

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Energetica e Nucleare

TESI DI LAUREA MAGISTRALE



**Analisi e monitoraggio dei consumi energetici di un impianto di trattamento rifiuti. Proposte di efficientamento energetico e valutazione di fattibilità economica**

Relatore

Prof. Marco Carlo Masoero

Relatore esterno

Ing. Fabio Allegri

Candidata

Giulia Bertorello

Marzo 2019

## Sommario

1.	Quadro normativo .....	6
1.1.	Norma UNI CEI EN ISO 50001:2011: Sistemi di gestione dell'energia.....	8
1.2.	La Diagnosi energetica.....	9
1.2.1.	La norma UNI CEI TR 11428 .....	10
1.2.2.	La norma UNI CEI EN 16247-1:2012 .....	12
1.3.	Figure fondamentali del processo riguardante i <i>Sistemi di Gestione dell'Energia</i> .....	15
1.3.1.	L'Esperto in Gestione dell'Energia .....	15
1.3.2.	Le Società che forniscono Servizi Energetici (ESCO, SSE).....	15
1.4.	Tipologie di Energy Performance Contract.....	17
1.4.1.	Il First Out .....	17
1.4.2.	Lo Shared savings .....	17
1.4.3.	Il guaranteed savings .....	17
1.5.	Certificati bianchi.....	18
1.5.1.	Progetti ammissibili .....	19
1.5.2.	Metodi di valutazione dei risparmi.....	21
1.5.3.	Tipologie di Certificati Bianchi .....	23
2.	L'A.C.S.R. (azienda cuneese smaltimento rifiuti).....	24
2.1.	La storia dell'azienda .....	25
2.2.	Rifiuto indifferenziato.....	25
2.2.1.	Ciclo di lavorazione dei <i>rifiuti solidi urbani</i> .....	26
2.2.2.	Analisi dei consumi del ciclo di trattamento dei <i>RSU</i> .....	29
2.3.	Compostaggio .....	30
2.3.1.	Analisi dei consumi del ciclo di trattamento del compostaggio.....	32
2.4.	Trattamento imballaggi .....	33
2.4.1.	Ciclo di trattamento degli imballaggi in plastica .....	33
2.4.2.	Analisi dei consumi del ciclo di trattamento di carta e plastica .....	34
2.5.	Confronto tra gli <i>EPI</i> .....	35
2.6.	Consumi elettrici dovuti all'illuminazione .....	35
2.6.1.	Uffici.....	36
2.6.2.	Capannoni.....	37
2.6.3.	Confronto tra gli indici.....	37
2.7.	Consumi complessivi della sede di Borgo San Dalmazzo dell'A.C.S.R. ....	38
3.	Il Combustibile Solido Secondario (CSS).....	41
3.1.	La normativa a livello europeo .....	41
3.2.	La normativa tecnica a livello nazionale.....	42

3.3.	Il CSS-Combustibile .....	43
3.4.	L'impianto dell'A.C.S.R. per la produzione di CSS.....	43
3.4.1.	Rifiuto tipo 1 .....	44
3.4.2.	Rifiuto tipo 2 .....	44
3.4.3.	Rifiuto tipo 3 .....	44
3.4.4.	CSS in uscita .....	44
3.4.5.	Descrizione dell'impianto .....	45
3.4.6.	Processo di essiccazione .....	49
3.4.7.	Emissioni in atmosfera e sistemi di abbattimento .....	50
3.5.	Consumi elettrici per l'illuminazione dell'impianto di Roccavione dell'A.C.S.R. ....	52
3.5.1.	Uffici di Roccavione .....	52
3.5.2.	Capannoni.....	53
3.5.3.	Confronto tra gli indici.....	54
4.	Monitoraggio .....	55
4.1.	Strumento HT Solar300N.....	55
4.2.	Apparecchiature sottoposti a monitoraggio .....	56
4.2.1.	Trituratore primario.....	56
4.2.2.	Trituratore secondario.....	56
4.2.3.	Miscelatore .....	57
4.2.4.	Ventilatori .....	57
4.2.5.	Pressa automatica .....	57
4.3.	Monitoraggio ventilatori .....	57
4.3.1.	Ventilatore KVE04A .....	59
4.3.2.	Ventilatore KVE06.....	59
4.4.	Monitoraggio miscelatore .....	60
4.5.	Monitoraggio pressa automatica .....	62
4.6.	Monitoraggio trituratore primario .....	63
4.7.	Monitoraggio trituratore secondario .....	64
4.8.	Considerazioni sul monitoraggio .....	65
5.	Sostituzione dei ventilatori attualmente presenti nella sede di Borgo San Dalmazzo.....	67
5.1.	Ventilatori attualmente installati .....	67
5.2.	Valutazione di nuovi ventilatori maggiormente efficienti.....	68
5.2.1.	Proposta Fornitore A .....	68
5.2.2.	Proposta fornitore B .....	71
5.2.3.	Confronto tra la due configurazioni proposte dai fornitori.....	73
5.3.	Calcolo del Simple PayBack Time .....	74

5.3.1.	Calcolo dei risparmi .....	74
5.3.2.	Calcolo dei costi .....	75
5.3.3.	Proposta di finanziamento .....	76
5.4.	Calcolo del Simple Payback Time con i TEE .....	78
6.	Relamping .....	80
6.1.	Grandezze fotometriche .....	80
6.1.1.	Intensità luminosa .....	80
6.1.2.	Flusso luminoso .....	80
6.1.3.	Luminanza .....	80
6.1.4.	Illuminamento .....	81
6.1.5.	Temperatura di colore correlata .....	81
6.2.	Obiettivi e requisiti del progetto degli impianti di illuminazione .....	81
6.3.	La normativa tecnica UNI EN 12464-1 .....	81
6.3.1.	Distribuzione delle luminanze .....	82
6.3.2.	Illuminamento .....	82
6.3.3.	Abbagliamento .....	83
6.3.4.	Colore apparente della luce .....	84
6.3.5.	Resa del colore .....	84
6.4.	I LED .....	85
6.5.	Descrizione dello stato di fatto .....	85
6.5.1.	Sede di Borgo San Dalmazzo .....	85
6.5.2.	Roccavione .....	86
6.5.3.	Analisi generale dell'A.C.S.R. ....	87
6.5.4.	Consumi attuali di energia elettrica per l'illuminazione .....	87
6.6.	Descrizione dello stato futuro .....	90
6.6.1.	Consumi futuri di energia elettrica previsti per l'illuminazione .....	90
6.6.2.	Confronto dei consumi tra lo stato attuale e lo stato futuro .....	90
6.7.	Calcolo del Simple Payback Time .....	94
6.7.1.	Calcolo dei risparmi .....	94
6.7.2.	Calcolo dei costi .....	95
6.7.3.	Proposta di finanziamento .....	97
6.8.	Calcolo del Simple Payback Time con i TEE .....	99
6.9.	Calcolo dell'indice LENI .....	100
7.	Progetto di illuminazione con DiaLUX .....	103
7.1.	Analisi generale dello spazio fisico e caratterizzazione delle superfici .....	103
7.1.1.	Uffici Borgo San Dalmazzo .....	103

7.1.2.	Uffici Roccavione .....	105
7.1.3.	Capannoni.....	107
7.2.	Esigenze e requisiti illuminotecnici.....	107
7.3.	Risultati ottenuti dalle simulazioni fatte con il DiaLUX .....	109
7.3.1.	Ufficio doppio di Borgo San Dalmazzo .....	109
7.3.2.	Corridoio Borgo San Dalmazzo .....	113
7.3.3.	Ufficio 1 di Roccavione .....	114
7.3.4.	Servizi igienici presenti a Roccavione .....	115
7.3.5.	Spogliatoi presenti al piano terra a Roccavione .....	116
7.3.6.	Capannoni.....	117
8.	La cogenerazione.....	119
8.1.	Dimensionamento del cogeneratore.....	120
8.1.1.	Calcolo dei parametri .....	122
8.1.2.	Calcolo dei costi.....	124
8.2.	Calcolo del Simple Payback Time .....	126
8.3.	Calcolo del Simple Payback Time con i TEE .....	131
8.3.1.	Business Plan .....	132
9.	Conclusioni .....	134
9.1.	Sede di Borgo San Dalmazzo .....	134
9.2.	Impianto di Roccavione .....	137
9.3.	Valutazione del PBT complessivo .....	139
10.	Allegati.....	141
10.1.	Allegato A: curve caratteristiche dei ventilatori attualmente presenti.....	141
10.2.	Allegato B: curve caratteristiche dei ventilatori proposti dal Fornitore A .....	148
10.3.	Allegato C: curve caratteristiche dei ventilatori proposti dal Fornitore B.....	153
10.4.	Allegato D: schede tecniche degli apparecchi luminosi a LED utilizzati .....	156
10.5.	Allegato E: risultati illuminotecnici degli ambienti simulati con il software DiaLUX.....	164
10.6.	Allegato F: schema di flusso dell'aria per l'impianto di Borgo San Dalmazzo .....	172
11.	Indice delle figure .....	173
12.	Indice delle tabelle .....	176
13.	Bibliografia.....	178
14.	Ringraziamenti.....	180

## 1. Quadro normativo

Attualmente la parte legislativa riguardante l'energia è regolamentata dall'Unione Europea, ma l'Italia è stato uno degli stati anticipatori in Europa per quanto concerne le politiche di gestione dell'energia. La prima *direttiva europea SAVE*, infatti, è stata preceduta dalla *Legge 10/91* che tratta l'uso razionale dell'energia ed ha introdotto il *Piano Energetico Nazionale (PAN)*. Tale legge, inoltre, ha introdotto la figura dell'*Energy manager*, ovvero un tecnico responsabile per la conservazione e l'uso razionale dell'energia: il suo compito è quello di favorire il controllo dei consumi e di promuovere pratiche energetiche capaci di limitare consumi notevoli che possono caratterizzare soggetti pubblici o privati. La nomina di tale figura professionale si fa obbligatoria per aziende che presentano un consumo superiore a 10.000 TEP<sup>1</sup> per le imprese del settore industriale (la ditta analizzata in questo elaborato non supera tale valore dunque non ha l'obbligo di energy manager), oppure oltre i 1.000 TEP per tutti gli altri soggetti.

Al giorno d'oggi la politica energetica europea mira ad individuare un compromesso tra l'aumento della richiesta di energia e la necessità di ridurre l'impatto ambientale. Perciò l'UE ha stabilito "*obiettivi in materia di clima ed energia*" per il 2020 (*Piano 20-20-20*), 2030 e il 2050.

Il *Piano 20-20-20* prevede di:

- Ridurre le emissioni di gas serra almeno del 20% rispetto ai livelli del 1990;
- Ottenere il 20% di energia da fonti rinnovabili;
- Migliorare del 20% l'efficienza energetica.

Mentre per il 2030 gli obiettivi si fanno più restrittivi e più precisamente si prevede di:

- Ridurre le emissioni di gas serra del 40%;
- Ottenere il 27% di energia da *FER*;
- Aumentare del 27-30% l'efficienza energetica;
- Portare il livello di interconnessione elettrica al 15%. Ciò significa che almeno il 15% dell'energia elettrica prodotta dell'UE può essere trasportata verso altri Paesi appartenenti all'Unione.

Sul lungo periodo, quindi entro il 2050, l'UE ha pubblicato la *Comunicazione Energy Roadmap*, cioè delle linee guida che prevedono la riduzione dell'80-95% delle emissioni di gas serra rispetto ai livelli del 1990. Per poter raggiungere l'obiettivo è necessario che tutti i settori diano il loro contributo, dunque saranno necessari interventi che coinvolgeranno i principali settori che producono emissioni in Europa. Il settore che potrebbe eliminare quasi completamente le emissioni di CO<sub>2</sub> è quello energetico, mentre per quanto riguarda i

---

<sup>1</sup> TEP: *tonnellata equivalente di petrolio* (in inglese TOE, *tonne of oil equivalent*), è un'unità di misura dell'energia. Rappresenta la quantità di energia rilasciata dalla combustione di una tonnellata di petrolio grezzo; 1 TEP vale circa 41.86 GJ.

## Quadro normativo

trasporti, l'energia elettrica potrebbe sostituire quasi interamente i combustibili fossili. Per quanto riguarda l'energia elettrica utilizzata negli altri settori, essa proverrà da fonti rinnovabili o da fonti a basse emissioni, quali nucleare o centrali che utilizzano combustibili fossili dotate di tecnologie per la cattura e lo stoccaggio del carbonio.

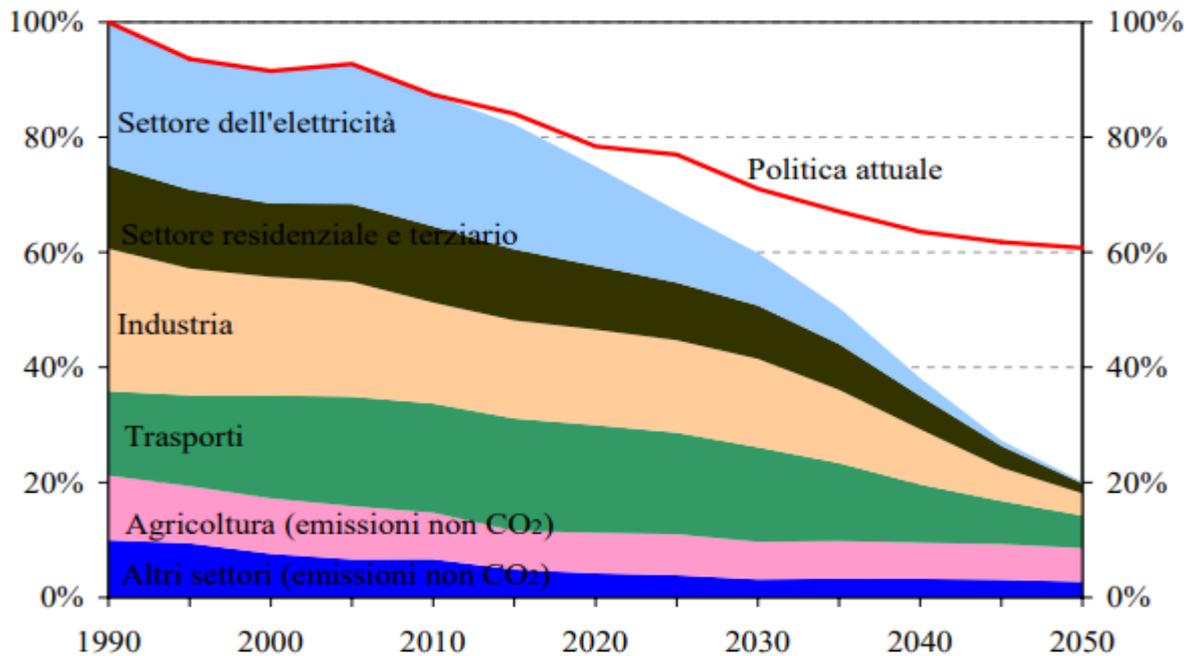


Figura 1 Riduzioni delle emissioni di gas serra previste al 2050 (il 100% coincide con il 1990).

Nel 2016 l'Unione Europea era a tre punti percentuali dall'obiettivo globale del 20%, mentre per quanto riguarda l'Italia il target di ridurre del 17% le emissioni di gas ad effetto serra è stato già raggiunto già nel 2014. A livello europeo, nel 2016, erano 11 gli Stati membri che avevano raggiunto il loro obiettivo prefissato.

La *Direttiva Europea 2012/27/UE*, in quanto considera appunto gli obiettivi per il raggiungimento del *Piano 20-20-20*. Nel maggio del 2018 tale normativa è stata modificata dalla *Direttiva europea 2018/844*, la quale riporta delle tappe indicative fino al 2050 (come illustrato in *figura 1*).

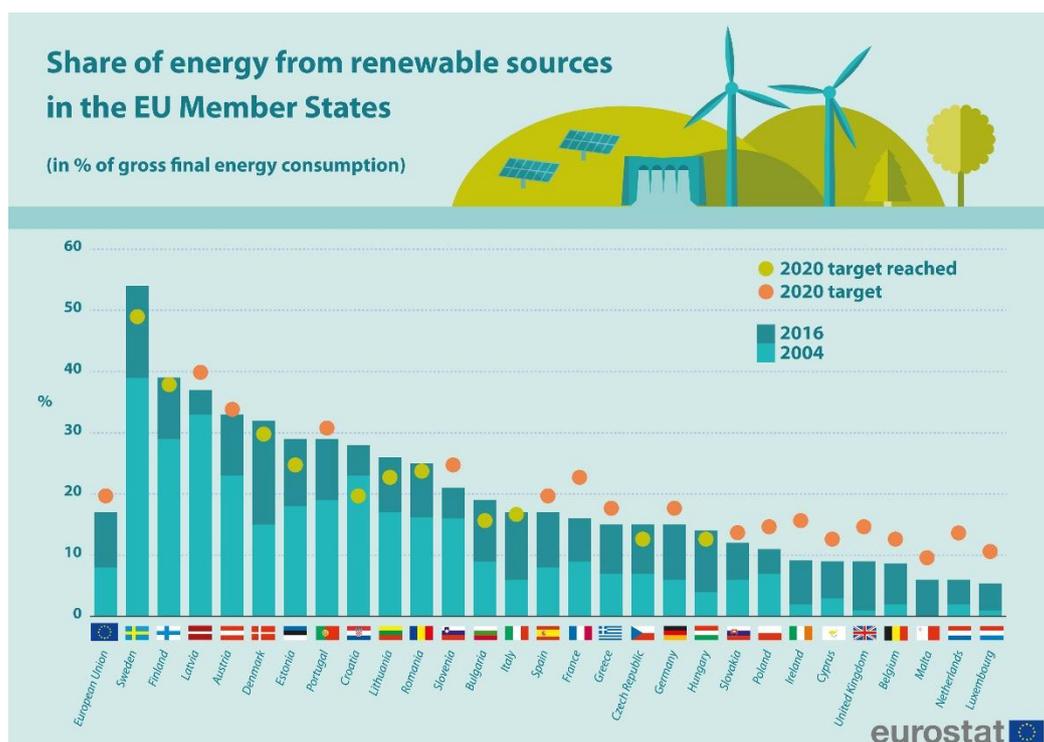


Figura 2 Andamento degli obiettivi del Piano 20-20-20 nell'Unione Europea al 2016

## 1.1. Norma UNI CEI EN ISO 50001:2011: Sistemi di gestione dell'energia

“La norma specifica i requisiti per creare, avviare, mantenere e migliorare un sistema di gestione dell'energia”. Suddetto sistema si pone come scopo il perseguimento, con approccio sistematico, e il miglioramento continuo della *Prestazione energetica*, la quale è comprensiva dell'*efficienza energetica degli impianti* e quindi il *consumo e l'uso dell'energia*.

Tale norma internazionale ha come obiettivi la riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra, di eventuali altri impatti ambientali e dei costi energetici. Essa è applicabile “a tutti i tipi e dimensioni di organizzazione indipendentemente dalle condizioni geografiche, culturali o sociali”.

Lo schema su cui si basa la *UNI CEI EN ISO 50001* è il cosiddetto *Plan-Do-Check-Act (PDCA)*, ovvero:

- Plan: effettuare l'analisi energetica, stabilire gli *indicatori di prestazione energetica (EnPIs<sup>2</sup>)*, gli obiettivi, i traguardi e i piani d'azione utili al raggiungimento dei risultati che portano al miglioramento delle prestazioni energetiche del soggetto in esame.
- Do: attuare i piani d'azione.
- Check: controllare e misurare i processi delle operazioni

<sup>2</sup> Energy performance indicators: sono parametri energetici che permettono di confrontare le prestazioni dell'azienda in esame con aziende del medesimo settore e verificare se, nel tempo, le azioni di risparmio portano i risultati previsti.

- Act: avviare azioni per un miglioramento continuo delle prestazioni energetiche e del sistema di gestione dell'energia.

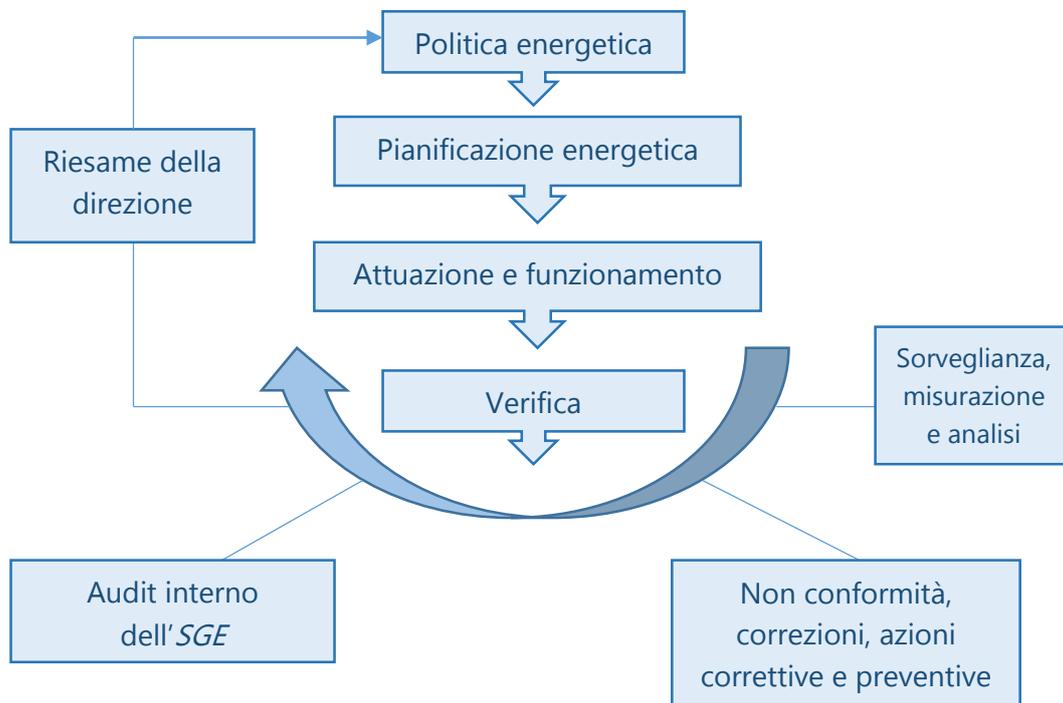


Figura 3 Modello del Sistema di Gestione dell'Energia per la norma UNI CEI EN ISO 50001-1

Tale norma è basata su elementi comuni presenti in tutte le norme *ISO* ed in particolare con la *ISO 9001* e la *ISO 14001*. La prima, citata in precedenza, specifica l'iter da seguire affinché le attività di produzione di un'azienda seguano un preciso schema, con lo scopo di migliorare tutti i processi che la costituiscono. La *ISO 14001*, invece, riporta i requisiti che i *Sistemi di Gestione Ambientale (SGA)* devono possedere, indica, cioè, come è possibile affrontare l'insieme di procedure di implicazione ambientale delle imprese a livello globale.

## 1.2. La Diagnosi energetica

Essa è prevista dall'*articolo 8 del D. Lgs. 102/2014*, il quale afferma quanto segue: *"Le grandi imprese eseguono una diagnosi energetica, condotta da società di servizi energetici, esperti in gestione dell'energia o auditor energetici e da ISPRA relativamente allo schema volontario EMAS<sup>3</sup>, nei siti produttivi localizzati sul territorio nazionale entro il 5 dicembre 2015 e successivamente ogni 4 anni, in conformità ai dettati di cui all'allegato 2 al presente decreto."*

Secondo quanto afferma il documento del *Ministero dello Sviluppo Economico "Chiarimenti in materia di diagnosi energetica nelle imprese ai sensi dell'articolo 8 del decreto legislativo*

<sup>3</sup> EMAS: Eco-Management and Audit Scheme, è un Sistema al quale possono aderire volontariamente le imprese e le organizzazioni, pubbliche o private, che hanno sede nell'Unione Europea o al di fuori di essa, che desiderano impegnarsi per valutare e migliorare la loro efficienza energetica. Le attività di gestione sono svolte in modo conforme a quanto stabilito dalla *ISO 9001:2008*.

n. 102 del 2014", sono soggette all'obbligo le *grandi* imprese, ossia le imprese che soddisfano almeno una delle condizioni seguenti:

- L'impresa possiede più di 250 dipendenti, presenta un fatturato non inferiore a 50 milioni di euro e realizza un totale in bilancio annuo superiore a 43 milioni di euro.
- L'impresa possiede più di 250 dipendenti e presenta un fatturato superiore di 50 milioni di euro.
- L'impresa possiede più di 250 dipendenti e realizza un totale di bilancio annuo superiore a 43 milioni di euro.

Sono, inoltre, soggette all'obbligo di *diagnosi energetica* le imprese definite *energivore*<sup>4</sup>, ossia quelle iscritte nell'elenco annuale istituito presso la *Cassa per i Servizi Energetici ed Ambientali (CSEA)*. Di conseguenza sono esonerate dall'obbligo di *diagnosi energetica* le piccole e medie imprese.

L'impresa, inoltre, è soggetta all'obbligo di *diagnosi energetica* entro il 5 dicembre dell'anno *n-esimo*, solo se nei due anni precedenti (*n-1* e *n-2*) è stata valutata come grande impresa. Se, invece, per l'anno precedente all'anno *n-esimo* l'impresa è stata definita energivora, è soggetta all'obbligo di *diagnosi energetica* entro il 5 dicembre dell'anno *n-esimo*.

Risulta, invece, esonerata dall'obbligo di eseguire una *Diagnosi Energetica* l'impresa che adotta uno dei sistemi di gestione conformi *EMAS, ISO 50001, EN ISO 14001*.

#### 1.2.1. La norma UNI CEI TR 11428

Fino al 2011 la norma che regolava la *diagnosi energetica* era la *UNI CEI TR 11428*. Tale norma definisce i requisiti, la metodologia e la documentazione per effettuare una *diagnosi energetica*, per la quale sono necessari vari strumenti per una corretta stesura. Tra di essi vi è la *razionalizzazione dei flussi energetici*, il *recupero delle energie dissipate*, l'*individuazione di tecnologie per il risparmio energetico*, l'*ottimizzazione dei contratti di fornitura energetica*, la *gestione dei rischi tecnici ed economici* ed il *miglioramento delle modalità di conduzione e manutenzione*.

La *diagnosi energetica* deve analizzare e studiare il sistema energetico in esame e valutare gli aspetti energetici maggiormente significativi, tenendo conto delle modalità operative e delle abitudini degli utenti.

La *diagnosi energetica* si sviluppa principalmente in quattro macrofasi: **contratti preliminari con il committente**, l'**audit**, **valutazioni alternative** e la **presentazione**. La principale tra queste è sicuramente l'**audit**, la quale include una raccolta di dati in modo da raggruppare la maggior parte di informazioni possibili per quanto concerne i consumi energetici. Queste

---

<sup>4</sup> Imprese energivore: sono imprese che possiedono elevati consumi elettrici. Fino al 31 dicembre 2017 erano definite energivore quelle imprese che consumavano 2.4 GWh all'anno di energia elettrica, mentre dal 1 gennaio 2018 sono valutate come tali le imprese che possiedono un consumo annuo di energia elettrica pari a 1 GWh. Tali imprese sono soggette ad agevolazioni, quali sgravi sugli oneri generali pagati in bolletta.

informazioni possono essere acquisite in modo diretto, mediante misurazioni o monitoraggi, oppure indirettamente, con l'ausilio di bollette.

Le azioni della diagnosi possono essere riassunte in più punti:

1. Raccolta dati relativi alle bollette energetiche e ricostruzione dei consumi effettivi di elettricità e combustibili per uno o più anni significativi.
2. Identificazione e raccolta dei fattori di aggiustamento cui riferire i consumi energetici.
3. Identificazione e calcolo di un *indice di prestazione energetica effettivo* espresso in energia/fattore di riferimento.
4. Raccolta di informazioni utili a creare un inventario energetico e per lo svolgimento della diagnosi.
5. Realizzazione degli inventari energetici (sia elettrici che termici) riferiti all'oggetto di diagnosi.
6. Calcolo dell'*indice di prestazione energetica operativo*.
7. Confronto tra i due indici di prestazione (operativo ed effettivo). Se i due indici convergono si prosegue con la diagnosi, viceversa si ritorna al punto 4 dove si migliora l'analisi del processo e gli inventari energetici, cercando di individuare le cause della divergenza tra i due valori. I due indici di prestazione energetica si definiscono convergenti quando gli scostamenti sono ritenuti accettabili in base al settore ed allo stato del sistema energetico.
8. Individuazione dell'*indice di prestazione energetico obiettivo*.
9. Se i valori espressi dagli indicatori sono comparabili tra di loro, si può considerare conclusa la diagnosi, siccome è stato raggiunto l'obiettivo definito dall'indice di riferimento.
10. Se vi è uno scarto significativo tra l'indice di prestazione operativo e quello obiettivo, si cercano le misure di miglioramento che possono portare ad un riallineamento dei due valori.
11. Per queste misure vanno condotte analisi di fattibilità tecnico-economiche.
12. Le misure individuate sono ordinate in funzione degli indici concordati tra il responsabile della diagnosi energetica e il committente. Al termine di questa operazione si ritorna al punto 9.
13. Attuati tutti i passi sopra elencati si può considerare conclusa la diagnosi energetica.

## Quadro normativo

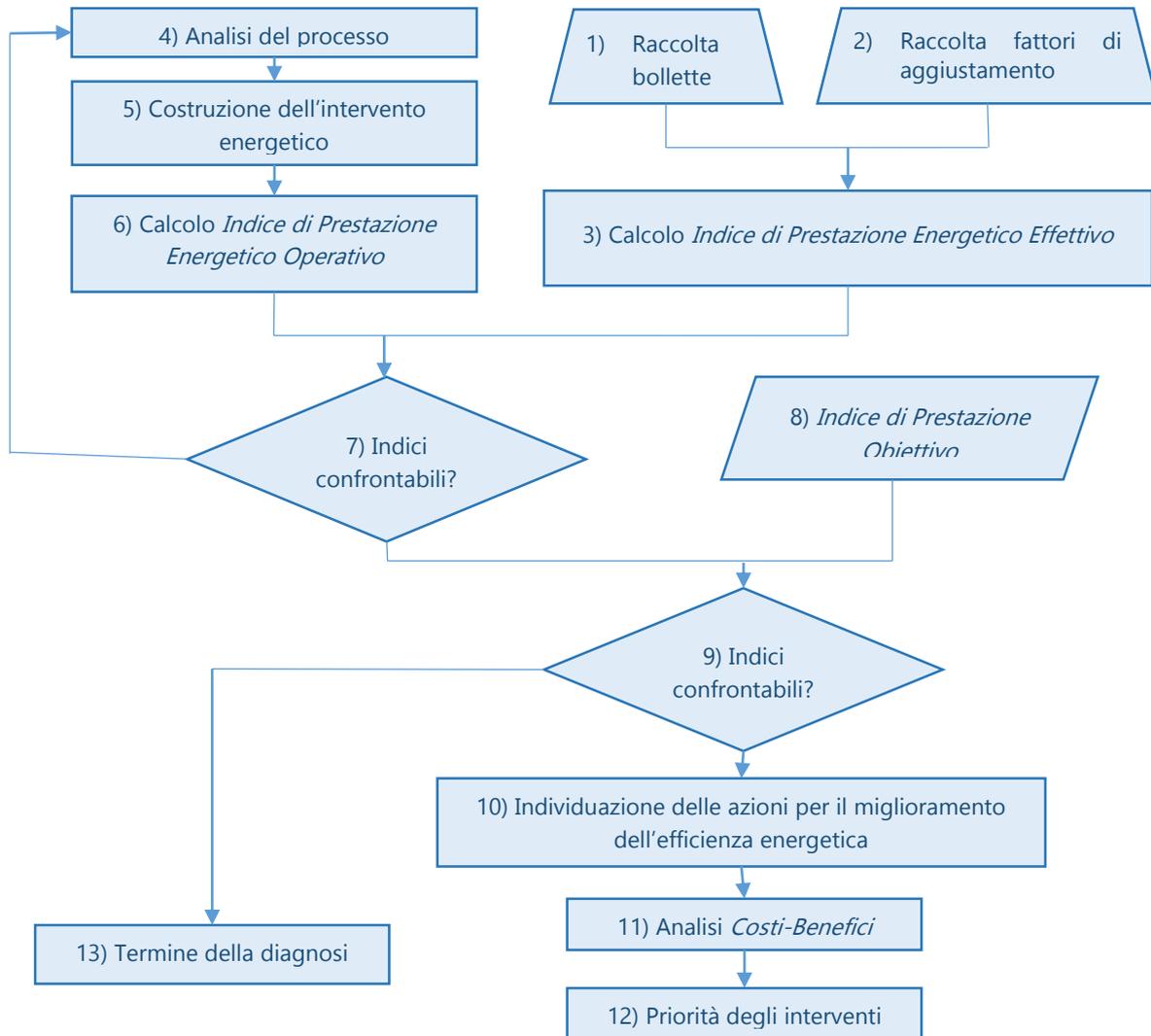


Figura 4 Flusso della diagnosi energetica-norma UNI CEI TR 11428

### 1.2.2. La norma UNI CEI EN 16247-1:2012

Attualmente in vigore, applica la seguente definizione di *Diagnosi energetica*: “*ispezione sistematica ed analisi degli usi e consumi di energia di un sito, di un edificio, di un sistema o di una organizzazione finalizzata ad identificare i flussi energetici ed il potenziale per miglioramenti dell’efficienza energetica ed a riferire in merito ai risultati*”.

Dunque la diagnosi energetica è un aspetto fondamentale per un soggetto, indipendentemente dalle dimensioni o dalla tipologia del campo di azione, intenzionato al miglioramento della propria efficienza energetica, alla riduzione del consumo energetico e, quindi, ad ottenere dei benefici sia in ambito ambientale che economico.

Tale norma europea stabilisce i requisiti per le diagnosi energetiche e i relativi obblighi correlati ad esse: è riconoscente del fatto che possano palesarsi differenti tipologie di approccio in base agli obiettivi che si vogliono raggiungere e alla loro accuratezza. La diagnosi energetica può essere riassunta con una sequenza cronologica, ma si consideri che

uno stesso passaggio può essere effettuato più volte se questo significa un raggiungimento più preciso e ottimale dell'obiettivo finale.

I passaggi che l'auditor energetico<sup>5</sup> deve seguire per effettuare una corretta *Diagnosi energetica* sono i seguenti:

- *Contratto preliminare*, il quale include obiettivi, scopi, arco temporale, confini (ossia quali parti dell'azienda rientrano nella diagnosi), grado di accuratezza del lavoro. Esso riporta inoltre i vincoli legislativi, un programma strategico, eventuali cambiamenti che possono influire sulla diagnosi e quindi sul risultato finale, tutta la documentazione richiesta, le attrezzature speciali che possono essere utili, ecc....
- *Incontro di avvio*, nel quale si deve informare tutte le parti coinvolte sugli obiettivi, scopi e accuratezza della diagnosi.
- *Raccolta dati*, a carico dell'auditor energetico in cooperazione con l'organizzazione<sup>6</sup>, raccoglie la lista dei sistemi, dei processi e delle apparecchiature che consumano energie, dati storici di consumi energetici o di altri fattori che potrebbero aver influenzato i consumi nel passato, documenti di progetto, prezzi e costi attuali e previsti, lo stato del sistema di gestione dell'energia, ecc....
- *Attività in campo*, la quale prevede un'ispezione degli oggetti (o dell'oggetto) della diagnosi, una valutazione degli usi energetici degli oggetti sottoposti alla diagnosi, ma anche delle abitudini degli utenti che vi operano, una formulazione preliminare di idee che potrebbero migliorare l'efficienza e infine stilare una lista di zone e processi per i quali sono necessari ulteriori analisi.

L'auditor energetico, inoltre, deve assicurarsi che i rilievi vengano effettuati in modo affidabile e fedele al normale funzionamento delle apparecchiature e, se necessario, nelle corrette condizioni climatiche. In caso contrario è obbligatorio avvisare il personale di un'eventuale anomalia nello svolgimento delle attività.

L'auditor energetico deve nominare uno o più soggetti, i quali dovranno rappresentare una guida per il personale che effettua le misurazioni e i monitoraggi e dovranno, inoltre, consentire l'accesso a disegni, manuali, progetti ed altro materiale tecnico.

- *Analisi*, durante la quale l'auditor energetico deve valutare il corrente livello di prestazione energetica dell'oggetto (o degli oggetti) in esame.
- *Rapporto*, nel quale l'auditor energetico deve riportare i risultati della diagnosi assicurandosi che risponda ai requisiti precedentemente concordati con l'organizzazione. È necessario indicare su cosa si basano i risultati dell'indagine: calcoli, simulazioni o stime.

---

<sup>5</sup> Auditor energetico: secondo la norma *CEI UNI EN 16247-1* è un individuo, gruppo di persone od organismo (possono includere subappaltatori) che effettua una diagnosi energetica.

<sup>6</sup> Organizzazione: secondo la norma *CEI UNI EN 16247-1* è una persona fisica o giuridica che ha in proprietà, fa funzionare, usa o gestisce l'(gli) oggetto(i) soggetto(i) a diagnosi.

## Quadro normativo

Il contenuto del rapporto deve essere coerente con lo scopo e gli obiettivi, riportando informazioni generali sull'organizzazione sottoposta alla diagnosi, sul funzionamento del sistema e sulle norme tecniche e legislazioni pertinenti. Per quanto riguarda la diagnosi vera e propria si devono riportare la descrizione, gli obiettivi, il lasso di tempo previsto, i dispositivi utilizzati, un'analisi dei consumi energetici e le opportunità di miglioramento dell'efficienza energetica. Quest'ultima comprende azioni proposte, ipotesi elaborate durante il calcolo informazioni sui contributi ed infine le conclusioni.

- *Incontro finale*, durante il quale l'auditor energetico deve consegnare il rapporto di diagnosi energetica, presentando i risultati in modo da favorire le decisioni che l'organizzazione deve prendere.

Gli obiettivi della *diagnosi energetica* possono essere raggiunti utilizzando i seguenti strumenti:

- Razionalizzazione dei flussi energetici;
- Recupero delle energie disperse;
- Individuazione di tecnologie per il risparmio energetico;
- Ottimizzazione dei contratti di fornitura;
- Gestione dei rischi tecnici ed economici;
- Miglioramento delle modalità di conduzione e manutenzione (O&M).

Riassumendo, la *diagnosi energetica* può essere schematizzata come segue.

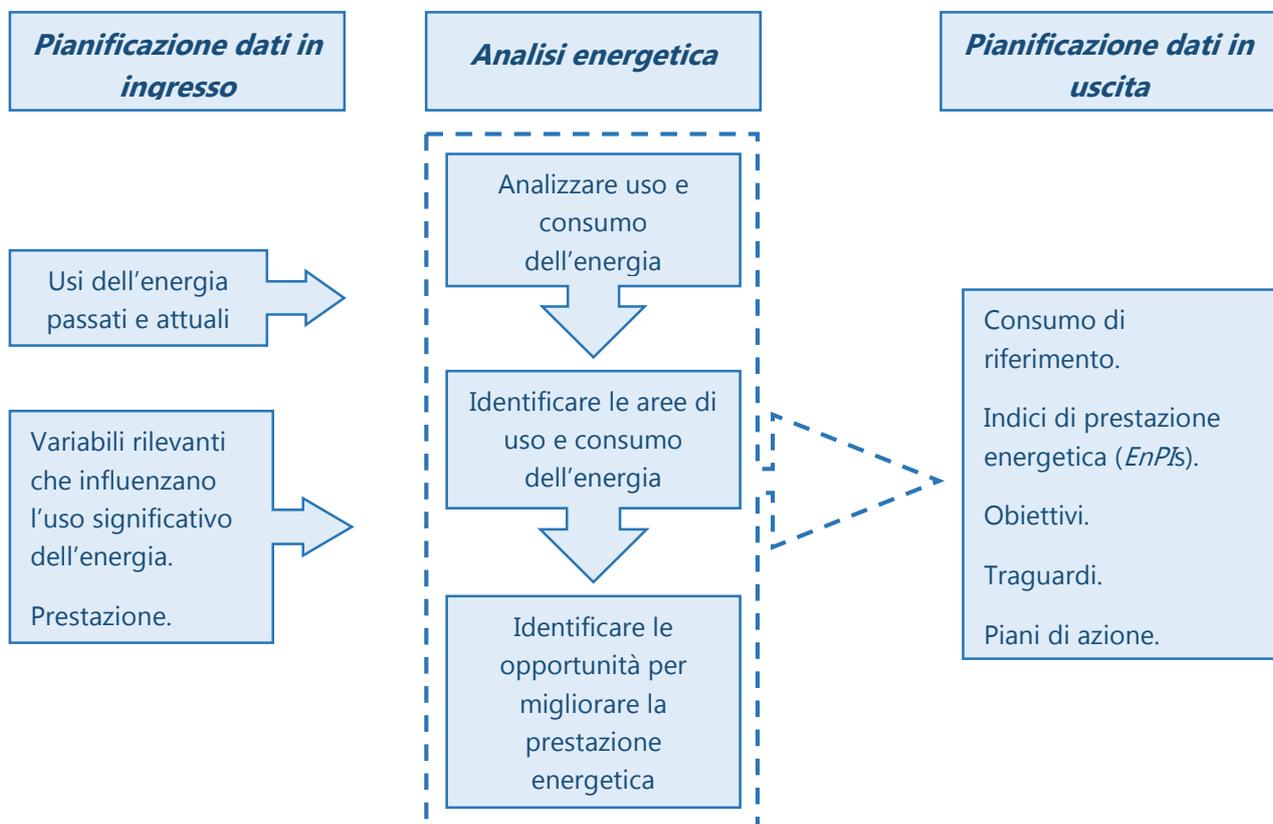


Figura 5 Diagramma concettuale del processo di pianificazione energetica secondo la UNI CEI EN 16247

### 1.3. Figure fondamentali del processo riguardante i *Sistemi di Gestione dell'Energia*

I tre attori principali per quanto riguarda l'ambito dei *Sistemi di Gestione dell'Energia* sono l'*Energy manager*, l'*Esperto in Gestione dell'Energia (EGE)* e per ultimo le *Società che forniscono Servizi Energetici (ESCo, SSE)*. Il primo, come già espresso nel capitolo *Quadro normativo*, è regolato dalla *Legge 10/91*.

#### 1.3.1. L'Esperto in Gestione dell'Energia

L'*EGE* è regolamentato dalla norma *UNI CEI 11339 (2009)*. Tale figura professionale ricopre un ruolo fondamentale nello svolgimento della *diagnosi energetica* come stabilito dal *Decreto 102/2014*. L'*esperto di gestione dell'energia* è una figura professionale indipendente dall'azienda che si occupa della gestione dell'uso dell'energia con l'obiettivo di effettuare la *diagnosi energetica* secondo quanto delineato dalla *ISO 50001*. Egli deve migliorare il livello di efficienza energetica, diminuire i consumi di *energia primaria*<sup>7</sup> e le emissioni di gas ad effetto serra o clima-alteranti ed, infine, aumentare la quantità e la qualità dei servizi forniti, purché siano relazionati all'uso razionale dell'energia.

Un *Esperto in Gestione dell'Energia* deve svolgere un'analisi approfondita e continuativa del sistema in esame, gestire una contabilità energetica analitica con una valutazione dei risparmi ottenuti, analizzare i contratti di fornitura e cessione di energia, considerare impianti a fonti energetiche rinnovabili per migliorare i risultati delle diagnosi, effettuare analisi tecnico-economiche ed analisi di rischi, ottimizzare la manutenzione e la gestione degli impianti. Egli deve, inoltre, elaborare piani e programmi di attività, individuare piani di promozione dell'uso efficiente dell'energia, assicurarsi che quanto stabilito dalle norme venga seguito, eseguire i report e mantenere le relazioni con la direzione e il personale, pianificare le attività finanziarie ed, infine, gestire il progetto.

#### 1.3.2. Le Società che forniscono Servizi Energetici (ESCo, SSE)

Sono società che effettuano interventi finalizzati a migliorare l'efficienza energetica, assumendosi i rischi delle iniziative per ottenere il risparmio energetico, liberando, così, il cliente finale da qualsiasi onere organizzativo e di investimento.

Una *ESCo* o una *SSE* effettua diagnosi energetiche individuando possibili interventi di miglioramento, svolge analisi tecnico-economiche, sceglie le soluzioni più vantaggiose sia dal punto di vista energetico che economico. Deve, inoltre, progettare interventi da realizzare e li realizza, garantisce una resa ottimale degli impianti, si occupa della *manutenzione ordinaria*<sup>8</sup> degli impianti, svolge il monitoraggio degli oggetti soggetti ad

---

<sup>7</sup> Energia primaria: rappresenta le energie derivanti da fonti primarie, ossia che sono presenti in natura. Tali fonti possono essere rinnovabili (eolico, solare, idroelettrico, geotermico) oppure non rinnovabili (gas naturale, carbone, petrolio).

<sup>8</sup> Manutenzione ordinaria: comprende operazioni di piccole entità sia periodiche che non, ma necessarie per il corretto funzionamento dell'impianto e per una buona efficienza.

## Quadro normativo

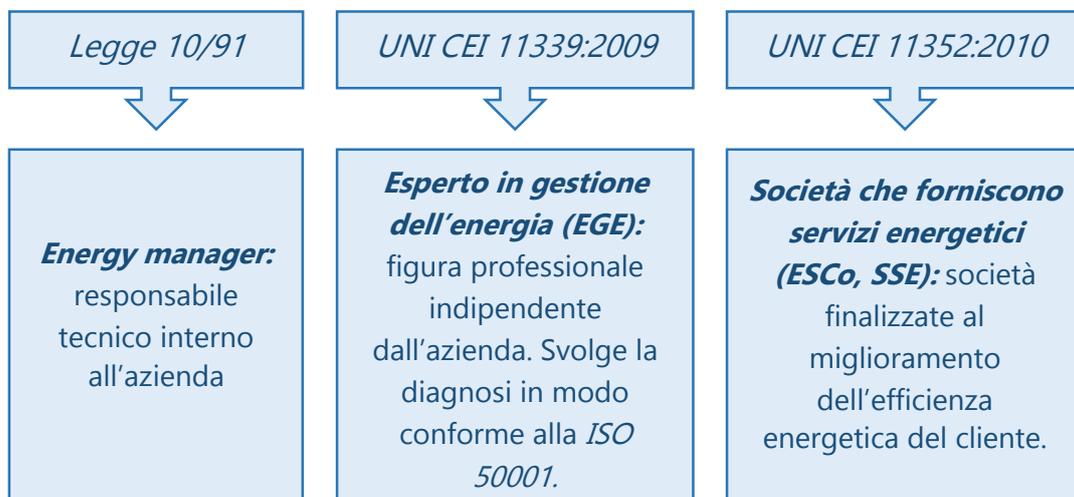
analisi, informa il cliente con periodici rapporti (per tutta la durata del contratto) sui consumi e sui risparmi. Fornisce, infine, un supporto tecnico garantendo sui risultati di miglioramento, gestisce gli incentivi, i bandi e i finanziamenti se viene delegato da chi possiede il titolo, svolge l'attività di formazione ed informazione dell'utente ed infine l'attività di certificazione o di supporto alla certificazione.



*Figura 6 Schema di una diagnosi energetica effettuata da una Società di Servizi Energetici*

I risparmi economici che il cliente ottiene dai miglioramenti vengono condivisi con la società secondo diversi tipi di contratti commerciali, definiti *Energy Performance Contract (EPC)*.

Riassumendo, gli attori principali del processo riguardante i *Sistemi di Gestione dell'Energia* sono riportati nello schema sottostante.



*Figura 7 Figure fondamentali per i Sistemi di Gestione dell'Energia*

## 1.4. Tipologie di Energy Performance Contract

Un *Energy Performance Contract* si attua usando, solitamente, il meccanismo del *Finanziamento Tramite Terzi (FTT)*. Tale meccanismo, come riporta il *Decreto Legislativo 115/2008* è “un accordo contrattuale che comprende un terzo, oltre al fornitore di energia e al beneficiario (industria) della misura di miglioramento dell’efficienza energetica, che fornisce i capitali per tale misura e addebita un canone pari a una parte del risparmio energetico conseguito avvalendosi della misura stessa, il terzo può essere una *ESCO*.”.

In base a come vengono distribuiti i rischi, alla ricompensa delle *ESCO* ed alla copertura del finanziamento, esistono tre diversi tipi di contratto.

### 1.4.1. Il First Out

In questa tipologia di contratto il capitale viene fornito dalla *ESCO* (può ricorrere a finanziatori terzi) e il risparmio energetico che ne deriva viene utilizzato interamente per ripagare il finanziamento dell’intervento e retribuire il lavoro svolto dalla *ESCO*. Il *First out* ha solitamente una durata di circa 4-8 anni e la *ESCO* incassa il 100% dei risparmi che si sono ottenuti realmente fino allo scadere del contratto. Ogni tipologie di costo e profitto è dichiarata in anticipo e i risparmi sono utilizzati per coprire completamente i suddetti costi. La proprietà dell’impianto è della *ESCO* fino alla scadenza contrattuale, successivamente si trasferisce al cliente.

### 1.4.2. Lo Shared savings

Significa *risparmio condiviso* e, come prima, il capitale è messo a disposizione dalla *ESCO*, la quale può ricorrere a finanziatori terzi, ma per quanto riguarda il compendio le parti si accordano sulla suddivisione del risparmio. Questa tipologia di contratto ha una durata che va dai 5 ai 10 anni in quanto va considerato che solamente una parte del ricavato va a contribuire al recupero dell’investimento. Anche in questo caso la proprietà è in mano alla *ESCO* fino allo scadere del contratto, quando diventa del cliente committente. Come nel *First out* la *ESCO* si assume il rischio finanziario, ma anche il rischio tecnico che riguarda le prestazioni alle quali sono legate le remunerazioni.

### 1.4.3. Il guaranteed savings

Nel *risparmio garantito* chi finanzia il progetto non è la *ESCO*, ma un soggetto terzo che non coincide con il cliente. In questo tipo di contratto la *ESCO* si assume il compito di reperire ed organizzare il finanziamento e garantisce un livello minimo di rendimento in base al quale viene remunerato dal cliente. Tale contratto dura 4-8 anni e la *ESCO* si assicura che i risparmi non siano inferiori al minimo concordato. Se i consumi risultano maggiori rispetto a quanto stabilito è previsto un indennizzo al cliente, viceversa, se i risparmi sono maggiori rispetto a ciò che si era concordato, il vantaggio è del cliente. Egli ha il compito di pagare le bollette e le fatture e paga alla *ESCO* un canone per remunerare il servizio di gestione delle manutenzioni e per la garanzia del risparmio.

