pari a 17,6°C, valore nella norma. La potenza è 177 kW a dispetto dei 180 kW installati, dovuto ad un allineato dimensionamento. A parte febbraio anche la regolazione dell'impianto è buona in quanto i punti sul grafico sono vicini alla retta.

Tabella 39 – Firma energetica – Scuola primaria "E. De Amicis"

Scuola primaria "E. De Amicis"			
Mese	Temperatura media esterna [°C]	Potenza media [kW]	Consumo specifico [kWh/GG]
gennaio	1,25	239	153
febbraio	5,6	169	123
marzo	11,5	103	145
aprile	13,5	104	243
ottobre	14,5	60	113
novembre	7,2	114	102
dicembre	1,8	165	109
Potenza consigliata	-8,0	336*	
Potenza zero generatore	21,79 -8	0 504	

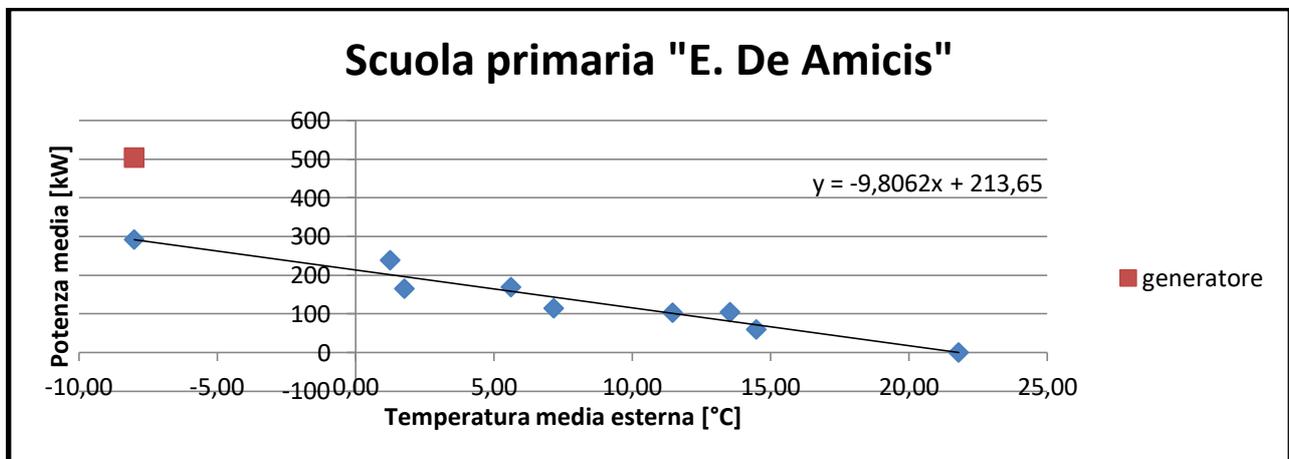


Figura 54 - Firma energetica – Scuola primaria "E. De Amicis"

La temperatura per cui la potenza termica richiesta è nulla è pari a circa 22°C. Questo significa che persiste una perdita di calore fissa. Riportando il set point a 18°C (+1°C) come da tolleranza di legge, si potrebbe raggiungere un risparmio del 12% sul consumo, tenendo conto che da studi su casi simili si stima il risparmio di circa il 4% a grado centigrado risparmiato.

La potenza consigliata è pari a 336 kW, circa la metà della potenza installata attualmente, pari a 500 kW circa. Questo è dovuto a un cattivo dimensionamento, che può anche incidere sulla gestione (attacca e stacca). Si consiglia di verificare la taratura del bruciatore e, al momento della sostituzione, di adeguare la taglia della caldaia.

La regolazione non è ottimale: lo si vede dalla dispersione dei punti, la maggior parte dei quali si trovano lontani dalla retta di best fit.