## Quadro normativo

	<b>First-out</b>	<b>Risparmio condiviso</b>	<b>Risparmio garantito</b>
<b>Capitale</b>	ESCo o FTT	ESCo o FTT	Prestito al cliente
<b>Ricavi</b>	100% ESCo	ESCo e cliente	Cliente
<b>Durata</b>	4-8 anni	5-10 anni	4-8 anni
<b>Proprietà</b>	ESCo, poi cliente	ESCo, poi cliente	Cliente
<b>Rischio</b>	ESCo	ESCo	ESCo

Figura 8 Tipologie di Energy Performance Contracts

### 1.5. Certificati bianchi

A seguito della liberalizzazione dei mercati nazionali dell'energia elettrica e del gas, è diventato necessario salvaguardare gli obiettivi di carattere sociale, di tutela dell'ambiente e di utilizzo efficiente delle risorse. Con riferimento a quest'ultimo punto, sono stati emanati due *decreti Ministeriali del 24 luglio 2004* (s.m.i. con il *D.M. 21/12/2007, Decreto del 28/12/2012 e il DM 11 gennaio 2017*), i quali prevedono e definiscono obblighi di incremento dell'efficienza energetica a carico delle imprese di distribuzione dell'energia elettrica e del gas.

I Certificati Bianchi sono titoli negoziabili che certificano il conseguimento del risparmio energetico negli usi finali di energia attraverso interventi e progetti che portano ad un aumento dell'efficienza energetica. Essi possiedono un valore economico che varia in base all'andamento del mercato stesso: inizialmente era fissato a 100 €/TEE, ma attualmente il valore medio è di circa 259.96 €/TEE<sup>9</sup>.

In un primo momento erano soggetti all'obbligo di risparmio di energia primaria solamente i distributori di energia elettrica o gas che avevano connessi alla propria rete più di 100'000 utenti finali, ma con il *D.M. 21/12/07* la soglia è stata ridotta a 50'000 utenti finali allacciati. L'obbligo è determinato sulla base del rapporto tra la quantità di energia elettrica e gas naturale distribuita dai singoli distributori e la quantità complessivamente erogata sul territorio nazionale dalla totalità dei soggetti obbligati. Questi ultimi devono consegnare ogni anno un numero di certificati proporzionali all'energia da essi distribuita e la somma di

<sup>9</sup> Fonte GME: "Sessione di mercato TEE Febbraio 2019"

## Quadro normativo

tutti i TEE che vengono consegnati ogni anno costituisce l'obbligo nazionale di risparmio energetico ed è fissato a priori dal *Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare*. I certificati vengono erogati dal *GSE (Gestore dei Servizi Energetici)* in seguito alla realizzazione di interventi che conducono ad un miglioramento energetico e sono riconosciuti, oltre che ai soggetti obbligati, anche alle *ESCo* e a tutte le aziende che abbiano nominato l'*energy manager*. Il *GSE* emette, in favore dei soggetti autorizzati ad operare, un numero di TEE pari al valore della riduzione dei consumi ottenuta:

$$1 \text{ TEE} = 1 \text{ TEP di energia primaria risparmiata}$$

I soggetti obbligati possono realizzare in prima persona la quota d'obbligo mediante progetti di efficienza energetica per i quali sono riconosciuti i *TEE (Titoli di Efficienza Energetica)*, oppure possono acquistare i titoli attraverso le negoziazioni sul mercato dei TEE gestito dal *Gestore dei Mercati Energetici (GME)* o attraverso transazioni bilaterali.

I distributori obbligati comunicano al *GSE* entro il 31 maggio di ogni anno i *TEE* relativi all'anno precedente e il *GSE* ha il compito di verificare che gli obiettivi annui siano stati raggiunti. Il mancato conseguimento dell'obiettivo da parte dei distributori implica sanzioni emesse dal *GSE* e i proventi delle sanzioni vengono utilizzati per finanziare campagne di promozione e sensibilizzazione all'uso razionale dell'energia.

### 1.5.1. Progetti ammissibili

È definito **intervento** qualsiasi singola modifica che porta ad una riduzione dei consumi di energia primaria, mentre è definito **progetto** una qualsiasi attività o insieme di attività che conduce a risparmi di energia primaria certi e quantificabili mediante la realizzazione di uno o più interventi valutabili con la stessa metodologia di valutazione.

Gli interventi che sono considerati ammissibili alla valutazione per conseguire i certificati bianchi sono riportati, con un elenco non esaustivo, nella *tabella 1* dell'*Allegato 2* del *DM 11 gennaio 2017*.

Tipologia di intervento	Vita utile (U)	Tipologia di Certificati Bianchi	
	Anni	Tipo I	Altra tipologia
		Riduzione consumi energia elettrica	Riduzione consumi gas e/o altro
<b>Settore industriale</b>			
<b>Installazione di impianti di produzione di energia termica</b>	10		X
<b>Installazione di sistemi per il trattamento di efflussi gassosi</b>	10		X
<b>Installazione di generatori di aria calda</b>	10		X
<b>Installazione di componenti per il recupero di calore, qualora non tecnicamente possibile nella situazione ex ante, anche a servizio di reti di teleriscaldamento e/o teleraffrescamento</b>	7		X

*Quadro normativo*

<b>Installazione di sistemi di ricompressione meccanica del vapore</b>	7		X
<b>Installazione di essiccatori</b>	10	X	X
<b>Installazione di bruciatori rigenerativi</b>	7		X
<b>Installazione di motori elettrici</b>	7	X	
<b>Installazione di forni di cottura</b>	10	X	X
<b>Installazione di forni di fusione</b>	10	X	X
<b>Installazione di forni di pre-riscaldamento</b>	10	X	X
<b>Installazione di sistemi radianti ad alta temperatura per la climatizzazione degli ambienti in ambito industriale</b>	10		X
<b>Installazione di impianti di produzione di aria compressa</b>	7	X	
<b>Installazione di sistemi di power quality</b>	7	X	
<b>Installazione di gruppi frigo e pompe di calore, ivi compresi gli impianti di surgelazione e refrigerazione</b>	7	X	X
<b>Installazione e retrofit di sistemi per l'illuminazione</b>	7	X	
<b>Recupero energetico nei sistemi di rigassificazione del GNL</b>	10		X
<b>Installazione di impianti a Ciclo Rankine Organico (ORC) in assetto non cogenerativo e non alimentati a calore prodotto da impianti di produzione di energia elettrica</b>	10	X	
<b>Settore reti, servizi e trasporti</b>			
<b>Efficientamento di reti di teleriscaldamento e/o teleraffrescamento esistenti</b>	10		X
<b>Posa reti di teleriscaldamento e/o teleraffrescamento</b>	10		X
<b>Installazione di caldaie a servizio di reti di teleriscaldamento e/o teleraffrescamento</b>	10		X
<b>Acquisto flotte di mezzi di trasporto alimentati a combustibili fossili ivi compreso il trasporto navale</b>	10	X	X
<b>Efficientamento energetico di mezzi di trasporto alimentati a combustibili fossili ivi compreso il trasporto navale</b>	7	X	X
<b>Efficientamento di reti elettriche, del gas e idriche</b>	10	X	X
<b>Installazione motori elettrici</b>	7	X	
<b>Realizzazione di CED</b>	7	X	
<b>Efficientamento di CED</b>	7	X	
<b>Realizzazione di stazioni radio base e di rete fisse</b>	7	X	
<b>Efficientamento di stazioni radio base e di rete fissa</b>	7	X	
<b>Installazione o retrofit di sistemi per l'illuminazione pubblica</b>	7	X	
<b>Installazione di sistemi di power quality</b>	7	X	
<b>Servizio civile</b>			
<b>Installazione di caldaie e generatori di aria calda</b>	10	X	X
<b>Installazione di gruppi frigo e pompe di calore per la climatizzazione degli ambienti</b>	7	X	X

## Quadro normativo

<b>Isolamento termico di superfici disperdenti opache degli edifici</b>	10	X	X
<b>Retrofit e nuova realizzazione di "edifici a energia quasi zero"</b>	10	X	X
<b>Installazione o retrofit di sistemi per l'illuminazione privata</b>	7	X	
<b>Misure comportamentali</b>			
<b>Adozione di sistemi di segnalazione e gestione efficienti</b>	3	X	X
<b>Adozione di sistemi di analisi dati sui consumi di singoli impianti, utenze e veicoli</b>	3	X	X
<b>Adozione iniziative finalizzate all'uso di veicoli a basse emissioni</b>	3	X	X

Tabella 1 Tipologie di intervento riportate nell'Allegato 2 del DM 11 gennaio 2017

Si considera che i risparmi generati da ogni intervento abbiano una durata, in anni, che è pari alla **vita tecnica** dell'intervento stesso, diminuita di opportuni coefficienti di decadimento prestazionali ( $\sigma$ ) che fanno diminuire il risparmio negli anni a seguire, fino all'esaurimento della vita tecnica.

Ai fini dell'accesso al meccanismo dei Certificati Bianchi sono ammessi i progetti di efficienza energetica:

- Realizzati dallo stesso soggetto titolare del progetto presso uno o più stabilimenti, edifici o siti comunque denominati;
- Realizzati con data di inizio della realizzazione dell'intervento successiva alla data di trasmissione al GSE dell'istanza di accesso ai meccanismi;
- Che generano, come detto in precedenza, risparmi energetici addizionali, ossia i risparmi di energia primaria calcolati come differenza tra il consumo di *baseline*<sup>10</sup> e il consumo energetico nell'assetto *post operam*, con riferimento al medesimo servizio reso e assicurando una normalizzazione delle condizioni che influiscono sul consumo energetico;
- Per i quali si dispone di una documentazione idonea attestante che per la messa in opera degli interventi che compongono il progetto siano utilizzati nuovi componenti o componenti rigenerati per i quali non siano già stati riconosciuti Certificati Bianchi;
- Predisposti e trasmessi al GSE, in base alla tipologia di progetto, secondo quanto previsto all'Allegato 1 del D.M. 11 gennaio 2017;
- Classificabili tra le tipologie di intervento riportate in Tabella 1, Allegato 2 del D.M. 11 gennaio 2017.

### 1.5.2. Metodi di valutazione dei risparmi

Nella valutazione dei risparmi vengono considerati solamente i risparmi energetici addizionali, vengono, pertanto, eliminati quei risparmi energetici che si stima si sarebbero

<sup>10</sup> Baseline: consumo di energia primaria del sistema tecnologico assunto come punto di riferimento ai fini del calcolo dei risparmi energetici addizionali.

comunque verificati, anche in assenza di un progetto o di un intervento, per effetto dell'evoluzione tecnologica, normativa e del mercato.

Attualmente i metodi di valutazione dei risparmi che derivano dalla realizzazione di progetti di efficienza energetica sono di due tipologie:

1. **Metodo standardizzato:** il risparmio energetico addizionale è quantificato attraverso la realizzazione del **progetto standardizzato** (PS, RS).
2. **Metodo a consuntivo:** il risparmio energetico addizionale è conseguibile mediante il **progetto a consuntivo** (PC, RC).

#### *Progetto standardizzato*

Tale metodo quantifica il risparmio energetico addizionale attraverso progetti realizzati dallo stesso titolare, presso uno o più stabilimenti, edifici o siti per i quali sia dimostrabile:

1. La **ripetitività del progetto**, ossia di tutti gli interventi che lo compongono e in pari condizioni di operatività.
2. La **non convenienza economica del costo relativo all'installazione di misuratori dedicati ai singoli interventi**, a fronte del valore economico dei Certificati Bianchi.

Se il PS è costituito da più interventi di riqualificazione energetica, essi devono essere caratterizzati dalla stessa durata di vita utile (espressa in anni), in modo da poter essere ricompensati in uno stesso progetto per il quale il soggetto richiedente inoltra istanza unica di richiesta dei Certificati Bianchi al GSE.

Il risparmio che ne deriva è retribuito sulla base di un algoritmo di calcolo e della misura diretta di un idoneo campione rappresentativo dei parametri di funzionamento che caratterizzano il progetto sia nella configurazione ex-ante sia in quella post intervento. Tutto ciò deve essere conforme ad un progetto e ad un programma di misura approvato dal GSE. L'algoritmo approvato per il calcolo dei risparmi è applicato estendendo i risultati delle misurazioni effettuate sul campione rappresentativo, a tutti gli interventi realizzati nell'ambito del progetto. Ovviamente il campione di misura deve essere sufficientemente rappresentativo sia per l'assetto ante sia per quello post intervento.

Per poter accedere al meccanismo dei Certificati Bianchi il PS deve aver generato una quota di risparmio addizionale non inferiore a **5 TEP** nel corso dei primi **12 mesi** del periodo di monitoraggio.

#### *Progetto a consuntivo*

Questa tipologia di progetto viene utilizzata quando l'intervento non è valutabile con il PS, per esempio nel caso di progetti complessi o di grandi dimensioni. Mediante questa valutazione, il risparmio energetico addizionale viene valutato attraverso la realizzazione di una misurazione puntuale delle grandezze caratteristiche nelle due configurazioni: ex ante e post intervento. La natura del metodo a consuntivo comporta una conoscenza tecnica più

approfondita e complessa rispetto al precedente: tale conoscenza comprende indicazioni sulle norme tecniche e di qualità da rispettare nell'esecuzione del progetto.

Il risparmio che ne deriva viene riconosciuto in forma di Certificati Bianchi erogati periodicamente, ma per poter accedere a tale meccanismo, il PC deve assicurare una quota di risparmio addizionale **non inferiore a 10 TEP** nei primo **12 mesi** del periodo del monitoraggio.

### 1.5.3. Tipologie di Certificati Bianchi

Le tipologie di Certificati Bianchi che possono essere emessi, sono essenzialmente sei e sono classificati in base al tipo di energia che viene risparmiata.

- **Tipo I:** attestanti il risparmio di energia primaria ottenuto attraverso interventi che comportano la riduzione dei consumi finali di energia elettrica.
- **Tipo II:** attestanti il risparmio di energia primaria ottenuto attraverso interventi che comportano la riduzione dei consumi finali di gas naturale.
- **Tipo III:** attestanti il conseguimento di risparmi di forme di energia diverse dall'elettricità e dal gas naturale non destinate all'impiego per autotrazione.
- **Tipo IV:** attestanti il conseguimento di risparmi di forme di energia diverse dall'elettricità e dal gas naturale, realizzati nel settore dei trasporti, e valutati con le modalità previste dall'*Articolo 30 del Decreto Legislativo 3 marzo 2011, n. 28*.
- **Tipo V:** attestanti il conseguimento di risparmi di forme di energia diverse dall'elettricità e dal gas naturale, realizzati nel settore dei trasporti, e valutati attraverso modalità diverse da quelle previste per i titoli di tipo IV.
- **Tipo II-CAR:** attestanti il conseguimento di risparmi di energia primaria, da impianti di cogenerazione riconosciuti CAR (Cogenerazione ad Alto Rendimento).

I risparmi di combustibile sono valutati in base ai rispettivi poteri calorifici inferiori<sup>11</sup>, espressi in GJ, considerando la seguente equivalenza:

$$1 \text{ TEP} = 41.860 \text{ GJ}$$

La conversione per passare da energia a TEP varia, a seconda se l'energia è elettrica o termica:

$$1 \text{ MWh}_{el} = 0.187 \text{ tep}$$

$$1 \text{ MWh}_{th} = 0.086 \text{ tep}$$

---

<sup>11</sup> I poteri calorifici inferiori dei diversi combustibili sono stabiliti dall'*AEEG (Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas)*.

## 2. L'A.C.S.R. (azienda cuneese smaltimento rifiuti)

L'oggetto di analisi della presente tesi è l'A.C.S.R. di Borgo San Dalmazzo, in provincia di Cuneo. L'attività di questa realtà industriale consiste nel trattamento e recupero dei rifiuti solidi urbani (RSU) prodotti dai 54 comuni del Bacino Regionale n. 10; tale area comprende circa 160'000 abitanti e una produzione complessiva di circa 70'000 tonnellate all'anno di RSU.

A tale impianto, oltre ai rifiuti solidi urbani, giungono altre tipologie di rifiuti che derivano dalla raccolta differenziata, quali rifiuti organici, imballaggi di plastica, carta e cartone, rifiuti ingombranti e rifiuti da pulizie e strade.

I processi presenti nell'impianto dell'A.C.S.R. sono i seguenti:

- Impianto di selezione RSU, stabilizzazione e produzione della frazione secca;
- Impianti di trattamento carta e cartone ed imballaggi in plastica;
- Massa in riserva di rifiuti urbani e non;
- Impianto di compostaggio ottenuto da rifiuto organico e vegetale triturato miscelati e posti in un bacino per la maturazione del compost;
- Gestione di lotti di discarica per rifiuti non pericolosi;
- Trasporto di propri rifiuti non pericolosi.

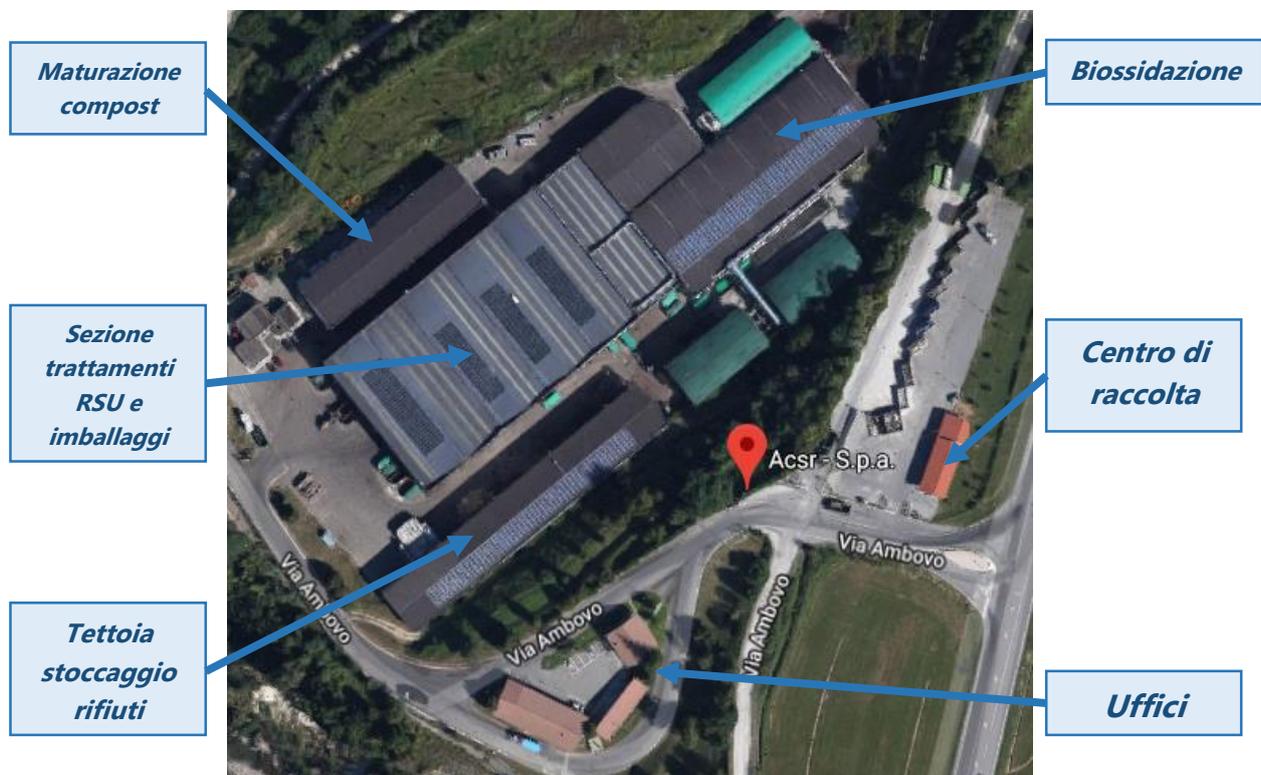


Figura 9 Vista dell'A.C.S.R. sede di Borgo San Dalmazzo con indicazione delle sezioni che la compongono

## 2.1. La storia dell'azienda

La scelta di realizzare un Consorzio destinato allo smaltimento dei rifiuti risale al 1977, ad opera dei Comuni appartenenti al Bacino Regionale n. 10. In quell'anno venne realizzato il *Consorzio Cuneese per lo smaltimento dei Rifiuti Solidi Urbani*. La località scelta era, all'epoca, un'area centrale per i 26 comuni inizialmente facente parte del bacino regionale e, inoltre, nella suddetta area sorgeva una discarica comunale in disuso.

Successivamente, ai primi 26 Comuni se ne aggiunsero ulteriori 28, portando così il numero dei Comuni consorziati a 54 (numero corrispondente all'attuale Bacino Regionale n. 10).

Tale Consorzio nel 1995 divenne Azienda Speciale denominata *A.C.S.R.*, ossia *azienda cuneese smaltimento rifiuti*. In seguito, il 29 dicembre 2003, per adeguarsi alla normativa regionale e statale è stata deliberata e attuata una scissione che ha portato alla creazione del *Consorzio Ecologico Cuneese (C.E.C.)*.

Il *C.E.C.* si occupa, attualmente, dei servizi di raccolta, raccolta differenziata e nettezza urbana, mentre l'*A.C.S.R.* realizza e gestisce gli impianti di trattamento e recupero dei rifiuti solidi urbani indifferenziati e di quelli derivanti dalla raccolta differenziata.

L'attuale politica della società è quella di massimizzare il recupero di materia dai RSU che giungono ogni giorno all'impianto, in quanto all'interno di essi vi è, ancora, grande ricchezza che può essere recuperata per salvaguardare l'ambiente.

## 2.2. Rifiuto indifferenziato

L'impianto che oggi si occupa dello smaltimento del rifiuto indifferenziato è frutto di una ristrutturazione, avvenuta nel 1996, del precedente impianto di riciclaggio realizzato a fine anni '80. Il programma previsto dal rifacimento prevedeva l'abilitazione dell'impianto alla produzione di combustibile derivante dalla parte secca dei rifiuti domestici e dal trattamento della parte organica.

Ogni anno vengono trattate circa 24'000 tonnellate di indifferenziato, dalle quali si ottengono i seguenti rifiuti:

- *Frazione secca*, pari a circa il 56% del rifiuto iniziale, dalla quale si ottiene combustibile per il cementificio *Buzzi Unicem S.p.A.* di Robilante.
- *Ferro*, pari a circa il 4% della parte in ingresso. Esso viene separato meccanicamente ed inviato all'impianto che ne effettua il recupero.
- *Frazione organica*, che rappresenta il 37% del rifiuto in ingresso.
- *Scarti e perdite di processo*, che rappresentano circa un 3% della quantità iniziale.

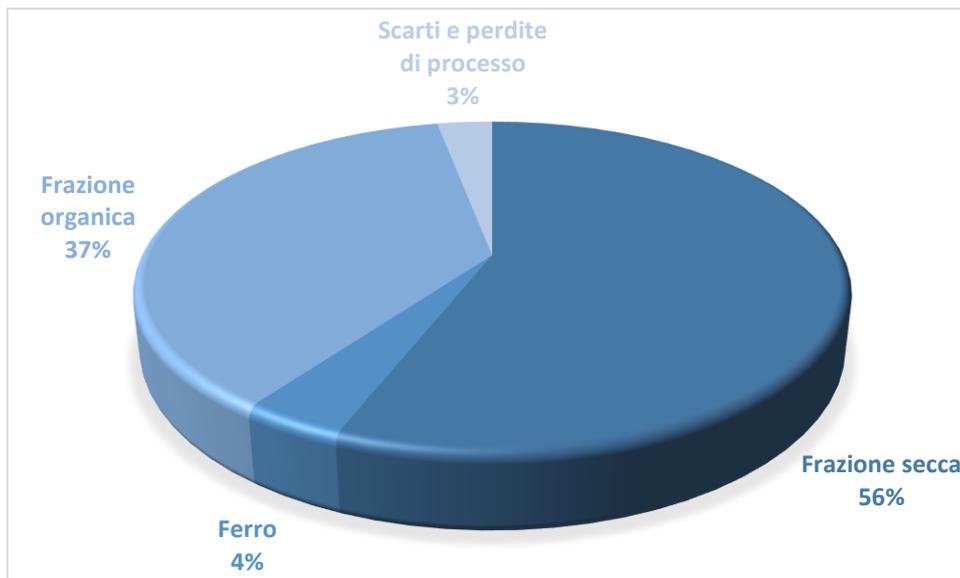


Figura 10 Composizione del rifiuto in uscita alla lavorazione dell'RSU

### 2.2.1. Ciclo di lavorazione dei rifiuti solidi urbani

Inizialmente i rifiuti solidi urbani subiscono una **preselezione e triturazione primaria**: in questa fase i RSU vengono raccolti dagli automezzi e scaricati in una zona di ricezione dove subiscono una prima selezione durante la quale si separano da eventuali rifiuti indesiderati quali pneumatici o ingombranti. Successivamente una prima triturazione ha l'obiettivo di aprire i sacchetti che contengono i rifiuti.



Figura 11 Preselezione del rifiuto solido urbano

La seconda fase è quella della **deferrizzazione**, dove, mediante dei separatori magnetici, eventuali parti ferrose vengono separate dal rifiuto solido urbano.



Figura 12 Fase di deferrizzazione (RSU)

Successivamente si passa alla **vagliatura**, dove un vaglio provvisto di tamburo con fori di 100 mm effettua la separazione del *rifiuto secco* (quello che presenta una maggiore pezzatura) dal *rifiuto umido* (quello a pezzatura minuta).



Figura 13 Vaglio per la vagliatura dei RSU

Si passa, poi, alla **produzione di frazione secca**, la quale, in uscita dal vaglio, subisce un'ulteriore triturazione in modo da non avere dimensione superiori a 100 mm. In seguito è sottoposta nuovamente a deferrizzazione, per poi essere pressata in cassoni per il trasporto.



Figura 14 Trituratore secondario (RSU)

L'ultima fase è quella della **stabilizzazione**, nella quale la frazione organica (che coincide con il sottovaglio) viene trasportata, mediante nastri trasportatori, in un bacino per la stabilizzazione. Questo bacino può essere utilizzato per la *biossidazione accelerata* della parte organica e delle parti destinate a diventare compost di qualità. Queste due parti sono

separate da un setto di divisione e permangono entrambe nel *bacino di stabilizzazione* per almeno 28 giorni durante i quali subiscono rivoltamenti programmati con insufflazioni di aria.



*Figura 15 Bacino di stabilizzazione (RSU)*



*Figura 16 Trattamenti per lo smaltimento dei RSU*

Per quanto riguarda la parte secca, dopo aver subito un'ulteriore triturazione, viene inviata allo stabilimento dell'A.C.S.R. di Roccavione, dove viene selezionato per eliminare materiali indesiderati, successivamente viene essiccato, triturato e, infine, miscelato con gomma granulata e plastiche non clorurate. Ciò che ne deriva è un combustibile definito *Combustibile Solido Secondario (CSS)*<sup>12</sup>. Esso viene inviato al cementificio *Buzzi Unicem S.p.A.* di Robilante, dove viene immesso nel forno principale in co-combustione con i normali combustibili utilizzati dalla società.

---

<sup>12</sup> Combustibile solido secondario: secondo l'articolo 183 del Decreto Legislativo 205/2010 è "i CSS sono combustibili solidi ottenuti da rifiuti non pericolosi, preparati per essere avviati a recupero energetico in impianti di incenerimento e co-incenerimento; essi possono essere prodotti a partire da rifiuti urbani e rifiuti speciali quali scarti da flussi specifici di produzione, rifiuti da demolizione e costruzione, fanghi da acque reflue. Quando un combustibile solido è ottenuto da rifiuti non pericolosi e soddisfa i requisiti di conformità forniti dalla UNI EN 15359 è a tutti gli effetti un CSS".

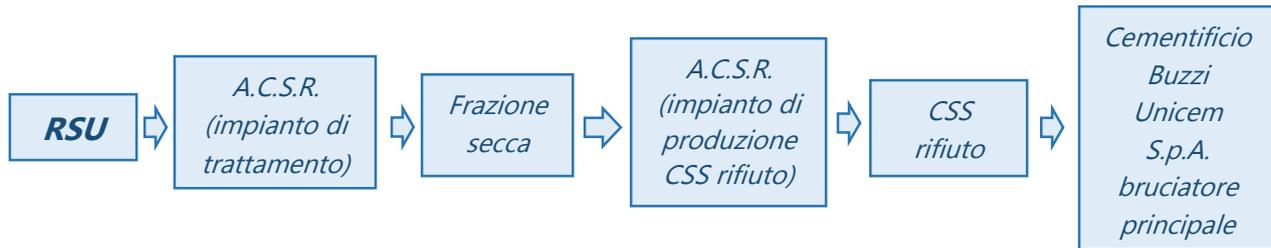


Figura 17 Flusso di produzione dei RSU

### 2.2.2. Analisi dei consumi del ciclo di trattamento dei RSU

Oltre ai macchinari prima citati, nel calcolo dei consumi energetici annui della linea di trattamento dei rifiuti solidi urbani vanno considerati, inoltre, i nastri trasportatori.

Di seguito è riportato l'elenco dei macchinari che partecipano al trattamento dei rifiuti solidi urbani con le relative potenze, i consumi giornalieri e annuali. È considerato che le macchine lavorino quattro ore al giorno e 300 giorni in un anno. I valori riportati di seguito sono stime e non rappresentano quindi valori monitorati.

La sezione di bioossidazione accelerata più biofiltri 1 e 2 e la sezione del terzo biofiltro sono comuni ai processi di lavorazione dell'RSU e del compostaggio. La divisione è fatta sui quantitativi di rifiuto in uscita dai diversi processi di lavorazione: è considerato che circa 9'000 tonnellate annue vengano inviate alla sezione di bioossidazione, mentre per quanto riguarda il compostaggio 15'500 tonnellate vengano mandate in tale sezione. Dunque si attribuisce il 37% del consumo totale annuo delle due sezioni prima citate al ciclo di lavorazione del rifiuto indifferenziato e il restante 63% al ciclo di trattamento del compostaggio.

<b>RICEVIMENTO E SELEZIONE RSU - LINEA SELEZIONE</b>	<b>Potenza totale (kW)</b>	<b>Potenza assorbita unitaria (kW)</b>	<b>Consumo giornaliero (kWh/d)</b>	<b>Consumo annuo (kWh/y)</b>
<b>Trituratore rompisacco</b>	220.00	100.20	400.80	120'240.00
<b>Nastro trasportatore</b>	5.50	3.85	15.40	4'620.00
<b>Separatore elettromagnetico a nastro motore</b>	3.00	2.10	8.40	2'520.00
<b>Trasformatore</b>	8.50	5.95	23.80	7'140.00
<b>Nastro trasportatore prima del rullo magnetico</b>	5.50	3.85	15.40	4'620.00
<b>Rullo magnetico</b>	5.50	3.85	15.40	4'620.00
<b>Nastro trasportatore alimentazione vaglio</b>	5.50	3.85	15.40	4'620.00
<b>Vaglio rotante</b>	18.50	12.95	51.80	15'540.00
<b>Nastro estrazione sottovaglio</b>	4.00	2.80	11.20	3'360.00
<b>Nastro trasportatore rifiuti organici</b>	3.00	2.10	8.40	2'520.00
<b>Nastro trasportatore residui organici alla bioossidazione</b>	11.00	7.70	30.80	9'240.00

<b>RICEVIMENTO E SELEZIONE RSU - LINEA SELEZIONE</b>	<b>Potenza totale (kW)</b>	<b>Potenza assorbita unitaria (kW)</b>	<b>Consumo giornaliero (kWh/d)</b>	<b>Consumo annuo (kWh/y)</b>
<b>Nastro trasportatore residui organici alla biossiazione</b>	3.00	2.10	8.40	2'520.00
<b>Alimentatore trasporto sopravaglio a frantumatore sec</b>	7.50	5.25	21.00	6'300.00
<b>Trituratore M&amp;J</b>	400.00	266.00	1064.00	319'200.00
<b>Nastro trasportatore combustibili frantumati</b>	5.50	3.85	15.40	4'620.00
<b>Separatore elettromagnetico a nastro motore</b>	3.00	2.10	8.40	2'520.00
<b>Trasformatore</b>	3.70	2.59	10.36	3'108.00
<b>Nastro reversibile residui combustibili</b>	3.00	2.10	8.40	2'520.00
<b>Compattatori stazionari pompa olio</b>	44.00	15.40	61.60	18'480.00
<b>Pompa ricircolo olio</b>	3.00	1.05	4.20	1'260.00
<b>Resistenza elettrica risc.</b>	4.00	1.40	5.60	1'680.00
<b>Ventilatore raffreddamento olio</b>	0.74	0.26	1.04	310.80
<b>Ventilatore estrazione ricevimento RSU</b>	40.00	36.00	144.00	43'200.00
<b>Ventilatore estrazione linea pretrattamento RSU</b>	45.00	18.00	72.00	21'600.00
<b>Luce N.4 (alimentazione linea luce Ricevimento RSU)</b>	2.00	1.60	4.80	1'440.00
<b>Sezione biossiazione accelerata + biofiltri 1 e 2</b>	147.84	100.70	1152.47	412'004.25
<b>Sezione biofiltro 3</b>	31.08	17.61	408.04	148'933.14
<b>TOTALE</b>	<b>1'035.59</b>	<b>625.21</b>	<b>3'586.50</b>	<b>1'168'736.19</b>

Tabella 2 Consumi dei macchinari che compongono il ciclo di trattamento dei RSU

All'anno vengono trattati all'incirca 24'000 tonnellate di rifiuti solidi urbani; volendo calcolare un *energy performance indicator* che esprima i consumi in relazione al quantitativo trattato (espresso in tonnellate) si ottiene il seguente valore:

$$EPI_{RSU} = \frac{\text{Consumi}}{\text{Tonnellate}} = \frac{1'165'396.80}{24'000} = 48.697 \frac{kWh}{t}$$

### 2.3. Compostaggio

Questa sezione dell'impianto è attiva dal luglio 2005 ed è autorizzato a ricevere rifiuti ad elevata matrice organica, quali scarti di mense e cucine, fanghi di depurazione agroalimentare o civile e materiale verde e ligneo cellulosico.

I rifiuti destinati a compostaggio subiscono, anch'essi, diversi trattamenti: prima di tutto vi è una **preselezione del rifiuto verde e triturazione**, dove il legno e il verde vengono stoccati sotto una tettoia e sottoposti periodicamente ad operazioni di triturazione.

Segue poi la **miscelazione** tra il rifiuto verde e l'organico in opportune quantità, in modo da ottenere un mix adatto alle successive fasi di trasformazione del rifiuto.

Il terzo passaggio consiste nella **biossidazione accelerata**, durante la quale, come i RSU, la miscela organica viene depositata nel bacino di stabilizzazione per almeno 28 giorni, nei quali vengono attuati periodici rivoltamenti e insufflazioni di aria per facilitare le reazioni. Terminati i 28 giorni, l'organico viene estratto dal bacino e sottoposto ad ulteriori operazioni di raffinazione e maturazione.



*Figura 18 Rivoltamenti della miscela organica utili per facilitare la biossidazione (compostaggio)*

Successivamente si passa alla fase di **raffinazione**, nella quale vengono eliminate eventuali impurità presenti nel materiale.

Termina la fase di **maturazione** che prevede il deposito, in un edificio dedicato, del materiale per un periodo di almeno 62 giorni. Anche in questo ultimo passaggio il materiale subisce dei periodici rivoltamenti e, alla fine, risulta essere un compostato misto pronto per la commercializzazione.



*Figura 19 Rivoltamenti del compost negli ultimi 62 giorni di maturazione*



Figura 20 Trattamenti a cui vengono sottoposti i rifiuti destinati a compostaggio

### 2.3.1. Analisi dei consumi del ciclo di trattamento del compostaggio

Vengono riportati di seguito i macchinari utilizzati per la lavorazione del legno e dell'organico per la formazione di compost. I ventilatori, in questo caso, lavorano tutto il giorno, mentre il funzionamento delle altre apparecchiature è variabile tra le quattro e le sei ore al giorno. Gli impianti di illuminazione e di condizionamento sono attivi un'ora al giorno. Tutti i macchinari lavorano 300 giorni in un anno, ad eccezione del ventilatore di aspirazione situato nella sezione di ricezione del legno, il quale è in funzione tutto l'anno.

<b>SEZIONE RICEVIMENTO LEGNO/FORSU</b>	<b>Potenza totale (kW)</b>	<b>Potenza assorbita unitaria (kW)</b>	<b>Consumo giornaliero (kWh/d)</b>	<b>Consumo annuo (kWh/y)</b>
<b>Miscelatore</b>	90.00	30.50	152.50	45'750.00
<b>Nastro di scarico laterale</b>	4.00	3.20	16.00	4'800.00
<b>Nastro alimentazione tripper</b>	4.00	3.20	12.80	3'840.00
<b>Nastro alimentazione tripper</b>	4.00	3.20	12.80	3'840.00
<b>Portoni automatici</b>	1.10	0.88	0.88	264.00
<b>Portoni automatici</b>	1.10	0.88	0.88	264.00
<b>Ventilatore aspirazione</b>	9.20	7.00	168.00	61'320.00
<b>Luce esterna</b>	2.00	1.60	3.20	960.00
<b>Luce N.1 (alimentazione linea luce Ricevimento FORSU/legno)</b>	1.50	1.20	2.40	720.00
<b>Luci emergenza</b>	1.50	1.20	14.40	4'320.00
<b>Linea n°1 prese FM</b>	10.00	8.00	8.00	2'400.00
<b>Aspiratori sala comando/sala quadri</b>	0.50	0.40	2.40	720.00
<b>QE-PLC alimentazione quadro comando e controllo</b>	3.00	2.40	14.40	4'320.00
<b>Illuminazione cabina</b>	1.50	1.20	1.20	360.00
<b>Illuminazione sala controllo</b>	1.50	1.20	1.20	360.00
<b>Impianto di condizionamento sala quadri cabina operatore</b>	4.00	3.20	3.20	960.00
<b>Totale sezione di ricevimento legno/FORSU</b>	138.90	69.26	414.26	135'198.00
<b>SEZIONE MATURAZIONE E STOCCAGGIO LEGNO E ACCESS</b>	<b>Potenza totale (kW)</b>	<b>Potenza assorbita unitaria (kW)</b>	<b>Consumo giornaliero (kWh/d)</b>	<b>Consumo annuo (kWh/y)</b>
<b>Ventilatore estrazione aria edificio G+E</b>	55.00	33.00	792.00	237'600.00
<b>Luce N.4 (alimentazione linea luce maturazione)</b>	2.00	1.80	1.80	540.00
<b>Luce N.4 (alimentazione linea luce stoccaggio legno)</b>	2.00	1.80	1.80	540.00

<b>Vaglio mobile</b>	55.00	33.00	198.00	59'400.00
<b>Totale sezione di maturazione e stoccaggio</b>	114.00	69.60	993.60	298'080.00
<b>Sezione bioossidazione accelerata + biofiltro 1 e 2</b>	251.78	171.46	1'962.32	701'520.75
<b>Sezione biofiltro 3</b>	52.92	29.99	694.76	253'588.86
<b>TOTALE</b>	<b>557.60</b>	<b>340.31</b>	<b>4'064.94</b>	<b>1'388'387.61</b>

Tabella 3 Consumi dei macchinari per la produzione del compost

All'anno vengono trattati all'incirca 17'000 tonnellate di rifiuti per la produzione del compost; volendo calcolare un *energy performance indicator* che esprima i consumi in relazione al quantitativo trattato si ottiene il seguente valore:

$$EPI_{compost} = \frac{\text{Consumi}}{\text{Tonnellate}} = \frac{1'388'387.61}{17'000} = 81.670 \frac{kWh}{t}$$

## 2.4. Trattamento imballaggi

L'impianto per il trattamento degli imballaggi è progettato per ricevere plastiche fino a 4'000 tonnellate all'anno, carta e cartone fino a 8'500 tonnellate all'anno e imballaggi in materiali misti e metallici sino ad un complessivo di 2'000 tonnellate all'anno.

### 2.4.1. Ciclo di trattamento degli imballaggi in plastica

Gli imballaggi in plastica derivanti dalla raccolta differenziata subiscono il seguente ciclo:

- *Preselezione del rifiuto*, durante la quale vengono eliminati i rifiuti diversi da imballaggi in plastica che erroneamente sono stati conferiti.
- *Apertura dei sacchi*, all'inizio della linea la macchina ha il compito di aprire i sacchetti contenente i rifiuti in modo da agevolare i passaggi successivi.
- *Selezione manuale*, dove, in un locale appositamente insonorizzato e condizionato, viene ripulito il materiale da scarti e suddiviso in più tipologie in base alle successive destinazioni.



Figura 21 Selezione manuale degli imballaggi

- *Deferrizzazione*, che consente l'eliminazione di eventuali residui o parti metalliche presenti mediante un separatore magnetico.
- *Pressatura*, mediante nastri trasportatori, gli imballaggi sono inviati ad una pressa che provvede al loro imballaggio per lo stoccaggio successivo e vengono, quindi, inviate al recupero.



Figura 22 a) Nastro trasportatore b) Plastica imballata pronta per lo stoccaggio



Figura 23 Trattamenti per la lavorazione e il recupero degli imballaggi in plastica

#### 2.4.2. Analisi dei consumi del ciclo di trattamento di carta e plastica

La tabella sottostante riporta i macchinari utilizzati nei cicli di lavorazione della carta e della plastica e i relativi consumi annui e giornalieri.

<b>SELEZIONE PLASTICA E CARTA</b>	<b>Potenza totale (kW)</b>	<b>Potenza assorbita unitaria (kW)</b>	<b>Consumo giornaliero (kWh/d)</b>	<b>Consumo annuo (kWh/y)</b>
<b>Aprisacchi</b>	22.00	15.40	92.40	27'720.00
<b>NASTRO TRASPORTATORE A PIASTRE da aprisacco</b>	3.00	2.10	12.60	3'780.00
<b>NASTRO TRASPORTATORE A PIASTRE aliment. Cabina</b>	4.00	2.80	16.80	5'040.00
<b>CABINA DI SELEZIONE impianto elettrico trattamento aria</b>	4.00	2.80	16.80	5'040.00
<b>Nastro di selezione</b>	3.00	2.10	12.60	3'780.00
<b>Separatore magnetico</b>	2.20	1.54	9.24	2'772.00
<b>Container a fondo mobile - box accumulo</b>	3.00	2.10	12.60	3'780.00
<b>Nastro alimentazione pressa</b>	5.50	3.85	38.50	11'550.00
<b>Pressa automatica</b>	132.00	101.20	506.00	151'800.00
<b>TOTALE</b>	<b>178.70</b>	<b>133.89</b>	<b>717.54</b>	<b>215'262.00</b>

Tabella 4 Consumo dei macchinari che compongono il ciclo di trattamento della carta e della plastica

È considerato che i macchinari riportati nella *tabella 2* lavorino per sei ore al giorno, ad eccezione del nastro di alimentazione della pressa che lavora 10 h/d e la pressa automatica,

la quale funziona per cinque ore al giorno. Tutti i macchinari sono in funzione 300 giorni all'anno.

All'anno vengono trattati all'incirca 4'500 tonnellate di plastica e 10'000 tonnellate annue tra carta e cartone; volendo calcolare un *energy performance indicator* che esprima i consumi in relazione al quantitativo trattato si ottiene il seguente valore:

$$EPI_{plastica+carta} = \frac{\text{Consumi}}{\text{Tonnellate}} = \frac{215 \cdot 262}{4 \cdot 500 + 10 \cdot 000} = 14.846 \frac{\text{kWh}}{\text{t}}$$

## 2.5. Confronto tra gli EPI

Come si può osservare del grafico riportato di seguito, la lavorazione della carta e plastica richiede meno energia rispetto alle linee che trattano RSU e legno e FORSU<sup>13</sup>. Ciò è dovuto al fatto che plastica e carta non necessitano di lavorazioni particolarmente energivore, in quanto non necessitano di triturazioni deferrizzazioni, vagliature o miscelazioni. Il macchinario avente un consumo maggiore sulla linea di trattamento della carta e della plastica è la pressa per gli imballaggi.

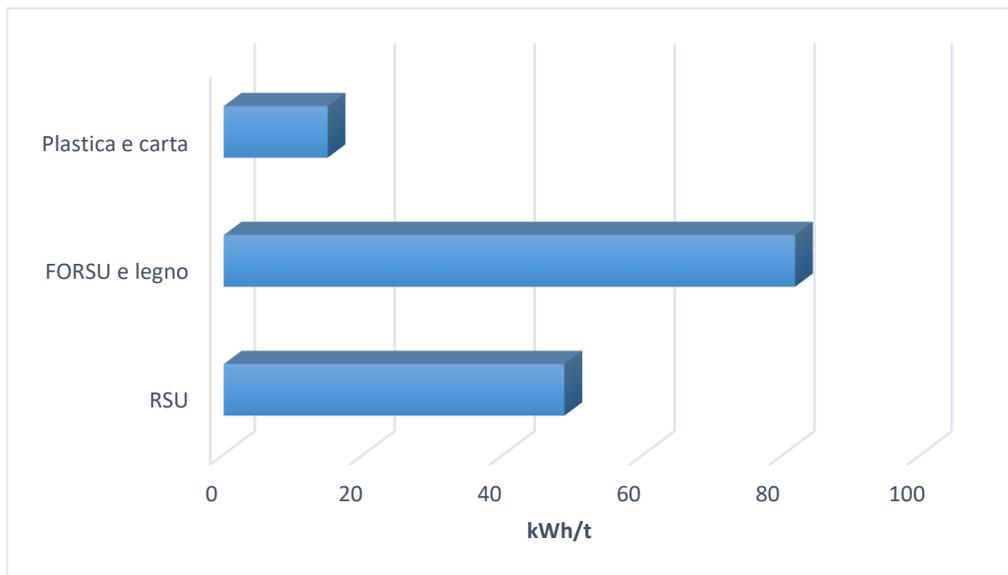


Figura 24 Confronto tra gli EPI delle tre diverse linee di trattamento dei rifiuti

## 2.6. Consumi elettrici dovuti all'illuminazione

Attualmente nella sede di Borgo San Dalmazzo dell'A.C.S.R. vi sono installati apparecchi di illuminazione con tecnologie vetuste: si trovano sorgenti luminose fluorescenti, alogene e a scarica.

<sup>13</sup> FORSU: *frazione organica del rifiuto solido secondario*. Rappresenta la parte dell'RSU sottovagliata ed è composta da scarti di cibo, carta per alimenti sporca o rimasugli delle preparazioni alimentari.

### 2.6.1. Uffici

La tabella seguente riassume, per ciascun ufficio, la tipologia di apparecchio con le relative potenze e l'energia elettrica consumata in un anno. Le ore di funzionamento, ovvero le ore in cui gli uffici sono occupati, sono 8 in un giorno per 6 giorni a settimana.

Locale	Tipo di lampada	Numero plafoniere	Numero di tubi per plafoniera	Potenza [W]	Potenza totale [W]	Energia in F1 [kWh]	Energia in F2 [kWh]	Energia totale [kWh]
<b>Ufficio doppio</b>	Fluorescente	4	2	72	288	628.85	147.51	776.36
<b>Ufficio 1</b>	Fluorescente	2	2	72	144	314.42	73.75	388.18
<b>Ufficio 2</b>	Fluorescente	1	2	116	116	253.29	59.41	312.70
<b>Ufficio 3</b>	Fluorescente	2	2	72	144	314.42	73.75	388.18
<b>Bagno</b>	Fluorescente	2	1	36	72	157.21	36.88	194.09
	Alogena	3	1	77	231	504.39	118.31	622.70
<b>Ufficio 4</b>	Fluorescente	2	2	72	144	314.42	73.75	388.18
<b>Ufficio CDA</b>	Fluorescente	4	2	72	288	628.85	147.51	776.36
<b>Ufficio 5</b>	Fluorescente	2	2	72	144	314.42	73.75	388.18
<b>Sgabuzzini</b>	Alogena	1	1	77	77	168.13	39.44	207.57
	Alogena	1	1	77	77	168.13	39.44	207.57
<b>Corridoio</b>	Fluorescente	4	1	36	144	314.42	73.75	388.18
<b>TOTALE</b>		<b>28</b>		<b>851</b>	<b>1'896</b>	<b>4'080.86</b>	<b>957.56</b>	<b>5'038.23</b>

Tabella 5 Inventario apparecchi luminosi negli uffici (sede di Borgo San Dalmazzo)

Volendo utilizzare un *energy performance indicator* per il confronto con gli altri locali, si può fare un rapporto tra l'energia richiesta e la metratura da illuminare.

$$EPI_{uffici} = \frac{Energia}{Superficie} = \frac{5'038.23}{234.21} = 21.512 \frac{kWh}{m^2}$$

### 2.6.2. Capannoni

Di seguito sono riportati i dati di potenza ed energia necessarie per l'illuminazione dei capannoni nei quali avvengono i processi di lavorazione e trattamento dei diversi rifiuti.

Locale	Tipo di lampada	Numero plafoniere	Numero di tubi per plafoniera	Potenza [W]	Potenza totale [W]	En in F1 [kWh]	En in F2 [kWh]	En totale [kWh]
<b>Ricezione</b>	Lampade a scarica	28	1	400	11'200	24'455.21	5'736.41	30'191.62
<b>Capannone selezione-cernita</b>	Lampade a scarica	22	1	400	8'800	19'214.81	4'507.18	23'721.98
<b>Capannone Compost</b>	Lampade a scarica	17	1	400	6'800	14'847.81	3'482.82	18'330.62
<b>Capannone Verde</b>	Lampade a scarica	26	1	400	10'400	22'708.41	5'326.66	28'035.07
<b>Basso fabbricato scarico compost</b>	Lampade a scarica	8	1	400	3'200	6'987.20	1'638.97	8'626.78
<b>Lampade Esterne</b>	Lampade a scarica	25	1	400	10'000	21'835.01	5'121.79	26'956.80
<b>TOTALE</b>		<b>126</b>		<b>2'400</b>	<b>50'200</b>	<b>110'048.44</b>	<b>25'813.83</b>	<b>135'862.27</b>

Tabella 6 Inventario apparecchi luminosi nei capannoni di Borgo San Dalmazzo

In questo caso l'EPI, sempre espresso in kWh/m<sup>2</sup>, ha il seguente valore:

$$EPI_{\text{Capannoni}} = \frac{\text{Energia}}{\text{Superficie}} = \frac{135'862.27}{8'192.35} = 16.584 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$$

### 2.6.3. Confronto tra gli indici

Come si può osservare dal grafico sottostante, il valore dell'EPI degli uffici (espresso in kWh/m<sup>2</sup>) è più alto rispetto a quello dei capannoni. Questo è dovuto al fatto che i requisiti illuminotecnici negli ambienti di lavoro dove prevalgono le attività di lettura, scrittura o utilizzo di videoterminali sono molto maggiori rispetto a quelli previsti in ambienti quali officine, capannoni, ecc.....

Lo scopo dell'attività di relamping, che verrà illustrata nei capitoli successivi, è quello di andare a ridurre questi valori, in modo da ottenere vantaggi energetici e dunque economici.

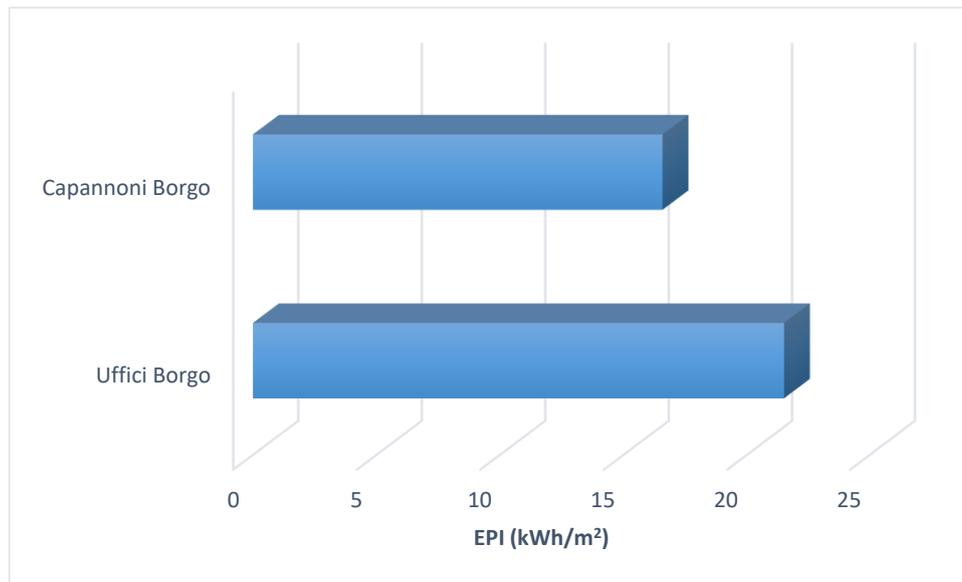


Figura 25 Confronto tra l'EPI degli uffici e l'EPI dei capannoni nella sede di Borgo San Dalmazzo

## 2.7. Consumi complessivi della sede di Borgo San Dalmazzo dell'A.C.S.R.

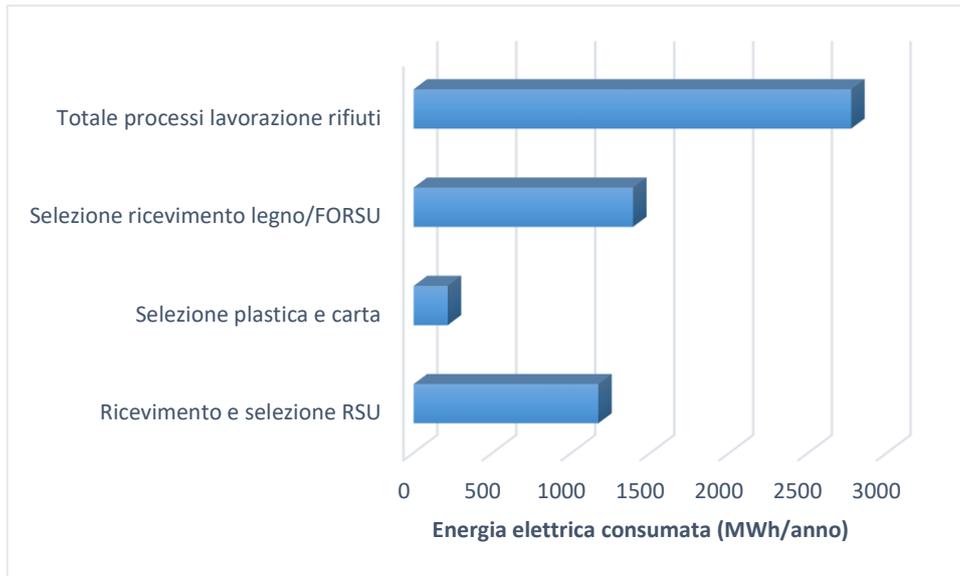
Sommando l'energia elettrica necessaria per le diverse lavorazioni dei rifiuti con quella necessaria per l'illuminazione di tutti gli edifici (uffici e capannoni), si ottengono i consumi annui complessivi. Tali valori sono riassunti di seguito.

	<b>Energia annua (kWh/anno)</b>
<b>Ricevimento e selezione RSU - linea selezione</b>	1'168'736.19
<b>Selezione plastica e carta</b>	215'262.00
<b>Sezione ricevimento legno/forsu</b>	1'388'387.61
<b>Totale processi di lavorazione dei rifiuti</b>	2'772'385.80
<b>Illuminazione uffici</b>	5'038.23
<b>Illuminazione capannoni</b>	135'862.27
<b>Totale illuminazione</b>	140'900.50
<b>TOTALE</b>	<b>2'913'286.30</b>

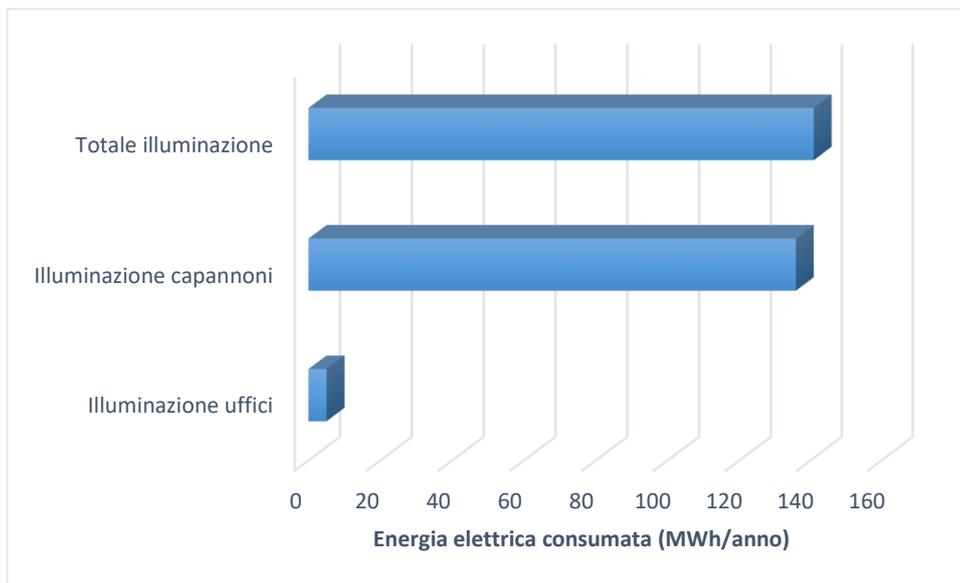
Tabella 7 Consumo annuo di energia elettrica nella sede di Borgo San Dalmazzo

Di seguito sono riportati i confronti tra i diversi consumi di energia elettrica: il primo grafico compara l'elettricità richiesta per il funzionamento dei diversi processi di lavorazione dei rifiuti, il secondo confronta i consumi di elettricità richiesta per l'illuminazione degli ambienti dell'A.C.S.R., mentre il terzo è un parallelo tra i totali.

*L'A.C.S.R. (azienda cuneese smaltimento rifiuti)*

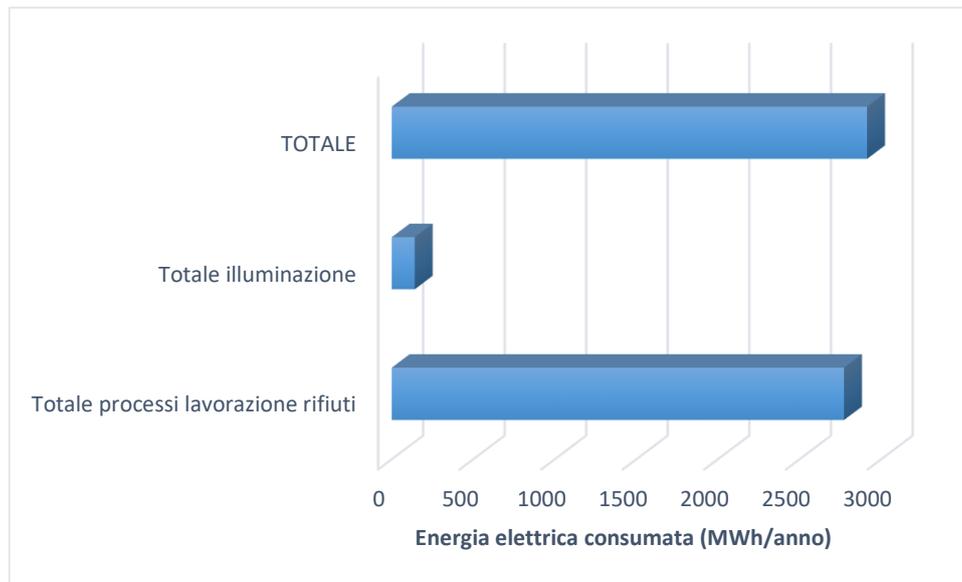


*Figura 27 Confronto tra i consumi di elettricità dei diversi processi di lavorazione dei rifiuti*



*Figura 26 Confronto tra i consumi di energia elettrica richiesti per l'illuminazione della sede di Borgo San Dalmazzo*

*L'A.C.S.R. (azienda cuneese smaltimento rifiuti)*



*Figura 28 Confronto tra i consumi di elettricità della sede di Borgo San Dalmazzo*

### **3. Il Combustibile Solido Secondario (CSS)**

La necessità di fronteggiare l'aumento inarrestabile dei prezzi dei combustibili, la liberalizzazione del mercato dell'energia elettrica e la necessità di contenere i costi di approvvigionamento dei combustibili, ha avuto come conseguenza l'esigenza, da parte di vari settori industriali quali cementifici, centrali termoelettriche e di teleriscaldamento, di ricercare combustibili alternativi a buon mercato, prodotti a partire da rifiuti. Negli ultimi anni, infatti, è aumentato l'interessamento verso i *Combustibili Solidi Secondari (CSS)*, prodotti a partire da rifiuti non pericolosi, tra i quali i rifiuti solidi urbani.

#### **3.1. La normativa a livello europeo**

A livello europeo la normativa di riferimento è la *UNI CEN TS 15359*, che ha come obiettivo principale quello di fornire principi per la classificazione e fornire specifiche chiare per i *SFR (Solid Recovered Fuels)*. Il *CSS* è prodotto a partire da rifiuti non pericolosi, tra cui i rifiuti solidi urbani, rifiuti industriali, rifiuti speciali da recupero di materia, ecc.... La normativa europea, comunque, non costituisce un mero strumento di settore, ma ha il compito di contribuire il conseguimento degli obiettivi in ambito ambientale ed energetico.

Siccome i materiali da cui deriva il *CSS* sono molteplici, è necessaria una classificazione del combustibile che ne deriva, basata su tre differenti parametri necessari a descrivere le caratteristiche del combustibile:

- *Il Potere Calorifico Inferiore (PCI)* rappresenta il contenuto energetico del *CSS* e viene considerato un indicatore del suo valore commerciale ed economico.
- *Il contenuto di cloro (Cl)*, è un parametro tecnologico ed indica l'aggressività del combustibile sugli impianti.
- *Il contenuto di mercurio (Hg)*, è utile per la valutazione dell'impatto ambientale che il *CSS* genera. Il mercurio è utilizzato come riferimento per tutte le componenti dannose per l'ambiente, in quanto il suo contenuto varia proporzionalmente alla presenza di altri elementi.

Per la classificazione del combustibile ognuno dei precedenti parametri viene suddiviso in cinque classi, dove la classe 1 rappresenta la più alta qualità, che corrisponde ad un elevato PCI e bassi contenuti di cloro e mercurio.

Risulta, quindi, necessario fornire una terna di valori per poter identificare univocamente una tipologia di *CSS*.

## Il Combustibile Solido Secondario (CSS)

Parametro	Riferimento statistico	Unità di misura	Classe				
			1	2	3	4	5
<b>P.C.I</b>	Media	MJ/kg (t.q. <sup>14</sup> )	≥25	≥20	≥15	≥10	≥3
<b>Cloro</b>	Media	% (s.s. <sup>15</sup> )	≤0.20	≤0.60	≤1	≤1.50	≤3
<b>Mercurio</b>	Mediana	mg/MJ (t.q.)	≤0.02	≤0.30	≤0.08	≤0.15	≤0.50
	80% percentile	mg/MJ (t.q.)	≤0.04	≤0.06	≤0.16	≤0.30	≤1

Tabella 8 Caratteristiche del CSS secondo la normativa UNI CEN TS 15359

### 3.2. La normativa tecnica a livello nazionale

In Italia la normativa di riferimento è formata dalle norme *UNI 9903 "Combustibili solidi non minerali ricavati dai rifiuti"*, pubblicate per la prima volta nel 1992 e revisionate più volte, l'ultima delle quali nel 2004. Nello specifico, la norma *UNI 9903-1 "Classificazione e caratteristiche"*, ha individuato due classi di qualità del CDR (combustibile da rifiuto), basate su caratteristiche chimico fisiche del combustibile. Sono state individuate le seguenti classi:

- *CDR di qualità normale* prodotto a partire da rifiuti indifferenziati, ricalcava quanto riportato nel *D.M. 05/02/1998* in modo da mantenere legali le produzioni già avviate.
- *CDR di qualità elevata* prodotto a partire da rifiuti selezionati, ottenuti anche tramite operazioni di raccolta selettiva. Questa classe era caratterizzata da specifiche maggiormente stringenti sia per quanto riguardava le sostanze potenzialmente dannose, sia per i parametri di interesse, quali PCI e contenuto di umidità.

Parametro	Unità di misura	CDR qualità normale	Unità di misura	CDR qualità elevata
<b>Umidità</b>	% massa t.q.	Max. 25	% massa t.q.	Max. 18
<b>P.C.I.</b>	MJ/kg (t.q.)	Min. 15	MJ/kg (s.s.)	Min. 20
<b>Ceneri</b>	% massa s.s.	Max. 20	% massa s.s.	Max. 15
<b>Cloro totale</b>	% massa t.q.	Max. 0.90	% massa s.s.	Max. 0.70
<b>Zolfo</b>	% massa t.q.	Max. 0.60	mg/kg (s.s.)	Max. 0.30
<b>Piombo</b>	mg/kg (s.s.)	Max. 200	mg/kg (s.s.)	Max. 100
<b>Cromo</b>	mg/kg (s.s.)	Max. 100	mg/kg (s.s.)	Max. 70
<b>Rame</b>	mg/kg (s.s.)	Max. 300	mg/kg (s.s.)	Max. 50
<b>Manganese</b>	mg/kg (s.s.)	Max. 400	mg/kg (s.s.)	Max. 200
<b>Nichel</b>	mg/kg (s.s.)	Max. 40	mg/kg (s.s.)	Max. 30
<b>Arsenico</b>	mg/kg (s.s.)	Max. 9	mg/kg (s.s.)	Max. 5
<b>Cadmio+mercurio</b>	mg/kg (s.s.)	Max. 7	mg/kg (s.s.)	-
<b>Cadmio</b>	mg/kg (s.s.)	-	mg/kg (s.s.)	Max. 3
<b>Mercurio</b>	mg/kg (s.s.)	-	mg/kg (s.s.)	Max. 1

Tabella 9 Requisiti richiesti dalla norma UNI 9903-1 (2004)

<sup>14</sup> Rifiuto tal quale: rifiuto dal quale non sono state selezionate a monte le diverse frazioni (organica, riciclabile e recuperabile).

<sup>15</sup> Sostanza secca

### **3.3. Il CSS-Combustibile**

Il *D.M. 14/02/2013* introduce ulteriori specifiche con lo scopo di promuovere il *CSS*. L'obiettivo è quello di sostituire i combustibili tradizionali in modo da favorire la riduzione delle emissioni e incrementare l'utilizzo delle fonti rinnovabili. Ciò porta, inoltre, ad un aumento del rifiuto recuperato, riducendo così gli oneri legati allo smaltimento in discarica. Nell'*articolo 4 del D.M. 14/02/2013* si stabilisce che il *CSS* cessa di essere classificato come rifiuto se viene definito *CSS-Combustibile* nella *Dichiarazione di conformità*. Il *CSS-Combustibile* è una particolare qualità di combustibile appartenente alle classi 1, 2 e 3 (riportate nella *tabella 8*) per il PCI, ed alle classi 1 e 2 per il contenuto di mercurio.

Le fasi di produzione, trasporto e stoccaggio del *CSS* avvengono assicurando che non vi siano contatti con acqua, aria e suolo e che non si verifichi autocombustione e diffusione di odori, perciò solamente impianti autorizzati possono produrre il *CSS-Combustibile*. L'utilizzo di questa tipologia di combustibile può avvenire solamente in due tipologie di impianti:

- *Cementificio*, definito nel *D.M. del 14/02/2013* come "un impianto di produzione di cemento avente capacità di produzione superiore a 500 t/d di clinker in possesso di autorizzazione integrata ambientale purché dotato di certificazione di qualità ambientale secondo la norma UNI EN ISO 14001 oppure in alternativa, di regolazione ai sensi della vigente disciplina comunitaria sull'adesione volontaria delle organizzazioni ad un sistema comunitario di ecogestione e audit".
- *Centrale termoelettrica*, definita nel *D.M. del 14/02/2013* come "un impianto di combustione con potenza termica di combustione di oltre 50 MW in possesso di autorizzazione integrata ambientale purché dotato di certificazione di qualità ambientale secondo la norma UNI EN ISO 14001 oppure, in alternativa, di registrazione ai sensi della vigente disciplina comunitaria sull'adesione volontaria delle organizzazioni ad un sistema comunitario ecogestionale ad audit".

### **3.4. L'impianto dell'A.C.S.R. per la produzione di CSS**

L'edificio che ospita l'impianto è situato nella zona industriale del comune di Roccavione, in provincia di Cuneo.

La frazione secca dei rifiuti solidi urbani giunge all'impianto di Roccavione proveniente dalla sede dell'A.C.S.R. di Borgo San Dalmazzo per essere trasformata in *CSS*. Vi sono tre tipologie di rifiuti:

- *Rifiuto tipo 1*, che comprende la frazione secca da RSU.
- *Rifiuto tipo 2*, il quale racchiude materiale ricavato dalla triturazione di plastiche non clorurate e derivano dalla raccolta differenziata e da altre lavorazioni.
- *Rifiuto tipo 3*, che riguarda gli scarti della lavorazioni di gomma e pneumatici fuori uso.

#### 3.4.1. Rifiuto tipo 1

Il *rifiuto di tipo 1*, dunque la frazione secca, proviene tutta dalla sede dell'*A.C.S.R.* di Borgo San Dalmazzo e l'impianto di Roccavione è progettato per trattare circa 29'300 tonnellate all'anno di tale rifiuto, ma realmente ne vengono trattati circa 21'000 tonnellate annue. In ogni caso la quantità di RSU effettivamente utilizzata dipende da quanto la sede di Borgo San Dalmazzo è capace di produrne.

Il *rifiuto di tipo 1* possiede le seguenti caratteristiche chimico-fisiche:

- *Umidità media* pari al 33%;
- *PCI medio* pari a circa 13 MJ/kg (3'100 kcal/kg);
- *Dimensione della pezzatura* inferiore a 100 mm per circa il 90% del materiale.

#### 3.4.2. Rifiuto tipo 2

Le plastiche non clorate utilizzate per la produzione del *CSS* provengono dalla ditta *Co.Fi.R di Gambaruto Giusto & C. S.N.C.* di Asti. L'impianto è progettato per il trattamento di 4'300 tonnellate all'anno di *rifiuto tipo 2*, ma effettivamente la quantità trattata è inferiore ed è rapportata a quanto RSU lavorato. Tale rifiuto presenta le seguenti caratteristiche chimico-fisiche:

- *Umidità media* inferiore al 10%;
- *PCI medio* maggiore di 26.4 MJ/kg (6'300 kcal/kg);
- *Dimensione della pezzatura* inferiore a 25 mm per oltre il 90% del materiale;
- *Contenuto di cloro* inferiore allo 0.5% in massa.

#### 3.4.3. Rifiuto tipo 3

Le gomme e gli pneumatici utilizzati nella produzione di *combustibile solido secondario* provengono dalla ditta *Valli Gestioni Ambientali S.r.l.* di Bergamo. L'impianto di Roccavione possiede una capacità annua di trattamento di circa 2'400 tonnellate, ma, come per il *rifiuto di tipo 2*, anche in questo caso la quantità effettivamente utilizzata è funzione del *rifiuto tipo 1* necessario.

Le principali caratteristiche chimico-fisiche del *rifiuto tipo 3* sono:

- *Umidità media* minore del 10%;
- *PCI medio* maggiore di 29.7 MJ/kg (7'100 kcal/kg);
- *Dimensioni della pezzatura* inferiore a 25 mm per oltre il 90% del materiale trattato;
- *Contenuto di cloro* minore dello 0.5% in massa.

#### 3.4.4. CSS in uscita

Il *CSS* prodotto dall'*A.C.S.R.* è composto dal 70% di *rifiuto tipo 1*, dal 15% di *rifiuto tipo 2* e dal 15% di *rifiuto tipo 3*. Queste percentuali sono scelte dall'azienda produttrice del *CSS* e tale preferenza si basa sulla strategia di produrre un combustibile che utilizzi il più possibile rifiuti, pur mantenendo comunque un appropriato PCI del prodotto finale.

## Il Combustibile Solido Secondario (CSS)

Le caratteristiche chimico-fisiche del CSS sono conformi alla *UNI 9903-1* per il CDR di qualità elevata e alla *UNI EN 15359* sui *Combustibili Solidi Secondari*. In particolare la prima prevede che l'**umidità media** sia inferiore al 18%, mentre il **PCI medio** deve superare i 20 MJ/kg di sostanza secca.

Caratteristiche chimico-fisiche	Rifiuto tipo 1	Rifiuto tipo 2	Rifiuto tipo 3
Umidità media [%]	33	10	10
PCI medio [MJ/kg]	13	26.40	29.70
Dimensioni pezzatura [mm]	100	25	25
Contenuto di cloro [% in massa]	-	0.50	0.50

Tabella 10 Caratteristiche chimico-fisiche delle tre tipologie di rifiuto

### 3.4.5. Descrizione dell'impianto

L'impianto di Roccaione è dotato di una linea di trattamento della frazione secca proveniente da Borgo San Dalmazzo e da un sistema di alimentazione e dosaggio per plastiche non clorurate e scarti di gomma (*rifiuto tipo 1* e *rifiuto tipo 2*). Esso è attivo per circa 312 giorni all'anno e tratta, approssimativamente 115 tonnellate al giorno di rifiuto, per produrre 94 tonnellate al giorno circa di *CDR-Q*.

Nello specifico l'impianto può essere suddiviso nei seguenti sistemi:

- Sezione di ricezione e stoccaggio dei rifiuti in ingresso;
- Linea di alimentazione e trattamento della frazione secca da RU;
- Linea di alimentazione e dosaggio di gomma e plastica;
- Linea di miscelazione e carico del *CDR-Q* su semirimorchi;
- Sistema di comando e controllo delle apparecchiature in campo;
- Linea di aspirazione e trattamento aria.

La **sezione di ricezione e stoccaggio dei rifiuti in ingresso** comprende le zone destinate allo stoccaggio dei rifiuti e scarti necessari per la produzione del combustibile alternativo. I rifiuti vengono separati dalle plastiche non clorurate e dalle gomme, mentre queste ultime due sono poste insieme. L'area destinata allo stoccaggio è separata rispetto alla zona destinata alla produzione dei CSS, ma è comunque confinata all'interno del capannone in modo da assicurare un controllo dell'aria che vi circola e mantenere 4.3 ricambi d'aria all'ora.

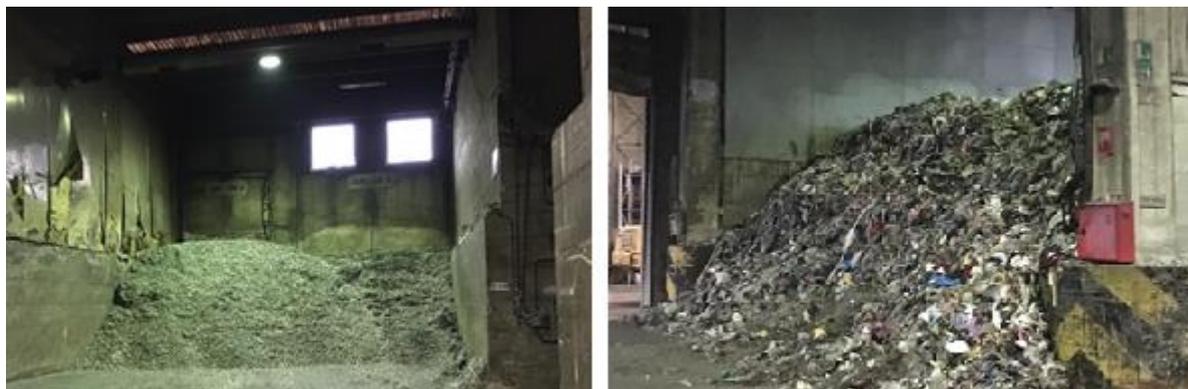


Figura 29 Stoccaggio delle plastiche non clorurate e delle gomme (a destra) e della frazione secca (a sinistra)

La **sezione di alimentazione e trattamento della frazione secca da RU** prevede appunto il trattamento e l'essiccazione dei rifiuti. Mediante l'ausilio di una pala meccanica il rifiuto viene caricato su un nastro trasportatore, il quale lo conferisce ad un tritatore bialbero utilizzato per renderlo più omogeneo e più conforme ai trattamenti previsti dalle fasi successive. Dopodiché il rifiuto attraversa un deferrizzatore per rimuovere ulteriori parti metalliche indesiderate, per poi essere mandato, mediante un nastro trasportatore, ad una cabina di cernita manuale.



*Figura 30 Cabina di cernita manuale*

In uscita dalla cabina vi è una puleggia magnetica che ha lo scopo di rimuovere altri pezzi metallici presenti; dopo il rifiuto viene scaricato su un altro nastro trasportatore, dotato anch'esso di separatore magnetico utilizzato per la terza fase di deferrizzazione. Il rifiuto viene, quindi, inviato a due tritatori a coltelli per ridurre ulteriormente la pezzatura, la quale, in uscita, è inferiore a 25 mm per oltre il 90% del materiale. I due tritatori scaricano il rifiuto su un trasportatore che lo convoglia nella fase di essiccazione, in quanto la quantità di umidità è superiore al 18%. A questo punto la frazione secca essiccata viene mandata, mediante nastro trasportatore dotato di puleggia magnetica per la quarta fase di deferrizzazione, al silo di stoccaggio intermedio. Quest'ultimo è dotato di doghe mobili che convogliano il rifiuto essiccato in una coclea la quale alimenta il nastro dove avviene la miscelazione con le plastiche non clorurate e le gomme.

## Il Combustibile Solido Secondario (CSS)

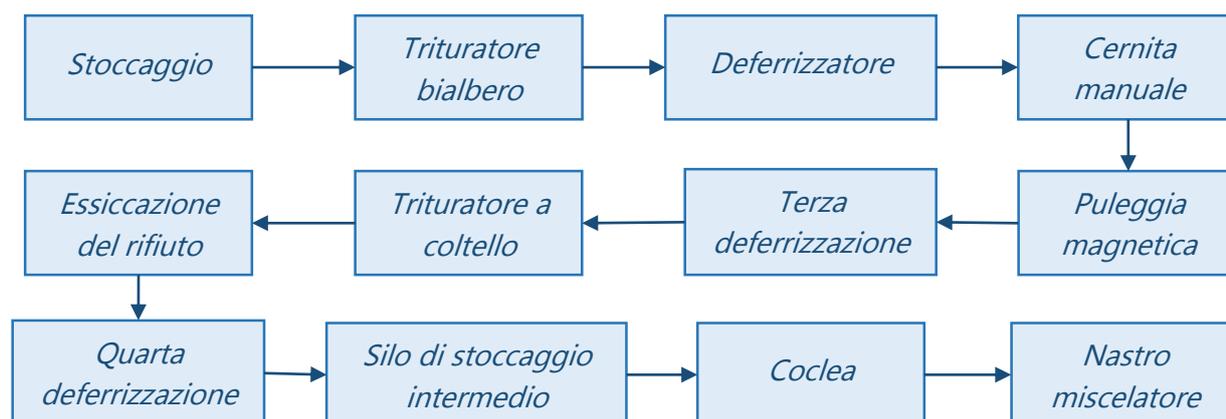


Figura 31 Schema della sezione di trattamento dei rifiuti solidi urbani per la produzione del CSS

La **sezione di alimentazione e dosaggio di gomma e plastica** prevede un sistema di trattamento delle plastiche non clorurate e delle gomme. Il materiale viene prelevato dalla zona di stoccaggio da una pala meccanica e inserito in una tramoggia dalla quale viene estratto mediante una coclea e inviato ad un nastro trasportatore. Successivamente le plastiche e le gomme subiscono una deferrizzazione mediante un tamburo magnetico, per poi essere inviate in un silo di stoccaggio anch'esso dotato di pavimento a doghe mobili. Mediante una coclea, il materiale viene poi inviato al nastro trasportatore sul quale avviene la miscelazione con il rifiuto essiccato.

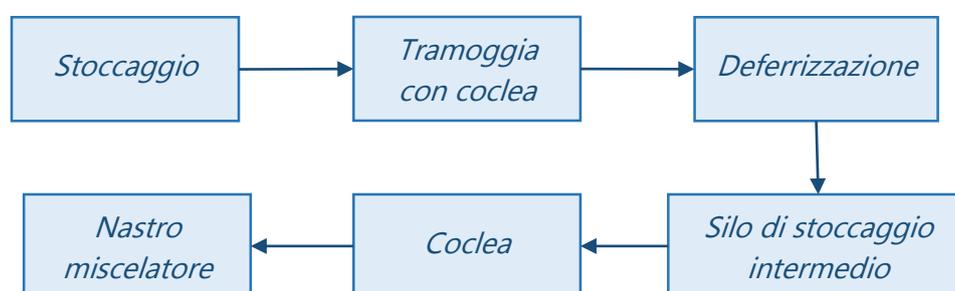


Figura 32 Schema della sezione di trattamento delle plastiche non clorurate e delle gomme per la produzione del CSS

La **sezione di miscelazione e carico CDR-Q su semirimorchi** è comprensiva del nastro trasportatore sul quale avviene la miscelazione del rifiuto essiccato con le plastiche non clorurate e le gomme. Successivamente il prodotto miscelato, dunque il *combustibile solido secondario*, viene inviato ad un vaglio vibrante, il quale ha lo scopo di separare materiale grossolano. A questo punto il prodotto finale è inviato, mediante nastro trasportatore, al semirimorchio per essere portato al cementificio *Buzzi Unicem S.p.A.* di Robilante (CN).

## Il Combustibile Solido Secondario (CSS)

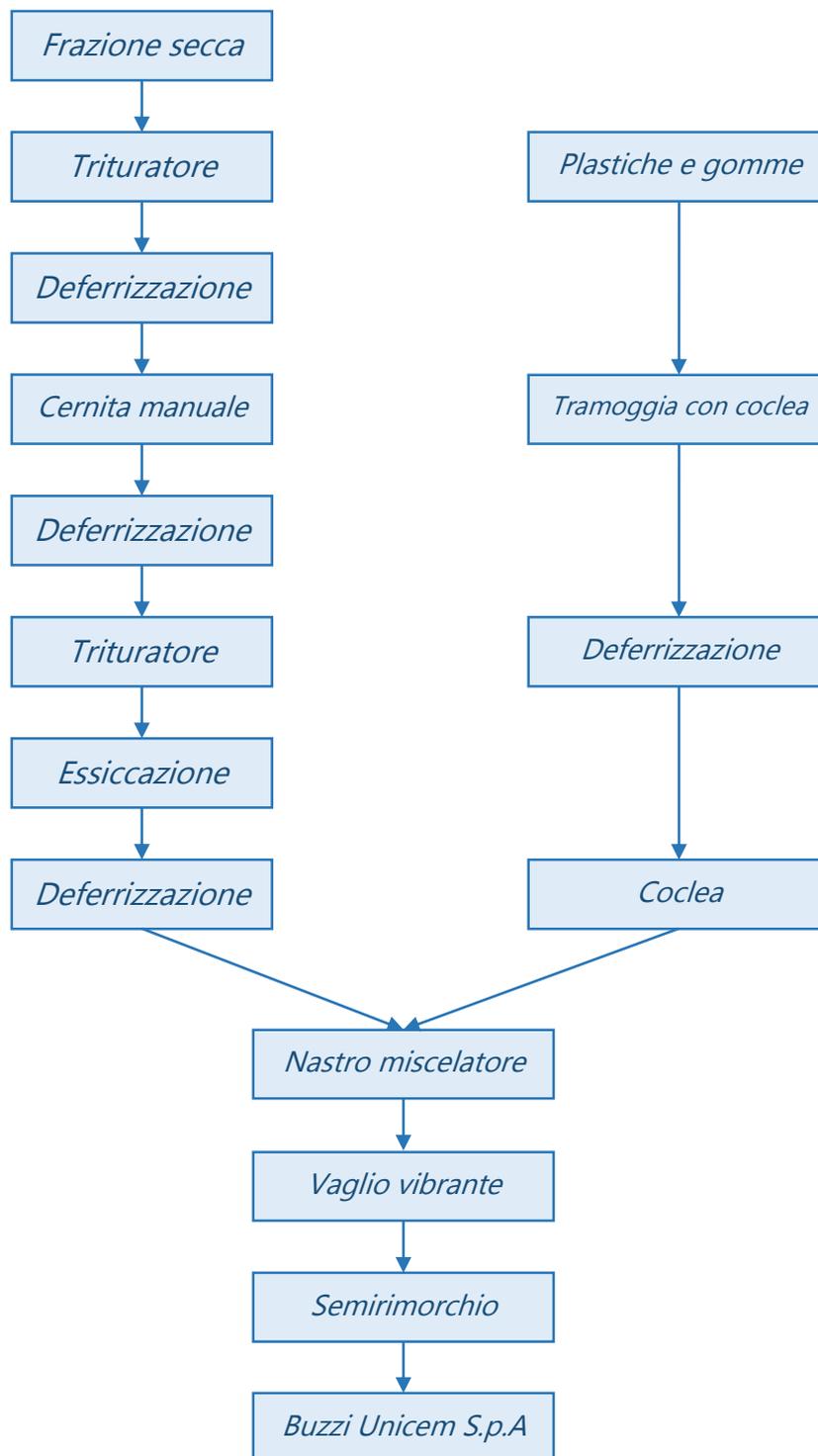


Figura 33 Schema riassuntivo della produzione del Combustibile Solido Secondario

Volendo determinare un EPI espresso in kWh elettrici a tonnellata di CSS prodotto in un anno, si ha quanto segue:

$$EPI_{CSS} = \frac{\text{Energia}}{\text{Tonnellate}_{CSS}} = \frac{1'444'511}{30'000} = 48.150 \frac{kWh}{ton}$$

### 3.4.6. Processo di essiccazione

L'essiccatore è del tipo a tappeti disposti su due piani, ha lunghezza di 16 m, larghezza 4 m ed è composto da:

- Alimentatore automatico adatto per ricevere prodotto umido;
- Banco di essiccazione che comprende due tappeti mobili forati per l'essiccazione del materiale;
- Ventilatore di insufflaggio aria calda coibentato acusticamente;
- Gruppo generatore di calore diretto con bruciatore in vena d'aria alimentato a metano naturale;
- Ventilatore di aspirazione aria coibentato acusticamente;
- Impianto di abbattimento polveri a cicloni.

L'aria necessaria per l'essiccazione viene prelevata dalle reti di aspirazione dell'area di stoccaggio, dall'area di produzione e dai punti di captazione delle apparecchiature ed è scaldata mediante un bruciatore a gas metano che porta l'aria ad una temperatura di 75°C. Il flusso di aria entra dalla parte bassa della camera di essiccazione, sale ascensionalmente e incontra il materiale da essiccare trasportato su due tappeti forati: lo scambio tra materiale e aria calda avviene, dunque, in controcorrente. L'aria esce dall'essiccatore ad una temperatura di 32-35°C.

Il bruciatore, alimentato a gas metano, ha una potenza massima pari a circa 1745 kW, con un consumo orario di combustibile di 153 Nm<sup>3</sup>/h.



*Figura 34 Essiccatoio a tappeti utilizzato dall'A.C.S.R. di Roccavione*

**3.4.7. Emissioni in atmosfera e sistemi di abbattimento**

L'impianto per la produzione del *Combustibile Solido Secondario* è dotato di un sistema di aspirazione e di uno per il trattamento degli aeriformi: le emissioni che ne derivano sono di tipo convogliato, ovvero avvengono tramite due camini.

L'impianto di aspirazione ha lo scopo di mantenere in depressione i locali interni per evitare la fuoriuscita di odori e deve garantire le condizioni di lavoro ottimali agli operatori.

Attualmente il ciclo di trattamento dell'aria prevede che il flusso d'aria in uscita dall'essiccatore si immetta in una coppia di cicloni posti in parallelo per il pretrattamento di depolverizzazione. Successivamente, in uscita dai cicloni, il flusso d'aria si riunisce e viene inviato ad un *Venturi Scrubber a umido* per la rimozione delle polveri più fini, dopodiché il flusso viene nuovamente diviso su due linee indipendenti, ognuna con una portata di 32'200 Nm<sup>3</sup>/h. A questo punto i due flussi sono aspirati da due ventilatori distinti posti in parallelo ed inviata ad una torre di lavaggio (una per linea). In uscita da ciascuna di queste torri vi sono i presidi di trattamento biologico (biofiltri), i quali sono attraversati dall'aria; quest'ultima, infine, viene immessa in atmosfera mediante due camini, uno per linea.

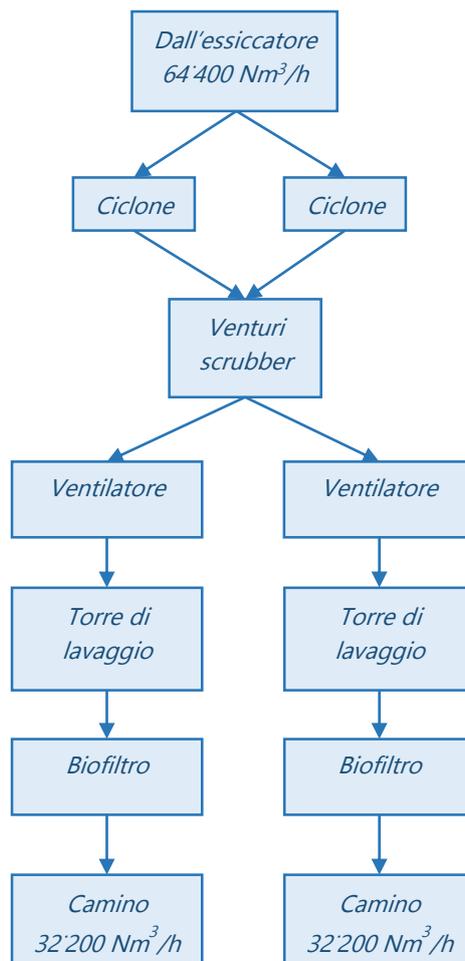


Figura 35 Schema di funzionamento del sistema di trattamento aria

*Il Combustibile Solido Secondario (CSS)*

Dall'analisi delle emissioni effettuate all'uscita dei camini, la composizione dei fumi è riportata nella tabella sottostante. Come si può vedere i valori delle concentrazioni rientrano nei limiti di legge.

<b>Sigla del punto di emissione</b>	<b>Portata (Nm<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Inquinanti emessi</b>	<b>Concentrazione (mg/Nm<sup>3</sup>)</b>	<b>Flusso di massa (kg/h)</b>	<b>Valori limite (mg/Nm<sup>3</sup>)</b>	<b>Valori limite (kg/h)</b>
<b>E1</b>	14'039	Polveri	0.63	0.009	10	0.322
		C.O.V.N.M.	18.4	0.258	20	0.644
		C.O.V.M.	<2	-	-	-
		Ammoniaca (NH <sub>3</sub> )	2.37	0.033	5	0.161
		Solfuro di idrogeno (H <sub>2</sub> S)	0.17	0.002	5	0.161
		Monossido di carbonio (CO <sub>2</sub> )	6.36	0.089	7	0.225
		Ossidi di azoto (Nox)	<2.5	-	10	0.322
<b>E2</b>	15'161	Polveri	0.7	0.011	10	0.322
		C.O.V.N.M.	16.89	0.256	20	0.644
		C.O.V.M.	<2	-	-	-
		Ammoniaca (NH <sub>3</sub> )	2.55	0.039	5	0.161
		Solfuro di idrogeno (H <sub>2</sub> S)	0.21	0.003	5	0.161
		Monossido di carbonio (CO <sub>2</sub> )	6.55	0.099	7	0.225
		Ossidi di azoto (Nox)	<2.5	-	10	0.322

*Tabella 11 Analisi delle emissioni effettuata il 17/07/2018*

### 3.5. Consumi elettrici per l'illuminazione dell'impianto di Roccavione dell'A.C.S.R.

Di seguito viene illustrato l'assetto attuale dell'impianto di illuminazione degli uffici e dei capannoni. Sono indicate le tipologie di apparecchi attualmente installati con le relative potenze e la conseguente energia elettrica consumata nello stato di fatto. Come per la sede di Borgo San Dalmazzo, anche in questo impianto si trovano sorgenti fluorescenti, alogene e a scarica. Non sono dunque presenti ancora apparecchi a risparmio energetico, i LED.

#### 3.5.1. Uffici di Roccavione

La tabella sottostante riporta i dati relativi all'impianto di illuminazione dell'edificio adibito ad uffici. Tale edificio ospita, inoltre, gli spogliatoi per gli addetti agli impianti e una sala quadri.

Locale	Tipo di lampada	Numero plafoniere	Numero di tubi per plafoniera	Potenza [W]	Potenza totale [W]	Energia in F1 [kWh]	Energia in F2 [kWh]	Energia totale [kWh]
<b>Ufficio 1</b>	Fluorescente	2	2	72	144	314.42	73.75	388.18
<b>Spogliatoi</b>	Fluorescente	2	1	36	72	157.21	36.88	194.09
<b>Bagni</b>	Alogena	6	1	77	462	1'008.78	236.63	1'245.40
<b>Ufficio 2</b>	Fluorescente	2	2	72	144	314.42	73.75	388.18
<b>Corridoio</b>	Fluorescente	2	1	36	72	157.21	36.88	194.09
	Alogena	1	1	77	77	168.13	39.44	207.57
<b>Spogliatoio PT</b>	Fluorescente	2	2	72	144	314.42	73.75	388.18
<b>Sala quadri</b>	Fluorescente	1	2	72	72	157.21	36.88	194.07
<b>Corridoio PT</b>	Fluorescente	3	1	36	108	235.82	55.32	291.13
	Alogena	1	1	77	77	168.13	39.44	207.57
<b>Bagni PT</b>	Alogena	3	1	77	231	504.39	118.31	622.70
<b>TOTALE</b>		<b>25</b>			<b>1'603</b>	<b>3'500.15</b>	<b>821.02</b>	<b>4'321.18</b>

Tabella 12 Inventario degli apparecchi luminosi presenti nell'edificio adibito ad uffici nell'impianto di Roccavione

Volendo definire anche in questo caso gli *energy performance indicators*, sempre espressi in kWh/m<sup>2</sup>, si ha, per l'edificio adibito ad uffici nell'impianto di Roccavione, il seguente valore.

$$EPI_{uffici} = \frac{Energia}{Superficie} = \frac{4'321.18}{193.11} = 22.377 \frac{kWh}{m^2}$$

### 3.5.2. Capannoni

Per quanto riguarda i capannoni che ospitano il processo di essiccazione per la realizzazione del CSS, i consumi di energia elettrica per l'illuminazione sono riassunti nella seguente tabella.

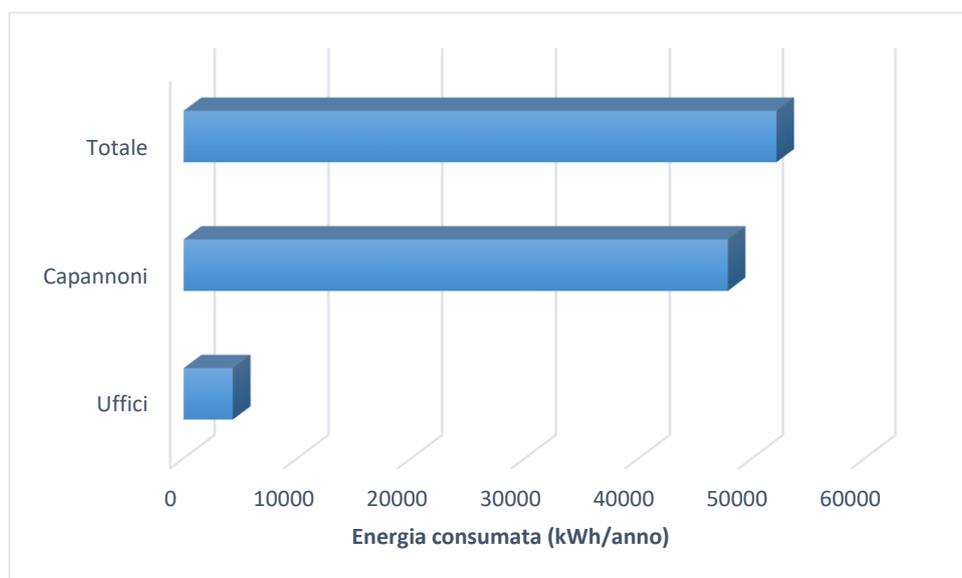
Locale	Tipo di lampada	Numero plafoniere	Numero di tubi per plafoniera	Potenza [W]	Potenza totale [W]	Energia in F1 [kWh]	Energia in F2 [kWh]	Energia totale [kWh]
<b>Centrale termica</b>	Alogena	1	1	77	77	168.13	39.44	207.57
<b>Centralina</b>	Alogena	1	1	77	77	168.13	39.44	207.57
<b>Cabine comando-selezione</b>	Fluorescente	13	1	18	234	510.49	119.85	630.79
<b>Interno Q.E.-vari-essiccatore-notturne</b>								
<b>Zona carico semirimorchio</b>	Fluorescente	43	1	36	1548	3'380.06	792.85	4'172.91
<b>Officina-S. Andrea</b>								
<b>Copri-scopri destro e sinistro</b>	Fluorescente	20	2	58	1160	2'532.86	594.13	3'126.99
<b>Officina principale</b>	Lampade a scarica	26	1	400	10400	22'708.41	5'326.66	28'035.07
	Alogenuri metallici	2	1	250	500	1'091.75	256.09	1'347.84
<b>Perimetrali esterne</b>	Alogenuri metallici	15	1	250	3750	8'188.13	1'920.67	10'108.80
<b>TOTALE</b>		<b>121</b>			<b>17'746</b>	<b>38'748.41</b>	<b>9'089.13</b>	<b>47'837.54</b>

Tabella 13 Inventario degli apparecchi luminosi presenti nei capannoni nell'impianto di Roccavione

L'EPI, in questo caso, vale:

$$EPI_{\text{Capannoni}} = \frac{\text{Energia}}{\text{Superficie}} = \frac{47'837.54}{2'538.42} = 18.845 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$$

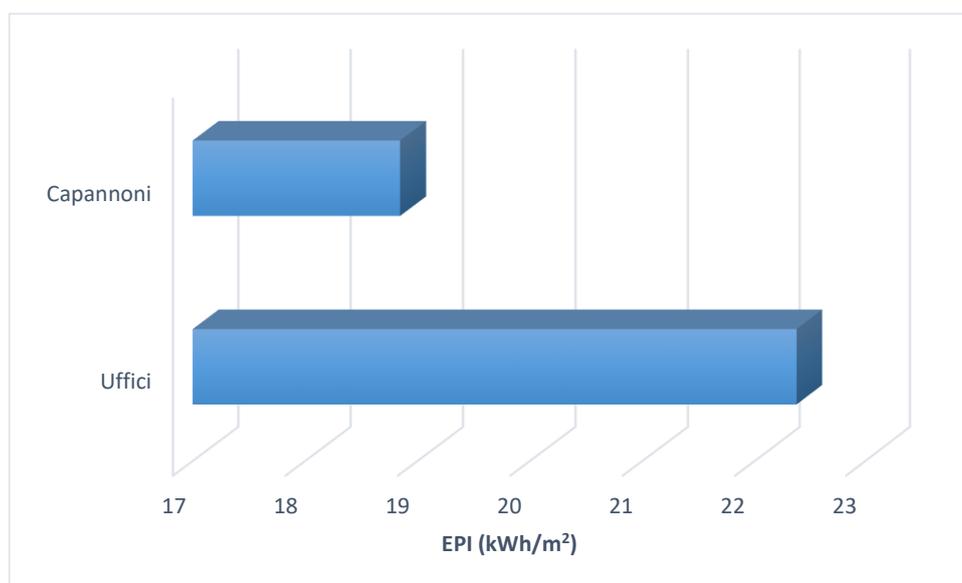
Confrontando i consumi di energia elettrica si ha che la quota più significativa proviene dall'illuminazione dei capannoni, dove le superfici da illuminare sono maggiori e le potenze installate sono superiori.



*Figura 36 Confronto tra l'energia richiesta per l'illuminazione degli uffici e dei capannoni nell'impianto di Roccavione*

### 3.5.3. Confronto tra gli indici

Come per la sede di Borgo San Dalmazzo, anche in questo caso l'EPI dei capannoni è minore rispetto a quello degli uffici. Le motivazioni di questa differenza sono analoghe a quelle riportate nel capitolo precedente e sono legate ai requisiti illuminotecnici.



*Figura 37 Confronto tra gli EPI di uffici e capannoni di Roccavione*

## 4. Monitoraggio

Per monitoraggio si intende la rilevazione periodica e sistematica di parametri, in questo caso elettrici, quali tensioni, correnti, potenze attive, reattive e apparenti, mediante strumenti specifici, con lo scopo di controllare e analizzare il funzionamento di sistemi complessi.

### 4.1. Strumento HT Solar300N

Tale strumento, utilizzato per il monitoraggio dei macchinari, consente di rilevare e misurare i parametri elettrici di sistemi fotovoltaici e non fotovoltaici monofase e trifase. Esso consente di visualizzare in tempo reale i valori di ogni grandezza elettrica di un impianto monofase o trifase a tre fili o a quattro fili (quando è presente il neutro). Permette, inoltre, di registrare e rilevare anomalie di tensione e corrente, quali picchi o buchi e di visualizzare le forme d'onda dei segnali in ingresso. Nel caso in esame, è stato utilizzato per registrare (nella memoria interna) i valori delle **tensioni**, delle **correnti**, delle **potenze attive, reattive ed apparenti**, del **fattore di potenza**, del  $\cos\phi$ <sup>16</sup> e delle **armoniche corrente**.



Figura 38 Strumento HT Solar300N

Come si può osservare dalla *figura 39*, lo strumento è dotato di tre ingressi per i morsetti che misurano la tensione sulle tre fasi (A1, A2, A3), due ingressi, D1 e D2, destinati rispettivamente alla messa a terra e al neutro nel caso in cui il trifase sia a 4 fili, altrimenti vengono usati entrambi per la messa a terra. Gli ingressi I1, I2 e I3 servono per misurare le

<sup>16</sup>  $\cos\phi$ : angolo di sfasamento tra la tensione e la corrente. Se la corrente è in ritardo sulla tensione l'angolo è maggiore di zero, viceversa, se la corrente è in anticipo sulla tensione l'angolo è negativo (per convenzione).

correnti di fase nel caso in cui il carico sia alimentato in corrente alternata. L'ingresso IDC viene utilizzato nel caso in cui il carico sia alimentato in corrente continua come per gli impianti fotovoltaici.