Tabella 40 – Firma energetica – Palestra scuola primaria "E. De Amicis"

Palestra scuola primaria "E. De Amicis"			
Mese	Temperatura media esterna [°C]	Potenza media [kW]	Consumo specifico [kWh/GG]
gennaio	1,25	57	37
febbraio	5,6	48	35
marzo	11,5	39	54
aprile	13,5	33	78
ottobre	14,5	38	73
novembre	7,2	33	30
dicembre	1,8	41	27
Potenza consigliata	-8,0	67*	
Potenza zero	46,77	0	
generatore	-8	206	

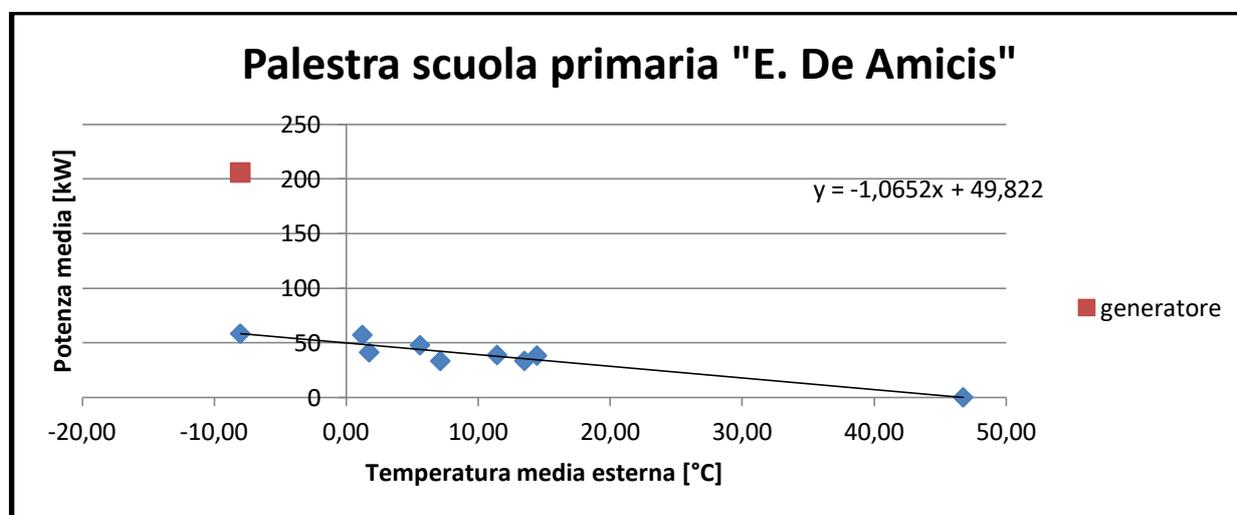


Figura 55 - Firma energetica – Palestra scuola primaria "E. De Amicis"

Premetto che la lettura di marzo è stimata da fattura, perciò i dati non sono affidabili come nei casi precedenti, anche se validi.

Per la palestra la gestione dell'energia termica non è buona. Innanzitutto la temperatura che azzerava la potenza termica richiesta è di circa 46°C, valore che non ha nessun senso e conferma solo l'inefficienza dell'impianto, probabilmente da ricanalizzare in base alle ore di utilizzo reale. Potrebbe essere dovuto ad una pessima regolazione oltretutto a perdite fisse consistenti o a tempi di messa a regime molto incidenti. Questo problema può anche essere accentuato dal cattivo dimensionamento dell'impianto, visto che la potenza consigliata, pari a 67 kW, è 3 volte più piccola di quella installata, pari a 206 kW circa.

Tabella 41 – Firma energetica – Scuola primaria "G. Rodari"

Scuola primaria "G. Rodari"			
Mese	Temperatura media esterna [°C]	Potenza media [kW]	Consumo specifico [kWh/GG]
gennaio	1,25	28	18
febbraio	5,6	27	19
marzo	11,5	24	33
aprile	13,5	22	52
ottobre	14,5	13	25
novembre	7,2	18	16
dicembre	1,8	19	13
Potenza consigliata	-8,0	32*	
Potenza zero	56,87	0	
generatore	-8	55,1	

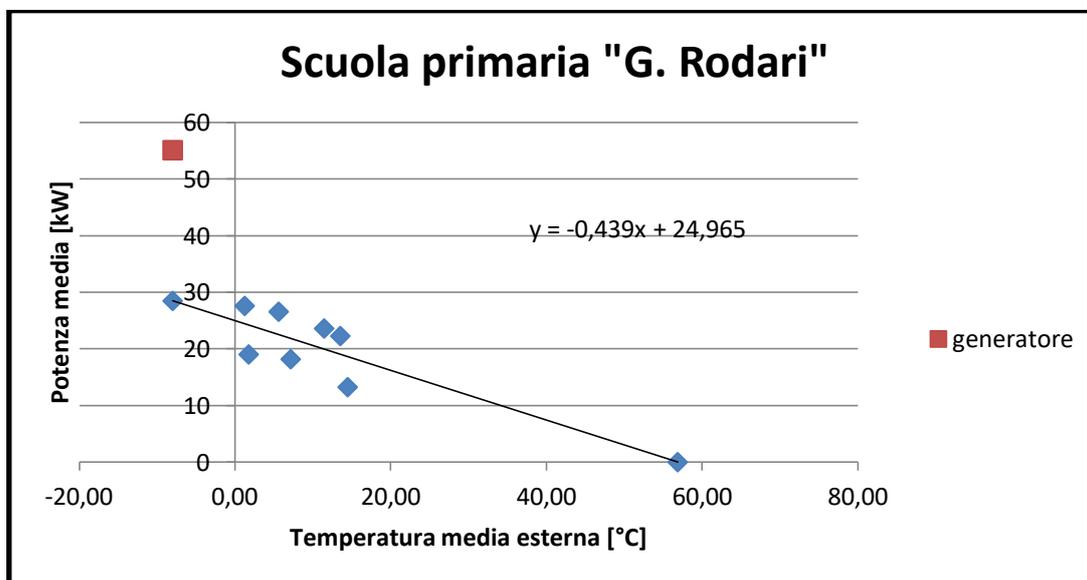


Figura 56 - Firma energetica – Scuola primaria "G. Rodari"

La scuola primaria “G. Rodari” ha una gestione simile a quella della palestra, pessima. Almeno in questo caso era prevedibile in quanto i dati di input sono stimati, questo a conferma solo del fatto che analisi senza dati affidabili portano a valutazioni errate. Solo a titolo illustrativo quindi, si veda come la temperatura che azzerla la potenza termica richiesta sia addirittura superiore a quella della palestra, e la potenza consigliata sia di circa la metà di quella installata. Inoltre, al contrario della palestra, qua si evidenzia bene la lontananza dei punti (quasi tutti) dalla retta di best fit. Quest’ultima informazione, insieme alle altre, è indice del livello di gestione dell’impianto.

Edifici – ET - Indici prestazionali

- **Costo medio unitario ($\text{€}/\text{Sm}^3$):** prezzo medio dell'energia utilizzata per riscaldamento per edifici e assimilabili. Dall'analisi di tutte le bollette, considerando tutti mesi dell'anno si ricava un valore medio pari a $0,74 \text{ €}/\text{Sm}^3$. Prendendo in esame invece solo i mesi invernali (ottobre – aprile), si ricava un valore medio pari a $0,71 \text{ €}/\text{Sm}^3$, inferiore al valore di benchmark, pari a $0,85 \text{ €}/\text{Sm}^3$, ovvero a $0,08 \text{ €}/\text{kWh}$ (benchmark ricavato da dati rilevati in altri comuni).
- **Indice consumo per riscaldamento $\left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}}\right]$:** esprime il consumo di energia annuale di un edificio riferito alla superficie. Il consumo dipende direttamente dalla tipologia dell'involucro edilizio (superfici opache e serramenti), dal loro grado di isolamento termico, dalla tipologia dell'impianto di riscaldamento e/o raffrescamento e dal relativo stato manutentivo/gestionale. E' un indice che corrisponde dimensionalmente a quello per l'attestato di prestazione energetica (APE). In generale è utile riportare tale consumo alla stagione convenzionale (dividendo il consumo specifico per i Gradi Giorno reali e rimoltiplicandolo per i Gradi Giorno Convenzionali da DPR 412/93, si veda voce successiva per la definizione di Grado Giorno) in modo da poter confrontare il valore così ottenuto con quello di altre stagioni, escludendo la variazione dovuta alla differenza di rigidità climatica che può presentarsi fra una stagione di riscaldamento e l'altra $\left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}*\text{GG}}\right]$. Si parla in questo caso di consumi normalizzati.