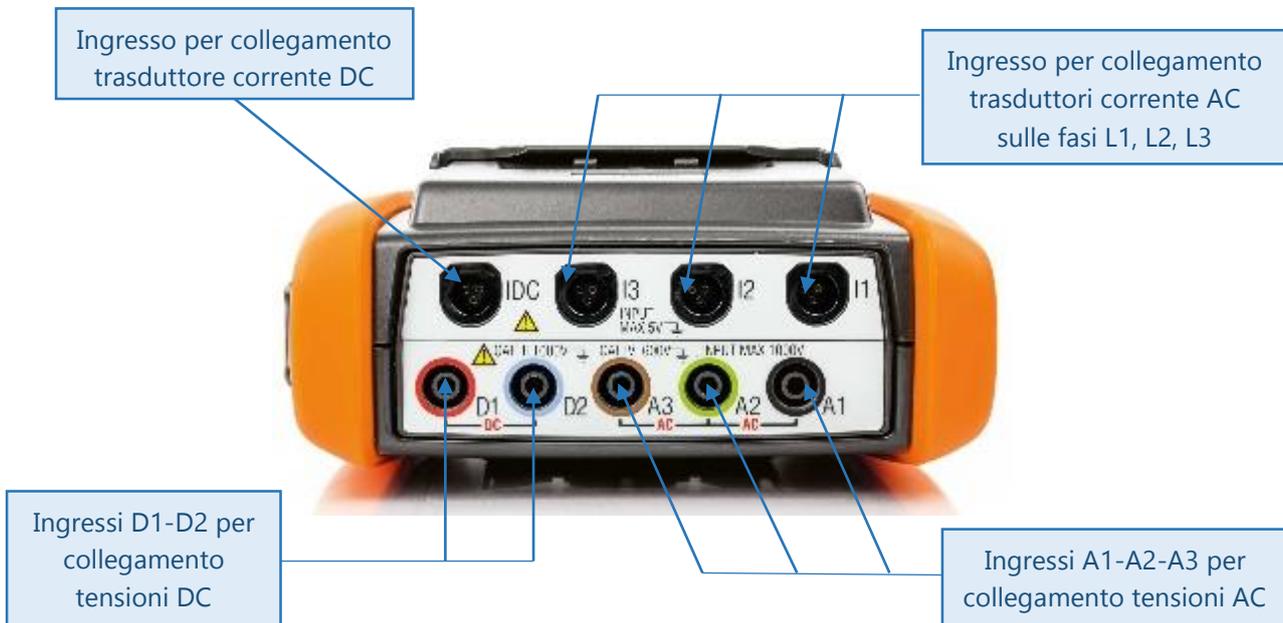


Figura 39 Descrizione parte superiore dello strumento: ingressi per tensioni e correnti

## 4.2. Apparecchiature sottoposti a monitoraggio

Vengono riportati di seguito i macchinari, utilizzati nei vari processi di lavorazione dei rifiuti, sottoposti a monitoraggio. La scelta è stata fatta basandosi sui consumi annuali dei vari componenti e si è deciso di soffermare lo studio su quelli maggiormente energivori. Lo scopo del monitoraggio è quello di ottenere i valori effettivi di consumo dei macchinari selezionati per poi valutare quali interventi possono andare a ridurre il consumo energetico mantenendo costante la produzione e le ore di attività.

### 4.2.1. Trituratore primario

Il trituratore primario è il primo macchinario nel quale viene inserito il rifiuto solido urbano; può anche essere definito lacera-sacchi e da qui vi escono particelle aventi dimensioni inferiori a 300-400 mm. Vi sono attualmente due unità in funzione, ciascuna delle quali presenta una potenza installata di 110 kW. Complessivamente sono installati 220 kW di potenza; il macchinario lavora 4 ore al giorno e i giorni in cui la macchina è operativa sono 300 all'anno.

### 4.2.2. Trituratore secondario

Esso ha il compito di rompere in parti più piccole il rifiuto, in modo da agevolare i passaggi successivi grazie alla riduzione delle superfici e dei volumi. Tale operazione è fondamentale per la produzione del CSS, in quanto, per garantire una completa combustione del combustibile che ne deriva, è necessario avere piccole dimensioni.

Nell'impianto dell'A.C.S.R. è situato dopo il vaglio e vi sono, come per il trituratore primario, due unità operative, ciascuna delle quali avente una potenza unitaria di 200 kW. Le ore di funzionamento in un giorno sono 4 per 300 giorni in un anno.

### 4.2.3. Miscelatore

È utilizzato per la miscelazione del verde e dell'organico per formare il compostaggio. Vi è una sola unità operativa avente una potenza di 90 kW. Le ore di funzionamento in un giorno sono 5 e il miscelatore lavora per 300 giorni all'anno.

### 4.2.4. Ventilatori

I ventilatori monitorati sono due: uno è utilizzato per l'estrazione dell'aria di biossificazione a biofiltro<sup>17</sup> (KVE04A), più uno che rappresenta la sua unità di riserva, per cui possiede le stesse caratteristiche di potenza. Esso presenta una potenza unitaria di 110 kW ed. È operativo 24 ore al giorno e lavora 365 giorni all'anno.

Un ventilatore (KVE06) è utilizzato per l'estrazione dell'aria dall'aia di maturazione del compost di qualità e dalla zona di transito situata in prossimità dell'ingresso nella sezione di trattamento della carta e plastica, presenta una potenza di 55 kW. È attivo 24 ore al giorno per 365 giorni all'anno.

### 4.2.5. Pressa automatica

È utilizzata per gli imballaggi di plastica ed è situata nella parte finale del ciclo di lavorazione della plastica. Presenta una potenza installata di 132 kW e le ore di funzionamento in un giorno sono 5 per 300 giorni in un anno.

## 4.3. Monitoraggio ventilatori

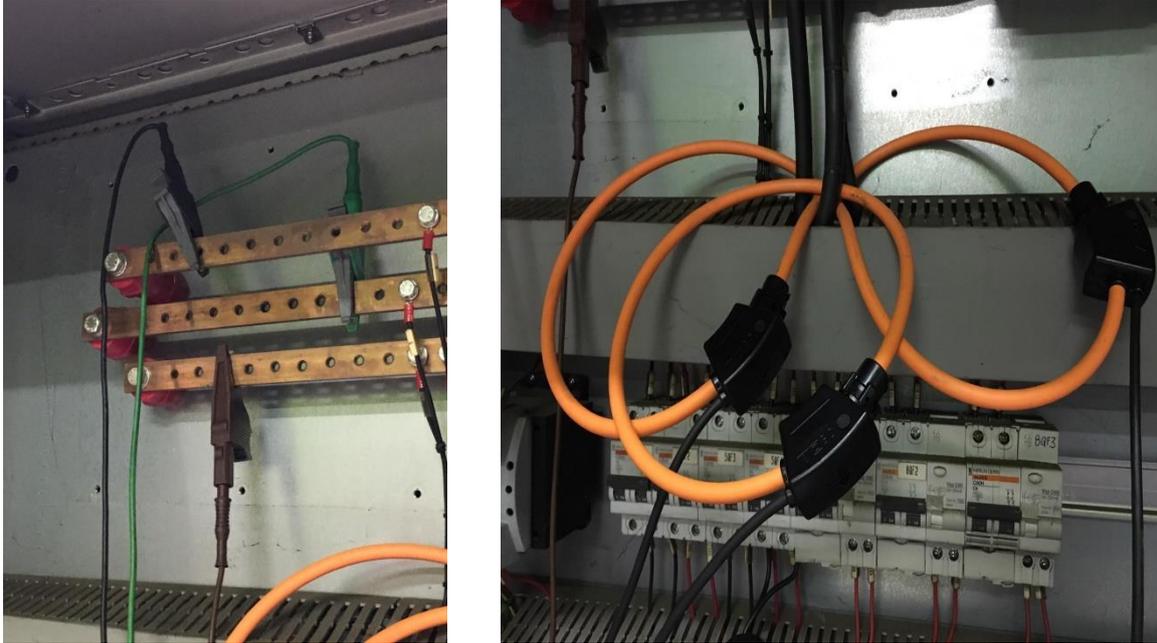
Il monitoraggio dei ventilatori ha avuto una durata di una settimana per ciascuno di essi. Tale tempistica risulta sufficiente per ottenere dei dati significativi, siccome essi sono in funzione tutti i giorni e per 24 ore. In questo modo è possibile osservare, se presenti, delle anomalie durante il funzionamento, quali picchi di potenze o interruzioni non programmate.

---

<sup>17</sup> Biofiltro: sono container chiusi realizzati in acciaio, impermeabilizzati internamente ed allestiti in modo opportuno per ospitare il letto di materiale filtrante e tutte le apparecchiature necessarie a svolgere la funzione di filtro. All'interno vi sono parti di cortecce, tronchi di albero, rami e, durante il passaggio nel letto filtrante, l'aria impura entra a contatto con dei microrganismi che vivono in colonie. Essi si nutrono delle sostanze organiche presenti nel flusso aeriforme, depurando in questo modo l'aria.

## Monitoraggio

Per il monitoraggio dei ventilatori sono state collegate delle pinze voltmetriche alle tre fasi per misurare le tensioni e degli amperometri per la misurazione delle correnti, come riportato in *figura 3*.



*Figura 40 Collegamento dello strumento*

In *figura 40* a sinistra è riportato il collegamento delle pinze voltmetriche con le tre fasi per misurare la tensione di fase. A destra è illustrato come si sono collegati gli amperometri per misurare le correnti di linea delle tre fasi: l'anello avvolge il cavo di una singola fase secondo un verso opportuno riportato sul meccanismo di chiusura dell'anello stesso. La freccia disegnata, infatti deve essere concorde con il verso con cui la corrente fluisce nel cavo

In questo caso non è presente il neutro (dalla *figura 40* si osserva che il trifase è a tre fili), dunque la messa a terra, come già detto in precedenza, avviene con due pinze (*figura 41*).



*Figura 41 Messa a terra dello strumento per il monitoraggio dei ventilatori*

#### 4.3.1. Ventilatore KVE04A

Il grafico in *figura 42* è stato riprodotto con il programma TopView il quale consente di osservare l'andamento delle grandezze misurate dallo strumento HT Solar 300N. Sull'asse delle ascisse sono riportate le date del monitoraggio mentre sulle ordinate i valori di potenza attiva media in Watt

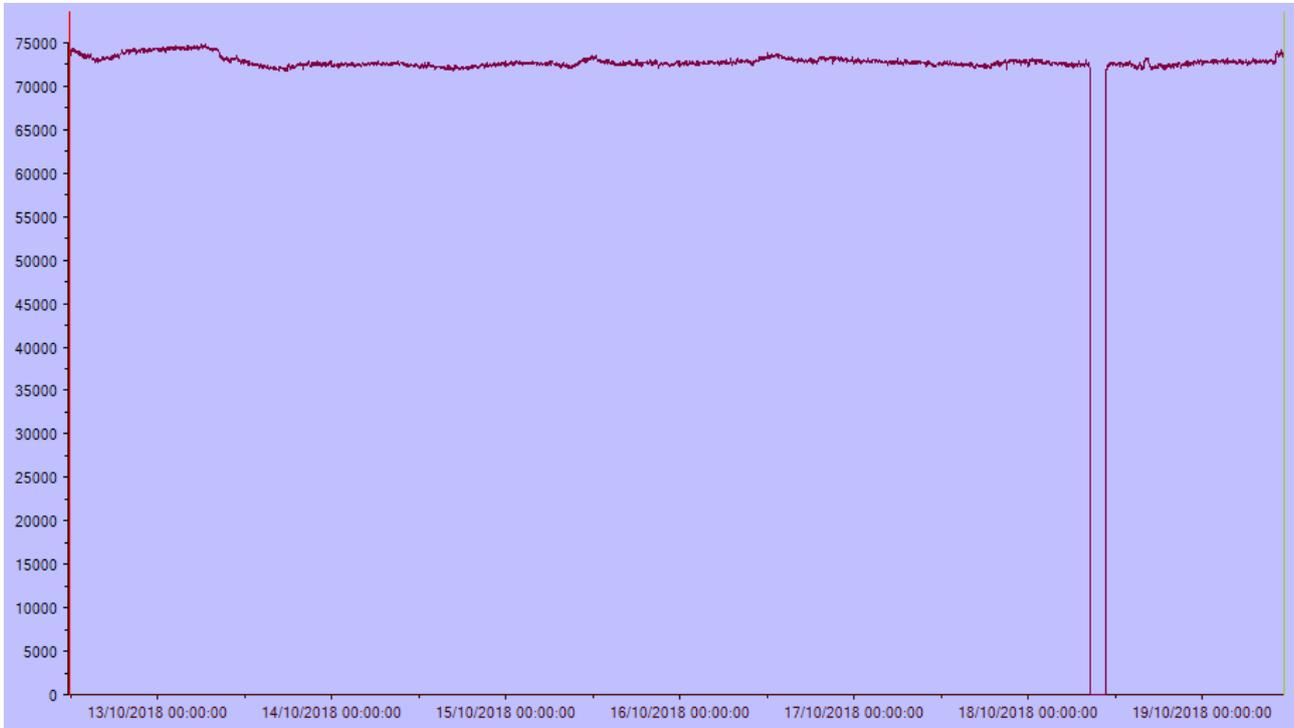


Figura 42 Andamento della potenza assorbita dal ventilatore KVE04A.

Tale ventilatore deve garantire una portata di 68'000 m<sup>3</sup>/h e dal monitoraggio è risultato che la potenza assorbita è di 73 kW.

Come si può notare dal grafico, durante la settimana delle misurazioni si ha avuto un calo di tensione dovuto a normali interventi di manutenzione e controllo.

Nota la potenza assorbita che, come riportato in precedenza è di 73 kW in media, è possibile determinare il consumo annuo di energia elettrica nel modo seguente.

$$E = P_{\text{assorbita}} * h_{\text{funzionamento}} = 73 * 8'760 = 639'480 \frac{\text{kWh}}{\text{anno}}$$

#### 4.3.2. Ventilatore KVE06

In seguito al monitoraggio di tale ventilatore si è ottenuto 41 kW medi di potenza assorbita, con una portata da garantire di 45'000 m<sup>3</sup>/h.

In questo caso l'energia elettrica annua consumata vale:

$$E = P_{\text{assorbita}} * h_{\text{funzionamento}} = 41 * 8'760 = 359'160 \frac{\text{kWh}}{\text{anno}}$$

## Monitoraggio

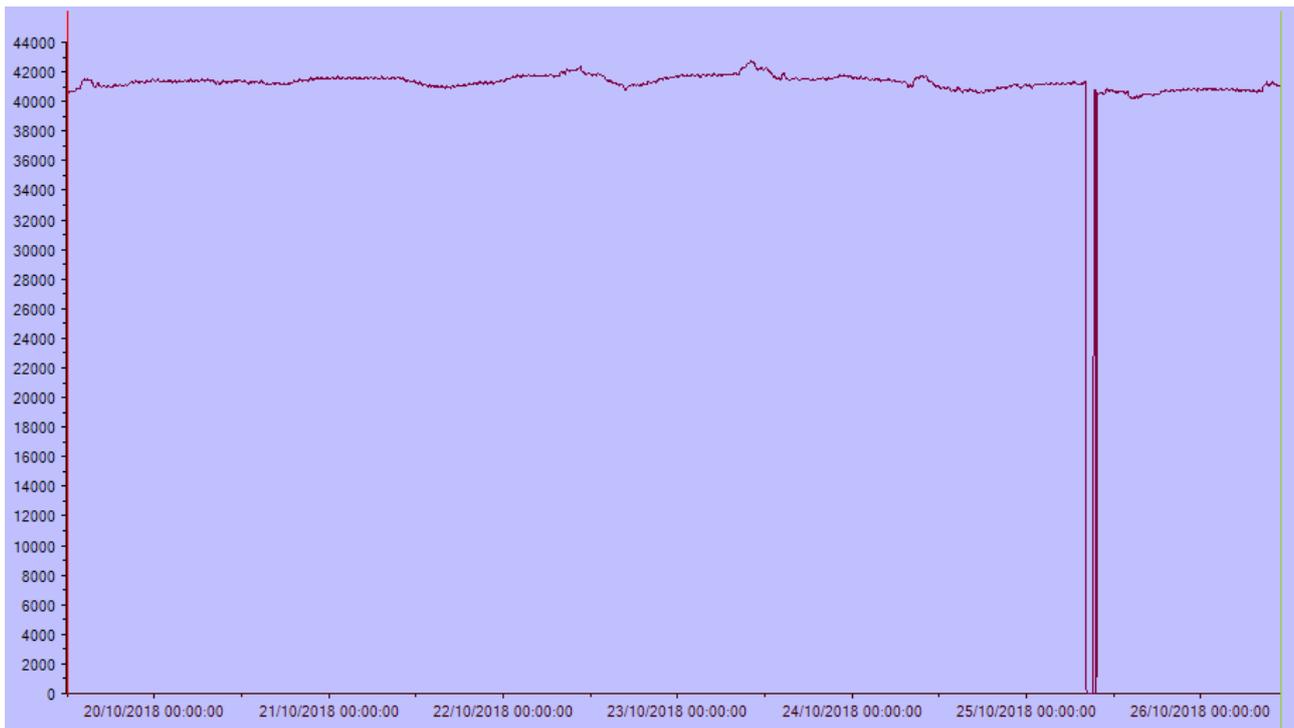


Figura 43 Valori di potenza assorbita dal ventilatore KVE06 durante il monitoraggio.

### 4.4. Monitoraggio miscelatore

Il monitoraggio del miscelatore è stato fatto su due settimane: questo perché, a differenza dei ventilatori, esso non è sempre attivo, ma è in funzione per circa 5 ore al giorno. In questo modo è possibile ottenere dei dati maggiormente significativi per eseguire un'analisi dei consumi e vedere se sono presenti picchi di potenza o interruzioni non previste durante il funzionamento del macchinario.

Il collegamento dello strumento al quadro elettrico per il monitoraggio del miscelatore è stato fatto in modo analogo ai ventilatori: anche in questo caso il sistema trifase è a tre fili, senza neutro e la messa a terra è stata fatta mediante le due pinze. Complessivamente i collegamenti per la misurazione delle correnti e delle tensioni sono riportati in *figura 44*.

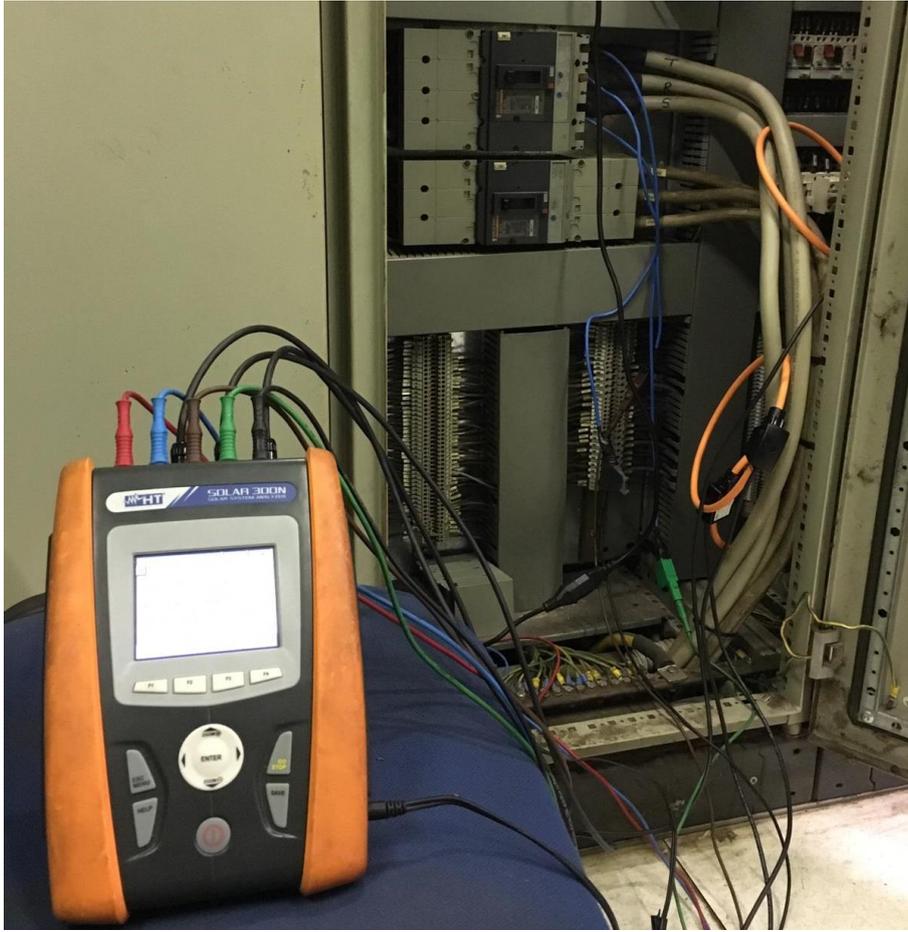


Figura 44 Collegamento dello strumento al trifase che alimenta il miscelatore

Dal monitoraggio del miscelatore si ha che la potenza media assorbita è di circa 30.5 kW. Dal grafico sottostante è possibile osservare l'andamento della potenza durante il periodo del monitoraggio: sono visibili i giorni festivi (domeniche e/o festività) in cui la macchina non ha funzionato, mentre i picchi corrispondono alle ore in cui la macchina ha lavorato.

Considerando il valore medio di potenza indicato in precedenza, si ha che il miscelatore consuma in un anno quanto segue:

$$E = P_{\text{assorbita}} * h_{\text{funzionamento}} = 30.5 * 1'500 = 45'750 \frac{\text{kWh}}{\text{anno}}$$

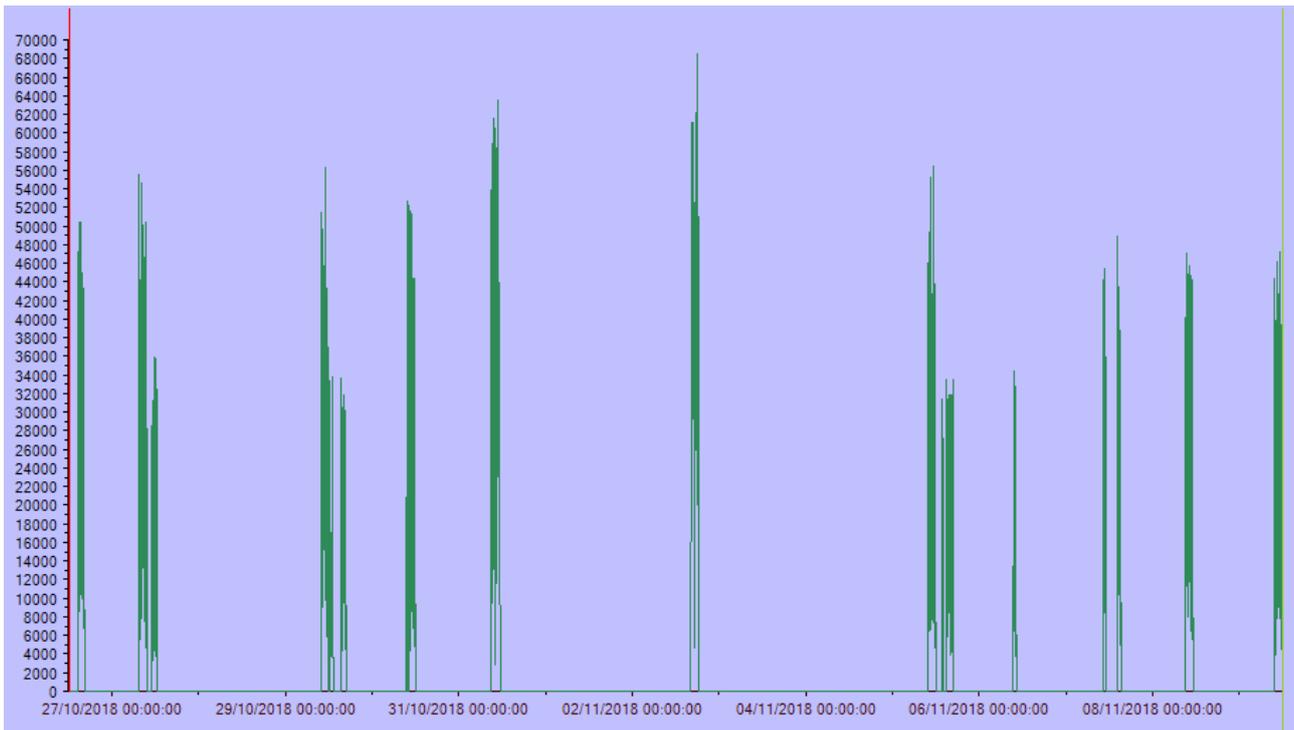


Figura 45 Monitoraggio del miscelatore: andamento della potenza assorbita sul periodo di osservazione

#### 4.5. Monitoraggio pressa automatica

La pressa automatica, così come il miscelatore, è stata monitorata per un tempo di due settimane in quanto non è sempre attiva e in funzione.

Il collegamento dello strumento al quadro elettrico è stato fatto analogamente ai casi precedenti, con l'unica differenza che in questo caso è presente il neutro, dunque la messa a terra è stata fatta con una sola pinza e l'altra è stata appunto connessa al cavo di neutro.

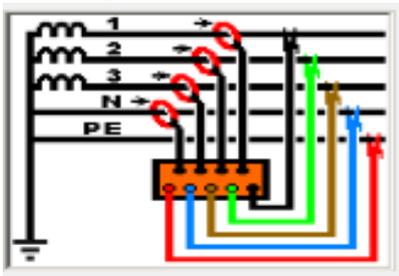


Figura 46 Configurazione utilizzata nel collegamento dello strumento al quadro elettrico per il monitoraggio della pressa automatica

La potenza assorbita mediamente da questo macchinario è di circa 101.2 kW e, lavorando per 5 ore al giorno per 300 giorni all'anno, si ha che:

$$E = P_{\text{assorbita}} * h_{\text{funzionamento}} = 101.2 * 1'500 = 151'800 \frac{\text{kWh}}{\text{anno}}$$

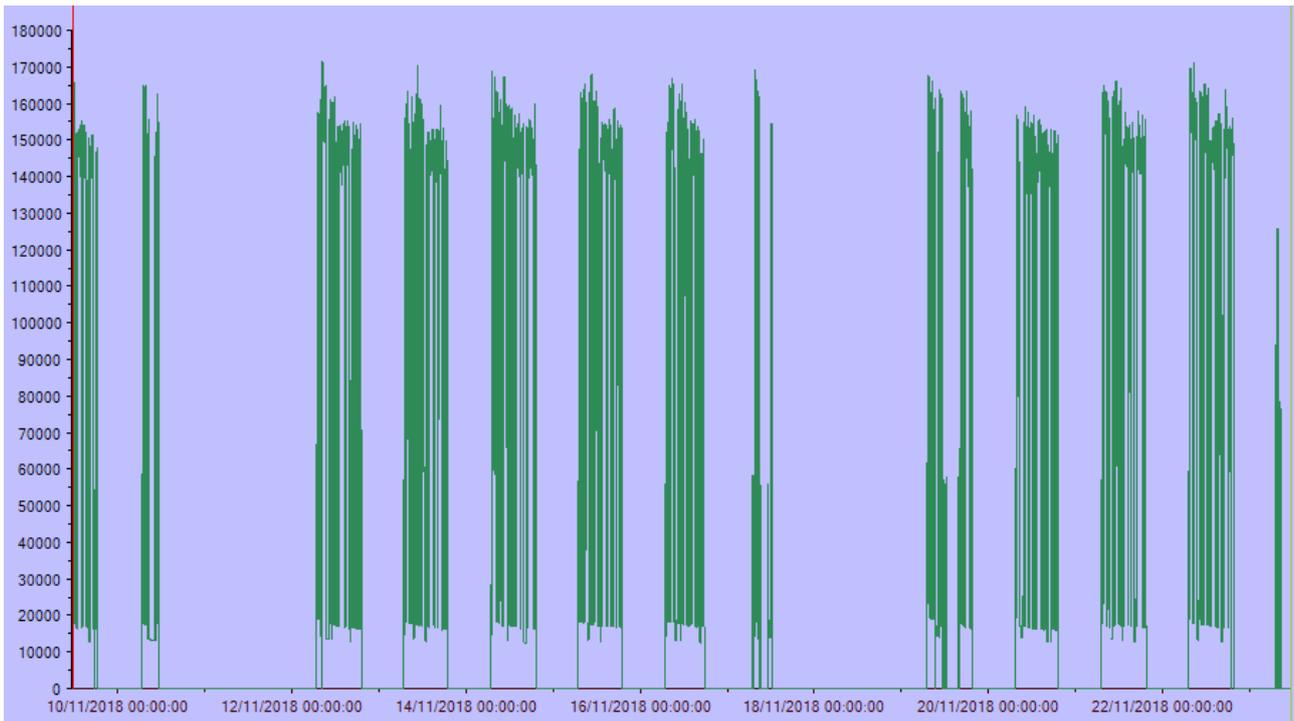


Figura 47 Andamento della potenza assorbita dalla pressa automatica.

#### 4.6. Monitoraggio trituratore primario

Analogamente ai ventilatori e al miscelatore, la connessione dello strumento al quadro elettrico è stato fatto collegando le pinze amperometriche alle tre fasi e le ultime due al PE per la messa a terra in quanto non è presente il neutro.

Il monitoraggio ha avuto una durata di due settimane e, dall'elaborazione dei risultati, si è ottenuto un valore di potenza assorbita media pari a circa 100.2 kW; sapendo che tale macchinario è in funzione quattro ore al giorno per 300 giorni in un anno, si ha che l'energia elettrica necessaria per il funzionamento è pari a:

$$E = P_{assorbita} * h_{funzionamento} = 100 * 1200 = 120240 \frac{kWh}{anno}$$

Nella figura riportata di seguito è possibile osservare l'andamento della potenza attiva del trituratore primario durante l'intero periodo di osservazione.

## Monitoraggio

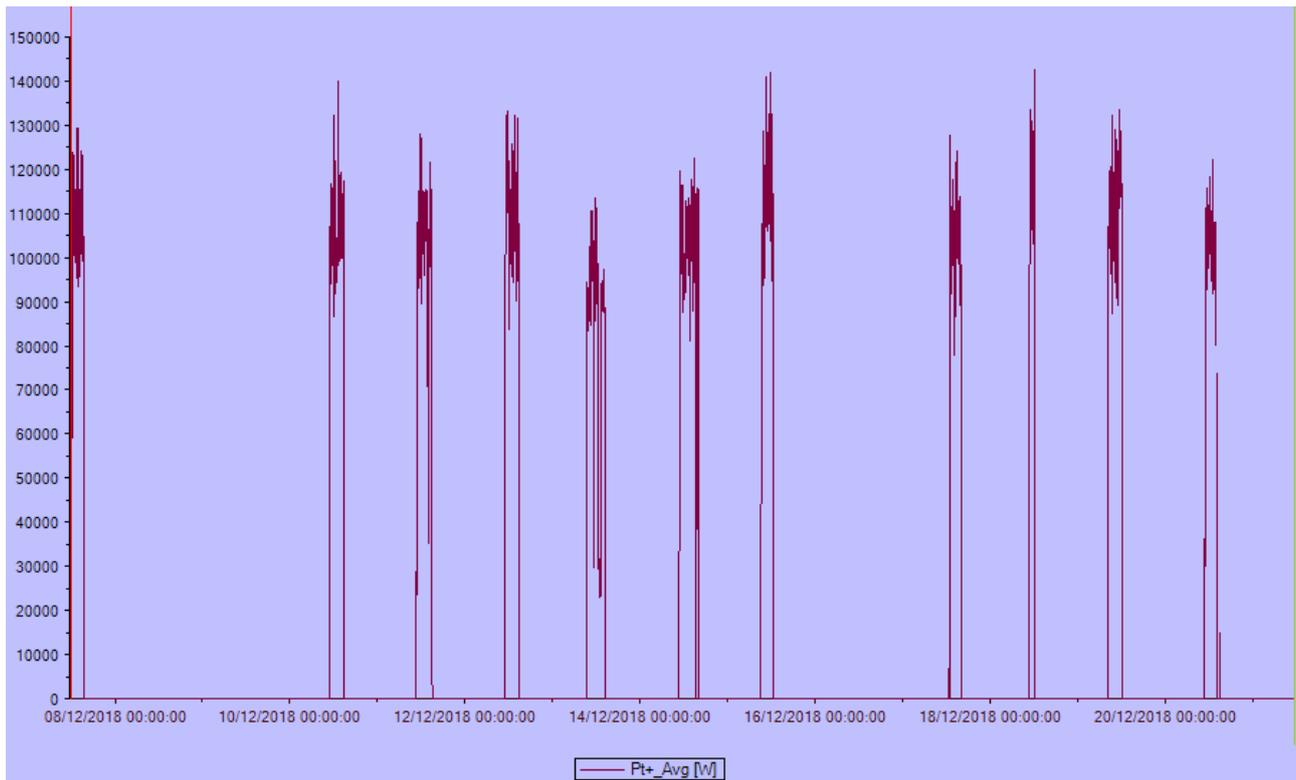


Figura 48 Andamento della potenza attiva del trituratore primario durante l'intero periodo del monitoraggio.

### 4.7. Monitoraggio trituratore secondario

Il collegamento dello strumento utilizzato per il monitoraggio, in questo caso, è stato fatto in maniera analoga al miscelatore, in quanto non è presente il neutro, dunque la messa a terra è stata fatta con le due pinze come raffigurato in precedenza. La configurazione utilizzata per il collegamento è riportata nella figura sottostante.

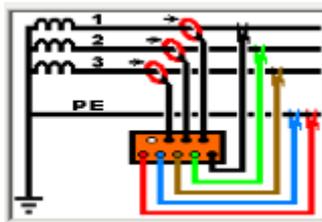


Figura 49 Configurazione utilizzata per il collegamento dello strumento al trituratore secondario

Dal monitoraggio del trituratore secondario, che ha avuto una durata di due settimane, si ha che la sua potenza assorbita mediamente è pari a 266 kW. Da questo valore è possibile ottenere il consumo di energia elettrica ed è pari a:

$$E = P_{\text{assorbita}} * h_{\text{funzionamento}} = 266 * 1'200 = 319'200 \frac{\text{kWh}}{\text{anno}}$$

## Monitoraggio

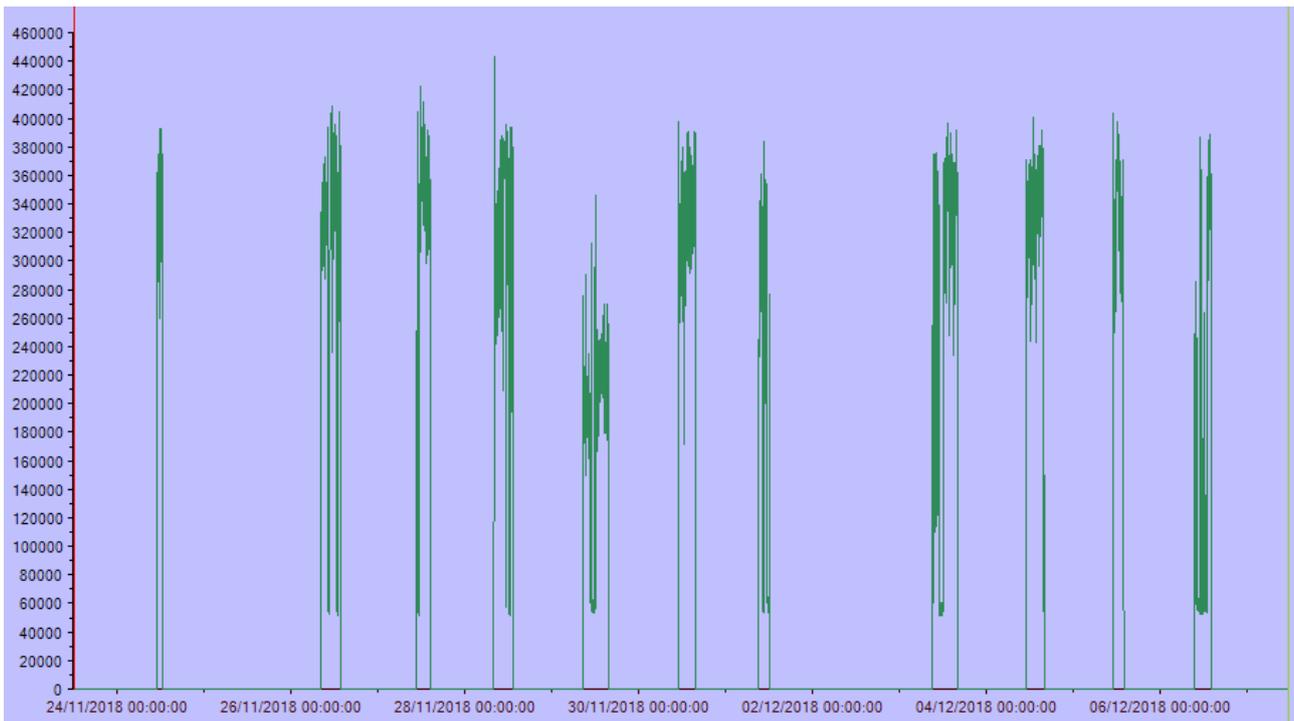


Figura 50 Andamento della potenza assorbita dal trituttore secondario risultato dal monitoraggio

### 4.8. Considerazioni sul monitoraggio

Le tabella seguente riassume i dati rilevati durante il monitoraggio con il corrispondente valore di energia annua consumata per il funzionamento dei diversi macchinari.

<b>Macchinario monitorato</b>	<b>Ore di funzionamento annue</b>	<b>P assorbita monitorata (kW)</b>	<b>Energia annua (kWh/anno)</b>
<b>Ventilatore KVE04</b>	8'760	73	639'480
<b>Ventilatore KVE06</b>	8'760	41	359'160
<b>Miscelatore</b>	1'500	30.5	45'750
<b>Pressa automatica</b>	1'500	101.2	151'800
<b>Trituratore primario</b>	1'200	100	120'000
<b>Trituratore secondario</b>	1'200	266	319'200

Tabella 14 Riassunto dei dati ottenuti dal monitoraggio dei macchinari

Nel presente elaborato si è scelto di intervenire solamente sui ventilatori, in quanto gli altri macchinari hanno un principio di funzionamento molto articolato e dipendente dal loro processo produttivo. Ne segue che per intervenire su queste macchine è necessario conoscere a fondo il loro meccanismo e diventa difficile stabilire quali possano essere gli interventi da eseguire per ottenere un conseguente risparmio energetico. È stata valutata la possibilità di sostituire questi macchinari con altri a maggiore efficienza, ma il loro costo è decisamente alto e con ore di funzionamento annue così basse si avrebbero dei tempi di ritorno troppo elevati.

## Monitoraggio

Si è quindi deciso di concentrare l'attenzione sui ventilatori presenti nello stabilimento di Borgo San Dalmazzo che sono comunque numerosi e, soprattutto, sono funzionanti per un tempo maggiore rispetto agli altri macchinari monitorati. Siccome dal monitoraggio si sono ottenuti i dati di consumo di due dei ventilatori presenti, gli altri sono stati misurati con l'ausilio di una pinza amperometrica. Ovviamente questa misurazione, essendo istantanea, non è precisa come quella fatta con lo strumento HT Solar 300N, ma consente di ricavare la corrente assorbita da ciascuna delle tre fasi del quadro elettrico di ogni singolo ventilatore. Nota la corrente per ciascuna fase, la potenza assorbita è stata calcolata mediante l'ausilio della seguente formula:

$$P_{assorbita} = \sqrt{3} * U * I * \cos\varphi = 3 * E * I * \cos\varphi$$

Come valore di tensione di fase E si è utilizzata quella misurata dai monitoraggi fatti con lo strumento HT Solar 300N, pari a 398 V, mentre come valore di  $\cos\varphi$  si è preso quello indicato nel catalogo dei motori elettrici attualmente installati.

	<b><i>I per fase (A)</i></b>	<b><i>Fattore di potenza</i></b>	<b><i>Pa_calcolata (kW)</i></b>
<b><i>KVE01</i></b>	60	0.87	36
<b><i>KVE02</i></b>	30	0.87	18
<b><i>KVE03</i></b>	12	0.87	7
<b><i>KVB01-02</i></b>	19	0.85	12
<b><i>KVB03-08</i></b>	6	0.87	3.60

*Tabella 15 Dati relativi al monitoraggio dei ventilatori effettuato con la pinza amperometrica*

Il ventilatore KVE01 è utilizzato per l'estrazione dell'aria dalla zona di ricevimento dei residui solidi urbani, il KVE02 è il ventilatore di estrazione dalla linea di pretrattamento dell'RSU; il ventilatore KVE03 è utilizzato per estrarre l'aria dall'area di ricezione di FORSU, fanghi e legno e dello stoccaggio del legno e del FORSU. I ventilatori KVB01-08 sono utilizzati per l'insufflazione dell'aria nel bacino di igienizzazione. Nell'*Allegato F* è riportata la locazione dei ventilatori nell'impianto di Borgo San Dalmazzo.

## 5. Sostituzione dei ventilatori attualmente presenti nella sede di Borgo San Dalmazzo

### 5.1. Ventilatori attualmente installati

Per poter valutare ventilatori più performanti rispetto a quelli attualmente installati, è necessario conoscere bene qual è il punto di lavoro, ossia sapere con precisione i valori di portata, cadute di pressione e potenza assorbita delle macchine ora presenti. Nella tabella sottostante sono riassunti i punti di lavoro di ciascun ventilatore monitorato, mentre nell'*Allegato A* sono riportate le loro curve caratteristiche.

<b>Ventilatore</b>	<b>Monitoraggio</b>	<b>Punto di lavoro monitorato</b>	
<b>KVE01</b>	Pinza amperometrica	Potenza assorbita (kW)	36
		Pressione (Pa)	2'250
		Portata (m3/h)	45'000
		Ore di funzionamento annue	1'200
		Energia (kWh/anno)	43'200
<b>Ventilatore</b>	<b>Monitoraggio</b>	<b>Punto di lavoro monitorato</b>	
<b>KVE02</b>	Pinza amperometrica	Potenza assorbita (kW)	18
		Pressione (Pa)	1'800
		Portata (m3/h)	30'000
		Ore di funzionamento annue	1'200
		Energia (kWh/anno)	21'600
<b>Ventilatore</b>	<b>Monitoraggio</b>	<b>Punto di lavoro monitorato</b>	
<b>KVE03</b>	Pinza amperometrica	Potenza assorbita (kW)	7
		Pressione (Pa)	1'000
		Portata (m3/h)	19'000
		Ore di funzionamento annue	8'760
		Energia (kWh/anno)	61'320
<b>Ventilatore</b>	<b>Monitoraggio</b>	<b>Punto di lavoro monitorato</b>	
<b>KVE04</b>	HT Solar 300N	Potenza assorbita (kW)	73
		Pressione (Pa)	3'000
		Portata (m3/h)	68'000
		Ore di funzionamento annue	8'760
		Energia (kWh/anno)	639'480
<b>Ventilatore</b>	<b>Monitoraggio</b>	<b>Punto di lavoro monitorato</b>	
<b>KVE06</b>	HT Solar 300N	Potenza assorbita (kW)	41
		Pressione (Pa)	2'900
		Portata (m3/h)	45'000
		Ore di funzionamento annue	8'760
		Energia (kWh/anno)	359'160
<b>Ventilatore</b>	<b>Monitoraggio</b>	<b>Punto di lavoro monitorato</b>	
<b>KVB01-02</b>	Pinza amperometrica	Potenza assorbita (kW)	12
		Pressione (Pa)	5'800

		Portata (m <sup>3</sup> /h)	4'440
		Ore di funzionamento annue	8'030
		Energia (kWh/anno)	96'360
<b>Ventilatore</b>	<b>Monitoraggio</b>	<b>Punto di lavoro monitorato</b>	
<b>KVB03-08</b>	Pinza amperometrica	Potenza assorbita (kW)	3.5
		Pressione (Pa)	3'250
		Portata (m <sup>3</sup> /h)	2'750
		Ore di funzionamento annue	8'030
		Energia (kWh/anno)	28'105

Tabella 16 Caratteristiche del punto di lavoro dei ventilatori attualmente installati.

Per quanto riguarda le ore di funzionamento annue, esse sono state determinate conoscendo le ore di funzionamento giornaliere e i giorni di attività in un anno. I ventilatori KVE01 e KVE02 sono attivi quattro ore al giorno per 300 giorni in un anno: vengono messi in funzione quando è attivo il ciclo di lavorazione dell'RSU. I ventilatori KVE03, KVE04 e KVE06 sono funzionanti 24 ore al giorno tutti i giorni dell'anno siccome sono utilizzati per l'estrazione dell'aria da ambienti che ospitano sempre stoccaggio di rifiuti. I ventilatori KVB01-08 sono operativi 22 ore al giorno tutti i giorni dell'anno. Nella tabella sottostante sono riportate e riassunte le ore di funzionamento di ciascun ventilatore installato nell'A.C.S.R.

<b>Ventilatore</b>	<b>Ore di funzionamento in un giorno</b>	<b>Giorni di funzionamento all'anno</b>	<b>Ore di funzionamento in un anno</b>
<b>KVE01</b>	4	300	1'200
<b>KVE02</b>	4	300	1'200
<b>KVE03</b>	24	365	8'760
<b>KVE04</b>	24	365	8'760
<b>KVE06</b>	24	365	8'760
<b>KVB01-02</b>	22	365	8'030
<b>KVB03-08</b>	22	365	8'030

Tabella 17 Ore di funzionamento dei ventilatori presenti nella sede di Borgo San Dalmazzo.

## 5.2. Valutazione di nuovi ventilatori maggiormente efficienti

Noto il punto di funzionamento dei ventilatori attualmente presenti, è stato possibile valutare quali tra quelli presenti sul mercato, a parità di altre condizioni, assorbono una potenza minore.

Sono stati contattati due fornitori differenti, che chiameremo Fornitore A e Fornitore B e ognuno ha fatto la propria proposta.

### 5.2.1. Proposta Fornitore A

Di seguito vengono riportati i consumi di energia annui previsti in base alla potenza assorbita dal nuovo ventilatore. Inoltre ciascuno di essi è accoppiato al suo nuovo motore elettrico di classe IE3, dunque ad alta efficienza.

*Sostituzione dei ventilatori attualmente presenti nella sede di Borgo San Dalmazzo*

Nell'Allegato B sono riportate le curve caratteristiche dei nuovi ventilatori del Fornitore A.

<b>Ventilatore</b>	<b>Punto di lavoro del nuovo ventilatore</b>	
<b>KVE01</b>	Potenza assorbita (kW)	32
	Pressione (Pa)	2'250
	Portata (m3/h)	45'000
	Ore di funzionamento annue	1'200
	Energia (kWh/anno)	38'400
<b>Ventilatore</b>	<b>Punto di lavoro del nuovo ventilatore</b>	
<b>KVE02</b>	Potenza assorbita (kW)	16
	Pressione (Pa)	1'800
	Portata (m3/h)	30'000
	Ore di funzionamento annue	1'200
	Energia (kWh/anno)	19'200
<b>Ventilatore</b>	<b>Punto di lavoro del nuovo ventilatore</b>	
<b>KVE03</b>	Potenza assorbita (kW)	6
	Pressione (Pa)	1'000
	Portata (m3/h)	19'000
	Ore di funzionamento annue	8'760
	Energia (kWh/anno)	52'560
<b>Ventilatore</b>	<b>Punto di lavoro del nuovo ventilatore</b>	
<b>KVE04</b>	Potenza assorbita (kW)	68
	Pressione (Pa)	3'000
	Portata (m3/h)	68'000
	Ore di funzionamento annue	8'760
	Energia (kWh/anno)	595'680
<b>Ventilatore</b>	<b>Punto di lavoro del nuovo ventilatore</b>	
<b>KVE06</b>	Potenza assorbita (kW)	41
	Pressione (Pa)	2'900
	Portata (m3/h)	45'000
	Ore di funzionamento annue	8'760
	Energia (kWh/anno)	359'160
<b>Ventilatore</b>	<b>Punto di lavoro del nuovo ventilatore</b>	
<b>KVB01-02</b>	Potenza assorbita (kW)	9
	Pressione (Pa)	5'800
	Portata (m3/h)	4'440
	Ore di funzionamento annue	8'030
	Energia (kWh/anno)	72'270
<b>Ventilatore</b>	<b>Punto di lavoro del nuovo ventilatore</b>	
<b>KVB03-08</b>	Potenza assorbita (kW)	3.2
	Pressione (Pa)	3'250
	Portata (m3/h)	2'750
	Ore di funzionamento annue	8'030
	Energia (kWh/anno)	25'696

*Tabella 18 Caratteristiche dei punti di lavoro dei ventilatori proposti dal Fornitore A*

## Sostituzione dei ventilatori attualmente presenti nella sede di Borgo San Dalmazzo

Conoscendo la stima dei consumi futuri di energia elettrica dovuta al funzionamento dei ventilatori, è possibile fare una valutazione dei risparmi di energia, riassunti nella tabella seguente.

Ventilatore	Energia consumata nello stato attuale (kWh/anno)	Energia consumata prevista per lo stato futuro (kWh/anno)	Energia risparmiata (%)	Energia risparmiata (kWh/anno)
KVE01	43'200	38'400	11%	4'800
KVE02	21'600	19'200	11%	2'400
KVE03	61'320	52'560	14%	8'760
KVE04	639'480	595'680	7%	43'800
KVE06	359'160	359'160	0%	0
KVB01-02	96'360	72'270	25%	24'090
KVB03-08	28'105	25'696	9%	2'409
<b>TOTALE</b>	<b>1'249'225</b>	<b>1'162'966</b>	<b>11%</b>	<b>86'259</b>

Tabella 19 Confronto tra i consumi attuali e nel post intervento con i ventilatori proposti dal Fornitore A.

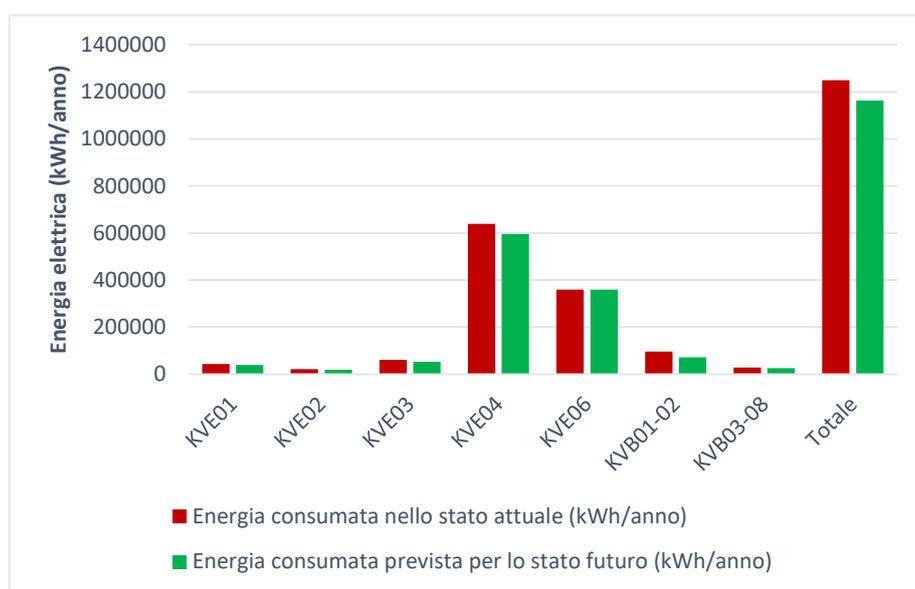


Figura 51 Confronto tra i consumi attuali dei singoli ventilatori e nel post intervento con i ventilatori proposti dal Fornitore A.