Gradi giorno

Il Grado Giorno è un indicatore del fabbisogno termico di una certa utenza in relazione di quanto fa freddo all'esterno. Matematicamente consiste nella sommatoria, estesa a tutti i giorni di un periodo convenzionale di riscaldamento, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna (fissata in maniera convenzionale pari a 20°C) e la temperatura media esterna giornaliera.

$$GG = \sum_{i=1}^n (T_{int} - T_{est})$$

n = numero di giorni della stagione considerata, solitamente pari alla stagione di riscaldamento.

T_{int} = temperatura interna, pari a 20°C

T_{est} = temperatura media esterna

Per il calcolo dei gradi giorno utili all'analisi (riferiti al 2017) è stata utilizzata come fonte per le temperature medie esterne giornaliere il sito internet www.tiutempo.net.

Tabella 42 - GG

	gennaio	febbraio	marzo	aprile	ottobre	novembre	dicembre
T_{est} [°C]	1,25	5,61	11,45	13,53	14,48	7,16	1,76
GG	581,30	442,80	264,90	77,20	107,40	385,20	565,30

I GG totali per la stagione di riscaldamento 2017 sono pari a 2424.

I GG ufficiali stabiliti dall'autorità sono invece 2701, quindi i consumi reali saranno inferiori a quelli della stagione tipo.

Edifici – ET – Stima dei risparmi

Analisi generale dell'edificio

La stima dei risparmi derivante dall'ottimizzazione dell'indice di consumo specifico per unità di superficie è stata effettuata tramite confronto con il valore di benchmark, che ricordo pari a 170 kWh/(m² * anno), valore cautelativo adatto per edifici non recenti e riferito a superficie netta. L'indice che si confronta è stato calcolato normalizzando il consumo rispetto ai gradi giorno convenzionali. Il costo applicato per la quantificazione economica dei risparmi è di 0,7 €/Sm³, valore medio trovato dall'analisi delle bollette dei soli mesi della stagione di riscaldamento.

Tabella 43 - Risparmi derivanti da consumo per unità di superficie netta (con IVA)

Denominazione	Superficie netta [mq]	Consumo con coef. C [Smc]	Consumo normalizzato [Smc]	Consumo normalizzato [kWh]	Consumo specifico [kWh/(mq*anno)]	Risparmi [kWh/anno]	Risparmi [Smc/anno]	Risparmi [euro/anno]
Palazzo Richetta	391	3.702	4.125	44.935	115			
Caserma volontari Vigili del fuoco	118	1.127	1.256	13.685	116			
Sede associazioni varie	207	5.481	6.107	66.527	322	31.365	2.879	€ 2.052
Confraternita	1.150	7.376	8.219	89.529	78			
Scuola secondaria "A. Astesano"	2.137	33.098	36.879	401.742	188	38.469	3.531	€ 2.517
Magazzino comunale	283	594	662	7.207	25			
Municipio	417	13.257	14.771	160.913	386	89.988	8.261	€ 5.888
Scuola primaria "G. Rodari"	316	4.846	5.400	58.826	186	5.024	461	€ 329
Asilo nido "G. V. Navone"	609	5.940	6.619	72.105	118			
Scuola primaria "E. De Amicis"	1.621	30.579	34.072	371.167	229	95.654	8.781	€ 6.259
Palestra scuola primaria "E. De Amicis"	558	11.380	12.680	138.130	247	43.242	3.969	€ 2.829
Cinema comunale	700	1.170	1.304	14.201	20			
TOT						303.742	27.883	€ 19.875