Analizzando i dati riportati in tabella e osservando il grafico è possibile fare le seguenti affermazioni: il ventilatore KVE06 ha un punto di lavoro, attualmente, che è perfettamente in linea con il ventilatore proposto dal Fornitore A. È dunque sconveniente sostituirlo, in quanto non si avrebbe un vantaggio energetico, ma solamente una spesa economica per l'acquisto del nuovo ventilatore. I ventilatori KVB01 e KVB02 sono le unità che portano al maggior risparmio energetico, essendo il risparmio percentuale del 25%. Segue il ventilatore KVE03, con un risparmio percentuale del 14%. Il risparmio medio che ne deriva dalla sostituzione dei ventilatori con quelli proposti dal Fornitore A è dell'11%.

### 5.2.2. Proposta fornitore B

Di seguito viene riportata la tabella riassuntiva dei punti di funzionamento dei ventilatori proposti dal Fornitore B, mentre nell'*Allegato C* è possibile consultare le loro curve caratteristiche. Come nel caso precedente, anche la proposta del Fornitore B è stata fatta associando ciascun ventilatore ad un nuovo motore elettrico di classe IE3 maggiormente performante.

<b>Ventilatore</b>	<b>Punto di lavoro del nuovo ventilatore</b>	
<b>KVE01</b>	Potenza assorbita (kW)	33
	Pressione (Pa)	2'250
	Portata (m3/h)	45'000
	Ore di funzionamento annue	1'200
	Energia (kWh/anno)	39'600
<b>Ventilatore</b>	<b>Punto di lavoro del nuovo ventilatore</b>	
<b>KVE02</b>	Potenza assorbita (kW)	16
	Pressione (Pa)	1'800
	Portata (m3/h)	30'000
	Ore di funzionamento annue	1'200
	Energia (kWh/anno)	19'200
<b>Ventilatore</b>	<b>Punto di lavoro del nuovo ventilatore</b>	
<b>KVE03</b>	Potenza assorbita (kW)	6
	Pressione (Pa)	1'000
	Portata (m3/h)	19'000
	Ore di funzionamento annue	8'760
	Energia (kWh/anno)	52'560
<b>Ventilatore</b>	<b>Punto di lavoro del nuovo ventilatore</b>	
<b>KVE04</b>	Potenza assorbita (kW)	63
	Pressione (Pa)	3'000
	Portata (m3/h)	68'000
	Ore di funzionamento annue	8'760
	Energia (kWh/anno)	551'880
<b>Ventilatore</b>	<b>Punto di lavoro del nuovo ventilatore</b>	
<b>KVE06</b>	Potenza assorbita (kW)	41
	Pressione (Pa)	2'900
	Portata (m3/h)	45'000
	Ore di funzionamento annue	8'760
	Energia (kWh/anno)	359'160
<b>Ventilatore</b>	<b>Punto di lavoro del nuovo ventilatore</b>	
<b>KVB01-02</b>	Potenza assorbita (kW)	9
	Pressione (Pa)	5'800
	Portata (m3/h)	4'440
	Ore di funzionamento annue	8'030
	Energia (kWh/anno)	72'270
<b>Ventilatore</b>	<b>Punto di lavoro del nuovo ventilatore</b>	
<b>KVB03-08</b>	Potenza assorbita (kW)	3.1

*Sostituzione dei ventilatori attualmente presenti nella sede di Borgo San Dalmazzo*

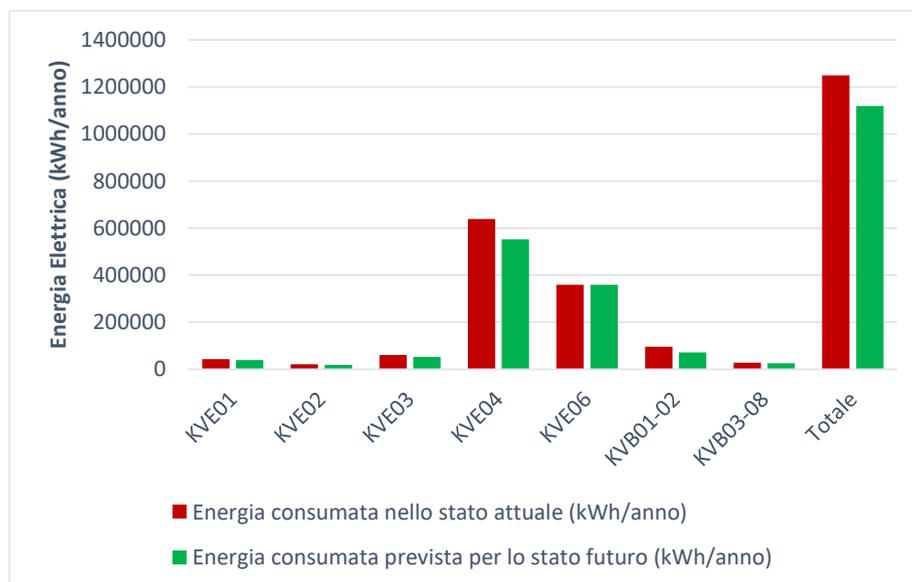
	Pressione (Pa)	3'250
	Portata (m3/h)	2'750
	Ore di funzionamento annue	8'030
	Energia (kWh/anno)	24'893

*Tabella 20 Caratteristiche dei punti di lavoro dei ventilatori proposti dal Fornitore B.*

Noti i punti di funzionamento dei nuovi ventilatori proposti dal Fornitore B è possibile prevedere l'energia che si consumerà. Nella tabella riportata in seguito è possibile osservare il confronto tra lo stato attuale e lo stato futuro se si dovesse scegliere questa configurazione.

<b>Ventilatore</b>	<b>Energia consumata nello stato attuale (kWh/anno)</b>	<b>Energia consumata prevista per lo stato futuro (kWh/anno)</b>	<b>Energia risparmiata (%)</b>	<b>Energia risparmiata (kWh/anno)</b>
<b>KVE01</b>	43'200	39'600	8%	3'600
<b>KVE02</b>	21'600	19'200	11%	2'400
<b>KVE03</b>	61'320	52'560	14%	8'760
<b>KVE04</b>	639'480	551'880	14%	87'600
<b>KVE06</b>	359'160	359'160	0%	0
<b>KVB01-02</b>	96'360	72'270	25%	24'090
<b>KVB03-08</b>	28'105	24'893	11%	3'212
<b>TOTALE</b>	<b>1'249'225</b>	<b>1'119'563</b>	<b>12%</b>	<b>129'662</b>

*Tabella 21 Confronto tra i consumi attuali e nel post intervento con i ventilatori proposti dal Fornitore B.*



*Figura 52 Confronto tra i consumi attuali dei singoli ventilatori e nel post intervento con i ventilatori proposti dal Fornitore B.*

Dall'analisi dei risultati ottenuti è possibile affermare che, con questa configurazione, il risparmio maggiore si ha sempre sui ventilatori KVB01 e KVB02. Mentre per quanto riguarda il ventilatore KVE04 il risparmio aumenta siccome rispetto al Fornitore A, la potenza assorbita è inferiore di 5 kW. Anche in questo caso il ventilatore KVE06 è perfettamente in linea con i

prodotti proposti dal fornitore B, dunque non si ha un risparmio di energia e la sua sostituzione non è giustificabile. Mediamente il risparmio percentuale, con i prodotti del Fornitore B, sale al 12%.

### 5.2.3. Confronto tra la due configurazioni proposte dai fornitori

Analizzando i diversi ventilatori singolarmente si nota come il risparmio di energia elettrica rimanga invariato per il KVE02, il KVE03, il KVB01 e il KVB02. Per il ventilatore KVE01 la configurazione B porta ad un risparmio minore, ma per il KVE04 il Fornitore B propone una soluzione più conveniente dal punto di vista energetico rispetto al Fornitore A. La configurazione B è, inoltre, più vantaggiosa anche per i ventilatori KVB03-08. La tabella seguente riassume quanto descritto.

<b>Ventilatore</b>	<b>Energia risparmiata (%)</b>	
	<b>Fornitore A</b>	<b>Fornitore B</b>
<b>KVE01</b>	11%	8%
<b>KVE02</b>	11%	11%
<b>KVE03</b>	14%	14%
<b>KVE04</b>	7%	14%
<b>KVE06</b>	0%	0%
<b>KVB01-02</b>	25%	25%
<b>KVB03-08</b>	9%	11%
<b>TOTALE</b>	<b>11%</b>	<b>12%</b>

*Tabella 22 Energia risparmiata in valor percentuale nelle configurazioni proposte dal fornitore A e B.*

Osservando il grafico seguente è possibile affermare che la proposta del Fornitore B è energeticamente (e di conseguenza lo sarà anche economicamente) più conveniente rispetto alla proposta del Fornitore A. L'energia consumata prevista nella configurazione B è, infatti, minore rispetto alla configurazione A. Questa differenza, supponendo una parità di costo di acquisto tra i due fornitori, va ad incidere sui tempi di ritorno dell'investimento: un maggiore risparmio energetico porta ad un minore *Payback Time (PBT)*.

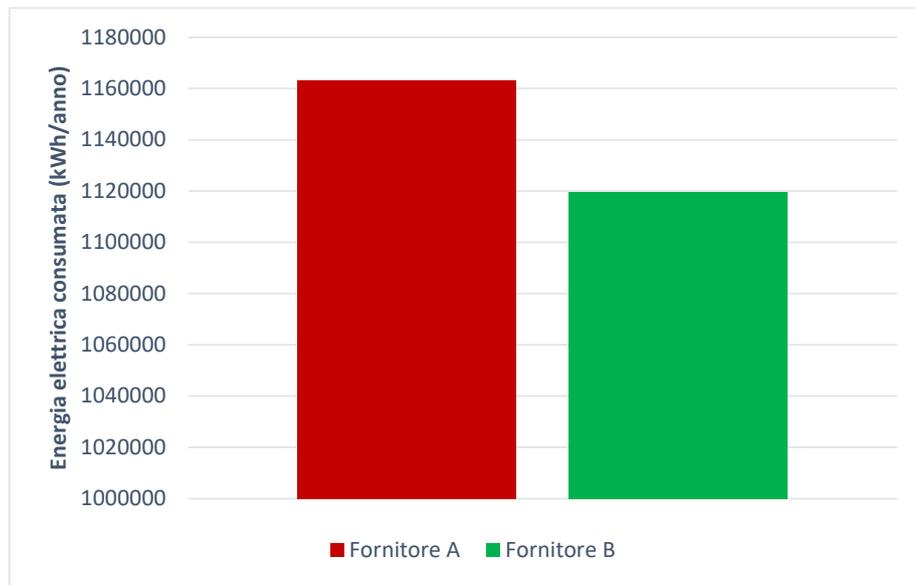


Figura 53 Confronto tra l'energia consumata nelle due configurazioni proposte dai fornitori A e B.

### 5.3. Calcolo del Simple PayBack Time

L'analisi economica per determinare il *Payback Time* dell'investimento richiesto per la sostituzione dei ventilatori è stato fatto sulla configurazione proposta dal Fornitore B, in quanto rappresenta la migliore dal punto di vista del risparmio energetico.

#### 5.3.1. Calcolo dei risparmi

La determinazione del risparmio economico legato al minor consumo di energia elettrica è stato calcolato nel modo seguente:

$$R_{\epsilon} = (P_{a,ante} - P_{a,post}) * h_{funzionamento\ annue} * Costo_{kWh} \left[ \frac{\epsilon}{anno} \right]$$

Note le potenze assorbite nell'assetto ante opera e quelle nel post opera, il costo dell'energia elettrica e le ore di funzionamento annue di ciascun ventilatore, applicando la formula riportata sopra, si ottengono i seguenti risultati di risparmio economico. Il costo del kWh è stato ottenuto dall'analisi dei consumi elettrici degli anni 2017 e 2018 e vale 0.165 €/kWh. Tale valore è stato utilizzato anche per l'analisi dei risparmi economici riportati nei capitoli successivi.

## Sostituzione dei ventilatori attualmente presenti nella sede di Borgo San Dalmazzo

Ventilatore	Fornitore B	
	Energia risparmiata (kWh/anno)	Risparmio (€/anno)
<b>KVE01</b>	3'600	594.00
<b>KVE02</b>	2'400	396.00
<b>KVE03</b>	8'760	1'445.40
<b>KVE04</b>	87'600	14'454.00
<b>KVB01-02</b>	24'090	3'974.85
<b>KVB03-08</b>	3'212	529.98
<b>Totale</b>	<b>129'662</b>	<b>21'394.23</b>

Tabella 23 Risparmio economico stimato dall'installazione dei ventilatori proposti dal Fornitore B.

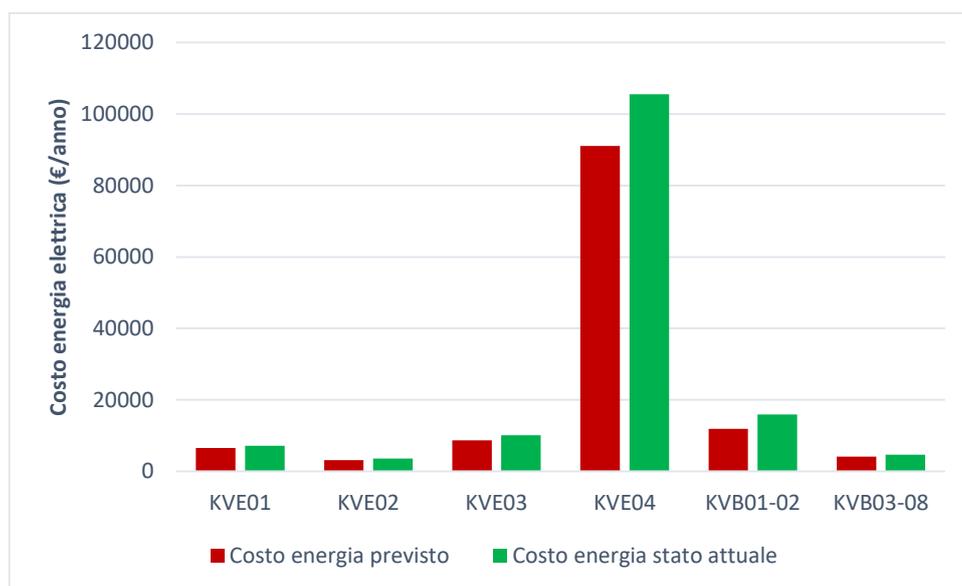


Figura 54 Confronto tra i costi dell'elettricità attuali e quelli previsti.

### 5.3.2. Calcolo dei costi

I costi da sostenere per la realizzazione dell'intervento sono legati all'acquisto dei ventilatori ed all'installazione: si ipotizza a tal proposito, un costo di installazione pari al 50% del costo di acquisto dei ventilatori. Di seguito si riportano i costi riportati nei preventivi proposti dai due fornitori.

Ventilatore	Costo di acquisto	Costo di installazione	Costo totale
<b>KVE01</b>	6'423.20	3'211.60	9'643.80
<b>KVE02</b>	6'176.44	3'088.22	9'264.66
<b>KVE03</b>	3'286.00	1'643.00	4'929.00
<b>KVE04</b>	15'500.00	7'750.00	23'250.00
<b>KVB01-02</b>	2'294.00	1'147.00	3'441.00
<b>KVB03-08</b>	1'471.88	735.94	2'207.82
<b>TOTALE</b>	<b>35'151.52</b>	<b>17'575.76</b>	<b>52'727.28</b>

Tabella 24 Costi per l'acquisto e l'installazione dei ventilatori.

### 5.3.3. Proposta di finanziamento

Si suppone un finanziamento per l'acquisto dei ventilatori della durata di cinque anni a rata annuale costante con pagamento posticipato, ossia al 31/12 di ogni anno. Il valore del tasso di interesse è stato supposto, mentre il valore dell'incremento annuo di energia è stato preso dal sito di ARERA (Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambienti).

Il valore della rata annua è stato determinato con la seguente formula:

$$Rata = Capitale * \frac{i * (i + 1)^n}{(i + 1)^n - 1}$$

<b>Tasso di interesse (i)</b>	2.50%
<b>Durata del finanziamento (t)</b>	5.00
<b>Risparmio (€)</b>	21'394.23
<b>Costo (€)</b>	52'727.28
<b>Incremento energia</b>	1% <sup>18</sup>
<b>Rata</b>	11'349.38

*Tabella 25 Dati utilizzati per la valutazione del finanziamento.*

Noto il tasso di interesse e il costo è possibile determinare per ogni anno gli interessi e la conseguente quota capitale (come sottrazione tra la rata e gli interessi). Il debito di un anno si può ricavare come sottrazione tra il debito dell'anno precedente con la quota capitale dell'anno in considerazione.

Nella tabella seguente sono riportati i risultati dei calcoli relativi al finanziamento.

<b>Anni</b>	<b>Investimento (€)</b>	<b>Interessi (€)</b>	<b>Quota capitale (€)</b>
<b>0</b>	52'727.28		
<b>1</b>	42'696.08	1'318.18	10'031.20
<b>2</b>	32'414.10	1'067.40	10'281.98
<b>3</b>	21'875.07	810.35	10'539.03
<b>4</b>	11'072.57	546.88	10'802.50
<b>5</b>	0.00	276.81	11'072.57

*Tabella 26 Finanziamento per l'acquisto dei ventilatori.*

A questo punto è possibile determinare il costo complessivo di interessi attualizzati e vale 45'688.89 €.

Ipotizzando un incremento dell'energia di anno in anno del 1%, i risparmi futuri non sono costanti, ma aumentano. Attualizzando i risparmi dei prossimi 5 anni ad oggi e facendo una media, si ottiene un valore di risparmio pari a 21'606.03 €/anno.

<sup>18</sup> Incremento del costo dell'energia: ottenuto dall'analisi dei costi del kWh negli anni precedenti (fonte ARERA).

*Sostituzione dei ventilatori attualmente presenti nella sede di Borgo San Dalmazzo*

Anno	Risparmi (€)
1	21'394.23
2	21'608.17
3	21'824.25
4	22'042.50
5	22'262.92

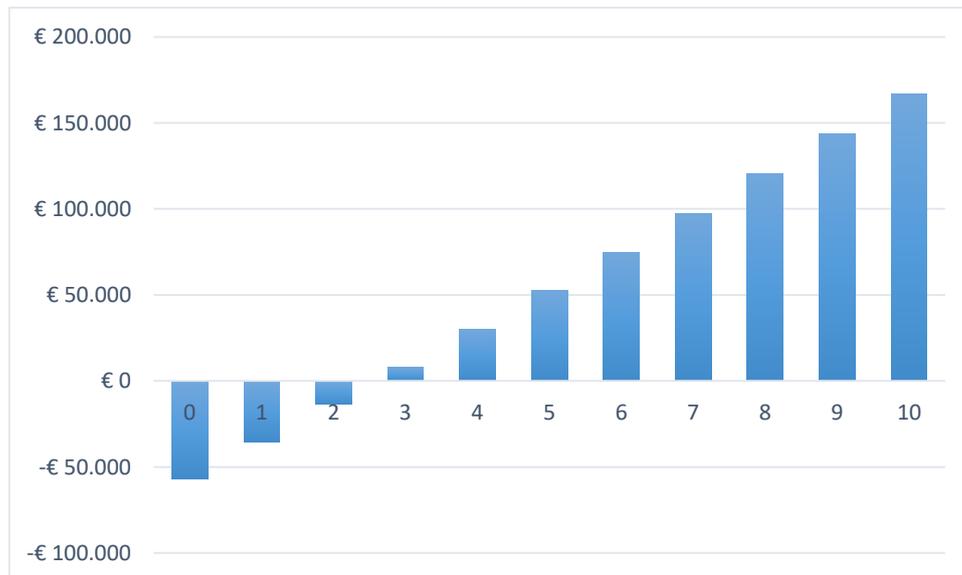
*Tabella 27 Valore dei risparmi e dei risparmi attualizzati negli anni dell'investimento.*

Il *Payback Time* rappresenta il tempo di ritorno dell'investimento: indica in quanto tempo si rientra della spesa sostenuta per la realizzazione di un progetto che porta a risparmi economici. Si determina con la seguente formula:

$$SPB = \frac{Costi}{Risparmi} \text{ [anni]}$$

Utilizzando i dati dei costi e dei risparmi precedentemente illustrati, si ottiene il seguente risultato:

$$SPB = \frac{Costo}{Risparmio} = \frac{52'727.28}{22'292.92} = 2.57 \text{ anni}$$



*Figura 55 Tempo di rientro dell'investimento senza i Titoli di Efficienza Energetica.*

## 5.4. Calcolo del Simple Payback Time con i TEE

I Titoli di Efficienza Energetica vengono rilasciati in base al quantitativo di energia elettrica che l'intervento consente di risparmiare. Come determinato in precedenza, il risparmio ammonta a 129'662 kWh annui. Ovviamente si tratta di risparmio di energia elettrica, dunque il fattore che consente di passare da MWh<sub>el</sub> a tep è 0.187 tep/MWh<sub>el</sub>.

$$TEE_{ventilatori} = tep = \frac{129'662}{1'000} * 0.187 = 24.25 \frac{tep}{anno} \cong 24 \frac{TEE}{anno}$$

Il valore di un TEE è pari a 259.96 €/TEE<sup>19</sup>, dunque l'incentivo annuo corrisponde a:

$$Incentivo_{ventilatori} = TEE_{ventilatori} * Costo_{TEE} = 24 * 259.96 = 6'239.04 \frac{€}{anno}$$

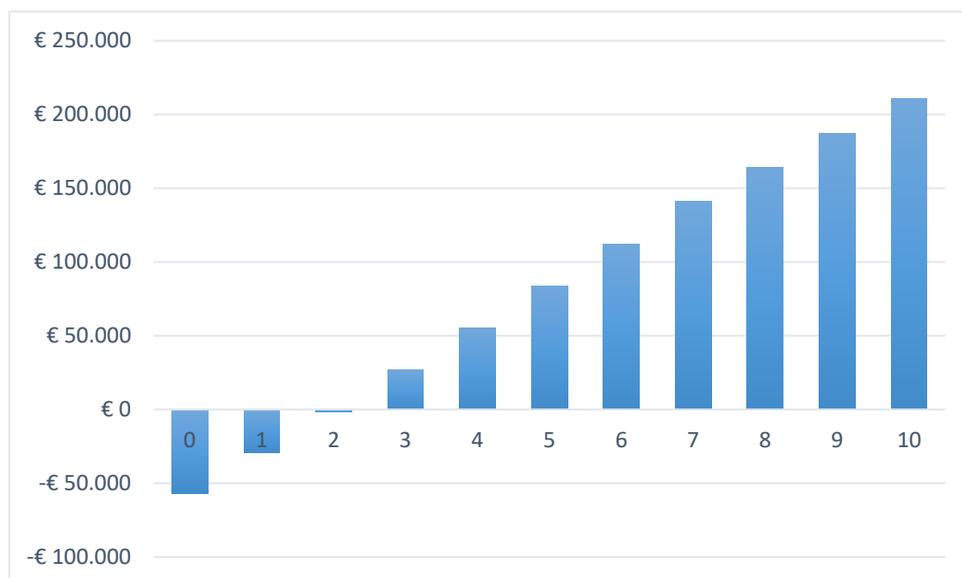
L'incentivo consente di diminuire il PayBack Time siccome aumenta i risparmi annui. Per valutare l'influenza dei Certificati Bianchi sul tempo di ritorno dell'investimento, è stato effettuato un *Business Plan* su 10 anni. Il costo iniziale è invariato ed è sempre comprensivo degli interessi del finanziamento, mentre i risparmi annui diminuiscono, come si può notare dalla tabella seguente.

Anni	Investimento (€)	Risparmio (€)	Certificati bianchi (€)	Risparmio con CB (€)	Investimento con CB (€)
0	-56'746.91				-56'746.91
1	-35'352.68	21'394.23	6'239.04	27'633.27	-29'113.64
2	-13'744.51	21'608.17	6'239.04	27'847.21	-1'266.43
3	8'079.75	21'824.25	6'239.04	28'063.29	26'796.87
4	30'122.25	22'042.50	6'239.04	28'281.54	55'078.41
5	52'385.17	22'262.92	6'239.04	28'501.96	83'580.37
6	74'870.72	22'485.55	6'239.04	28'724.59	112'304.96
7	97'581.12	22'710.41	6'239.04	28'949.45	141'254.40
8	120'518.63	22'937.51		22'937.51	164'191.91
9	143'685.52	23'166.89		23'166.89	187'358.80
10	167'084.07	23'398.55		23'398.55	210'757.35

Tabella 28 Business Plan dei ventilatori.

<sup>19</sup> Tale valore è stato preso dal sito del GME al febbraio 2019.

*Sostituzione dei ventilatori attualmente presenti nella sede di Borgo San Dalmazzo*



*Figura 56 Tempo di ritorno dell'investimento per l'acquisto dei ventilatori con i TEE.*

## 6. Relamping

L'attività di *relamping* consiste nel sostituire apparecchi luminosi esistenti (incandescenti, fluorescenti, ad alogenuri metallici, ecc....) con sorgenti a più alta efficienza energetica: i **LED**. La progettazione di un impianto di illuminazione segue dei criteri ben precisi, imposti dalla *normativa tecnica UNI EN 12464-1 "Luce e illuminazione. Illuminazione dei posti di lavoro – Parte 1: Posti di lavoro in interni"*.

### 6.1. Grandezze fotometriche

Prima di tutto è importante definire quali sono le grandezze utili a valutare il fenomeno luminoso in termini oggettivi. Tali grandezze sono cinque e sono definite **grandezze fotometriche**.

#### 6.1.1. Intensità luminosa

È il flusso luminoso emesso da una sorgente puntiforme, per unità di angolo solido in una determinata direzione. L'unità di misura utilizzata è la **candela**, la quale è un'unità di misura fondamentale del Sistema Internazionale.

$$I = \frac{d\phi}{d\omega} [cd]$$

#### 6.1.2. Flusso luminoso

È la quantità di energia luminosa emessa da una sorgente nell'unità di tempo; la sua unità di misura è il **lumen**.

Radiazione monocromatica:

$$\phi = K_{\lambda} * \phi_e = K_{max} * \phi_e * V_{\lambda} [lm]$$

Radiazione eterocromatica:

$$\phi = K_{max} * \int_{380\text{ nm}}^{780\text{ nm}} \phi_{e,\lambda} * V_{\lambda} * d\lambda [lm]$$

Dove K è il fattore di visibilità.

#### 6.1.3. Luminanza

È il rapporto tra il flusso luminoso emesso o riflesso da una superficie luminosa, per unità di angolo solido in una determinata direzione, e la superficie emettente proiettata su un piano perpendicolare alla direzione stessa. L'unità di misura è **candele su unità di superficie o nit**.

$$L = \frac{d^2\phi}{dA * \cos\beta * d\omega} \left[ \frac{cd}{m^2} \right] [nit]$$

#### 6.1.4. Illuminamento

È il rapporto tra il flusso luminoso incidente su una superficie elementare e l'area della superficie elementare stessa. Si misura in **lux**:

$$1 \text{ lux} = 1 \frac{\text{lumen}}{\text{m}^2}$$

$$E = \frac{d\phi}{dA} \text{ [lux]}$$

#### 6.1.5. Temperatura di colore correlata

Esprime la tonalità di colore della luce confrontandola in modo diretto con la temperatura assoluta di un corpo nero che irradia luce con la stessa tonalità di colore emessa dalla sorgente in esame. Si esprime in **Kelvin**.

Per valori di temperatura di colore correlata inferiori a 3300 K la luce è definita bianco calda, per valori compresi tra 3300 K e 5300 K è definita luce bianca neutra e per temperature maggiori di 5300 K la luce è detta bianca fredda.

## 6.2. Obiettivi e requisiti del progetto degli impianti di illuminazione

La qualità di un progetto di illuminazione è legata prima di tutto alle necessità dell'uomo, poi, in secondo luogo, a fattori ambientali ed economici ed infine a fattori architettonici.

Per rispettare le necessità dell'utente è conveniente garantire condizioni di illuminazione adeguate alle loro esigenze funzionali, di salute e di benessere degli operatori. Inoltre si devono garantire condizioni di gestione ed utilizzo ottimale del sistema di illuminazione stesso. Una buona *prestazione visiva* degli utenti implica velocità e accuratezza nello svolgimento di un *compito visivo*<sup>20</sup>.

Il *comfort visivo* è valutato in base ai valori di illuminamento, di uniformità, di distribuzione delle luminanze, di abbagliamento<sup>21</sup>, di contrasto e direzionalità della luce, di colore della luce ed infine di resa del colore della luce.

## 6.3. La normativa tecnica UNI EN 12464-1

Tale norma specifica i requisiti illuminotecnici riguardanti il comfort visivo e le prestazioni visive per i posti di lavoro in interni. Nel calcolo vengono considerati tutti i compiti visivi abituali, inclusi quelli che prevedono l'utilizzo di videoterminali.

---

<sup>20</sup> Compito visivo: rappresenta l'osservazione di dettagli e oggetti in relazione allo svolgimento di una determinata attività (leggere e scrivere, osservare caratteristiche generali, o avere una percezione degli spazi e degli ingombri).

<sup>21</sup> Abbagliamento: è un disturbo dovuto alla presenza nel campo visivo di sorgenti o superfici luminose con luminanza molto maggiore rispetto a quella di adattamento. Le tipologie di abbagliamento che si possono verificare sono: abbagliamento molesto, abbagliamento perturbatore, abbagliamento da saturazione e abbagliamento da adattamento.

Nella progettazione di un impianto di illuminazione è necessario considerare i sette parametri che caratterizzano l'ambiente luminoso:

1. **Distribuzione delle luminanze**
2. **Illuminamento**
3. **Direzione della luce**
4. **Variabilità della luce**
5. **Resa dei colori e colore apparente della luce**
6. **Abbagliamento**
7. **Sfarfallamento**<sup>22</sup>

### 6.3.1. Distribuzione delle luminanze

Il comfort visivo, la visibilità e l'adattamento degli occhi sono influenzati dalla distribuzione delle luminanze presenti nel campo visivo. Per creare condizioni di visibilità confortevoli è necessario evitare luminanze troppo elevate che possono creare abbagliamento, oppure contrasti di luminanza troppo elevati, i quali creano affaticamento visivo a causa delle costanti variazioni di adattamento oculare. Allo stesso tempo è meglio evitare luminanze e contrasti di luminanza troppo bassi, altrimenti si verrebbe a creare un ambiente lavorativo monotono e poco stimolante.

### 6.3.2. Illuminamento

In base al tipo di ambiente, attività e compito, la norma definisce dei valori di **illuminamento medio mantenuto** che devono essere garantiti.

Secondo la norma, è definito illuminamento medio mantenuto il *“valore al di sotto del quale l'illuminamento medio su una superficie specifica, non può mai scendere. Corrisponde al valore di illuminamento medio che si ha nel momento in cui dovrebbe essere eseguita la manutenzione”*.

$$E_{\text{progetto}} = \frac{\overline{E_m}}{MF}$$

Dove  $\overline{E_m}$  è l'illuminamento medio mantenuto, mentre MF rappresenta il fattore di manutenzione. Quest'ultimo dipende dal *fattore di sopravvivenza della lampada*, dalla *diminuzione del flusso luminoso dell'apparecchio* in funzione delle ore di funzionamento dello stesso, dalla *diminuzione del flusso luminoso della sorgente nel tempo* e dalla *diminuzione delle caratteristiche di riflessione delle superfici del locale per effetto dello sporco*.

---

<sup>22</sup> Sfarfallamento: *“percezione di instabilità visiva indotta da uno stimolo luminoso la cui luminanza fluttua nel tempo rispetto ad un osservatore statico che si trova in un ambiente statico”* (pubblicazione CIE TN 006:2016). Lo sfarfallamento si verifica, quindi, quando in condizioni statiche l'occhio umano ha la percezione che la luce non si mantenga costante nel corso del tempo, tendendo quindi a tremare.

## Relamping

I valori di illuminamento medio mantenuto riportanti nella norma sono tipicamente riferiti a condizioni visive abituali (rispettando quindi sicurezza, comfort visivo, ergonomia, economia). Se, invece, le condizioni di visibilità dovessero in qualche modo discostare da quelle abituali, diventa importante variare il valore di illuminamento, aumentandolo (se il compito visivo è critico, o da svolgere per tempi prolungati, o prevede la presenza di dettagli di piccole dimensioni, o possiede un basso contrasto di luminanza), oppure diminuendolo se i dettagli del compito visivo sono di grandi dimensioni, o possiedono un contrasto elevato, o il compito visivo è da svolgere per tempi brevi.

Nel concetto di illuminamento medio mantenuto rientra quello di **uniformità**, definita come il rapporto tra l'illuminamento minimo e quello medio. Anche per quanto riguarda l'uniformità, la *norma 12464-1* definisce dei valori da garantire nel compito visivo.

$$U = \frac{E_{min}}{E_m}$$

Per garantire un adeguato comfort visivo agli utenti operanti in ambienti di lavoro interni, la norma consiglia di correlare l'illuminamento della zona del compito visivo all'illuminamento delle zone immediatamente circostanti (solitamente si considera 0.5 m attorno all'area del compito visivo), in modo da garantire una distribuzione delle luminanze equilibrate nel compito visivo ed evitare affaticamento visivo e, allo stesso tempo, abbagliamento molesto.

Nella progettazione di un impianto di illuminazione è fondamentale il concetto di **illuminamento medio cilindrico**, definito come la media degli illuminamenti verticali che ruotano attorno al punto di calcolo. Il suo valore non deve mai essere inferiore di 50 lux in un piano sopra il pavimento, considerato ad un'altezza di 1.2 m per una persona seduta e 1.6 m per una persona in piedi. Se si stanno analizzando ambienti in cui la comunicazione visiva ricopre un ruolo fondamentale, il valore di illuminamento medio cilindrico non deve scendere sotto i 150 lux.

### 6.3.3. Abbagliamento

Rappresenta la sensazione visiva prodotta da superfici che determinano elevati gradienti di luminosità all'interno del compito visivo e può essere distinto in abbagliamento molesto o debilitante. È invece definito abbagliamento velante o da riflessione quello prodotto dalla riflessione delle superfici speculari e può essere limitato mediante una adeguata sistemazione degli apparecchi luminosi, oppure utilizzando superfici di lavoro opache, riducendo la luminanza degli apparecchi o, infine, utilizzando tinte chiare per soffitti e pareti. Tale abbagliamento può essere ridotto attraverso una più adeguata sistemazione degli apparecchi luminosi nei posti di lavoro oppure modificando la loro luminanza, è preferibile utilizzare superfici opache che riducono la riflessione, oppure aumentare l'area luminosa dell'apparecchio di illuminazione, oppure adottare pareti e soffitti chiari.

L'abbagliamento molesto è valutato, secondo la *norma UNI EN 12464-1-2011*, mediante il metodo tabellare CIE dell'**Indice Unificato di Abbagliamento UGR** (Unified Glare Rating);

## Relamping

il suo valore limite è definito in funzione del tipo di ambiente, attività e compito. La formula per la determinazione dell'indice UGR è la seguente:

$$UGR = 8 \log_{10} \left( \frac{0.25}{L_b} \sum \frac{L^2 * \omega}{p^2} \right)$$

Dove  $L_b$  è la luminanza di sfondo in  $cd/m^2$ ,  $L$  è la luminanza delle parti luminose di ogni apparecchio di illuminazione nella direzione dell'occhio dell'osservatore in  $cd/m^2$ ,  $\omega$  è l'angolo solido delle parti luminose di ogni apparecchio di illuminazione nella direzione dell'occhio dell'osservatore in sr e  $p$  è l'indice di posizione di Guth per ogni apparecchio di illuminazione rispetto agli occhi dell'osservatore.

<b>UGR</b>	<13	Abbagliamento inesistente o irrilevante
	<16	Applicazioni anche molto impegnative
	<19	Uffici
	<22	Applicazioni industriali
	<25	Lavorazioni grossolane; magazzini
	<28	Ambienti di transito; applicazioni con scarse esigenze
		Abbagliamento elevato

Tabella 29 Campo di valori di UGR in funzione delle applicazioni

### 6.3.4. Colore apparente della luce

La **cromaticità**, o colore apparente della luce, è definita dalla sua temperatura di colore correlata.

<b>Appartenenza del colore</b>	<b>Temperature di colore correlata (K)</b>
<b>Calda</b>	<3'300
<b>Intermedia</b>	da 3'300 a 5'300
<b>Fredda</b>	>5'300

Tabella 30 Tipologie di sorgenti in base alla temperatura di colore correlata

### 6.3.5. Resa del colore

È importante che nell'ambiente di lavoro i colori delle superfici e degli oggetti siano riprodotti fedelmente e, per fornire un'indicazione obiettiva di tali parametri, è stato introdotto l'**indice generale di resa del colore Ra**, il quale ha un valore massimo di 100. Le sorgenti luminose che hanno un indice di resa del colore minore di 80 non dovrebbero essere utilizzate in ambienti interni dove le persone lavorano e permangono per lunghi periodi.

## 6.4. I LED

**Light Emitting Diode** è un diodo formato da materiale semiconduttore capace di produrre fotoni per emissione spontanea (luminescenza). Il diodo viene opportunamente drogati in modo da ottenere una giunzione p-n, ossia uno strato con un eccesso di elettroni (n) e uno con un eccesso di lacune (p), separati da un sottile gap.

Gli elettroni liberi, se sottoposti a una tensione diretta, si ricombinano con le lacune dello strato p e, quando questo si verifica, gli elettroni cedono energia sotto forma di quanti di luce (o fotoni) ad una frequenza che cambia a seconda del materiale che è stato utilizzato per drogare il diodo. Inoltre, in base al composto chimico drogante, cambia anche il colore della luce emessa.

La tecnologia LED ha rivoluzionato il mondo dell'illuminazione, in quanto presentano un'elevata durata della vita e un'alta efficienza luminosa. Hanno piccole dimensioni e non contengono mercurio, per cui non sono dannosi per l'ambiente, è possibile regolare il flusso luminoso e sono molto robusti e insensibili a umidità e vibrazioni. Inoltre lo spettro luminoso è tutto nel visibile, cioè non emette nella zona dell'ultravioletto e dell'infrarosso.

## 6.5. Descrizione dello stato di fatto

### 6.5.1. Sede di Borgo San Dalmazzo

Attualmente nella sede dell'A.C.S.R. di Borgo San Dalmazzo sono presenti 149 apparecchi luminosi: 18 sono sorgenti fluorescenti (5 da 36 W e 13 da 72 W), 5 alogene da 77 W ciascuna e 126 a scarica con potenza di 400 W (installate principalmente in interni, ma anche per l'illuminazione esterna). La potenza complessiva risulta per cui pari a 51.9 kW circa e, considerando un orario lavorativo di 8 ore al giorno e circa 24 giorni al mese, il consumo annuo di energia è di circa 140 MWh annui.

Osservando il grafico sottostante si può notare come gli uffici abbiano un peso quasi trascurabile sul consumo totale di energia dovuto all'illuminazione, in quanto la potenza installata è ovviamente notevolmente minore e le superfici da illuminare, seppure abbiano dei requisiti normativi di illuminamento maggiori, sono limitate rispetto alle estensioni che si hanno nei capannoni dove vengono trattati i rifiuti. Sul totale annuo di consumo di energia elettrica necessaria per l'illuminazione degli ambienti di Borgo San Dalmazzo, infatti, gli uffici hanno un peso di circa il 3%, mentre i capannoni consumano il 97%.

## Relamping

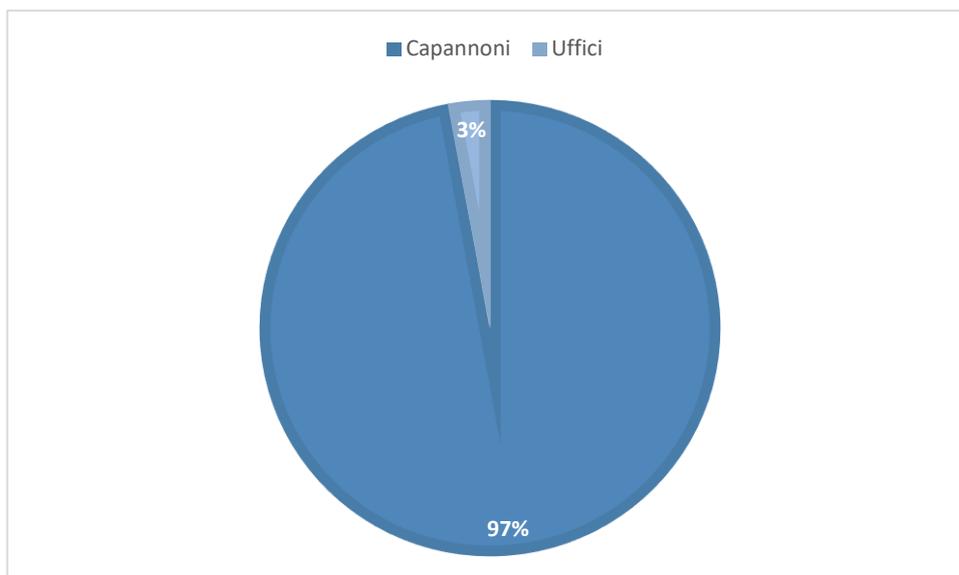


Figura 57 Suddivisione del consumo annuo di energia elettrica dovuta all'illuminazione tra uffici e capannoni nella sede di Borgo San Dalmazzo.

### 6.5.2. Roccavione

Nell'impianto di Roccavione sono attualmente installati 174 apparecchi luminosi tra uffici e capannoni utilizzati per l'essiccazione del rifiuto e la produzione del CSS. Di questi 100 sono sorgenti fluorescenti con potenze variabili (sono presenti, infatti, apparecchi da 36 W, da 18 W e da 58 W), 12 sono alogene da 77 W ciascuna, 26 sono apparecchi luminosi a scarica da 400 W e, infine, 17 hanno una potenza di 250 W e sono ad alogenuri metallici.

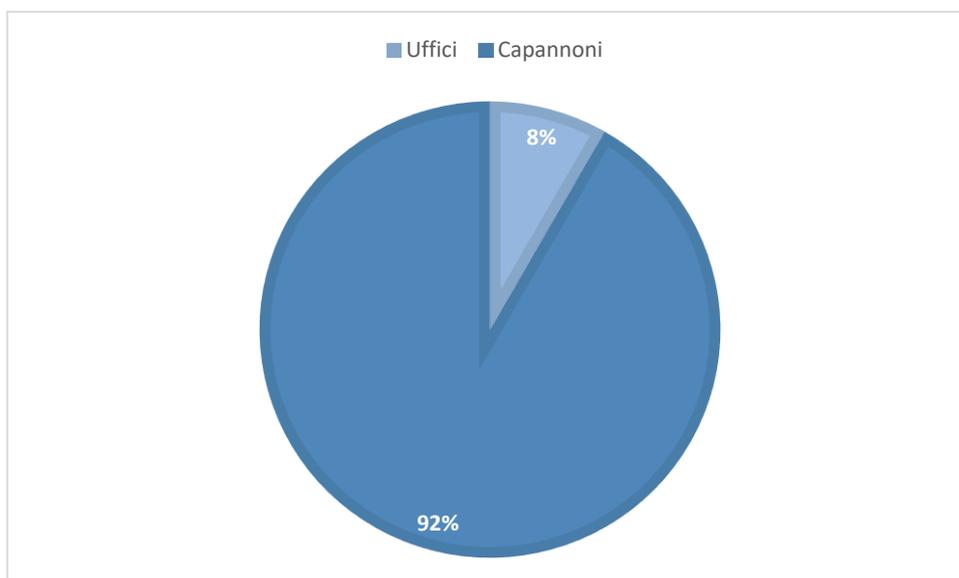


Figura 58 Suddivisione del consumo annuo di energia elettrica richiesta per l'illuminazione degli ambienti tra capannoni ed uffici per l'impianto di Roccavione.

Analogamente a quanto detto per la sede di Borgo San Dalmazzo, anche in questo caso sono i capannoni ad essere maggiormente energivori: sul totale dell'energia richiesta per l'illuminazione dell'impianto, solo l'8% è dovuto agli uffici, mentre il 92% è richiesto dai capannoni e dagli ambienti utilizzati per il trattamento del rifiuto.

### 6.5.3. Analisi generale dell'A.C.S.R.

Analizzando l'A.C.S.R. nel suo complesso si può osservare come, in termini di consumo di energia elettrica dovuta all'illuminazione, la sede di Borgo San Dalmazzo sia la più energivora, in quanto è maggiormente estesa e presenta più processi lavorativi dunque più capannoni che, come citato in precedenza, sono le strutture richiedenti maggiore energia.

La sede di Borgo San Dalmazzo consuma circa 140 MWh annui di energia elettrica per l'illuminazione, mentre a Roccavione scendono a circa 52 MWh annui.

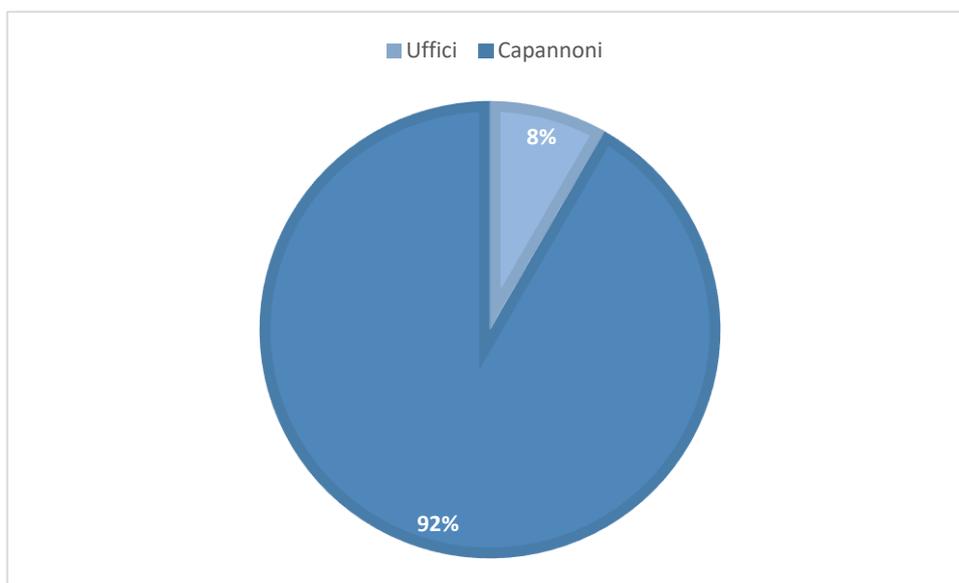


Figura 59 Confronto dei consumi annui di energia elettrica richiesti per l'illuminazione tra uffici e capannoni per l'A.C.S.R. (Borgo San Dalmazzo e Roccavione).

### 6.5.4. Consumi attuali di energia elettrica per l'illuminazione

Attualmente entrambi gli stabilimenti sono in funzione 10 ore al giorno per 24 giorni al mese; le ore di funzionamento annue sono, quindi, 2304. Le lampade sono accese, in media, per l'81% del tempo in F1 e il 19% in F2<sup>23</sup>. I consumi attuali di energia elettrica richiesta per l'illuminazione sono riassunti nella tabella seguente.

<sup>23</sup> Fasce elettriche: stabilite dall'AEEG nella *Delibera 181/06*, servono a ripartire il costo dell'energia elettrica nelle diverse ore del giorno. La fascia F1 rappresenta le ore di punta (dal lunedì al venerdì, esclusi i festivi, dalle 8.00 alle 18.00), la fascia F2 è usata per le ore intermedie (dal lunedì al venerdì dalle 7.00 alle 8.00 e dalle 19.00 alle 22.00, il sabato dalle 7.00 alle 22.00 escluse le festività) ed infine la fascia F3, usata per le ore fuori punta (dal lunedì al sabato dalle 23.00 alle 7.00 e durante i giorni festivi).

## Relamping

	<b>Energia in F1 (kWh)</b>	<b>Energia in F2 (kWh)</b>	<b>Energia totale (kWh)</b>
<b>Uffici Borgo San Dalmazzo</b>	4'080.96	957.26	5'038.22
<b>Capannoni Borgo San Dalmazzo</b>	110'048.44	25'813.83	135'862.27
<b>Totale Borgo San Dalmazzo</b>	<b>114'129.40</b>	<b>26'771.09</b>	<b>140'900.49</b>
<b>Uffici Roccavione</b>	3'500.15	821.02	4'321.17
<b>Capannoni Roccavione</b>	38'748.41	9'089.13	47'837.54
<b>Totale Roccavione</b>	<b>42'248.56</b>	<b>9'910.15</b>	<b>52'158.71</b>
<b>TOTALE A.C.S.R.</b>	<b>156'377.96</b>	<b>36'681.24</b>	<b>193'059.20</b>

Tabella 31 Consumi di energia elettrica dell'A.C.S.R. suddivisi per fasce.

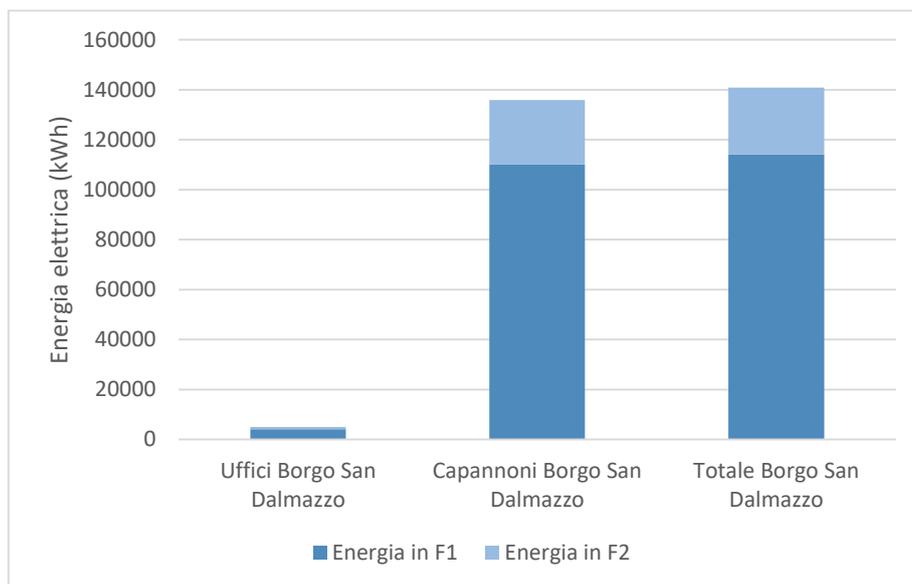


Figura 60 Confronto tra i consumi di energia elettrica nelle diverse fasce orarie per la sede di Borgo San Dalmazzo.

## Relamping

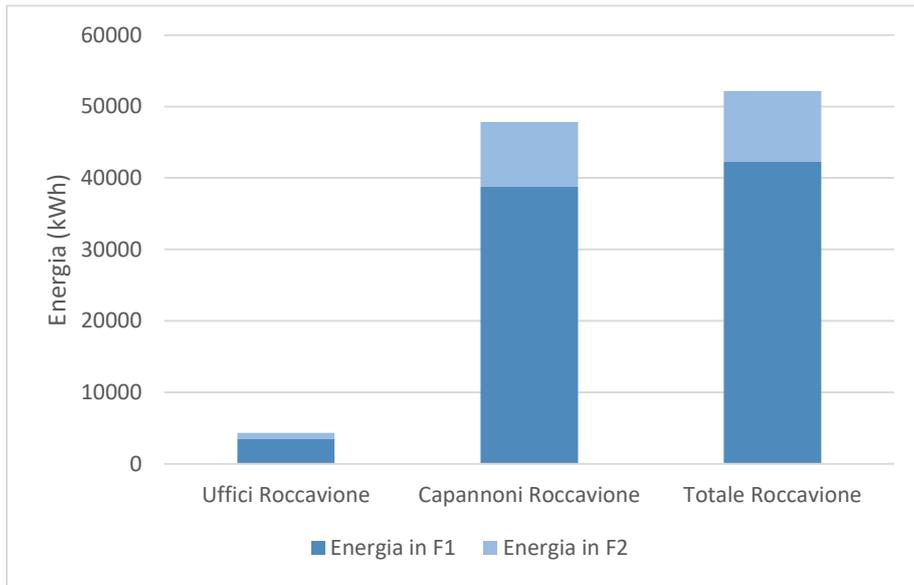


Figura 62 Confronto tra i consumi di energia elettrica richiesta per l'illuminazione nelle diverse fasce orarie per l'impianto di Roccavione.

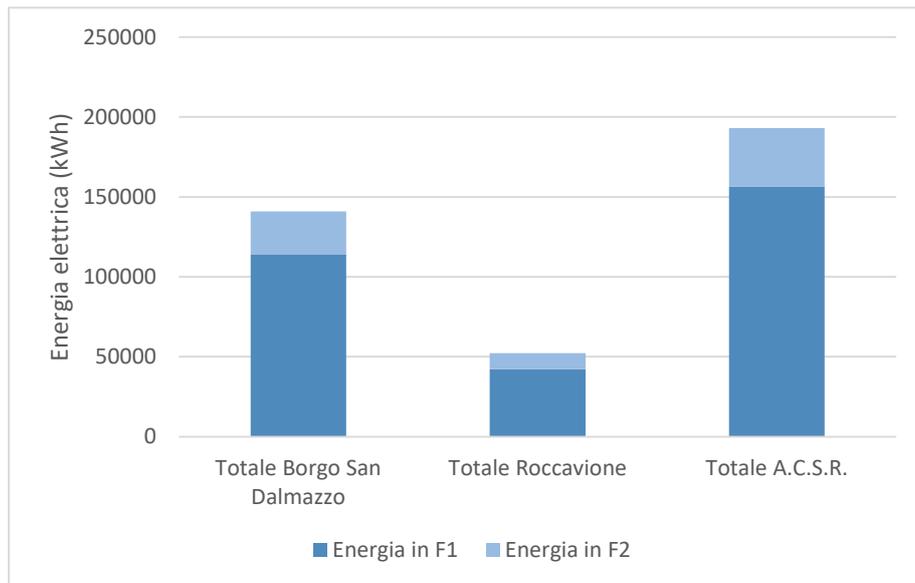


Figura 61 Confronto tra i consumi di energia elettrica dovuti all'illuminazione nelle diverse fasce orarie per la sede di Borgo San Dalmazzo e l'impianto di Roccavione.

## 6.6. Descrizione dello stato futuro

Lo scopo dell'intervento di *relamping* è quello di ridurre i consumi di energia elettrica richiesta per l'illuminazione degli ambienti mediante l'adozione della tecnologia a LED. Come detto in precedenza, grazie all'elevata durata della vita ed alle alte prestazioni, questi apparecchi luminosi garantiscono i medesimi valori di flusso luminoso impiegando potenze minori. Utilizzando un apparecchio a LED è, infatti, possibile ottenere le stesse prestazioni di una sorgente fluorescente, ma dimezzandone le potenze. Di conseguenza si dimezzerà anche il consumo annuo di energia che porta ad una riduzione notevole dei costi di illuminazione. I costi possono anche essere abbattuti grazie alla durata del LED, che è circa di 60'000 ore, contro le 12'000 di un apparecchio fluorescente, ma che possono scendere a 4'000 se è alogeno.

Per valutare la quantità e la tipologia di apparecchi a LED necessari, è stato fatto il calcolo con il software DiaLUX, in modo da verificare che anche i requisiti previsti dalla norma *UNI EN 12464:1* venissero rispettati.

### 6.6.1. Consumi futuri di energia elettrica previsti per l'illuminazione

Sostituendo gli apparecchi attualmente installati con quelli a LED a più alta efficienza, i consumi di energia elettrica si riducono. Mantenendo invariate le ore di funzionamento durante l'intero anno e le fasce orarie, i nuovi consumi previsti sono riassunti nella tabella seguente.

	Energia in F1 (kWh)	Energia in F2 (kWh)	Energia totale (kWh)
<b>Uffici Borgo San Dalmazzo</b>	1'535.17	360.10	1'895.27
<b>Capannoni Borgo San Dalmazzo</b>	36'447.67	8'549.45	44'997.12
<b>Totale Borgo San Dalmazzo</b>	<b>37'982.84</b>	<b>8'909.55</b>	<b>46'892.39</b>
<b>Uffici Roccavione</b>	1'179.46	276.66	1'456.13
<b>Capannoni Roccavione</b>	12'746.42	2'989.90	15'736.32
<b>Totale Roccavione</b>	<b>13'925.88</b>	<b>3'266.57</b>	<b>17'192.45</b>
<b>TOTALE A.C.S.R.</b>	<b>51'908.72</b>	<b>12'176.12</b>	<b>64'084.84</b>

Tabella 32 Energia elettrica richiesta per l'illuminazione nello stato futuro.

### 6.6.2. Confronto dei consumi tra lo stato attuale e lo stato futuro

Osservando i grafici sottostanti è possibile verificare il risparmio annuo di energia elettrica legata alla sostituzione degli apparecchi di illuminazione. Sul totale complessivo di ha un risparmio energetico che è del 67% circa.

## Relamping

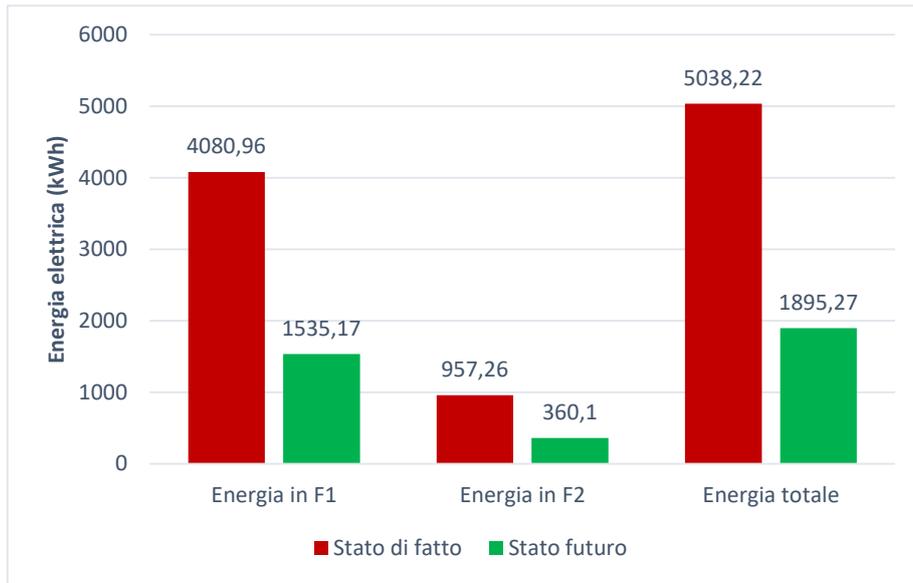


Figura 63 Confronto tra i consumi di energia elettrica attuali e nel post intervento richiesta per l'illuminazione degli uffici di Borgo San Dalmazzo per le diverse fasce.

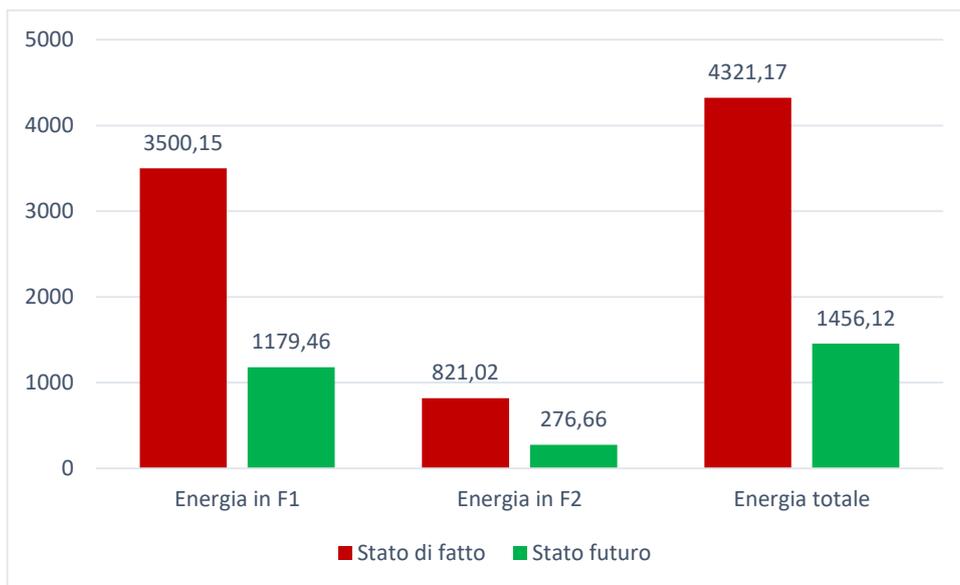


Figura 64 Confronto tra i consumi di energia elettrica attuali e nel post intervento richiesta per l'illuminazione degli uffici di Roccaione per le diverse fasce.

## Relamping

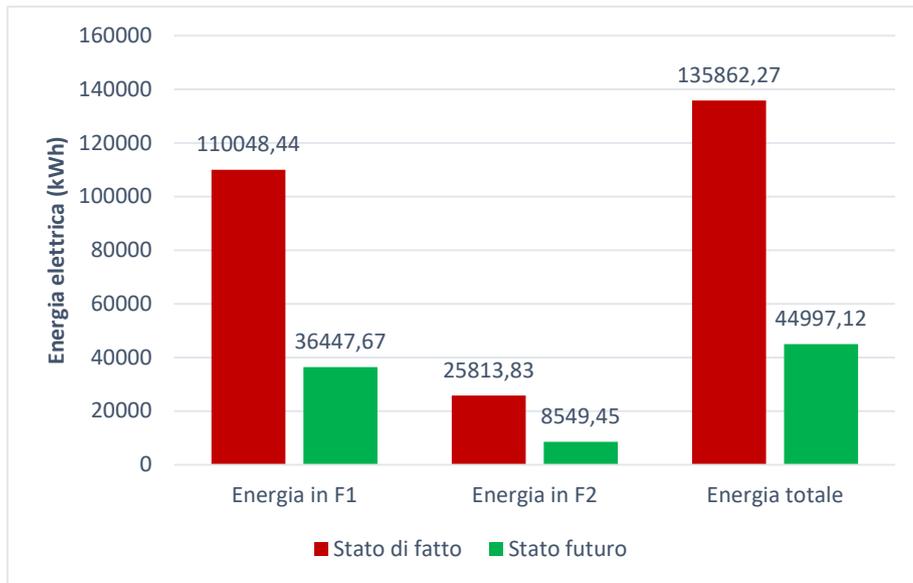


Figura 66 Confronto tra i consumi di energia elettrica attuali e nel post intervento richiesta per l'illuminazione dei capannoni di Borgo San Dalmazzo per le diverse fasce.

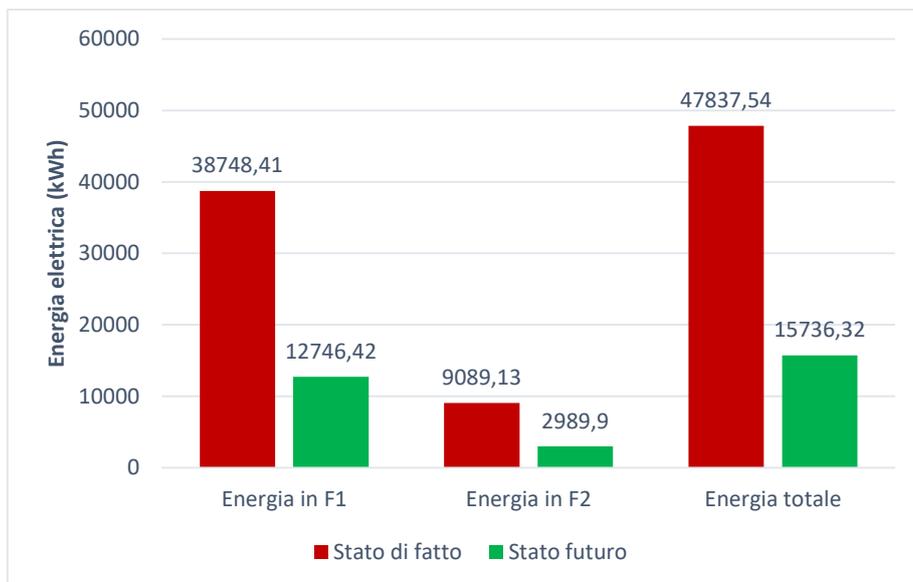


Figura 65 Confronto tra i consumi di energia elettrica attuali e nel post intervento richiesta per l'illuminazione dei capannoni di Roccavione per le diverse fasce.

## Relamping

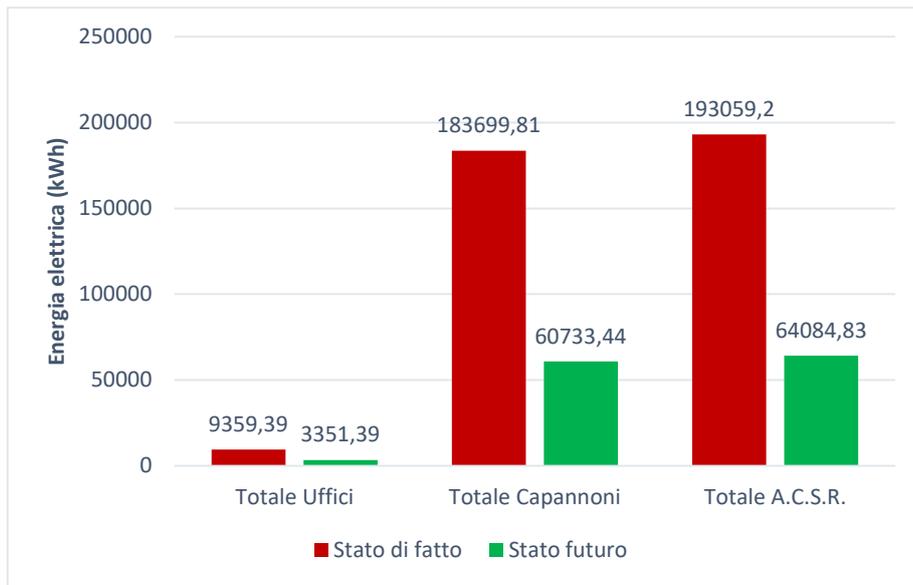


Figura 67 Confronto tra i consumi di energia elettrica attuali e nel post intervento richiesta per l'illuminazione degli uffici e dei capannoni dell'A.C.S.R. per le diverse fasce.

Il risparmio che si è ottenuto negli edifici adibiti ad uffici sia nella sede di Borgo San Dalmazzo che nell'impianto di Roccavione è principalmente legato all'installazione di LED, ma dipende anche in parte dall'adozione di apparecchi dotati di sensori di presenza in tutti quei locali utilizzati saltuariamente, come per esempio i servizi igienici, ma anche i locali tecnici. Seppure il risparmio che ne deriva dall'adozione di questa tecnologia sia trascurabile, rappresenta comunque una strategia di risparmio energetico che sul lungo periodo può portare vantaggi energetici e di conseguenza economici.

Il risparmio di energia dovuto all'installazione di sensori di presenza in questi locali è stato determinato mediante la formula seguente:

$$R_{\text{sensori di presenza}} = P_{\text{ante}} * h_{\text{funzionamento}} * n_{\text{apparecchi}} * fp \left[ \frac{kWh}{\text{annui}} \right]$$

Questo risparmio dipende dalla potenza attualmente installata nei locali dove si andranno ad inserire i sensori di presenza, dal numero di ore di funzionamento annue, dal numero di apparecchi presenti nei singoli locali e da un fattore di presenza  $fp$ . Tale fattore può assumere valori compresi tra 0.2 e 0.4: il primo si utilizza per ambienti usati più frequentemente (per esempio servizi igienici), mentre 0.4 si adotta per locali poco frequentati (come i locali tecnici).

## 6.7. Calcolo del Simple Payback Time

### 6.7.1. Calcolo dei risparmi

I vantaggi economici che derivano dall'interventi di relamping sono legati in primo luogo al risparmio di energia elettrica che si ha dalla sostituzione degli apparecchi con sistemi di illuminazione maggiormente performanti: i LED. Essi possiedono, inoltre, una maggiore durata rispetto ai classici metodi di illuminazione e questo porta ad un risparmio del costo di manutenzione annuo.

Il risparmio economico legato al minor consumo di energia elettrica è stato calcolato separatamente per gli uffici e i capannoni di Borgo San Dalmazzo e di Roccavione con la seguente formula.

$$R_{\epsilon} = (P_{\text{stato di fatto}} - P_{\text{stato futuro}}) * h_{\text{funzionamento}} * \text{costo}_{\text{kWh}} \left[ \frac{\epsilon}{\text{anno}} \right]$$

Il risparmio della manutenzione è stato determinato come differenza tra i costi di manutenzione nello stato attuale e i costi nella configurazione futura.

$$R_{\text{manutenzione}} = \text{Costo}_{\text{manutenzione stato di fatto}} - \text{Costo}_{\text{manutenzione stato futuro}} \left[ \frac{\epsilon}{\text{anno}} \right]$$

Dove il costo di manutenzione nei due casi dipende dalle ore di funzionamento dell'impianto, dalle ore di vita dell'apparecchio considerato, dal numero di apparecchi presenti e dalla quantità di tubi presenti per ciascun apparecchio, dal costo della manodopera per la sostituzione degli apparecchi e dal costo di ciascuna sorgente. In particolare la formula utilizzata in entrambi i casi è la seguente:

$$\begin{aligned} \text{Costo}_{\text{manutenzione}} \\ = n_{\text{plafoniere}} * n_{\text{tubi per plafoniera}} * \frac{\text{Costo}_{\text{manodopera}} + \text{Costo}_{\text{lampada}}}{\frac{h_{\text{vita della lampada}}}{h_{\text{funzionamento annue}}}} \left[ \frac{\epsilon}{\text{anno}} \right] \end{aligned}$$

Come già espresso nel capitolo precedente, mediante l'adozione, in alcuni locali, di apparecchi dotati di sensori di presenza, è stato possibile ottenere un risparmio di energia che è facilmente convertibile in risparmio economico nel modo seguente:

$$R_{\epsilon, \text{sensori di presenza}} = R_{\text{sensori di presenza}} * \text{Costo}_{\text{kWh}} \left[ \frac{\epsilon}{\text{anno}} \right]$$

## Relamping

Nella tabella seguente sono riassunti i valori dei parametri necessari per la valutazione dei risparmi.

<b>Ore di funzionamento all'anno</b>	2'304	h/y
<b>Perdite nel reattore</b>	0.17	-
<b>Costo manodopera sostituzione lampade</b>	15	€/lampada
<b>Costo singolo tubo neon</b>	3.6	€/lampada
<b>Costo alogena</b>	4	€/lampada
<b>Costo vapori di mercurio</b>	20	€/lampada
<b>Costo alogenuri metallici</b>	20	€/lampada
<b>Costo singolo tubo LED</b>	50	€/tubo
<b>Costo energia</b>	0.165	€/kWh

Tabella 33 Dati utilizzati nella valutazione dei risparmi economici legati all'installazione di LED.

Utilizzando le formule appena descritte e i dati riportati nella tabella sovrastante, si ottengono i valori di risparmio riassunti nella seguente tabella.

	<b>Risparmio economico (€/anno)</b>	<b>Risparmio per manutenzione (€/anno)</b>	<b>Risparmio per sensori presenza (€/anno)</b>	<b>Totale (€/anno)</b>
<b>Uffici Borgo San Dalmazzo</b>	497.69	125.18	246.10	868.97
<b>Capannoni Borgo San Dalmazzo</b>	14'388.50	320.54	-	14'709.04
<b>Totale Borgo San Dalmazzo</b>	14'886.19	445.72	246.10	15'578.01
<b>Uffici Roccavione</b>	453.68	125.49	1'256.77	1'835.94
<b>Capannoni Roccavione</b>	5'083.23	269.91	23.42	5'376.56
<b>Totale Roccavione</b>	5'536.91	395.40	1'280.19	7'212.49
<b>TOTALE</b>	<b>20'423.09</b>	<b>841.13</b>	<b>1'526.29</b>	<b>22'790.60</b>

Tabella 34 Risparmi di energia elettrica ottenuti dall'installazione dei LED.

### 6.7.2. Calcolo dei costi

L'analisi dei costi per la realizzazione dell'intervento comprendono, oltre al costo di acquisto dei nuovi apparecchi di illuminazione a LED, anche i costi di installazione. Come costo di installazione si è assunto un 30% del costo totale di acquisto degli apparecchi, mentre i costi delle singole sorgenti sono riassunti nella seguente tabella.

## Relamping

	<b>Potenza (W)</b>	<b>Flusso (lm)</b>	<b>Importo unitario (€/apparecchio)</b>	<b>Quantità</b>	<b>Importo totale (€)</b>
<b>Edificio uffici Borgo San Dalmazzo</b>	36	4'093	210	10	2'100
	20	2'261	180	2	360
	14	1'487	65	3	195
	36	4'093	212	8	1'696
	9	1'063	50	2	100
	18	1'368	50	4	200
<b>TOTALE</b>					<b>4'651</b>

Tabella 35 Caratteristiche illuminotecniche e costi degli apparecchi a LED previsti per gli uffici della sede di Borgo San Dalmazzo.

	<b>Potenza (W)</b>	<b>Flusso (lm)</b>	<b>Importo unitario (€/apparecchio)</b>	<b>Quantità</b>	<b>Importo totale (€)</b>
<b>Edificio uffici Roccavione</b>	28	3'592	184	7	1'288
	20	2'261	180	4	720
	36	4'093	212	3	424
	14	1'487	65	4	260
	23	2'261	180	2	360
	28	3'096	220	2	440
	14	1'796	184	5	920
	18	1'906	184	1	184
<b>TOTALE</b>					<b>4'596</b>

Tabella 36 Caratteristiche illuminotecniche e costi degli apparecchi a LED previsti per gli uffici dell'impianto di Roccavione.

	<b>Potenza (W)</b>	<b>Flusso (lm)</b>	<b>Importo unitario (€/apparecchio)</b>	<b>Quantità</b>	<b>Importo totale (€)</b>
<b>Capannoni Borgo San Dalmazzo</b>	155	20'500	310	126	39'060

Tabella 37 Caratteristiche illuminotecniche e costi degli apparecchi a LED previsti per i capannoni della sede di Borgo San Dalmazzo.

	<b>Potenza (W)</b>	<b>Flusso (lm)</b>	<b>Importo unitario (€/apparecchio)</b>	<b>Quantità</b>	<b>Importo totale (€)</b>
<b>Capannoni Roccavione</b>	34	4'279	184	2	368
	155	20'500	310	26	8'060
	9	833	55	13	715
	20	1'906	92	43	3'956
	24	2'858	100	20	2'000
	75	9'590	280	17	4'760
<b>TOTALE</b>					<b>19'859</b>

Tabella 38 Caratteristiche illuminotecniche e costi degli apparecchi a LED previsti per i capannoni dell'impianto di Roccavione.

## Relamping

Nella tabella sottostante sono, invece, riportati i costi di investimento considerandoli il 30% del costo totale di acquisto degli apparecchi.

	<b>Importo fornitura lampade (€)</b>	<b>Importo di installazione (€)</b>
<b>Uffici Borgo San Dalmazzo</b>	4'651.00	1'395.30
<b>Capannoni Borgo San Dalmazzo</b>	39'060.00	11'718.00
<b>Totale Borgo San Dalmazzo</b>	43'711.00	13'113.30
<b>Uffici Roccavione</b>	4'812.00	1'443.60
<b>Capannoni Roccavione</b>	19'859.00	5'957.70
<b>Totale Roccavione</b>	24'671.00	7'401.30
<b>TOTALE</b>	<b>68'382.00</b>	<b>20'514.60</b>

*Tabella 39 Costi di installazione degli apparecchi a LED.*

### 6.7.3. Proposta di finanziamento

Supponendo un finanziamento di 5 anni per la realizzazione dell'intervento, al costo di acquisto ed installazione vanno sommati gli interessi attualizzati. Inoltre, per quanto riguarda i risparmi, è opportuno considerare che il costo dell'energia nel corso degli anni non si mantiene costante, ma subisce un incremento. Nella tabella seguente sono riassunti i dati utilizzati per la valutazione del finanziamento. Si è ipotizzato un finanziamento a rata costante con pagamento posticipato (cioè al 31 dicembre di ogni anno). Il tasso di interesse, così come la durata del finanziamento sono stati ipotizzati, mentre la rata è stata determinata con la formula riportata di seguito, dove il capitale è il costo di realizzazione dell'intervento.

$$Rata = Capitale * \frac{i * (i + 1)^n}{(i + 1)^n - 1}$$

<b>Tasso di interesse (i)</b>	2.50%
<b>Durata del finanziamento (t)</b>	5
<b>Risparmio (€)</b>	22'790.51
<b>Costo (€)</b>	88'896.60
<b>Incremento energia</b>	1%
<b>Rata</b>	19'134.71

*Tabella 40 Dati utilizzati per la valutazione del finanziamento.*

Noto il tasso di interesse e il debito è possibile determinare per ogni anno gli interessi e la conseguente quota capitale (come sottrazione tra la rata e gli interessi). Il debito di un anno si può ricavare come sottrazione tra il debito dell'anno precedente con la quota capitale dell'anno in considerazione.

Nella tabella seguente sono riportati i risultati dei calcoli relativi al finanziamento.

## Relamping

<b>Anni</b>	<b>Investimento (€)</b>	<b>Interessi (€)</b>	<b>Quota capitale (€)</b>
<b>0</b>	88'896.60		
<b>1</b>	71'984.30	2'222.42	16'912.30
<b>2</b>	54'649.19	1'799.61	17'335.11
<b>3</b>	36'880.71	1'366.23	17'768.48
<b>4</b>	18'668.01	922.02	18'212.70
<b>5</b>	0.00	466.70	18'668.01

*Tabella 41 Proposta di finanziamento per la realizzazione del relamping.*

A questo punto è possibile determinare il costo complessivo di interessi attualizzati e vale 95'517.30 €.

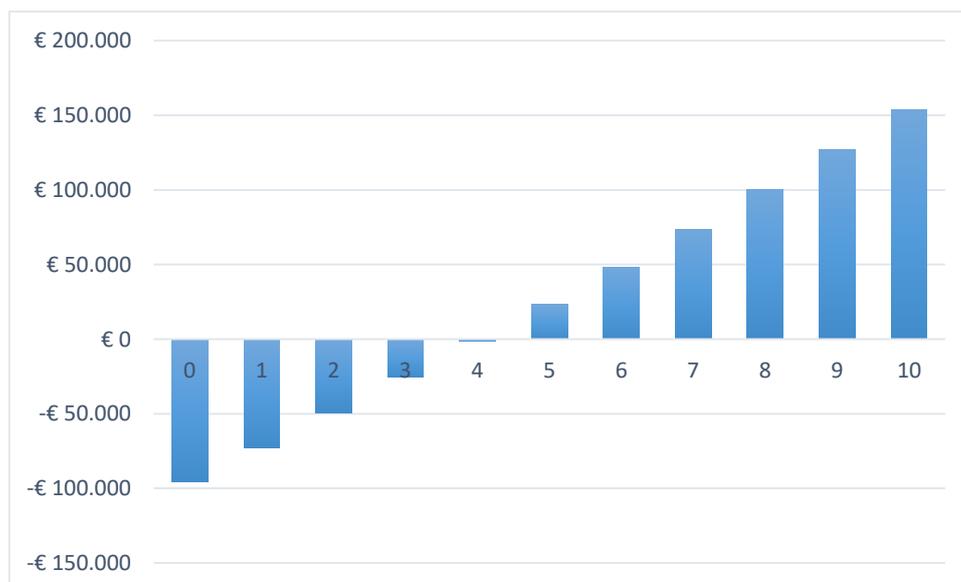
Ipotizzando un incremento dell'energia di anno in anno del 1%, i risparmi futuri non sono costanti, ma aumentano.

<b>Anni</b>	<b>Risparmi (€)</b>
<b>1</b>	22'790.51
<b>2</b>	23'246.32
<b>3</b>	23'711.24
<b>4</b>	24'185.40
<b>5</b>	24'669.18

*Tabella 42 Valore dei risparmi conseguiti negli anni del finanziamento.*

Con i valori di costo e risparmio attualizzati, è possibile determinare il PBT nel modo seguente:

$$SPB = \frac{\text{Costo}}{\text{Risparmio}} = \frac{95'517.30}{24'669.18} = 4.11 \text{ anni}$$



*Figura 68 Tempo di rientro del relamping senza i TEE.*

## 6.8. Calcolo del Simple Payback Time con i TEE

La quantità di *Titoli di Efficienza Energetica* rilasciati è proporzionale al risparmio di energia elettrica che deriva dalla realizzazione dell'intervento. Questo intervento porta ad un risparmio di elettricità pari a 128'974.37 € all'anno, che corrisponde a 24 TEE.

$$TEE_{relamping} = tep = \frac{128'974.37}{1'000} * 0.187 = 24.12 \frac{tep}{anno} \cong 24 TEE$$

$$Incentivo_{relamping} = TEE_{relamping} * Costo_{TEE} = 24 * 259.96 = 6'239.04 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

Il rilascio dei Certificati Bianchi consente di ridurre il tempo di rientro dell'investimento, in quanto aumentano i risparmi annui. Volendo valutare questo intervento con un Business Plan fatto su 10 anni, si può notare l'influenza dei TEE sul PBT.

Anno	Debito (€)	Risparmi (€)	Certificati bianchi (€)	Risparmi con CB (€)	Debito con CB (€)
0	-95'517.30				-95'517.30
1	-72'726.79	22'790.51	6'239.04	29'029.55	-66'487.75
2	-49'480.47	23'018.41	6'239.04	29'257.45	-37'230.30
3	-25'769.23	23'248.60	6'239.04	29'487.64	-7'742.66
4	-1'583.76	23'481.08	6'239.04	29'720.12	21'977.46
5	23'085.42	23'715.89	6'239.04	29'954.93	51'932.39
6	48'247.98	23'953.05	6'239.04	30'192.09	82'124.49
7	73'913.79	24'192.58	6'239.04	30'431.62	112'556.11
8	100'092.92	24'434.51		24'434.51	136'990.62
9	126'795.63	24'678.85		24'678.85	161'669.47
10	154'032.40	24'925.64		24'925.64	186'595.12

Tabella 43 Business Plan dell'interventi di relamping

Con i titoli di efficienza energetica ai risparmi dovuti al minor consumo di energia, vanno sommati per ogni anno, i certificati bianchi. In questo modo il tempo di ritorno diminuisce: il costo rimane sempre costante, mentre i risparmi annui aumentano.

$$SPB = \frac{Costo}{Risparmio} = \frac{95'517.30}{29'049.92} = 3.29 \text{ anni}$$

## Relamping

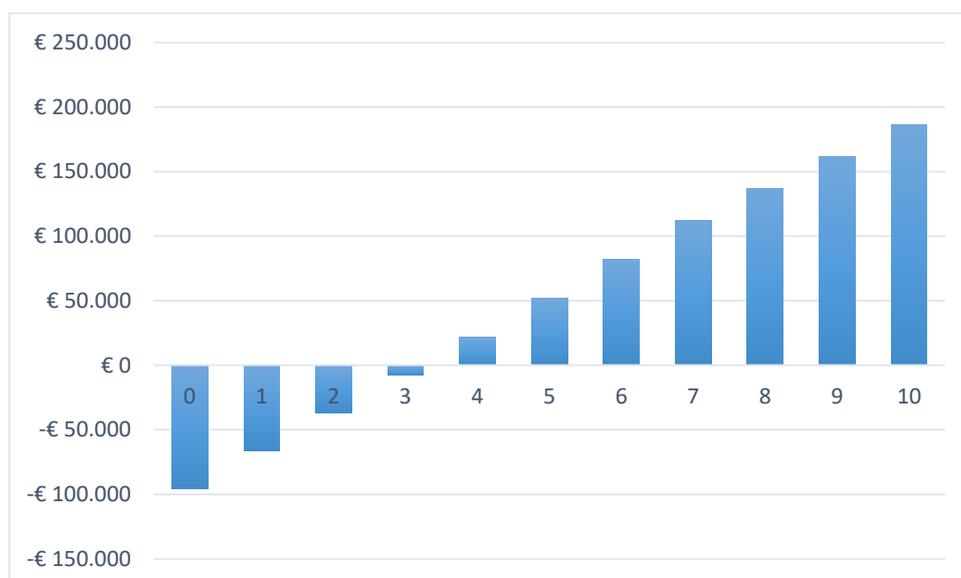


Figura 69 Tempo di ritorno dell'investimento di relamping con i TEE.

### 6.9. Calcolo dell'indice LENI

L'indice **LENI** (lighting energy numerical indicator) rappresenta l'indicatore del fabbisogno energetico per l'illuminazione degli edifici. Il suo calcolo è regolato dalla normativa *EN 15193-1* e restituisce, per ciascun locale che compone l'edificio in analisi, un valore di spesa in termini di energia riferita alla superficie ( $\text{kWh/m}^2$ ), in modo da poter confrontare tra loro locali di diverse dimensioni.

L'energia totale per l'illuminazione di un edificio comprende due termini: quello relativo all'energia totale annua necessaria per soddisfare le esigenze illuminotecniche richieste, ma anche le energie parassite, ovvero quelle necessarie per la ricarica degli apparecchi di illuminazione, come i dispositivi per l'illuminazione di emergenza, le luci di standby degli apparecchi elettronici o dei sistemi di controllo dell'impianto di illuminazione stesso.

Dato un singolo locale, il valore dell'indice LENI dipende da diversi fattori: prima di tutto è necessario indicare la localizzazione geografica dell'edificio che si vuole valutare e quindi la latitudine ( $44.22^\circ$  per Cuneo); importante è il fattore clima, rapporto tra l'illuminamento diretto e quello globale di un anno, che per Cuneo vale 0.43.

Importanti sono gli orari di apertura dell'edificio e le ore di attività, la metratura di ciascun locale componente l'ufficio, la destinazione degli ambienti e i valori di illuminamento medio di ciascuno di essi in base all'attività svolta.

Per i locali analizzati i sistemi di controllo sono tendenzialmente manuali on/off, ad eccezione di alcuni dove sono installati sensori di presenza.

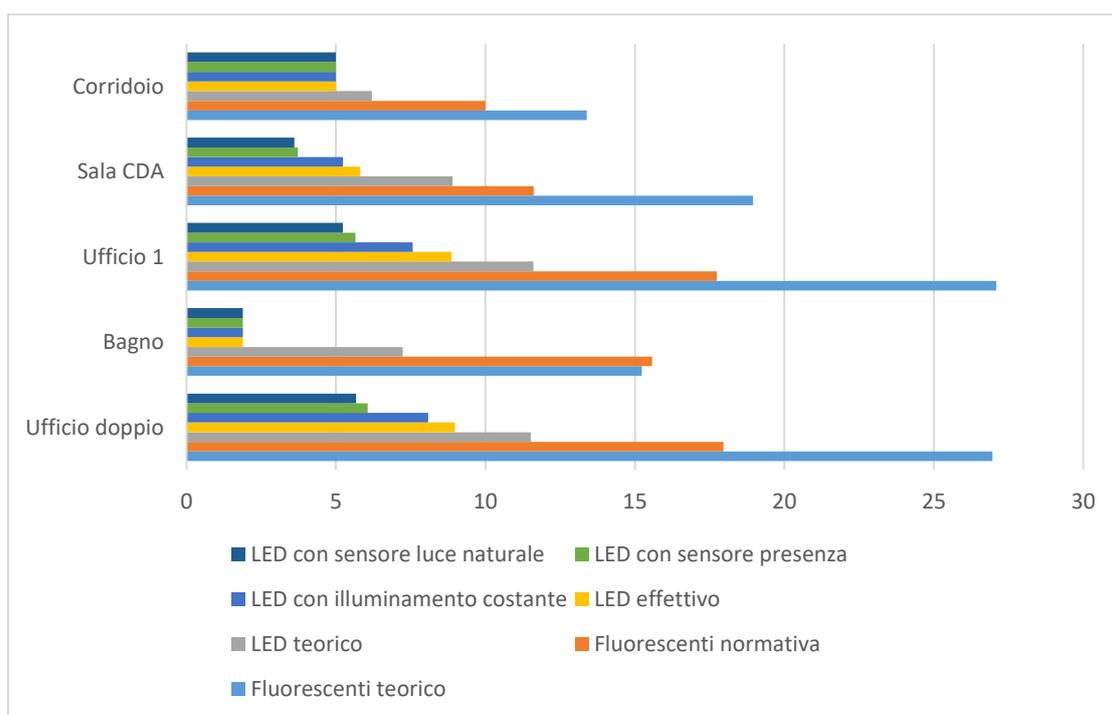
Per quanto riguarda la sede di Borgo San Dalmazzo i valori dell'indice LENI ottenuti sono riportati nella tabella sottostante.

## Relamping

<b>Locale</b>	<b>LENI (kWh/m<sup>2</sup>/anno)</b>
<b>Ufficio doppio</b>	8.98
<b>Bagno</b>	1.89
<b>Ingresso bagni</b>	0.87
<b>Ufficio 1</b>	8.87
<b>Ufficio 2</b>	9.11
<b>Ufficio 3</b>	5.28
<b>Sala CDA</b>	5.81
<b>Ufficio 4</b>	5.66
<b>Ufficio 5</b>	7.97
<b>Corridoio</b>	5.00
<b>Capannone</b>	6.20

*Tabella 44 Valori dell'indice LENI per i locali di Borgo San Dalmazzo*

Vi è la possibilità di installare ulteriori sistemi per migliorare l'efficienza energetica e ridurre i consumi di energia: è possibile tenere conto dell'illuminamento costante, di sensori di presenza o spegnimento automatico e di sensori di rilevamento della luce naturale per regolare quella artificiale. Ovviamente queste tecnologie presentano dei costi di realizzazione e l'eventuale possibilità di adottare questi sistemi deve essere fatta in base ai benefici che ne derivano. Nel grafico sottostante sono riportati per alcuni ambienti presenti nell'edificio adibito ad uffici di Borgo San Dalmazzo, i valori dell'indice LENI per le migliori prima citate.



*Figura 70 Confronto tra l'indice LENI per diverse strategie di illuminazione nella sede di Borgo San Dalmazzo.*

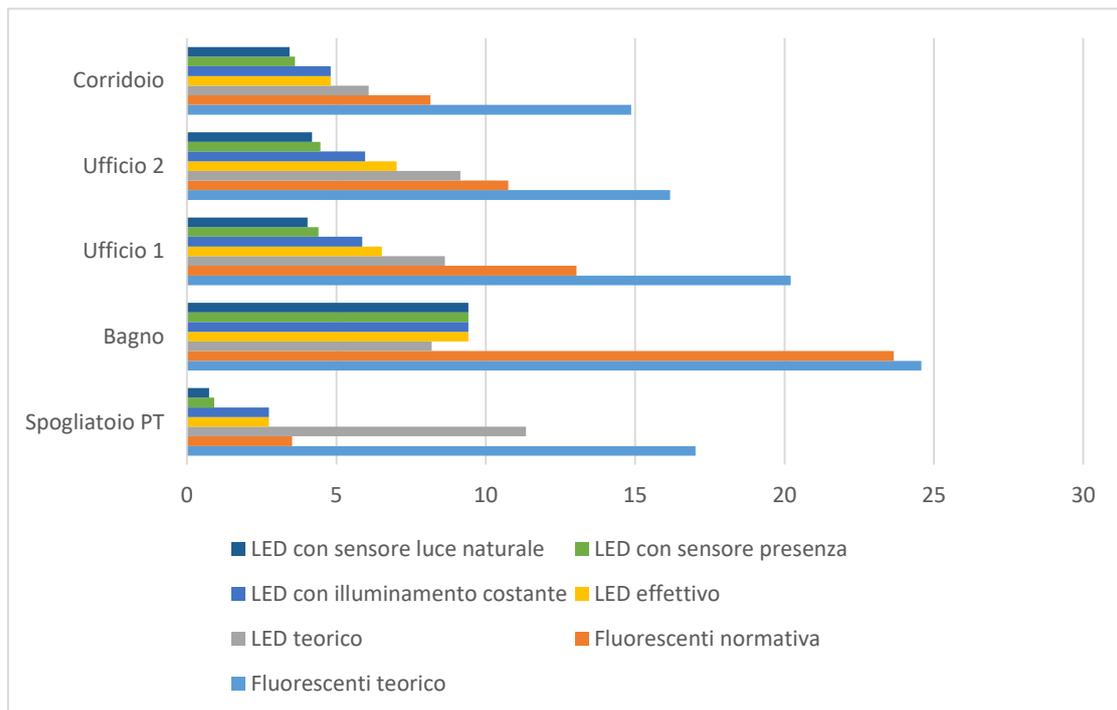
## Relamping

Nella tabella seguente sono, invece, riportati i valori del LENI per i locali di Roccavione.

<b>Locale</b>	<b>LENI (kWh/m<sup>2</sup>/anno)</b>
<b>Ufficio 1</b>	6.52
<b>Ufficio 2</b>	7.02
<b>Ingresso bagni primo piano</b>	8.19
<b>WC primo piano</b>	0.31
<b>Spogliatoi primo piano</b>	4.30
<b>Spogliatoio piano terra</b>	2.74
<b>Sala quadri</b>	0.31
<b>Locale tecnico</b>	0.87
<b>Centrale termica</b>	0.45
<b>Ingresso bagni piano terra</b>	4.90
<b>WC piano terra</b>	0.31
<b>Corridoi e vano scale</b>	6.08

*Tabella 45 Valori dell'indice LENI per i locali di Roccavione*

Analogamente a quanto descritto in precedenza, anche in questo caso è stato fatto il confronto tra gli indici LENI per diversi sistemi di illuminazione.



*Figura 71 Confronto tra gli indici LENI per diverse strategie di illuminazione in alcuni ambienti presenti nell'impianto di Roccavione.*

## **7. Progetto di illuminazione con DiaLUX**

Si è scelto di utilizzare il software DiaLUX per il calcolo e la verifica dei requisiti normativi per l'illuminazione degli ambienti dell'A.C.S.R. ed, in particolare, si è deciso di analizzare tutti gli spazi ed i locali adibiti ad ufficio, mentre per quanto riguarda i capannoni si è scelto di eseguire il calcolo solamente per lo spazio che ospita la cernita manuale della plastica nella sede di Borgo San Dalmazzo. Alla base di questa scelta vi è principalmente il fatto che questa lavorazione è l'unica eseguita dal personale, mentre le altre sono fatte tutte dai diversi macchinari.

### **7.1. Analisi generale dello spazio fisico e caratterizzazione delle superfici**

L'intervento di relamping è stato studiato per entrambi gli impianti dell'A.C.S.R. (Borgo San Dalmazzo e Roccavione) e, in entrambi i casi, l'intervento interessa sia gli edifici adibiti ad uffici, sia i capannoni nei quali avvengono i processi di trattamento dei rifiuti.

#### **7.1.1. Uffici Borgo San Dalmazzo**

L'edificio adibito ad uffici a Borgo San Dalmazzo è su un unico piano e comprende cinque uffici singoli, un ufficio doppio, una sala riunioni, due ripostigli, un bagno ed un corridoio che mette in comunicazione tutti questi locali ad eccezione della sala riunioni, alla quale si accede attraverso uno degli uffici singoli, oppure dall'esterno.

La porzione di struttura considerata è composta da:

- Un ingresso con corridoio, superficie pari a circa 28.15 m<sup>2</sup>;
- Cinque uffici singoli di superficie media pari a circa 17.90 m<sup>2</sup>;
- Un ufficio doppio di superficie pari a 28.76 m<sup>2</sup>;
- Una sala consiglio di amministrazione di superficie pari a 41.00 m<sup>2</sup>;
- Due ripostigli di superficie media pari a 3.85 m<sup>2</sup>;
- Servizi igienici di superficie pari a 20.00 m<sup>2</sup>.

## Progetto di illuminazione con DiaLUX

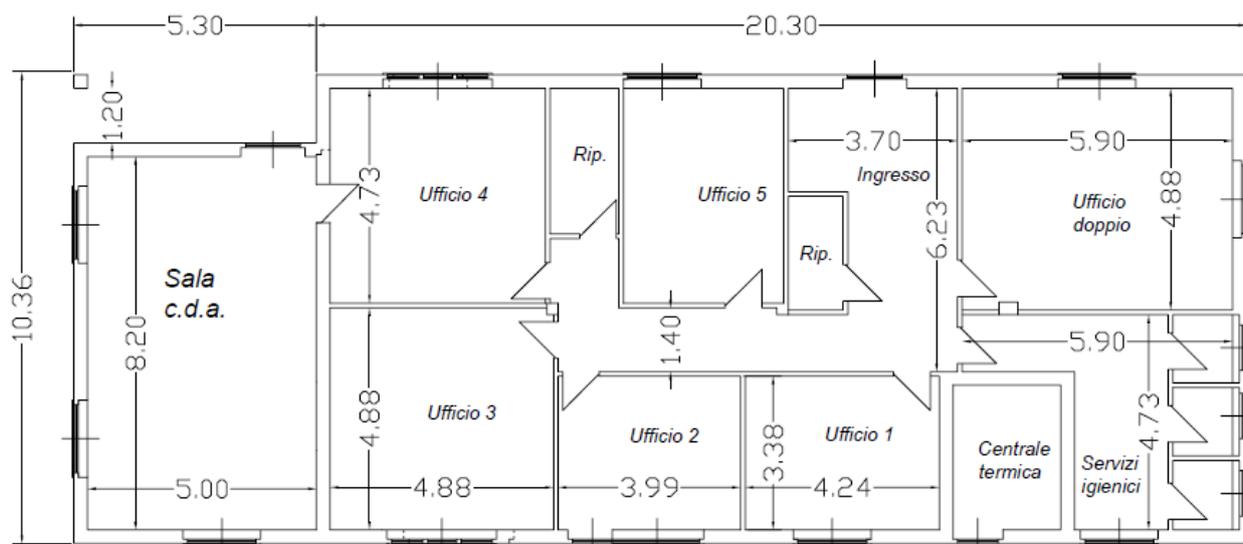


Figura 72 Pianta dell'edificio uffici di Borgo San Dalmazzo (le quote sono espresse in metri).

Dalle superfici riflettenti prese in esame si elencano di seguito le principali caratteristiche utili alla trattazione.

### Uffici

<b>Elemento</b>	<b>Materiale</b>	<b>Colore</b>	<b>Coefficiente di riflessione</b>	<b>Trasparenza</b>
<b>Pareti</b>	Intonaco	Bianco	80%	-
<b>Soffitto</b>	Intonaco	Bianco	80%	-
<b>Pavimento</b>	Piastrelle	Beige	68%	-
<b>Scrivania</b>	Legno	Marrone chiaro	40%	-
<b>Scrivania</b>	Metallo	Grigio chiaro	77%	-
<b>Sedia</b>	Plastica	Nero	4%	-
<b>Sedia</b>	Plastica	Gialli	43%	-
<b>Sedia</b>	Plastica	Blu	6%	-
<b>Mobili</b>	Legno	Marrone chiaro	40%	-
<b>Mobili</b>	Metallo	Grigio scuro	17%	-
<b>Porte</b>	Legno	Marrone chiaro	55%	-
<b>Finestre</b>	Vetro	-	10%	90%

Tabella 46 Caratteristiche delle superfici di oggetti ed elementi strutturali presenti negli uffici di Borgo San Dalmazzo.

### Ingresso, corridoio e ripostigli

<b>Elemento</b>	<b>Materiale</b>	<b>Colore</b>	<b>Coefficiente di riflessione</b>	<b>Trasparenza</b>
<b>Pareti</b>	Intonaco	Bianco	80%	-
<b>Soffitto</b>	Intonaco	Bianco	80%	-
<b>Pavimento</b>	Piastrelle	Beige	68%	-
<b>Mobili</b>		Marrone chiaro	40%	-
<b>Porte</b>	Legno	Marrone chiaro	55%	-

Tabella 47 Caratteristiche delle superfici di oggetti ed elementi strutturali presenti negli ambienti comuni a Borgo San Dalmazzo.

Servizi igienici

<b>Elemento</b>	<b>Materiale</b>	<b>Colore</b>	<b>Coefficiente di riflessione</b>	<b>Trasparenza</b>
<b>Pareti</b>	Intonaco	Bianco	80%	-
<b>Soffitto</b>	Intonaco	Bianco	80%	-
<b>Pavimento</b>	Piastrelle	Beige	68%	-
<b>Lavabo</b>	Ceramica	Bianco perla	80%	-
<b>WC</b>	Cramica	Bianco perla	80%	-
<b>Porte</b>	Legno	Marrone chiaro	55%	-
<b>Finestre</b>	Vetro	-	10%	90%

Tabella 48 Caratteristiche delle superfici di oggetti ed elementi strutturali presenti nei servizi igienici di Borgo San Dalmazzo.

**7.1.2. Uffici Roccavione**

L'edificio che ospita gli uffici nello stabilimento di Roccavione è disposto su due piani: al piano terreno vi sono locali tecnici, servizi igienici e uno spogliatoio per gli operatori che svolgono attività nei capannoni dell'impianto. Questi ambienti comunicano mediante un corridoio che conduce al vano scala per l'accesso al primo piano. Quest'ultimo ospita due uffici singoli, due servizi igienici e due spogliatoi utilizzati dal personale che normalmente svolge lavoro in ufficio.