Per le scuole si è calcolato anche il risparmio derivante dall'indice che relaziona il consumo annuo al numero di alunni. Per ricavare il valore di benchmark si è proceduto come per l'energia elettrica: si è moltiplicato il benchmark di consumo per unità di superficie ($170 \text{ kWh}/(m^2 * \text{anno})$) per il benchmark di densità ($7 (m^2/\text{alunno})$), ricavando un valore di $1.190 \text{ kWh}/(\text{alunno} * \text{anno})$.

Tabella 44 - Risparmi derivanti da consumo per unità di alunno

Denominazione	Numero alunni	Consumo [Smc]	Consumo normalizzato [Smc/anno]	Consumo normalizzato [kWh/anno]	Consumo specifico [kWh/(alunno*anno)]	Benchmark [kWh/(alunno*anno)]	Risparmi [kWh/anno]	Risparmi [Smc/anno]	Risparmi [euro/anno]
Scuola secondaria "A. Astesano"	290	33.098	36.879	401.742	1.385	1.190	56.642	5.200	€ 3.706
Scuola primaria "G. Rodari"	90	4.846	5.400	58.826	654	1.190			
Asilo nido "G. V. Navone"	80	5.940	6.619	72.105	901	1.190			
Scuola primaria "E. De Amicis"	200	30.579	34.072	371.167	1.856	1.190	133.167	12.224	€ 8.714
TOT							189.809	17.424	€ 12.420

Se il valore di saving è superiore a quello ottenuto nella tabella precedente, significa che il risparmio è composto da una quota per gestione e una quota "occulta" per eccesso di spazi procapite. Se invece il saving c'è solo nella tabella alunni significa che questo è solo "occulto" per eccesso di spazi procapite.

Ovviamente migliorando il primo indice, anche il secondo migliora. Di conseguenza non si devono sommare i risparmi, ma si considerano quelli maggiori tra quelli derivanti dal primo o dal secondo indice:

Tabella 45 - Risparmi per confronto con indici prestazionali

Denominazione	Superficie netta [mq]	Consumo con coef. C [Smc]	Consumo normalizzato [Smc]	Consumo normalizzato [kWh]	Risparmi [euro/anno]
Palazzo Richetta	391	3.702	4.125	44.935	
Caserma volontari Vigili del fuoco	118	1.127	1.256	13.685	
Sede associazioni varie	207	5.481	6.107	66.527	€ 2.052
Confraternita	1.150	7.376	8.219	89.529	
Scuola secondaria "A. Astesano"	2.137	33.098	36.879	401.742	€ 3.706
Magazzino comunale	283	594	662	7.207	
Municipio	417	13.257	14.771	160.913	€ 5.888
Scuola primaria "G. Rodari"	316	4.846	5.400	58.826	€ 329
Asilo nido "G. V. Navone"	609	5.940	6.619	72.105	
Scuola primaria "E. De Amicis"	1.621	30.579	34.072	371.167	€ 8.714
Palestra scuola primaria "E. De Amicis"	558	11.380	12.680	138.130	€ 2.829
Cinema comunale	700	1.170	1.304	14.201	
TOT					€ 23.519

Dall'analisi eseguita tramite l'applicazione della firma energetica sono emerse le seguenti considerazioni:

- Scuola secondaria "A. Astesano"
- Municipio

Per questi due siti non si ipotizzano risparmi ottenibili da una migliore conduzione dell'impianto, in quanto già efficiente.

- Palestra scuola primaria "E. De Amicis"

Per la palestra non è possibile quantificare dei risparmi ottenibili da una migliore conduzione dell'impianto, in quanto ci sono delle anomalie (temperatura che azzerava la richiesta termica troppo elevata e potenza consigliata lontana da quella installata) che inficerebbero il calcolo degli stessi. Si raccomanda un'analisi ad hoc per questa utenza.