Al piano terreno gli ambienti sono così suddivisi:

- Uno spogliatoio di superficie pari a 22.35 m<sup>2</sup>;
- Una sala quadri di superficie pari a 13.66 m<sup>2</sup>;
- Un locale tecnico di superficie pari a 5.93 m<sup>2</sup>;
- Una centrale termica di superficie pari a 11.55 m<sup>2</sup>;
- Servizi igienici di superficie pari a 13.30 m<sup>2</sup>;
- Un corridoio con vano scala di superficie pari a circa 42.50 m<sup>2</sup>.

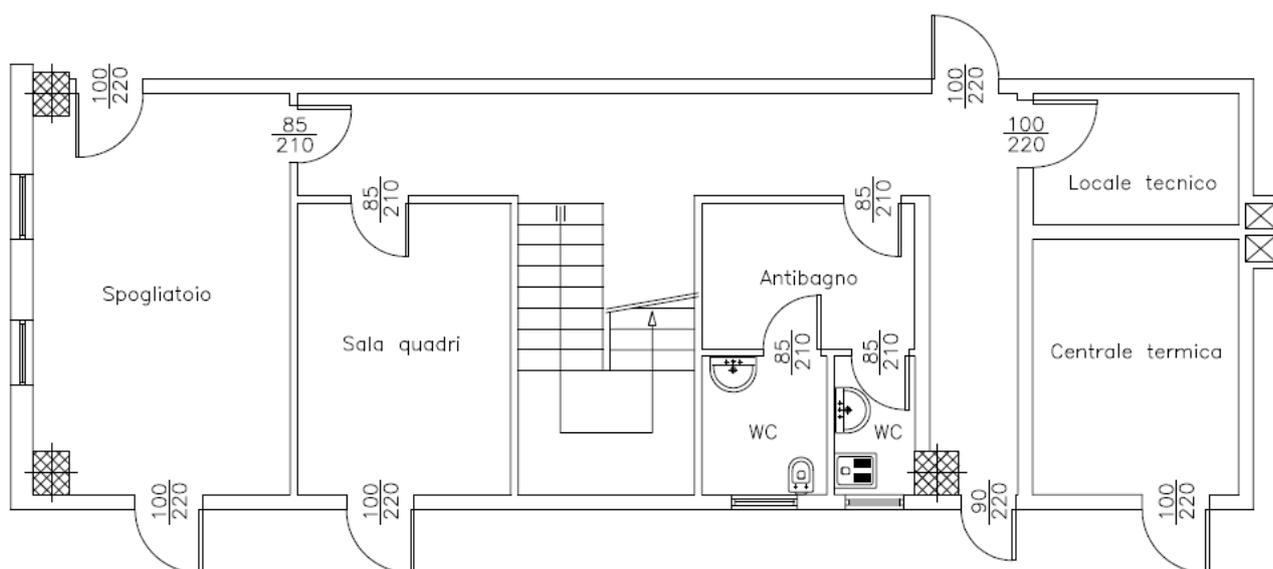


Figura 73 Pianta piano terreno dell'edificio adibito ad uffici a Roccavione.

La pianta al piano superiore risulta, invece, così suddivisa:

- Due uffici singoli di superficie media pari a 21.81 m<sup>2</sup>;
- Due spogliatoi ciascuno con superficie pari a 8.00 m<sup>2</sup>;
- Due servizi igienici, ciascuno con superficie di 7.62 m<sup>2</sup>;
- Un corridoio di superficie pari a 15.62 m<sup>2</sup>.

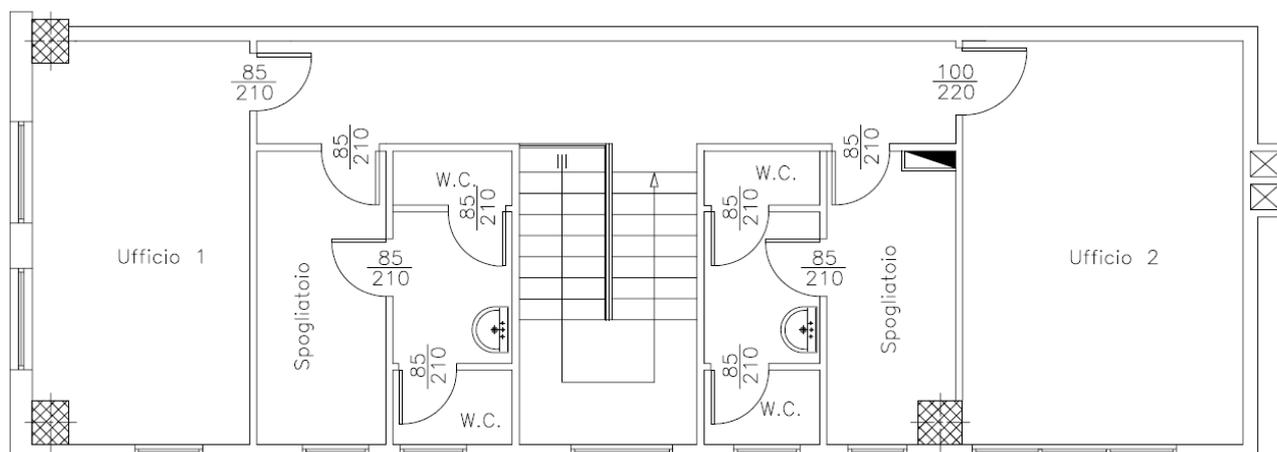


Figura 74 Pianta primo piano dell'edificio adibito ad uffici a Roccavione.

Le superfici prese in esame presentano le seguenti caratteristiche.

Spogliatoio piano terra, centrale termica, locale tecnico, sala quadri, corridoio e vano scala

<b>Elemento</b>	<b>Materiale</b>	<b>Colore</b>	<b>Coefficiente di riflessione</b>	<b>Trasparenza</b>
<b>Pareti</b>	Intonaco	Bianco	75%	-
<b>Soffitto</b>	Intonaco	Bianco	75%	-
<b>Pavimento</b>	Piastrelle	Beige	68%	-
<b>Mobili</b>		Grigio	35%	-
<b>Porte</b>	Plastica	Grigio chiaro	60%	-
<b>Finestre</b>	Vetro	-	10%	90%

Tabella 49 Caratteristiche delle superfici di oggetti ed elementi strutturali presenti negli spazi comuni dell'edificio adibito ad uffici dell'impianto di Roccavione.

Servizi igienici piano terra e primo piano

<b>Elemento</b>	<b>Materiale</b>	<b>Colore</b>	<b>Coefficiente di riflessione</b>	<b>Trasparenza</b>
<b>Pareti</b>	Intonaco	Bianco	75%	-
<b>Soffitto</b>	Intonaco	Bianco	75%	-
<b>Pavimento</b>	Piastrelle	Beige	68%	-
<b>Lavabo</b>	Ceramica	Bianco perla	80%	-
<b>WC</b>	Ceramica	Bianco perla	80%	-
<b>Porte</b>	Legno	Marrone chiaro	55%	-
<b>Finestre</b>	Vetro	-	10%	90%

Tabella 50 Caratteristiche delle superfici di oggetti ed elementi strutturali presenti nei servizi igienici di Roccavione.

Uffici e spogliatoi al primo piano

<b>Elemento</b>	<b>Materiale</b>	<b>Colore</b>	<b>Coefficiente di riflessione</b>	<b>Trasparenza</b>
<b>Pareti</b>	Intonaco	Bianco	80%	-
<b>Soffitto</b>	Intonaco	Bianco	80%	-
<b>Pavimento</b>	Piastrelle	Beige	68%	-
<b>Scrivanie</b>		Grigio	35%	-
<b>Sedie utenti</b>	Plastica	Nero	4%	-
<b>Sedie ospiti</b>	Plastica	Nero	4%	-
<b>Mobili</b>		Grigio	35%	-
<b>Porte</b>	Plastica	Grigio chiaro	35%	-
<b>Finestre</b>	Vetro	-	10%	90%

Tabella 51 Caratteristiche delle superfici di oggetti ed elementi strutturali presenti negli uffici di Roccavione.

### 7.1.3. Capannoni

I capannoni presenti negli stabilimenti di Borgo San Dalmazzo e Roccavione sono molteplici e hanno diverse funzioni: alcuni sono utilizzati per lo stoccaggio di rifiuti che devono ancora essere sottoposti al ciclo di lavorazione. Altri sono utilizzati per deposito dei rifiuti già trattati e altri ancora ospitano i macchinari utilizzati per la lavorazione dei diversi rifiuti.

Le superfici in esame dei capannoni presentano tutte le seguenti caratteristiche.

<b>Elemento</b>	<b>Materiale</b>	<b>Colore</b>	<b>Coefficiente di riflessione</b>	<b>Trasparenza</b>
<b>Pareti</b>	Cemento fino	Grigio	34%	-
<b>Soffitto</b>	Cemento fino	Grigio	49%	-
<b>Pavimento</b>	Cemento	Grigio	49%	-

Tabella 52 Caratteristiche delle superfici di elementi strutturali presenti nei capannoni di Borgo San Dalmazzo e Roccavione

## 7.2. Esigenze e requisiti illuminotecnici

Lo scopo di un buon progetto di illuminazione è quello di garantire un giusto livello di illuminazione negli ambienti in base alle esigenze degli occupanti e ai compiti visivi che devono svolgere.

Nella tabella seguente sono riportati i valori di illuminamento medi, gli UGR, l'uniformità e l'indice di resa del colore per i diversi compiti visivi presenti nel progetto in analisi.

Per quanto riguarda i capannoni si è scelto un valore di illuminamento medio di 300 lux sia per l'ambiente dove avviene la cernita manuale della plastica in quanto gli operatori hanno un compito visivo fisso, sia per gli altri magazzini, siccome dove non si ha la cernita vi sono comunque delle macchine in movimento e per questioni di sicurezza è necessario avere una buona visibilità.

<b>Tipo di attività</b>	<b><math>E_m</math> (lux)</b>	<b>UGR</b>	<b><math>U_0</math></b>	<b><math>R_a</math></b>
<b>Locale scrittura, elaborazione dati</b>	500	19	0.60	80
<b>Zone di circolazione e corridoi</b>	100	28	0.40	40
<b>Sala conferenze e sala meeting</b>	500	19	0.60	80
<b>Illuminamento semicilindrico</b>	150	-	0.10	-
<b>Servizi igienici</b>	200	25	0.40	80
<b>Spogliatoi</b>	200	25	0.40	80
<b>Locali tecnici, centrali</b>	200	25	0.40	80
<b>Magazzini di lavorazione</b>	300	25	0.40	80

Tabella 53 Requisiti illuminotecnici imposti dalla norma per diversi compiti visivi.

Nell'analisi di ambienti quali uffici e sala consiglio di amministrazione sono state inserite delle superfici di calcolo dell'illuminamento semicilindrico, in quanto sono ambienti in cui è importante la percezione dei volti. Tali superfici sono state posizionate in prossimità degli utenti e degli eventuali ospiti.

Il calcolo dell'illuminamento perpendicolare sulle scrivanie è stato fatto mediante una superficie di calcolo posta in prossimità della scrivania, in modo da ottenere il valore dell'illuminamento medio da confrontare con il minimo legislativo.

Per tutti gli altri ambienti non sono state inserite ulteriori superfici di calcolo e per verificare i risultati con i requisiti legislativi si è utilizzata la superficie utile che il software inserisce di default ad una altezza di 0.85 m da terra.

Le superfici sono state posizionate alle seguenti altezze.

<b>Superficie di calcolo</b>	<b>Tipo di illuminamento</b>	<b>Altezza (m)</b>
<b>Scrivanie</b>	Perpendicolare	0.90
<b>Utenti</b>	Semicilindrico	1.20
<b>Ospiti</b>	Semicilindrico	1.20

Tabella 54 Tipologie di superfici di calcolo utilizzate negli uffici per la valutazione dei parametri illuminotecnici.

Inoltre, in ambienti in cui è importante la comunicazione visiva, è necessario non solo assicurarsi che si abbia una buona percezione del volto, ma allo stesso tempo anche che non si presentino fenomeni di abbagliamento. Per questo sono state inserite delle superfici di calcolo orizzontali dell'UGR per le situazioni riportate nella seguente tabella.

<b>Superficie di calcolo UGR</b>	<b>Altezza (m)</b>
<b>Utenti</b>	1.20
<b>Ospiti</b>	1.20

Tabella 55 Superfici di calcolo UGR utilizzate negli uffici.

Negli altri ambienti non è necessario verificare i limiti di UGR in quanto gli operatori non hanno una singola postazione di lavoro fissa, ma si spostano nei diversi ambienti, oppure la permanenza nei locali non avviene per molto tempo, dunque non si incorre ad abbagliamento.

### **7.3. Risultati ottenuti dalle simulazioni fatte con il DiaLUX**

Le simulazioni con il software DiaLUX sono state effettuate per tutti gli ambienti che compongono l'A.C.S.R., ma di seguito se ne riportano alcuni a titolo rappresentativo. Nell'*Allegato D* sono riportate le schede tecniche degli apparecchi di illuminazione scelti con le relative curve fotometriche. Nell'*Allegato E* sono riportate le tabelle riassuntive i risultati illuminotecnici di tutti gli ambienti non presenti di seguito.

#### **7.3.1. Ufficio doppio di Borgo San Dalmazzo**

##### **STRATEGIA DI ILLUMINAZIONE E SCELTA DEGLI APPARECCHI**

In questo ufficio, essendo doppio, sono stati scelti tre differenti gruppi di controllo:

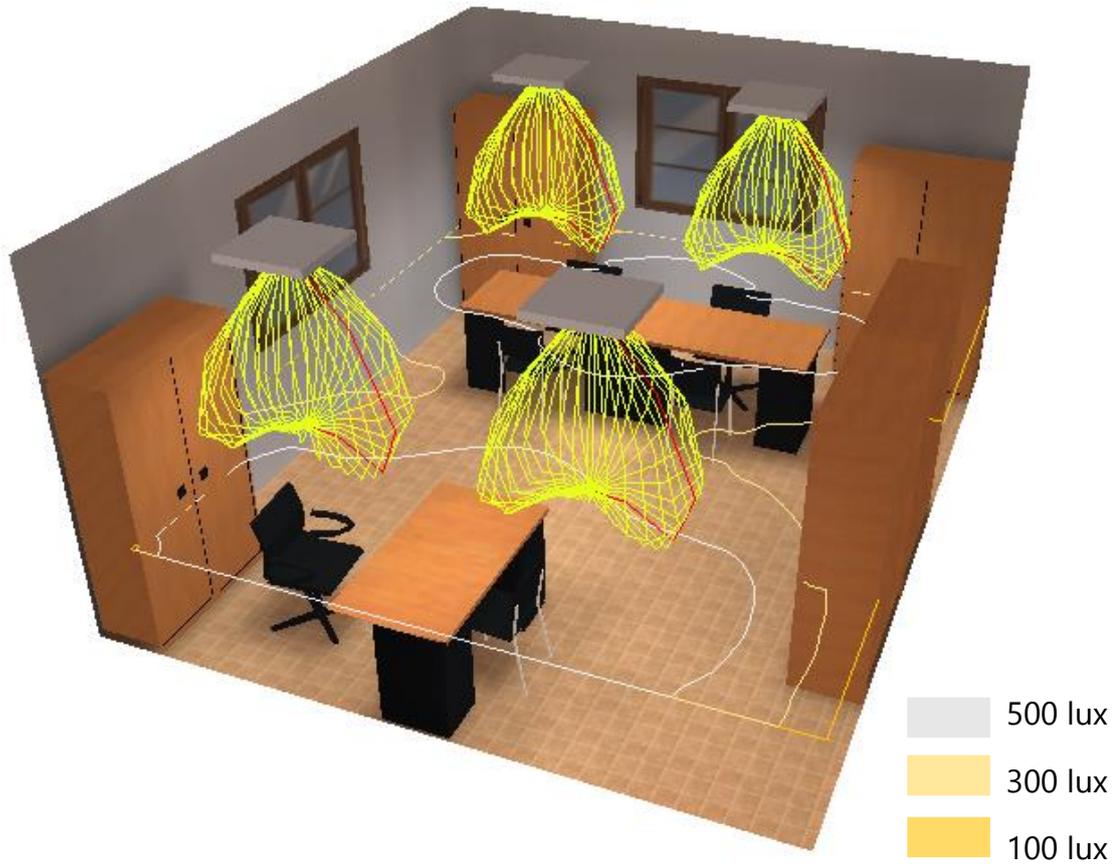
- Il primo regola i due apparecchi posti in corrispondenza della scrivania doppia;
- Il secondo regola i due apparecchi posti in corrispondenza della scrivania singola;
- Il terzo comanda tutti e quattro gli apparecchi presenti nell'ufficio.

Questa strategia consente di dare la possibilità di attivare solamente i dispositivi di illuminazione necessari, a seconda di quali e quanti utenti sono presenti nell'ufficio. Sono state imposte tre scene di luce: la prima considera la presenza di tutti gli utenti, mentre le altre due simulano la presenza di uno solo tra gli operatori. Quando è assente l'operatore alla scrivania singola, gli apparecchi corrispondenti alla scrivania doppia emettono il 100% del flusso luminoso, mentre quelli in corrispondenza della scrivania singola sono dimmerati al 50%. Viceversa, quando è presente solamente l'operatore che occupa la scrivania singola, gli apparecchi posti in prossimità della scrivania doppia sono dimmerati al 50%, mentre quelli posti sopra l'operatore presente emettono il 100%. In questo modo è possibile ottenere un risparmio energetico (e quindi economico) nel caso in cui le postazioni dell'ufficio non siano tutte occupate, ma assicurando agli operatori presenti il comfort visivo richiesto.

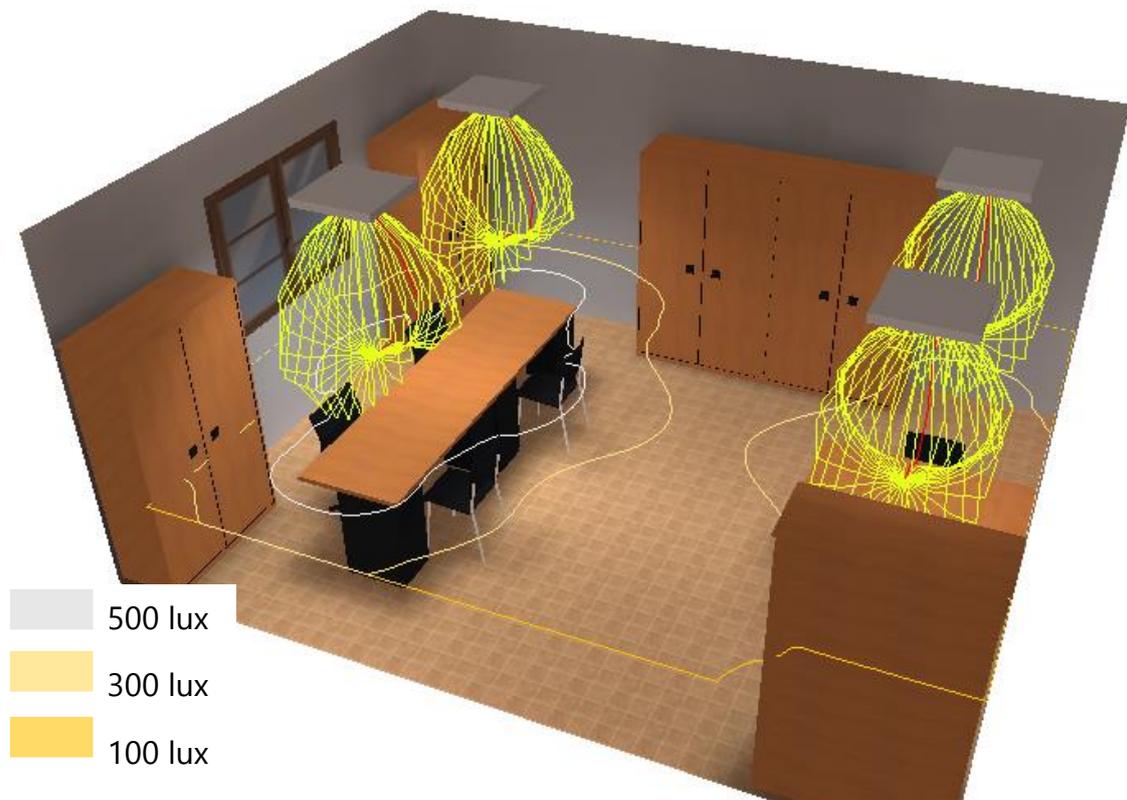
##### **RISULTATI ILLUMINOTECNICI**

Dalla simulazione fatta con il software, una volta inserite tutte le superfici di calcolo e gli apparecchi di illuminazione con le strategie di illuminazione precedentemente illustrate, si sono ottenuti i seguenti risultati.

*Progetto di illuminazione con DiaLUX*



*Figura 75 Ufficio doppio di Borgo San Dalmazzo: scena di luce 1 - Presenza di tutti gli utenti*



*Figura 76 Ufficio doppio di Borgo San Dalmazzo: scena di luce 2 - Presenza di uno o di entrambi gli utenti alla scrivania doppia*

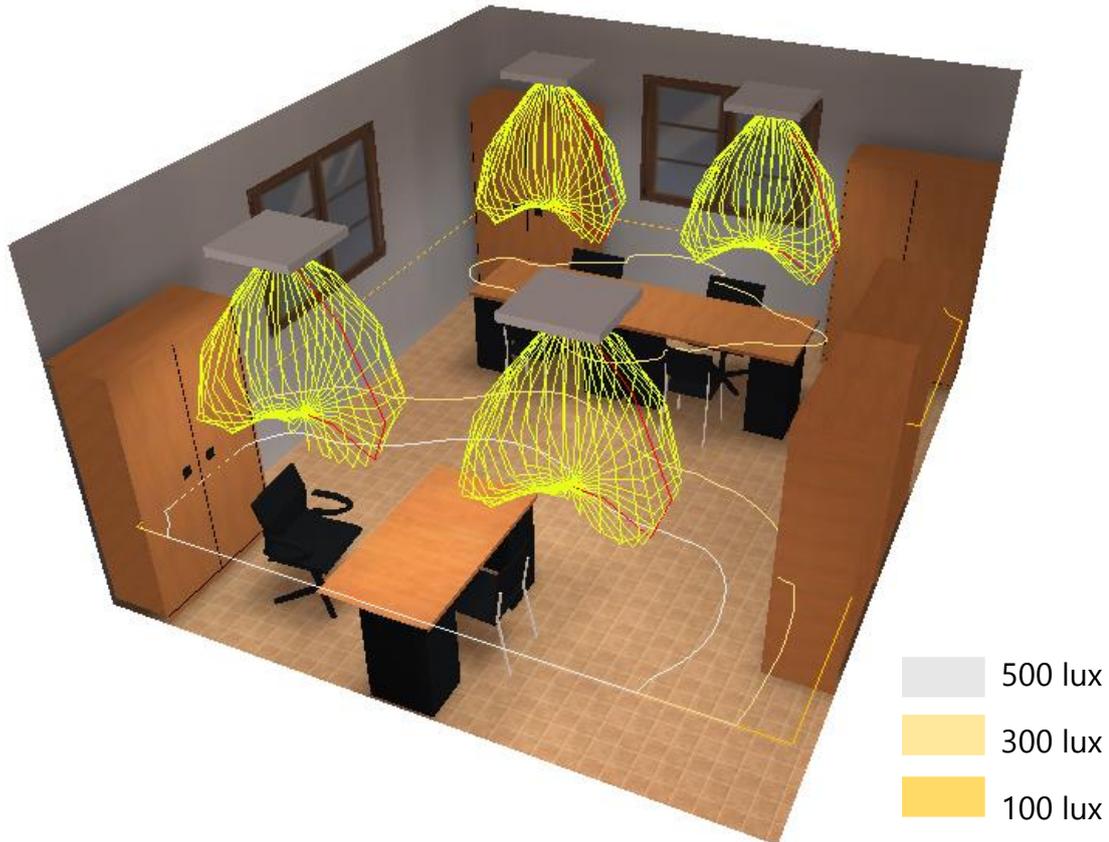


Figura 77 Ufficio doppio di Borgo San Dalmazzo: scena di luce 3 - Presenza del solo utente alla scrivania singola

### VERIFICHE DEI RISULTATI

I risultati ottenuti sono riportati nelle seguenti tabelle.

#### Illuminamento medio mantenuto

Scena di luce 1:

<b>SUPERFICIE DI CALCOLO</b>	<b><math>E_{med}</math> (lux)</b>	<b><math>U_0</math></b>
<b>Scrivania doppia</b>	599	0.62
<b>Scrivania singola</b>	728	0.54
<b>Utente 1</b>	291	0.74
<b>Utente 2</b>	289	0.70
<b>Utente 3</b>	261	0.75
<b>Ospite 1</b>	288	0.70
<b>Ospite 2</b>	286	0.65
<b>Ospite 3</b>	272	0.70

Tabella 56 Valori di illuminamento medio e uniformità per la scena di luce 1 nell'ufficio doppio di Borgo San Dalmazzo.

## Progetto di illuminazione con DiaLUX

Scena di luce 2:

<b>SUPERFICIE DI CALCOLO</b>	<b><math>E_{med}</math> (lux)</b>	<b><math>U_0</math></b>
<b>Scrivania doppia</b>	594	0.60
<b>Utente 1</b>	270	0.72
<b>Utente 2</b>	270	0.68
<b>Ospite 1</b>	277	0.70
<b>Ospite 2</b>	276	0.65

Tabella 57 Valori di illuminamento medio e uniformità per la scena di luce 2 nell'ufficio doppio di Borgo San Dalmazzo.

Scena di luce 3:

<b>SUPERFICIE DI CALCOLO</b>	<b><math>E_{med}</math> (lux)</b>	<b><math>U_0</math></b>
<b>Scrivania singola</b>	709	0.61
<b>Utente 3</b>	256	0.74
<b>Ospite 3</b>	257	0.69

Tabella 58 Valori di illuminamento medio e uniformità per la scena di luce 3 nell'ufficio doppio di Borgo San Dalmazzo.

### Abbagliamento

Scena di luce 1:

<b>Superficie di calcolo</b>	<b>UGR massimo</b>
<b>Utente 1</b>	<10
<b>Utente 2</b>	<10
<b>Utente 3</b>	12
<b>Ospite 1</b>	<10
<b>Ospite 2</b>	<10
<b>Ospite 3</b>	16

Tabella 59 Valori di UGR per la scena di luce 1 nell'ufficio doppio di Borgo San Dalmazzo.

Scena di luce 2:

<b>Superficie di calcolo</b>	<b>UGR massimo</b>
<b>Utente 1</b>	<10
<b>Utente 2</b>	<10
<b>Ospite 1</b>	<10
<b>Ospite 2</b>	<10

Tabella 60 Valori di UGR per la scena di luce 2 nell'ufficio doppio di Borgo San Dalmazzo.

Scena di luce 3:

<b>Superficie di calcolo</b>	<b>UGR massimo</b>
<b>Utente 3</b>	12
<b>Ospite 3</b>	16

Tabella 61 Valori di UGR per la scena di luce 3 nell'ufficio doppio di Borgo San Dalmazzo.

### 7.3.2. Corridoio Borgo San Dalmazzo

#### STRATEGIA DI ILLUMINAZIONE E SCELTA DEGLI APPARECCHI

Per il corridoio gli apparecchi di illuminazione sono stati inseriti in un unico gruppo di controllo con modalità di regolazione classica on/off manuale.

#### RISULTATI ILLUMINOTECNICI

Dalla simulazione fatta con il software, una volta inserite tutte le superfici di calcolo e gli apparecchi di illuminazione, si sono ottenuti i seguenti risultati.

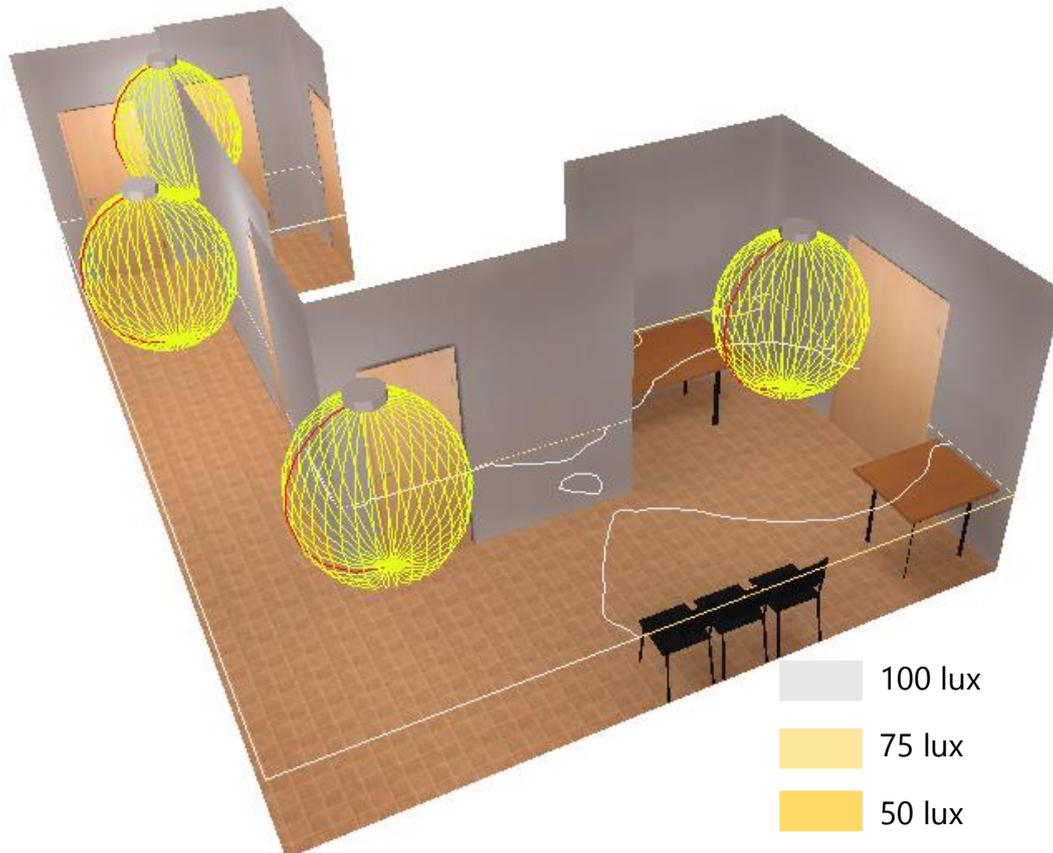


Figura 78 Corridoio di Borgo San Dalmazzo: curve iso-illuminamento nel corridoio

#### VERIFICHE DEI RISULTATI

I risultati ottenuti dalla simulazione in questo ufficio sono i seguenti.

#### Illuminamento medio

<b>SUPERFICIE DI CALCOLO</b>	<b><math>E_{med}</math> (lux)</b>	<b><math>U_0</math></b>
<b>Superficie utile</b>	139	0.50

Tabella 62 Valori di illuminamento medio e uniformità per il corridoio e l'ingresso di Borgo San Dalmazzo.

### 7.3.3. Ufficio 1 di Roccavione

#### STRATEGIA DI ILLUMINAZIONE E SCELTA DEGLI APPARECCHI

In questo ufficio gli apparecchi di illuminazione sono stati inseriti in un unico gruppo di controllo con modalità di regolazione classica on/off manuale.

#### RISULTATI ILLUMINOTECNICI

Dalla simulazione fatta con il software, una volta inserite tutte le superfici di calcolo e gli apparecchi di illuminazione, si sono ottenuti i seguenti risultati.

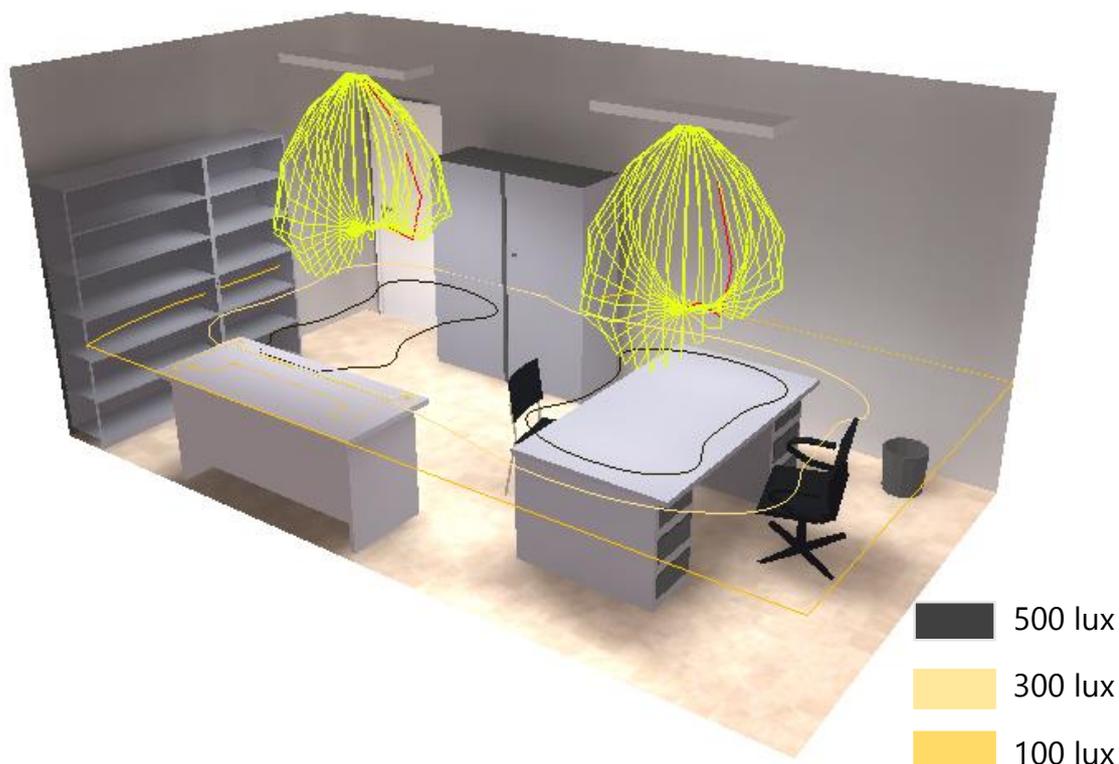


Figura 79 Ufficio 1 Roccavione: curve iso-illuminamento

#### VERIFICHE DEI RISULTATI

I risultati ottenuti dalla simulazione in questo ufficio sono i seguenti.

#### Illuminamento medio

<b>SUPERFICIE DI CALCOLO</b>	<b><math>E_{med}</math> (lux)</b>	<b><math>U_0</math></b>
<b>Scrivania</b>	505	0.80
<b>Utente</b>	208	0.64
<b>Ospite</b>	209	0.66

Tabella 63 Valori di illuminamento medio e uniformità per l'ufficio 1 presente nell'impianto di Roccavione.

Abbagliamento

<b>Superficie di calcolo</b>	<b>UGR massimo</b>
<b>Utente</b>	19
<b>Ospite</b>	19

Tabella 64 Valori di UGR per l'ufficio 1 presente nell'impianto di Roccavione.

7.3.4. Servizi igienici presenti a Roccavione

STRATEGIA DI ILLUMINAZIONE E SCELTA DEGLI APPARECCHI

Nei servizi igienici, sia nell'antibagno che nei singoli WC, sono stati utilizzati apparecchi dotati di sensori di presenza, in modo da ridurre i consumi di energia elettrica. Questa strategia è stata adottata sia per i servizi igienici al primo piano che per quelli al piano terreno, ma di seguito si riportano i risultati di quelli presenti al primo piano come esempio. Ovviamente la simulazione con il software DiaLUX è stata fatta anche per i servizi del piano terreno per verificare i requisiti illuminotecnici.

RISULTATI ILLUMINOTECNICI

Dalla simulazione fatta con il software, una volta inserite tutte le superfici di calcolo e gli apparecchi di illuminazione, si sono ottenuti i seguenti risultati.

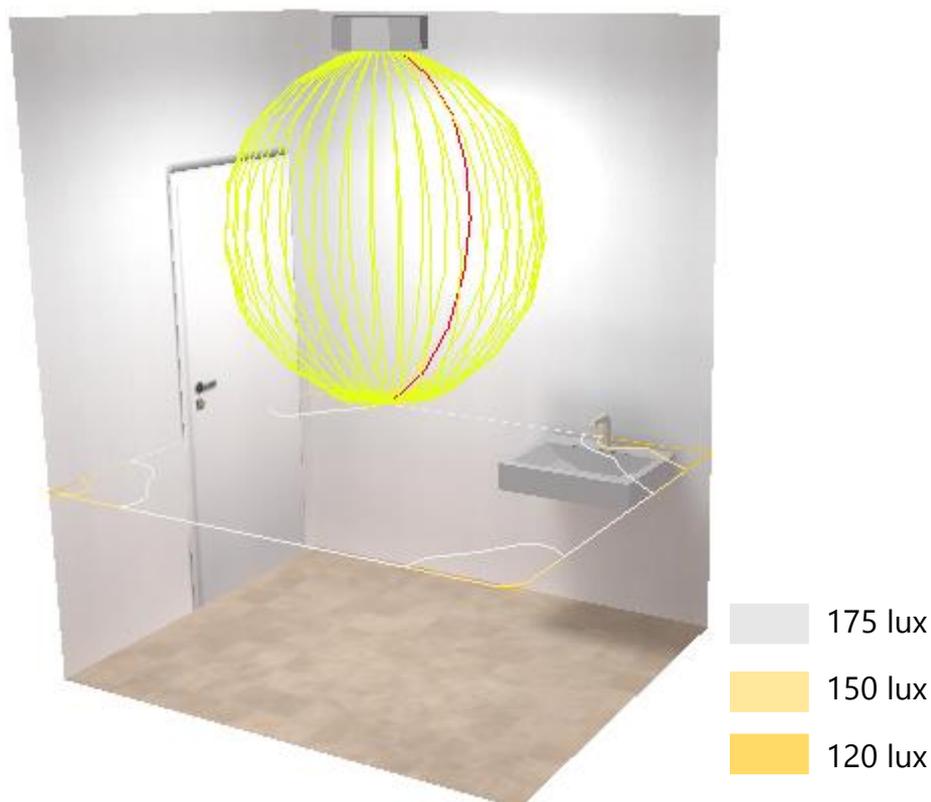


Figura 80 Curve iso-illuminamento per l'antibagno dei servizi igienici al primo piano presenti a Roccavione.

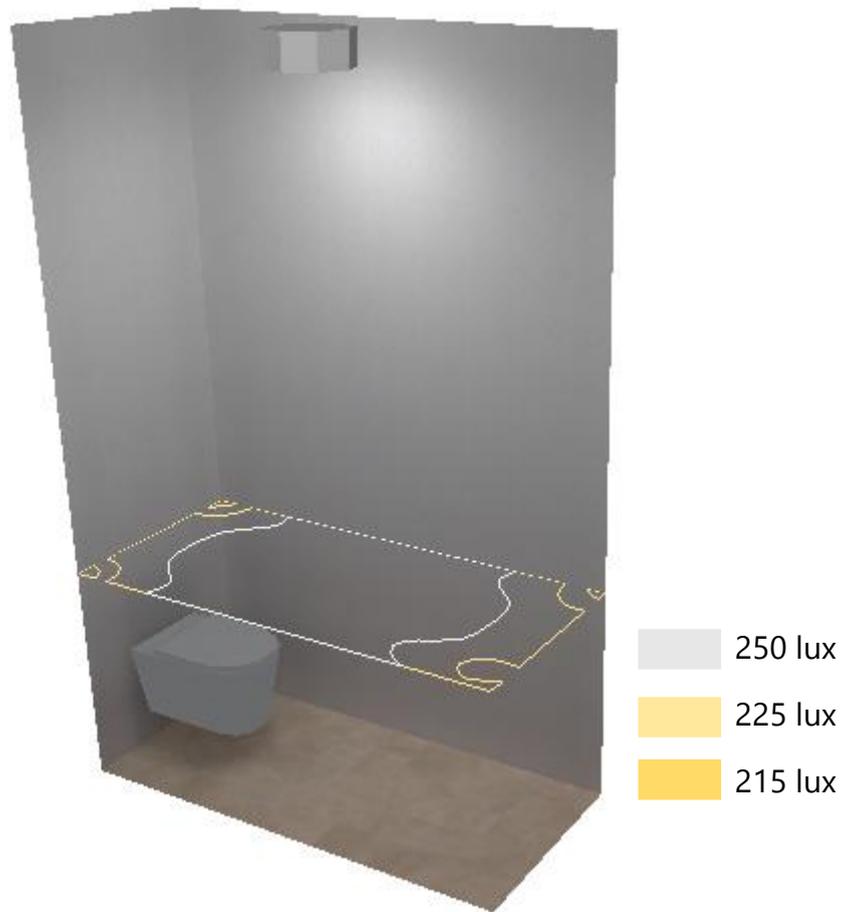


Figura 81 Curve iso-illuminamento del WC presenti a Roccavione.

### VERIFICHE DEI RISULTATI

I risultati ottenuti dalla simulazione in questo ufficio sono i seguenti.

#### Illuminamento medio

<b>SUPERFICIE DI CALCOLO</b>	<b><math>E_{med}</math> (lux)</b>	<b><math>U_0</math></b>
<b>Pavimento ingresso bagni</b>	208	0.40
<b>Pavimento WC</b>	261	0.81

Tabella 65 Valori di illuminamento medio e uniformità per i servizi igienici presenti al primo piano nell'impianto di Roccavione.

#### 7.3.5. Spogliatoi presenti al piano terra a Roccavione

##### STRATEGIA DI ILLUMINAZIONE E SCELTA DEGLI APPARECCHI

Gli apparecchi di illuminazione sono inseriti in un unico gruppo di controllo con sistema di regolazione on/off.

### RISULTATI ILLUMINOTECNICI

Dalla simulazione fatta con il software, una volta inserite tutte le superfici di calcolo e gli apparecchi di illuminazione, si sono ottenuti i seguenti risultati.

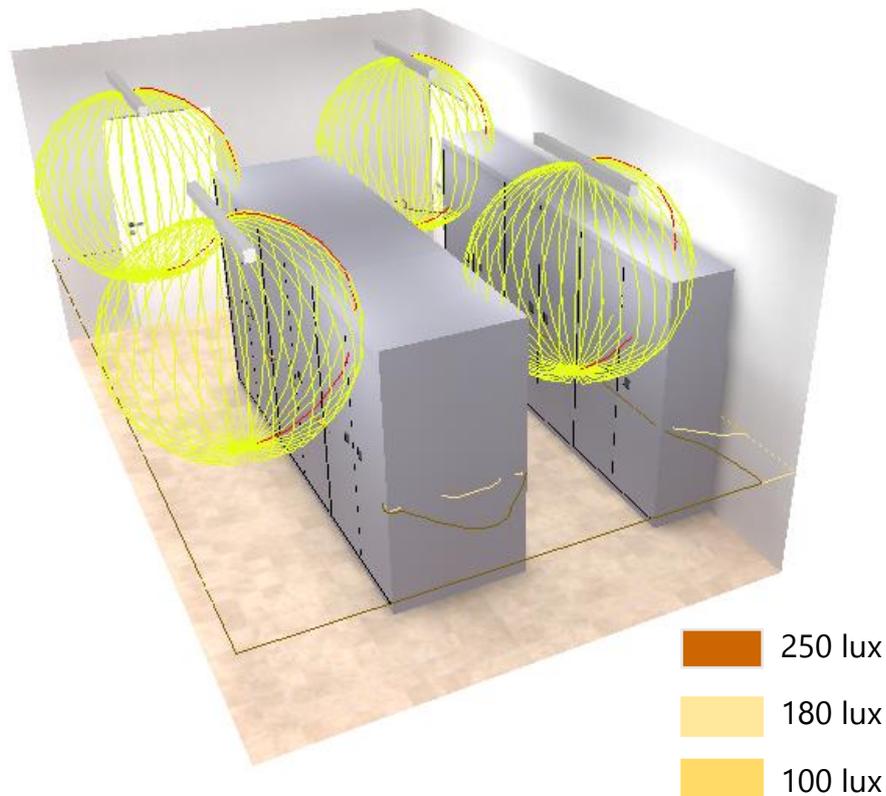


Figura 82 Curve iso-illuminamento per lo spogliatoio presente al pian terreno dell'edificio adibito ad uffici a Roccavione.

### VERIFICHE DEI RISULTATI

I risultati ottenuti dalla simulazione in questo ufficio sono i seguenti.

#### Illuminamento medio

<b>SUPERFICIE DI CALCOLO</b>	<b><math>E_{med}</math> (lux)</b>	<b><math>U_0</math></b>
<b>Pavimento</b>	311	0.43

Tabella 66 Valori di illuminamento medio e uniformità per lo spogliatoio presente al pian terreno nell'impianto di Roccavione.

#### 7.3.6. Capannoni

#### STRATEGIA DI ILLUMINAZIONE E SCELTA DEGLI APPARECCHI

Per ciascun capannone la modalità di regolazione è on/off e sono inseriti diversi gruppi di controllo a seconda delle esigenze di illuminazione che si hanno. Per ciascun capannone si ha almeno un gruppo di controllo.

RISULTATI ILLUMINOTECNICI

Dalla simulazione fatta con il software, una volta inserite tutte le superfici di calcolo e gli apparecchi di illuminazione, si sono ottenuti i seguenti risultati.

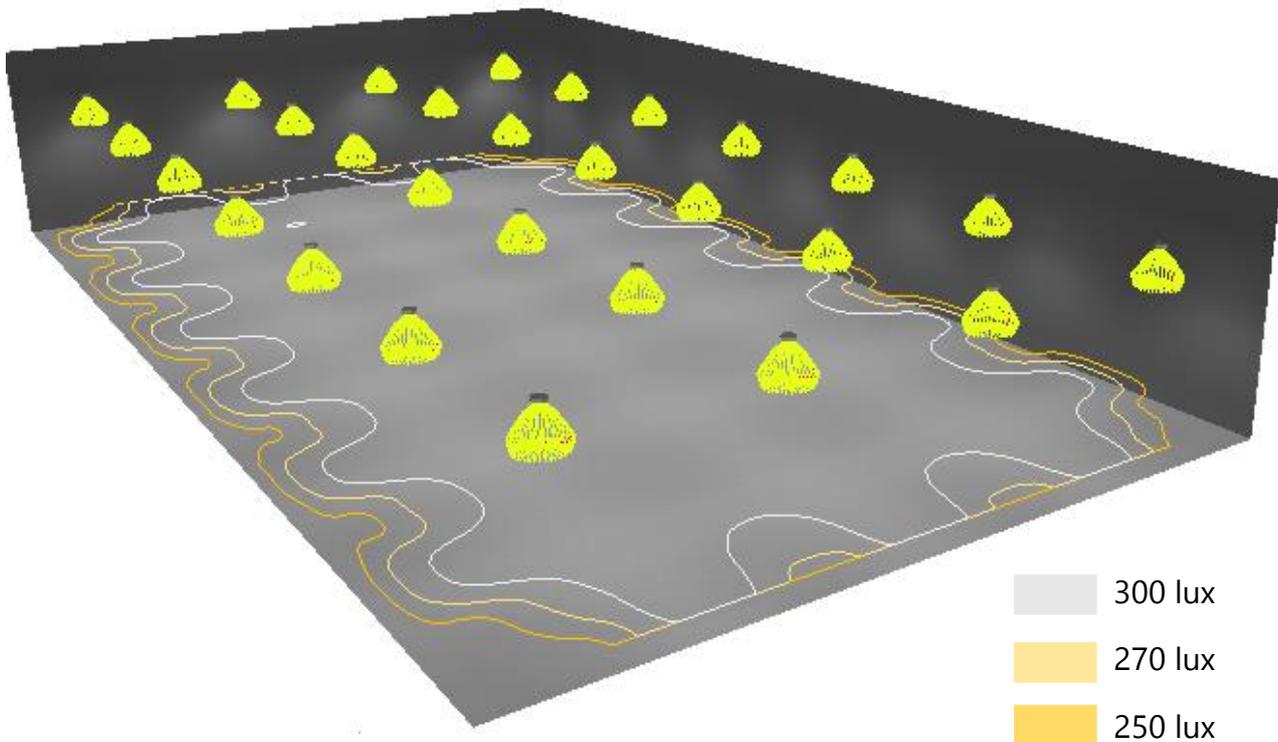


Figura 83 Curve iso-illuminamento per il capannone utilizzato per la ricezione dei rifiuti a Borgo San Dalmazzo.

VERIFICHE DEI RISULTATI

I risultati ottenuti dalla simulazione in questo ufficio sono i seguenti.

Illuminamento medio

<b>SUPERFICIE DI CALCOLO</b>	<b><math>E_{med}</math> (lux)</b>	<b><math>U_0</math></b>
<b>Pavimento</b>	310	0.62

Tabella 67 Valori di illuminamento medio e uniformità il capannone utilizzato per la ricezione dei rifiuti a Borgo San Dalmazzo.

## 8. La cogenerazione

Con il termine cogenerazione si intende la generazione simultanea di energia termica ed elettrica. Tale sistema nasce dal tentativo di recuperare in modo utile tutto o parte del calore che deve essere necessariamente scaricato in ambiente da un impianto motore termico. Questo calore in eccesso può essere utilizzato nelle industrie per esempio sotto forma di vapore, oppure in campo civile lo si può impiegare per il riscaldamento degli edifici. Dunque gli impianti a produzione combinata convertono l'energia primaria in energia elettrica e termica che vengono prodotte simultaneamente.

Gli impianti cogenerativi utilizzano di solito sistemi tradizionali di generazione, quali motori a combustione interna, turbine a vapore, turbine a gas, cicli combinati.

In un impianto CHP (*combined heat and power*), per produrre la stessa quantità di energia prodotta da un impianto separato (SHP), è necessaria una minore quantità di energia primaria. Ciò è dovuto al fatto che per produrre energia elettrica in un impianto separato è necessario far funzionare una centrale termoelettrica ed il calore da essa prodotta viene dissipato; inoltre è necessario ricorrere ad una caldaia per la produzione di energia termica richiesta. Lo schema sottostante riporta il confronto tra l'energia primaria necessaria per soddisfare un certo fabbisogno mediante l'uso del CHP e l'energia primaria che servirebbe per soddisfare lo stesso fabbisogno ma con il metodo separato.