- Scuola primaria "E. De Amicis"

Per questa utenza si è proceduto ad un'analisi di dettaglio ulteriore.

Analisi di dettaglio – Scuola primaria “E. De Amicis”

La firma energetica consente di analizzare più in dettaglio i consumi energetici e i relativi saving. Considerati i risultati ottenuti i saving vengono valutati solo per un edificio, la scuola primaria “E. De Amicis”.

Temperatura interna elevata

Dalla firma energetica si vede come la temperatura che azzerava la richiesta di potenza termica è di circa 22°C. Da analisi effettuate in studi precedenti su siti simili si è ricavato che, per ogni grado centigrado di differenza tra la temperatura calcolata e quella ottima (18°C + 1°C) si può ottenere un 4% di risparmio sul consumo, quindi circa il 12% sul consumo totale, pari a 4000 Sm³/(gas*anno) circa ($34.072 * 0,12 = 4.088$ [Sm³/anno]).

Gestione e regolazione

Sul piano della firma energetica (temperatura esterna – potenza media) si è costruita la retta ideale di conduzione dell'impianto a partire da due punti:

- (18,0): punto ideale in cui la potenza richiesta è nulla, in corrispondenza di una temperatura esterna pari a 18°C.
- (-8,292): punto in cui, in corrispondenza della temperatura esterna di progetto (-8°C), la potenza del generatore è quella ottima, pari a 292 kW.

Tramite la retta trovata, si trovano le differenze di potenza media con i punti corrispondenti mensili. Questi delta, sommati e moltiplicati per le ore di funzionamento medie relative, generano un risparmio energetico.

Di seguito i risultati dell'analisi:

Tabella 46 – Firma energetica ideale – scuola primaria “E. De Amicis”

Scuola primaria "E. De Amicis"					
Consumo [Smc]	Mese	Temperatura media esterna [°C]	Potenza media [kW]	Temperatura media esterna [°C]	Potenza media ideale [kW]
	Potenza zero	21,8	0,0	18,0	0,0
8148	gennaio	1,2	238,6	1,2	188,2
5213	febbraio	5,6	169,0	5,6	139,2
3515	marzo	11,5	102,9	11,5	73,6
1723	aprile	13,5	104,3	13,5	50,3
1116	ottobre	14,5	59,6	14,5	39,6
3777	novembre	7,2	114,3	7,2	121,8
5635	dicembre	1,8	165,0	1,8	182,4

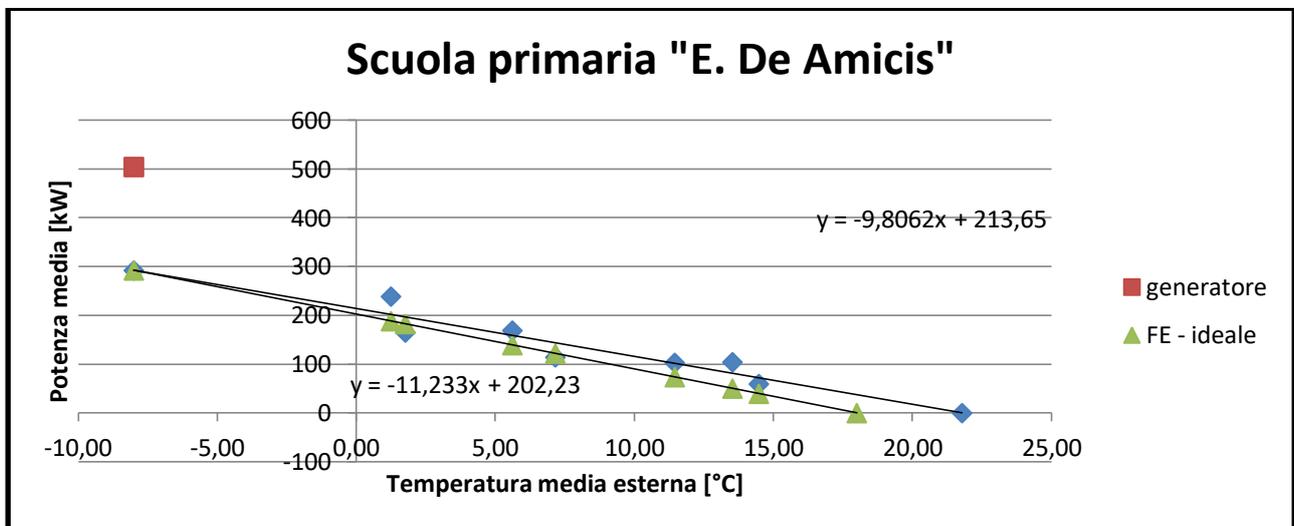


Figura 57 - Firma energetica ideale

Tabella 47 - Risparmi derivanti da miglior conduzione generatore – Scuola primaria “E. De Amicis”

Mese	Delta potenza [kW]	Risparmio [kWh/anno]	Risparmio FE ideale [euro/anno]	Risparmio °C [Smc/anno]	Risparmio °C [euro/anno]
gennaio	50,4	18751	€ 1.227	978	697
febbraio	29,8	10029	€ 656	626	446
marzo	29,4	10923	€ 715	422	301
aprile	54,0	9722	€ 636	207	147
ottobre	20,0	4074	€ 267	134	95
novembre	-7,5	-2705	-€ 177	453	323
dicembre	-17,4	-6468	-€ 423	676	482
TOT		44325	€ 2.900	3495	€ 2.491

Il risparmio derivante dall'abbassamento della temperatura interna per non avere necessità di energia termica, pari a $3.495 \text{ Sm}^3/\text{anno}$ è stato calcolato sulla base dei consumi reali, in quanto i dati mensili di consumo non sono stati normalizzati non avendo a disposizione i GG/mese. Come valore finale si è preso $4.088 \text{ Sm}^3/\text{anno}$, calcolato applicando il 12% al consumo annuale normalizzato, pari a $34072 \text{ Sm}^3/\text{anno}$, pari a 2.914 €/anno .

Schema riassuntivo risparmi

I risparmi ottenibili dall'efficientamento degli edifici dal punto di vista termico ammontano a 29.333 €/anno IVA inclusa, corrispondenti a $41.150 \text{ Sm}^3/\text{anno}$ così suddivisi:

- 23.519 €/anno , corrispondenti a $32.994 \text{ Sm}^3/\text{anno}$ dal confronto con gli indici prestazionali
- 5.814 €/anno , corrispondenti a $8.156 \text{ Sm}^3/\text{anno}$ per l'efficientamento della scuola primaria "E. De Amicis" così suddivisi:
 - 2.914 €/anno , corrispondenti a $4.088 \text{ Sm}^3/\text{anno}$ dal miglioramento della gestione della caldaia
 - 2.900 €/anno , corrispondenti a $4.068 \text{ Sm}^3/\text{anno}$ dall'abbassamento della potenza installata

Questo vuol dire che una più corretta gestione dell'energia, a fronte della semplice attuazione di "buone pratiche", potrebbe portare, con interventi gestionali e su pochi edifici, ad un risparmio del 35% del totale della spesa, ricordando che attualmente il comune sostiene una spesa di energia termica per tutti gli edifici pari a 85.216 €/anno IVA inclusa.

Sintesi risparmi ottenibili

Di seguito la tabella conclusiva dei risparmi ottenibili totali:

Tabella 48 – Schema riassuntivo risparmi

<i>Denominazione</i>	<i>Consumo [kWh/anno]</i>	<i>Spesa [euro/anno]</i>	<i>Risparmio [kWh/anno]</i>	<i>Risparmio [euro/anno]</i>	<i>% risparmio sulla spesa tot.</i>
Illuminazione pubblica (+ EnelSole)	342.737	€ 118.666	41.550	7.806	6,6%
Edifici_EE	118.666	€ 36.656	31.126	6.852	18,7%
	Di cui:				
	Origine	Oggetto	Risparmio [kWh/anno]	Risparmio [euro/anno]	% risparmio sulla spesa tot.
	Indice	Consumo specifico	12.723	2.799	7,6%
	Indice	N/F	13.375	2.943	8,0%
	Efficientamento	Sede associazioni varie	369	80	0,2%
		Caserma VVF	833	185	0,5%
		Magazzino comunale	2.153	475	1,3%
Campanile		1.673	370	1,0%	
Edifici_ET	1.291.448	€ 85.216	448.272	29.333	34,4%
	Di cui:				
	Origine	Oggetto	Risparmio [kWh/anno]	Risparmio [euro/anno]	% risparmio sulla spesa tot.
	Indice	Consumo specifico	359.424	23.519	27,6%
	Efficientamento	Scuola "E. De Amicis"	88.848	5.814	6,8%
TOT	1.752.851	€ 240.538	520.948	43.990	18,3%

Conclusioni

Come si vede dalla tabella precedente si può raggiungere un risparmio del 18% sulla spesa totale annuale del comune praticamente a costo zero, attuando solamente buone pratiche di gestione.

Le considerazioni più rilevanti sono:

- **Illuminazione pubblica:**

Il 33% dei quadri elettrici, dopo la mia analisi, misura un numero di ore/anno fuori dai range di accettabilità, perciò si consiglia un'analisi ad hoc su questi quadri, oltre a una revisione del censimento, che in molti casi probabilmente risulta errato.

- **Edifici – Energia elettrica**

Gli edifici che hanno i maggiori consumi sono la scuola “E. De Amicis”, la scuola “A. Astesano”, il municipio ed il campanile. L'analisi qui condotta ha inoltre determinato per questi edifici, soprattutto per il municipio e la scuola “E. De Amicis”, risparmi considerevoli ottenibili migliorando la gestione degli impianti.

Per questi due motivi si raccomanda un'analisi più approfondita sulle due scuole ed il municipio.

Come ultima considerazione si evidenzia la necessità di verificare i profili e le ore di funzionamento di biblioteca e campanile.

- **Edifici – Energia termica**

Gli edifici che hanno i maggiori consumi sono la scuola “A. Astesano”, la scuola “E. De Amicis” e la sua palestra ed il municipio. L'analisi qui condotta ha inoltre determinato, per questi edifici, risparmi considerevoli ottenibili migliorando la gestione degli impianti. Inoltre, dall'analisi effettuata tramite la firma energetica, è emerso che la scuola “E. De. Amicis” e la sua palestra presentano anomalie sulle potenze installate e sulle temperature interne mantenute. Mentre la scuola presenta valori comunque accettabili e migliorabili, la palestra produce valori che non sono accettabili. Si consiglia perciò un'analisi ad hoc sulla palestra.

Detto ciò, gli edifici su cui si consiglia di effettuare una diagnosi energetica più approfondita sono:

- Scuola primaria “E. De Amicis”
- Municipio

Bibliografia

- D.Lgs. 102/2014: “Attuazione della Direttiva Europea 2012/27/UE (con particolare riferimento all’Allegato VI “Criteri minimi per gli audit energetici, compresi quelli realizzati nel quadro dei sistemi di gestione dell’energia”);
- Norma UNI CEI EN 16247 - 1:2012: "Diagnosi energetiche - Parte 1: Requisiti generali";
- Norma UNI CEI EN 16247 - 2:2014: "Diagnosi Energetiche - Parte 2: Edifici";
- Slide Corso di formazione “Esperti in gestione dell’energia” – Bureau Veritas formazione
- Progetto pilota energia presso Rivoli – Assoege – Ing. Gerbo Roberto
- www.dateandtime.com
- www.tiutempo.net