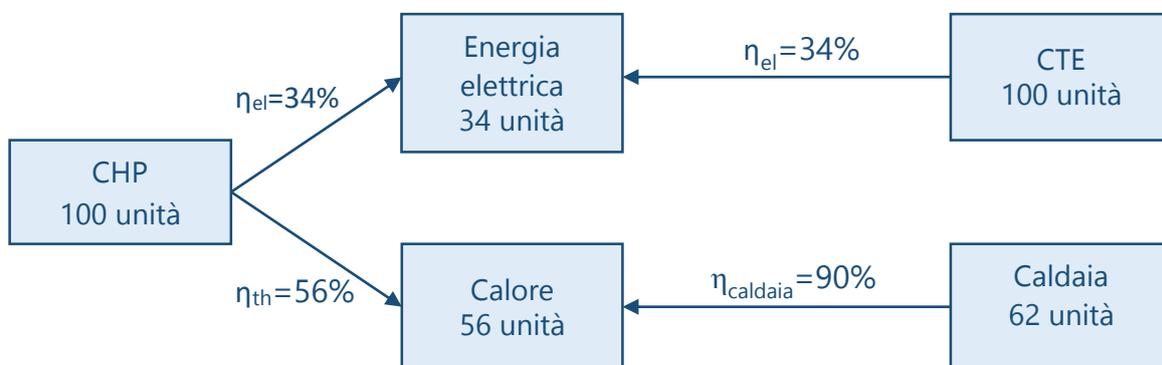


Figura 84 Confronto tra l'energia richiesta in un impianto CHP e in uno SHP

Rispetto alla produzione separata, la cogenerazione consente, a parità di quantità di energia elettrica prodotta, un risparmio economico dovuto al minor consumo di combustibile, una riduzione dell'impatto ambientale (minor inquinamento atmosferico e minor calore disperso in ambiente), delle minori perdite di trasmissione e distribuzione per il sistema elettrico nazionale ed infine la sostituzione di modalità di fornitura del calore meno efficienti e più inquinanti.

## 8.1. Dimensionamento del cogeneratore

Si vuole valutare la possibilità di installare un cogeneratore nell'impianto dell'A.C.S.R. di Roccavione in modo da andare a ridurre i consumi di energia primaria necessaria per la realizzazione del processo di essiccazione.

La scelta della potenza del cogeneratore è fatta sul **profilo termico**, dunque è necessario conoscere l'andamento dei carichi termici. Il bruciatore attualmente utilizzato per la produzione di calore necessario al processo di essiccazione è a metano ed ha una potenza nominale di 1'700 kW.

Per ottenere il profilo termico si è partiti dall'analisi dei consumi del gas relativi agli anni 2017 e 2018. Noti i consumi di metano mensili (ricavati appunto dalle bollette sopra citate) e le ore di funzionamento dell'impianto per ciascun mese, si è ricavata la portata media mensile con la seguente formula.

$$\dot{V}_f = \frac{\text{Consumi}}{h_{\text{funzionamento mensili}}} \left[ \frac{\text{Sm}^3}{\text{h}} \right]$$

A questo punto la potenza media mensile è facilmente determinabile con la seguente formula:

$$P_{th} = \dot{V}_f * \frac{\rho_{CH_4}}{3600} * PCI_{CH_4} [kW]$$

Il potere calorifico inferiore del metano vale circa 8'550 kcal/ m<sup>3</sup>, che corrispondono a 50'126 kJ/kg. La densità del metano si può ottenere facilmente nel seguente modo:

$$\rho_{CH_4} = \frac{MM}{V} = \frac{MM_C + 4 * MM_H}{V} = \frac{12 + 4 * 1}{22.4} = 0.714 \frac{kg}{m^3}$$

	Consumo di metano (Sm <sup>3</sup> )		Ore di funzionamento (h)		Portata media (Sm <sup>3</sup> /h)		Potenza media (kW)	
	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017
<b>Gennaio</b>	18'367	13'515	167.05	238.30	109.95	56.71	1'093.08	563.83
<b>Febbraio</b>	19'514	26'882	178.70	200.30	109.20	134.21	1'085.63	1'334.26
<b>Marzo</b>	22'637	19'973	204.35	168.70	110.78	118.39	1'101.29	1'177.03
<b>Aprile</b>	20'799	20'026	222.70	214.75	93.39	93.25	928.50	927.09
<b>Maggio</b>	18'027	20'251	208.30	229.73	86.54	88.15	860.39	876.37
<b>Giugno</b>	17'868	16'373	215.80	229.80	82.80	71.25	823.16	708.33
<b>Luglio</b>	16'162	12'758	248.05	196.05	65.16	65.08	647.76	646.96
<b>Agosto</b>	16'635	12'177	237.60	178.35	70.01	68.28	696.04	678.78
<b>Settembre</b>	15'221	7'714	210.05	221.45	72.46	34.83	720.41	346.31
<b>Ottobre</b>	18'325	7'674	207.95	228.10	88.12	33.64	876.08	334.47
<b>Novembre</b>	12'324	36'478	124.50	237.60	98.99	153.53	984.10	1'526.31
<b>Dicembre</b>	24'060	26'611	243.35	227.40	98.87	117.02	982.93	1'163.40
<b>TOTALE</b>	<b>219'939</b>	<b>220'432</b>	<b>2'468.40</b>	<b>2'570.53</b>				

Tabella 68 Profilo termico dell'impianto di Roccavione per gli anni 2017 e 2018.

## La cogenerazione

Mediando i valori della potenza e delle ore di funzionamento mese per mese, è possibile ottenere la curva termica di durata. Le potenze devono essere ordinate in ordine crescente e le ore di funzionamento sono progressive.

Per quanto riguarda le ore di funzionamento, attualmente l'impianto è attivo per 10 ore al giorno tutti i giorni della settimana escluse le domeniche.

<b><math>P_{th}</math> (kW)</b>	<b>Ore di funzionamento annue</b>	<b>Ore progressive</b>
1700	0	0
1255	260	260
1210	240	500
1140	270	770
1075	270	1040
930	260	1300
870	270	1570
830	270	1840
765	260	2100
690	270	2370
650	270	2640
605	270	2910
535	260	3170

Tabella 69 Profilo termico per le ore di funzionamento ipotizzate.

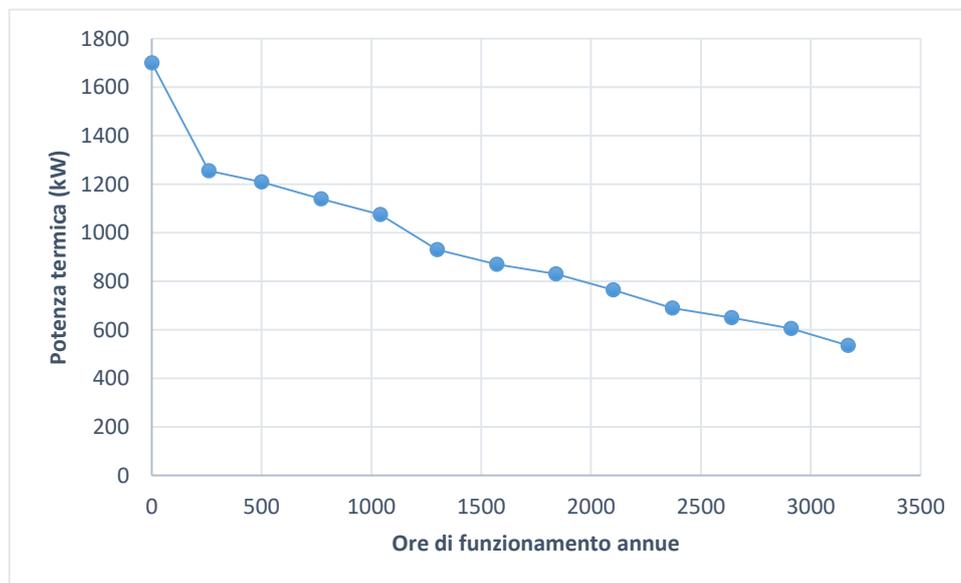


Figura 85 Curva termica di durata.

Le ore di funzionamento annue sono circa 3'170 e la scelta della taglia del cogeneratore viene fatta proprio su questo valore: a 3'170 ore la potenza termica vale 535 kW<sub>th</sub>.

Si è scelto un cogeneratore, da catalogo, che presenta i seguenti dati:

## La cogenerazione

<b>Dati cogeneratore</b>		
<b>Potenza termica da grafico</b>	535	kW_th
<b>Potenza elettrica</b>	401	kW_el
<b>Potenza termica</b>	552	kW_th
<b>Utilizzo combustibile</b>	1.053	kW

Tabella 70 Dati di targa del cogeneratore scelto.

### 8.1.1. Calcolo dei parametri

Per la determinazione dei parametri si suppone il funzionamento della macchina in condizioni nominali di riferimento e che tutta la potenza termica sia utile, in questo modo è possibile confondere le potenze con le energie.

#### **Rendimento elettrico**

È il rapporto tra la potenza elettrica e la potenza del combustibile.

$$\eta_{el} = \frac{P_{el}}{P_f} = \frac{401}{1.053} = 0.3808 = 38.08\%$$

#### **Rendimento termico**

È il rapporto tra la potenza termica e la potenza del combustibile.

$$\eta_{th} = \frac{P_{th}}{P_f} = \frac{552}{1.053} = 0.5242 = 52.42\%$$

#### **Energy utilization factor (EUF)**

È dato dalla somma dei due rendimenti precedentemente calcolati.

$$EUF = \eta_{el} + \eta_{th} = 0.3808 + 0.5242 = 0.9050 = 90.50\%$$

#### **Rapporto di cogenerazione**

È dato dal rapporto tra la potenza termica e la potenza elettrica e mi consente di stabilire se la macchina che si vuole installare è volta maggiormente alla produzione di energia termica od elettrica. Se il suo valore è maggiore di 1 allora la macchina è volta maggiormente alla produzione di energia termica, viceversa di energia elettrica.

$$\lambda = \frac{P_{th}}{P_{el}} = \frac{552}{401} = 1.38$$

#### **Indice elettrico**

È l'inverso del rapporto di cogenerazione, cioè il rapporto tra la potenza elettrica e quella termica.

$$I_{el} = \frac{1}{\lambda} = \frac{P_{el}}{P_{th}} = \frac{401}{552} = 0.73$$

**Consumo specifico di combustibile**

È il rapporto tra la potenza del combustibile e la potenza elettrica.

$$q_c = \frac{P_f}{P_{el}} = \frac{1053}{401} = 2.63 \frac{kW_f}{kW_{el}}$$

**PES (primary energy savings)**

Il *Primary Energy Savings* è un valore percentuale definito dalla *Direttiva EU 2004/8/CE* del 01/01/2011 e rappresenta il risparmio di energia primaria. È dipendente da alcuni indici di prestazione del sistema cogenerativo e da indici riguardanti la produzione separata di elettricità e calore. Il suo valore è maggiore dello 0% se la potenza elettrica è inferiore a 1 MW, mentre è maggiore o uguale al 10% se tale potenza è superiore al MW.

$$PES = 1 - \frac{E_f}{\frac{E_{el}}{\eta_{el,sep}} + \frac{E_{th}}{\eta_{th,sep}}}$$

Il rendimento elettrico separato è funzione dell'anno di costruzione, delle condizioni climatiche e del tipo di combustibile utilizzato. Il rendimento termico separato, invece, dipende dal tipo di utilizzo del calore (se vapore o acqua calda) e dal tipo di combustibile e vale in questo caso 90%.

$$\eta_{el,sep} = [\eta_{el,sep,rif} + (15 - T_{media\ ambiente}) * 0.1] * p$$

Il rendimento elettrico separato di riferimento, in questo caso, vale 53, siccome il combustibile è allo stato gassoso, la temperatura esterna media è pari a 12.05°C a Cuneo, mentre p è un fattore correttivo legato alle perdite di rete e vale 0.86 se la percentuale di autoconsumo è pari al 100% e la tensione è 400 V.

$$\eta_{el,sep} = [\eta_{el,sep,rif} + (15 - T_{media\ ambiente}) * 0.1] * p = [53 + (15 - 12.05) * 0.1] * 0.86 = 45.83\%$$

Per il calcolo del PES valgono le ipotesi fatte in precedenza, ovvero che il funzionamento avviene sempre in condizioni nominali e che tutta l'energia termica sia utile; in questo modo si possono confondere le potenze con le energie.

$$PES = 1 - \frac{P_f}{\frac{P_{el}}{\eta_{el,sep}} + \frac{P_{th}}{\eta_{th,sep}}} = 1 - \frac{1053}{\frac{401}{0.4583} + \frac{552}{0.90}} = 28.61\%$$

Il valore del PES è superiore allo 0% e l'EUf è maggiore del 75%, dunque tale impianto può essere certificato CAR (Cogenerazione ad Alto Rendimento) siccome la potenza iniziale della macchina è inferiore al MW.

Nella tabella seguente sono riassunti i valori dei parametri precedentemente calcolati.

## La cogenerazione

<b>Parametri</b>		
$\eta_{el}$	0.3808	38%
$\eta_{th}$	0.5242	52%
<b>EUF</b>	0.9050	91%
$\lambda$	1.38	-
$I_{el}$	0.73	-
<b>qc</b>	2.62	kWh_f/kWh_el
<b>PES</b>	0.2861	28.61%

*Tabella 71 Parametri del cogeneratore.*

### 8.1.2. Calcolo dei costi

Per la determinazione dei costi legati al consumo di combustibile, all'energia termica e a quella elettrica, è necessario conoscere per quante ore all'anno il cogeneratore lavora. Le ore di funzionamento sono rimaste invariate (3'170 ore): la scelta di non aumentare tale valore è legata al fatto che l'A.C.S.R., in seguito ad un incendio avvenuto nell'impianto di Roccavione nel 2015, ha stabilito che tale impianto non può funzionare se non vi è presente il personale. Inoltre l'operatività di tale impianto è correlata alla richiesta del CSS da parte del cementificio che lo utilizza per la produzione del clinker: se tale cementificio non necessita del combustibile prodotto dall'A.C.S.R., allora l'impianto di Roccavione non viene azionato. Non risulta possibile produrre comunque il CSS siccome è assente un'area in cui sia possibile stoccarlo, dunque, appena prodotto, il combustibile viene caricato su un autoarticolato ed inviato al cementificio.

Nella tabella seguente sono riassunti i dati utili per la valutazione dei costi. Il valore del prezzo di vendita del gas, dell'accisa usi industriali e l'addizionale regionale sono state determinate utilizzando i valori riportati sulle bollette di consumo del gas. I costi di manutenzione programmata, di gestione e conduzione dell'impianto e di assicurazione dell'impianto sono stati ipotizzati.

<b>Dati</b>		
<b><math>H_i GN</math></b>	50'126	kJ/kg
<b><math>P_{CH_4}</math></b>	0.71	kg/m <sup>3</sup>
<b>PCI GN</b>	9.94	kWh/Sm <sup>3</sup>
<b>Prezzo di vendita GN senza accise</b>	0.3311	€/Sm <sup>3</sup>
<b>Accisa usi industriali</b>	0.0125	€/Sm <sup>3</sup>
<b>Addizionale regionale (ARISGAM) usi industriali</b>	0.0062	€/Sm <sup>3</sup>
<b>Defiscalizzazione GN</b>	0.22	Sm <sup>3</sup> /kWh_el
<b>Costo manutenzione programmata</b>	0.018	€/kWh_el
<b>Costi di gestione e conduzione impianto</b>	10'000	€/anno
<b>Costi assicurazione impianto</b>	5'000	€/anno
<b>Ore annue di funzionamento</b>	3'170	h
<b>Rendimento della caldaia</b>	0.88	-

*Tabella 72 Dati utilizzati per l'analisi del cogeneratore.*

### **Costo orario del combustibile**

Determiniamo la portata volumetrica del combustibile utilizzando la potenza del combustibile fornita dai dati di targa del cogeneratore.

$$\dot{V}_f = \frac{P_f}{PCI} = \frac{1053}{9.94} = 105.92 \frac{Sm^3}{h}$$

$$V_f = \dot{V}_f * h_{annue} = 105.92 * 3170 = 335'759.49 \frac{Sm^3}{anno}$$

Il costo del gas naturale non defiscalizzato è dato dal costo del gas naturale defiscalizzato al quale vanno aggiunte le accise e l'addizionale regionale.

$$c_{GN}^{ND} = c_{GN}^D + \text{accisa}_{usi\ industriali} + \text{addizionale\ regionale} = 0.3311 + 0.0125 + 0.0062 \\ = 0.3499 \text{ €/Sm}^3$$

Il costo orario del combustibile è dato dalla seguente formula:

$$c_{f,h} = 0.22 * c_{GN}^D * P_{el} + c_{GN}^{ND} * (\dot{V}_f - 0.22 * P_{el}) \\ = 0.22 * 0.3641 * 401 + 0.3829 * (105.92 - 0.22 * 401) = 35.40 \frac{\text{€}}{h}$$

### **Costo orario evitato per la produzione di energia termica**

$$c_{th,ev,h} = \frac{P_{th}}{\eta_{caldaia} * PCI} * c_{GN}^{ND} = \frac{552}{0.88 * 9.94} * 0.3499 = 22.07 \frac{\text{€}}{h}$$

### **Costo unitario netto di produzione dell'energia elettrica**

Il costo unitario netto per la produzione dell'energia elettrica è dato dalla sottrazione tra il **costo unitario lordo per la produzione di energia elettrica** e il **costo orario termico evitato** per la produzione dell'energia termica.

È inoltre necessario conoscere i costo orario di manutenzione, di conduzione e di assicurazione.

$$c_{OM,h} = c_{OM} * P_{el} = 0.018 * 401 = 7.22 \frac{\text{€}}{h}$$

$$c_{cond,h} = \frac{c_{cond}}{h_{annue}} = \frac{10000}{3170} = 3.15 \frac{\text{€}}{h}$$

$$c_{ass,h} = \frac{c_{ass}}{h_{annue}} = \frac{5000}{3170} = 1.58 \frac{\text{€}}{h}$$

## La cogenerazione

Il costo unitario lordo per la produzione di energia elettrica è dato dalla somma del costo orario del combustibile con il costo orario di manutenzione, di assicurazione e di conduzione.

$$c_{el,l,h} = c_{f,h} + c_{OM,h} + c_{cond,h} + c_{ass,h} = 35.40 + 7.22 + 3.15 + 1.58 = 47.35 \frac{\text{€}}{h}$$

Nelle ore di funzionamento del cogeneratore si ipotizza che non vi siano surplus di produzione dell'energia elettrica, e che, dunque, tutta quella prodotta venga consumata, in questo modo non si ha un'immissione in rete di energia elettrica e dunque non ci ha un guadagno dalla vendita di tale energia. Quindi il costo unitario netto di produzione dell'energia elettrica è il seguente:

$$c_{el,n,h} = c_{el,l,h} - c_{th,ev,h} = 47.35 - 22.07 = 25.28 \frac{\text{€}}{h}$$

### 8.2. Calcolo del Simple Payback Time

Inizialmente è importante valutare in quali fasce orarie conviene far funzionare il cogeneratore, ossia quando il costo di produzione dell'energia elettrica è minore del costo di acquisto dell'energia dalla rete. Nel caso in cui il costo di produzione super quello di acquisto, è conveniente vendere l'energia elettrica alla rete. Dai costi orari precedentemente calcolati, dividendo per il numero di ore di funzionamento annue, si ottiene il costo di produzione dell'energia espresso in €/kWh.

<b>Costo unitario lordo di energia elettrica</b>	47.35	€/h
<b>Costo elettrico lordo</b>	0.12	€/kWh
<b>Costo unitario netto di produzione energia elettrica</b>	25.28	€/h
<b>Costo elettrico netto</b>	0.06	€/kWh

Tabella 73 Costi di produzione dell'energia elettrica con il cogeneratore.

Dall'analisi delle bollette dell'energia elettrica consumata dall'impianto di Roccavione, è stato possibile determinare il costo dell'energia elettrica senza imposte. Si è determinato un costo medio mensile per le fasce F1 e F2 (che sono le fasce in cui l'impianto viene utilizzato) e si è, infine, fatta una media annuale. Per entrambe le fasce il costo del kWh coincide e vale 0.1440 €/kWh.

Mediante l'ausili del grafico sottostante, che riporta i costi dell'energia elettrica prodotta con il cogeneratore e i costi di acquisto dalla rete, è possibile affermare che è sempre conveniente utilizzare l'energia prodotta con il cogeneratore, in quanto ha sempre un costo minore rispetto a quello della rete.

## La cogenerazione

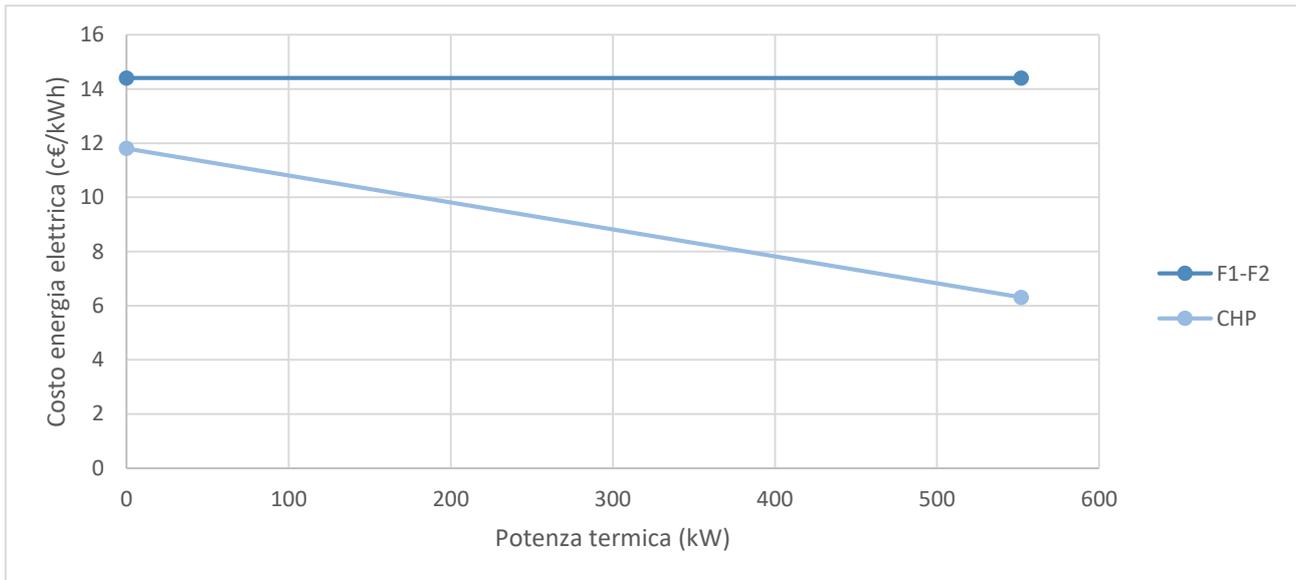


Figura 86 Costi di produzione dell'energia elettrica.

L'energia annua consumata in seguito all'installazione del cogeneratore è ottenibile moltiplicando le ore di funzionamento nelle diverse fasce per la potenza elettrica del cogeneratore. Conoscendo i giorni di funzionamento e le ore preciso del giorno in cui l'impianto è attivo, si ottiene che le ore di funzionamento in F1 sono 2'152, mentre quelle in F2 sono pari a 1'018.

$$E_{el,F1} = P_{el} * h_{funz,F1} = 401 * 2152 = 862.95 \text{ MWh}$$

$$E_{el,F2} = P_{el} * h_{funz,F2} = 401 * 1018 = 408.22 \text{ MWh}$$

Il costo annuo dell'energia elettrica se prodotta con il cogeneratore vale:

$$C_{annuo,CHP,F1} = c_{el,n} * E_{el,F1} = 0.06 * 862952 = 54397.24 \text{ €/anno}$$

$$C_{annuo,CHP,F2} = c_{el,n} * E_{el,F2} = 0.06 * 408218 = 25732.52 \text{ €/anno}$$

## La cogenerazione

A questo valore va sommato il costo dell'energia elettrica che deve essere acquistata dalla rete per compensare il fabbisogno di energia elettrica. Come si può notare dal grafico sottostante l'energia prodotta dal cogeneratore non è sufficiente a coprire tutta la richiesta dello stabilimento, dunque la parte restante deve essere acquistata dalla rete al prezzo di acquisto di 0.1440 €/kWh.

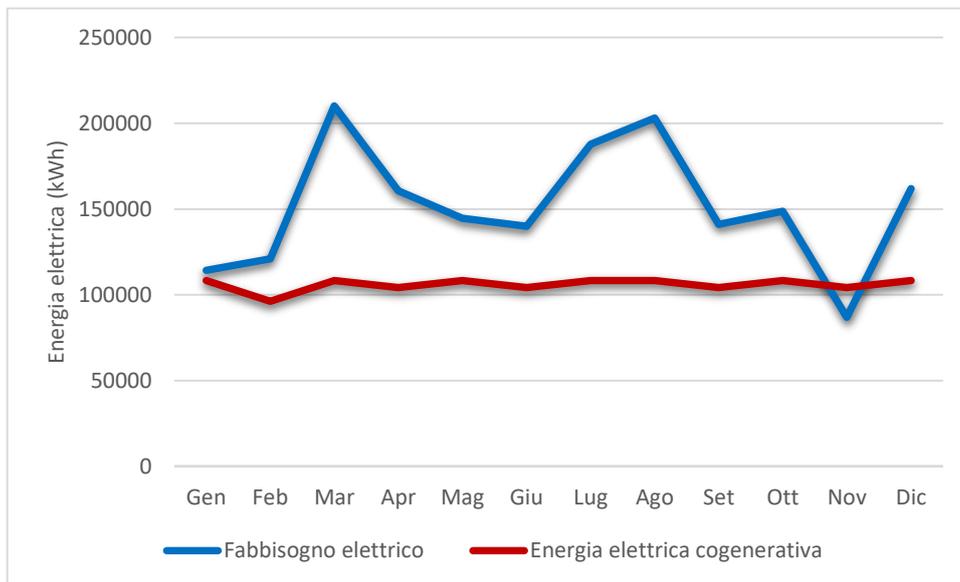


Figura 87 Confronto tra l'energia elettrica prodotta dal cogeneratore e il fabbisogno elettrico dello stabilimento di Roccavione.

La quantità di energia da acquistare dalla rete è pari a 548.78 MWh, che corrisponde a 79039.08 € all'anno.

Di conseguenza il costo annuo di energia elettrica nel post opera risulta pari a:

$$\begin{aligned} C_{annuo,CHP} &= C_{annuo,CHP,F1} + C_{annuo,CHP,F2} + C_{acquisto\ dalla\ rete} \\ &= 54'397.24 + 25'732.52 + 79'039.08 = 159'168.83 \text{ €/anno} \end{aligned}$$

Il costo totale di acquisto dell'energia elettrica dalla rete nell'assetto ante opera, considerando un funzionamento di 10 ore al giorno tutti i giorni dell'anno escluse le domeniche, risulta pari a 262'122.13 €/anno. Questo valore è stato determinato nel modo seguente: si è fatta una media tra le energie annue del 2017 e del 2018, tale valore è stato diviso per il numero di ore medie di funzionamento annue dell'impianto in modo da ricavare una potenza media mensile. Questo valore di potenza è stato moltiplicato per il numero di ore considerando un funzionamento di 10 ore al giorno per 6 giorni alla settimana per ricavare l'energia necessaria nel caso in cui l'impianto funzioni lo stesso numero di ore ipotizzate per il cogeneratore. Con questo procedimento il costo annuo da sostenere per l'acquisto dell'energia elettrica dalla rete ammonta a 262'122.13 € all'anno.

A questo punto il risparmio annuo è facilmente determinabile.

## La cogenerazione

$$R = C_{annuo,NO\ CHP} - C_{annuo,CHP} = 262'122.13 - 159'168.83 = 102'953.30 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

Supponendo un costo di realizzazione dell'intervento complessivo di 1'250 €/kW<sub>el</sub>, il costo totale vale:

$$\text{Costo} = 1'250 * P_{el} = 1'250 * 401 = 501'250 \text{ €}$$

Supponendo un finanziamento di 5 anni per la realizzazione dell'intervento, al costo vanno sommati gli interessi attualizzati. Inoltre, per quanto riguarda i risparmi, va considerato che il costo dell'energia nel corso degli anni non si mantiene costante, ma subisce un incremento. Nella tabella seguente sono riassunti i dati utilizzati per la valutazione del finanziamento. Si è ipotizzato un finanziamento a rata costante con pagamento posticipato (cioè al 31 dicembre di ogni anno). Il tasso di interesse, così come la durata del finanziamento sono stati ipotizzati, mentre la rata è stata determinata con la formula riportata di seguito, dove il capitale è il costo di realizzazione dell'intervento.

$$\text{Rata} = \text{Capitale} * \frac{i * (i + 1)^n}{(i + 1)^n - 1}$$

<b>Tasso di interesse (i)</b>	2,50%
<b>Durata del finanziamento (t)</b>	5,00
<b>Risparmio (€)</b>	102'953.30
<b>Costo (€)</b>	481'200.00
<b>Incremento energia</b>	1%
<b>Rata (€)</b>	107'892.49

*Tabella 74 Dati utilizzati per la valutazione del finanziamento.*

Nota il tasso di interesse e il debito è possibile determinare per ogni anno gli interessi e la conseguente quota capitale (come sottrazione tra la rata e gli interessi). Il debito di un anno si può ricavare come sottrazione tra il debito dell'anno precedente con la quota capitale dell'anno in considerazione.

Nella tabella seguente sono riportati i risultati dei calcoli relativi al finanziamento.

<b>Anni</b>	<b>Investimento (€)</b>	<b>Interesse (€)</b>	<b>Quota capital (€)</b>
<b>0</b>	501'250.00		
<b>1</b>	405'888.76	12'531.25	95'361.24
<b>2</b>	308'143.49	10'147.22	97'745.27
<b>3</b>	207'954.59	7'703.56	100'188.90
<b>4</b>	105'260.96	5'198.86	102'693.62
<b>5</b>	0.00	2'631.52	105'260.96

*Tabella 75 Proposta di finanziamento per l'intervento di installazione di un cogeneratore.*

A questo punto è possibile determinare il costo complessivo di interessi e vale 538'581.29 €.

## La cogenerazione

Ipotizzando un incremento dell'energia di anno in anno del 1%, i risparmi futuri non sono costanti, ma aumentano.

Anni	Risparmio
1	102'953.30
2	103'982.83
3	105'022.66
4	106'072.89
5	107'133.61

Tabella 76 Calcolo dei risparmi previsti conseguibili dalla realizzazione dell'intervento di installazione del cogeneratore.

Con i valori di costo e risparmio attualizzati, è possibile determinare il PBT nel modo seguente:

$$SPB = \frac{\text{Costo}}{\text{Risparmio}} = \frac{538'581.29}{107'133.62} = 5.03 \text{ anni}$$

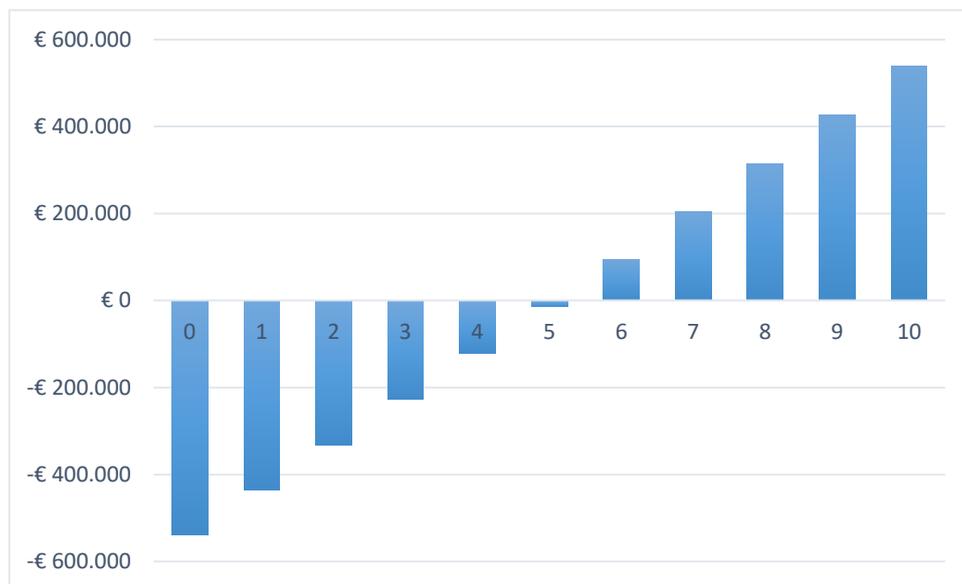


Figura 88 Tempo di rientro dell'investimento per l'installazione di un cogeneratore senza TEE

### 8.3. Calcolo del Simple Payback Time con i TEE

Nel caso della cogenerazione la formula per il calcolo dei TEE è differente, in quanto è opportuno tenere in considerazione un coefficiente K di armonizzazione che ha lo scopo di incentivare gli impianti di piccola taglia.

Potenza	K
<1 MW	1.4
1 ÷ 10 MW	1.3
10 ÷ 80 MW	1.2
80 ÷ 100 MW	1.1
≥ 100 MW	1

Tabella 77 Valore del coefficiente di armonizzazione K per la valutazione dei TEE in base alla potenza installata.

Noto il coefficiente K è possibile determinare i *titoli di efficienza energetica* con la seguente formula:

$$TEE = En_{risparmiata} * 0.086 * K$$

L'energia termica effettivamente cogenerativa dipende dalla potenza termica del cogeneratore e dalle ore di funzionamento annue dell'impianto.

$$En_{th,CHP} = P_{th,CHP} * h_{giorno} * gg_{anno} = 0.552 * 10 * 317 = 1'749.84 MWh$$

Attraverso l'indice elettrico precedentemente determinato è possibile calcolare la quantità di energia elettrica puramente cogenerativa.

$$En_{el,CHP} = En_{th,CHP} * I_{el} = 1'749.84 * 0.73 = 1'271.17 MWh$$

L'energia complessiva del cogeneratore è data dal rapporto tra l'energia elettrica completamente cogenerativa e il rendimento elettrico del cogeneratore, che coincide con il rapporto tra l'energia termica completamente cogenerativa e il rendimento termico.

$$En_{CHP} = \frac{En_{th,CHP}}{\eta_{th}} = \frac{En_{el,CHP}}{\eta_{el}} = \frac{1'749.84}{0.5242} = \frac{1'271.17}{0.3808} = 3'338 MWh$$

Il risparmio viene calcolato considerando l'energia primaria complessivamente necessaria per ottenere le stesse energie che si ottengono con il cogeneratore ma con la produzione separata. L'energia elettrica con il metodo separato si ipotizza venga prodotta da una centrale termoelettrica avente un rendimento del 58%, mentre per la rete si ipotizza un rendimento del 93.5%. L'energia termica, invece, si ipotizza prodotta con una caldaia avente un rendimento dell'88%.

## La cogenerazione

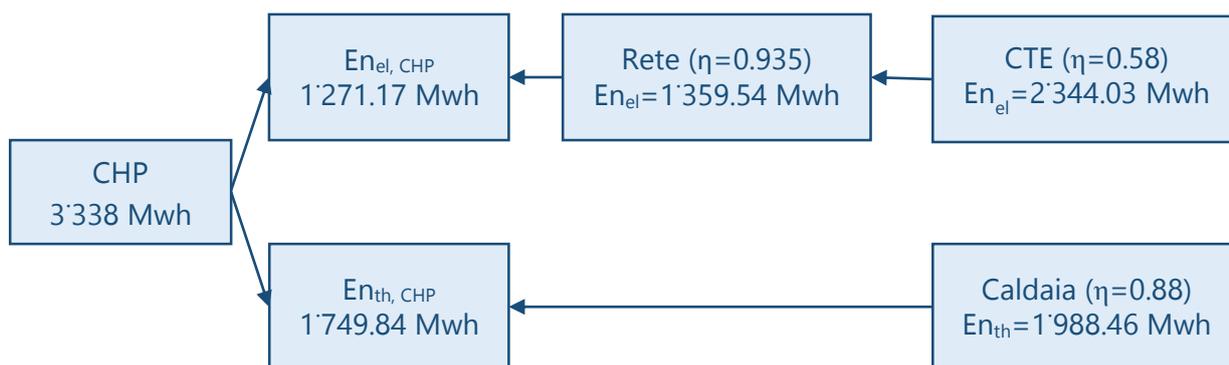


Figura 89 Energie richieste con il CHP e con SHP per l'impianto analizzato.

Il risparmio, a questo punto, vale:

$$En_{\text{primaria risparmiata}} = En_{\text{SHP}} - En_{\text{CHP}} = (2'344.03 + 1'988.46) - 3'338.00 = 994.48 \text{ MWh}$$

I titoli di efficienza energetica per questo impianto di cogenerazione sono:

$$TEE_{\text{CHP}} = En_{\text{primaria risparmiata}} * 0.086 * K = 994.48 * 0.086 * 1.4 = 119.74 \text{ TEE} \cong 119 \text{ TEE}$$

Considerando per ciascun titolo un valore di 259.00 €, gli incentivi, per ogni anno, valgono:

$$Incentivi_{\text{CHP}} = TEE_{\text{CHP}} * \text{Valore}_{\text{TEE}} = 119 * 259.96 = 30'935.34 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

### 8.3.1. Business Plan

Analizzando i tempi di ritorno dell'investimento, comprensivo di interessi, nel caso in cui tale intervento venga incentivato con i Certificati Bianchi, il tempo di rientro si riduce. Nel Business Plan riportato di seguito, si può vedere come cambia il debito con e senza i TEE.

Anno	Investimento (€)	Risparmio (€)	CB (€)	Risparmio con CB (€)	Investimento con CB (€)
0	-538'581.29				-538'581.29
1	-435'628.00	102'953.30	30'935.34	133'888.54	-404'692.76
2	-331'645.17	103'982.83	30'935.34	134'918.07	-269'774.69
3	-226'622.51	105'022.66	30'935.34	135'957.90	-133'816.79
4	-120'549.62	106'072.89	30'935.34	137'008.13	3'191.34
5	-13'416.01	107'133.61	30'935.34	138'068.85	141'260.19
6	94'788.94	108'204.95	30'935.34	139'140.19	280'400.38
7	204'075.94	109'287.00	30'935.34	140'222.24	420'622.62
8	314'455.81	110'379.87	30'935.34	141'315.11	561'937.73
9	425'939.48	111'483.67	30'935.34	142'418.91	704'356.64
10	538'537.99	112'598.51	30'935.34	143'533.75	847'890.39

Tabella 78 Business Plan per l'installazione del cogeneratore.

Con i titoli di efficienza energetica ai risparmi dovuti al minor consumo di energia, vanno sommati per ogni anno, i certificati bianchi. In questo modo il tempo di ritorno diminuisce: il costo rimane sempre costante, mentre i risparmi annui aumentano.

## La cogenerazione

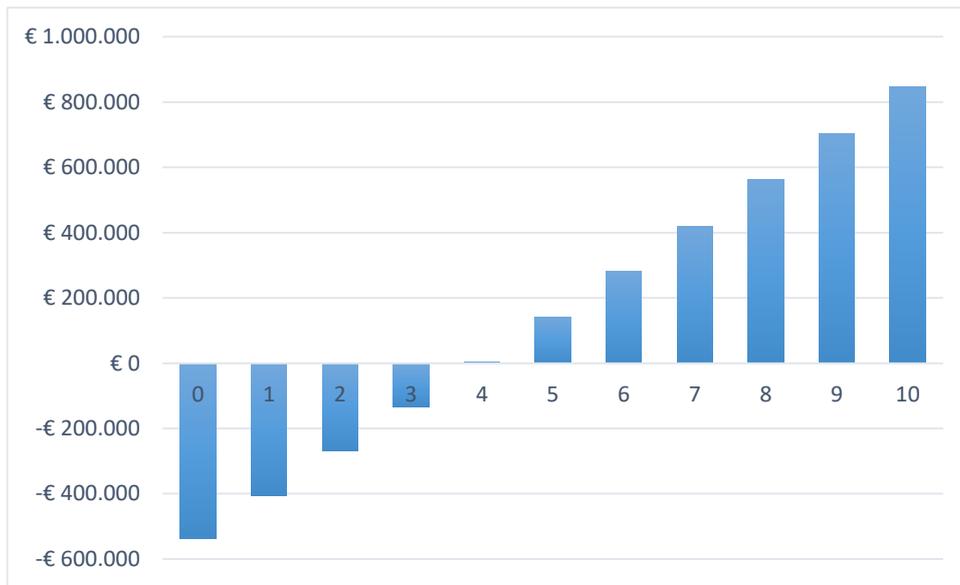


Figura 90 Tempo di ritorno dell'investimento da sostenere per l'installazione del cogeneratore con i TEE.

Come anticipato in precedenza le ore di funzionamento (3'170 ore) sono poche per un cogeneratore. Ipotizzando di poter aumentare a 17 ore al giorno il tempo di funzionamento dell'impianto (che corrispondono a 6'205 ore all'anno), i costi, i risparmi e i tempi di ritorno cambiano. Un funzionamento prolungato dell'impianto può essere dovuto ad un aumento di industrie interessate all'utilizzo di CSS come combustibile. Mantenendo invariata la taglia del cogeneratore i costi di installazione non cambiano, ma aumentano i costi di gestione dell'impianto dovuti alla manodopera necessaria per il suo funzionamento. Durante il ciclo lavorativo per la produzione del CSS sono necessari 5 addetti: ipotizzando un costo orario di 15 €/addetto, la manodopera annua aumenta di 270'000 € circa. I risparmi, effettuando i calcoli come descritto in precedenza, ammontano a 370'423 € all'anno. In questo modo il tempo di ritorno senza i TEE è di 5.32 anni, mentre con i TEE vale 3.47 anni.

## 9. Conclusioni

Dalle analisi effettuate ed in base ai risultati ottenuti, si può affermare che tutti e tre gli interventi proposti portano ad un risparmio di energia.

### 9.1. Sede di Borgo San Dalmazzo

Nella tabella seguente sono riportati i consumi attuali e futuri previsti di energia elettrica per gli interventi analizzati.

	<b>Iniziale (kWh)</b>	<b>Post intervento (kWh)</b>	<b>Delta energia (kWh)</b>	<b>Risparmio (%)</b>
<b>Ventilatori</b>	1'249'225.00	1'119'563.00	129'662.00	10%
<b>Illuminazione</b>	140'900.50	46'892.39	94'008.10	67%
<b>TOTALE</b>	1'390'125.50	1'166'455.39	223'670.10	16%

Tabella 79 Confronto tra i consumi attuali e futuri per gli interventi proposti a Borgo San Dalmazzo

Attualmente nello stabilimento di Borgo San Dalmazzo i consumi annui di energia elettrica ammontano a circa 2'913.29 MWh; sostituendo i ventilatori presenti come illustrato nel *Capitolo 5* e rimpiazzando gli apparecchi luminosi attualmente presenti con i LED come indicato nel *Capitolo 6*, i consumi annui scenderebbero a 2'649.46 MWh, portando ad un risparmio del 10% annuo.

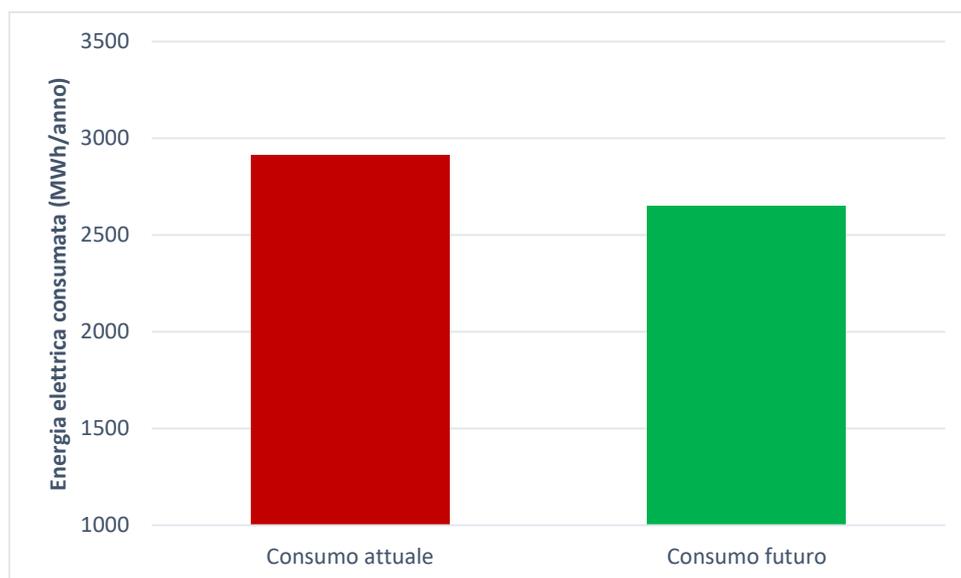


Figura 91 Confronto tra i consumi annui di energia elettrica per lo stabilimento di Borgo San Dalmazzo nell'ante e nel post opera.

Con gli interventi proposti si riducono, di conseguenza, anche i valori di energia necessaria per la lavorazione ed il trattamento del rifiuto solido urbano e del compost. I consumi dovuti alla lavorazione di plastica e carta rimangono, invece, invariati. Volendo ricalcolare gli EPI come nel *Capitolo 2*, si ottengono i seguenti risultati.

## Conclusioni

$$EPI_{RSU \text{ post intervento}} = \frac{Energia_{post \text{ intervento}}}{Tonnellate_{RSU}} = \frac{1'106'555.39}{24'000} = 46.106 \frac{kWh}{t}$$

$$EPI_{compost \text{ post intervento}} = \frac{Energia_{post \text{ intervento}}}{Tonnellate_{compost}} = \frac{1'283'968.41}{17'000} = 75.527 \frac{kWh}{t}$$

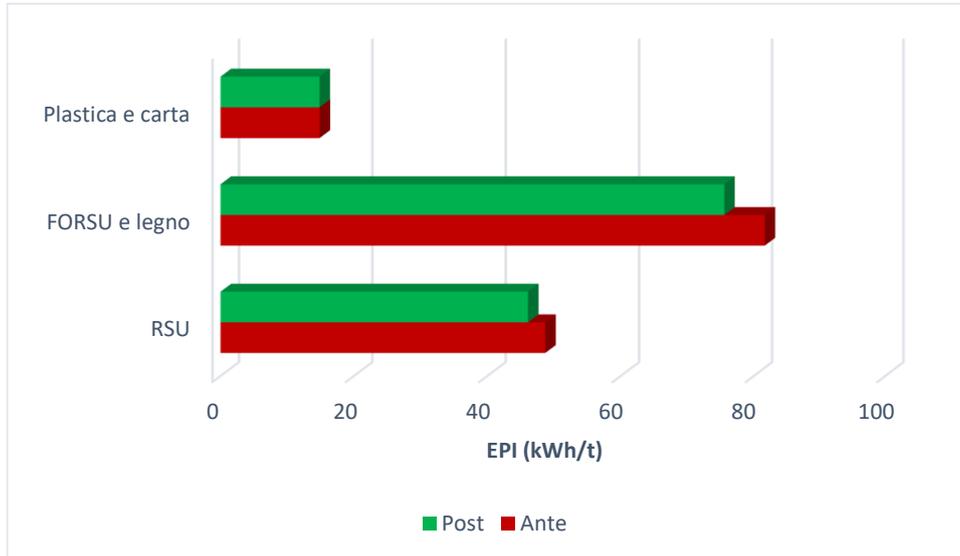


Figura 93 Confronto tra gli EPI ante e post intervento per le diverse linee di trattamento rifiuti

Analogamente anche gli EPI rappresentati l'illuminazione determinati per l'ante intervento di relamping si riducono:

$$EPI_{uffici} = \frac{Energia}{Superficie} = \frac{1'895.27}{234.21} = 8.093 \frac{kWh}{m^2}$$

$$EPI_{capannoni} = \frac{Energia}{Superficie} = \frac{44'997.12}{8'192.35} = 5.493 \frac{kWh}{m^2}$$

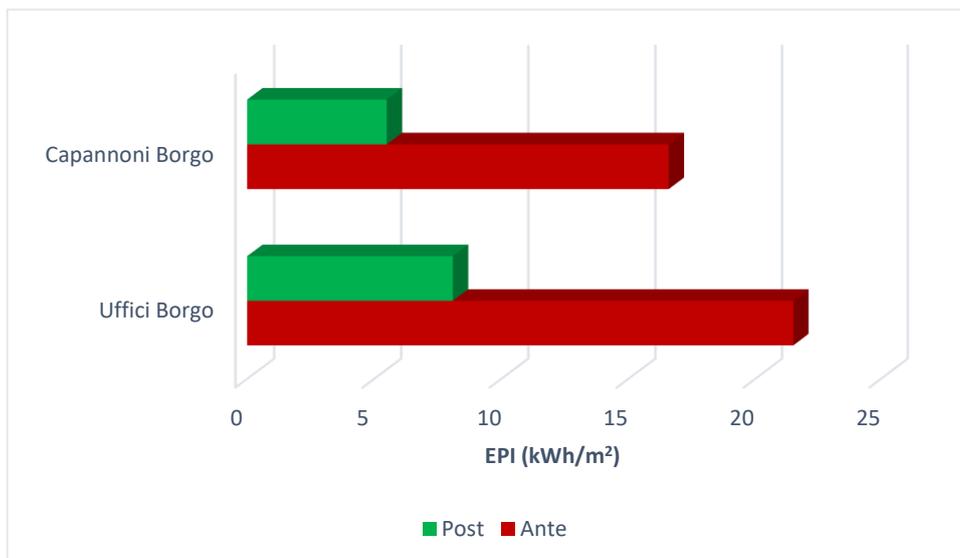


Figura 92 Confronto tra gli EPI ante e post intervento per l'illuminazione

## Conclusioni

Tali interventi sono, inoltre, caratterizzati da buoni tempi di rientro degli investimenti grazie alla possibilità di avere incentivi, cioè i TEE. I grafici riportati nelle figure seguenti rappresentano il confronto, per i due interventi, tra i tempi di rientro con e senza i Certificati Bianchi.

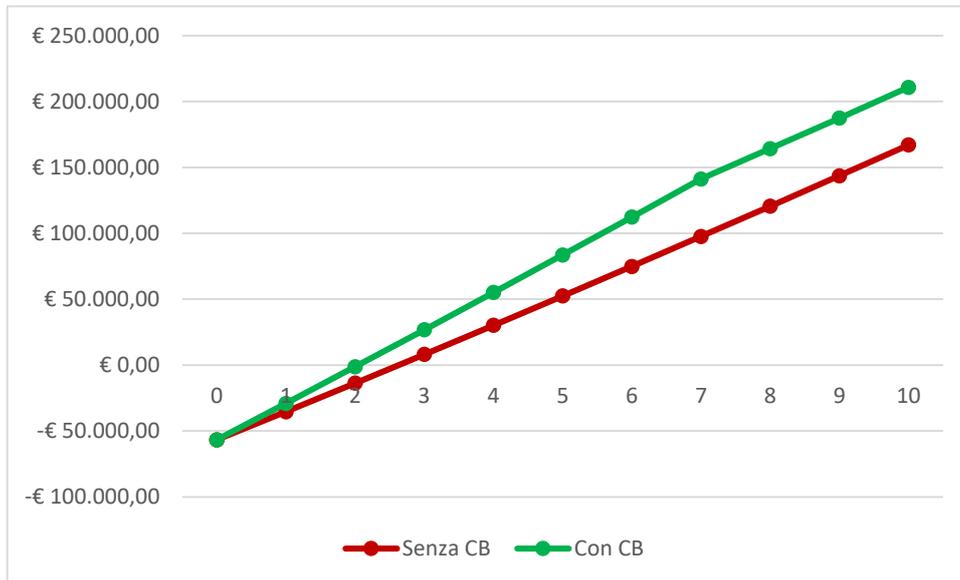


Figura 95 Confronto tra i tempi di rientro con e senza TEE per l'intervento di sostituzione dei ventilatori.

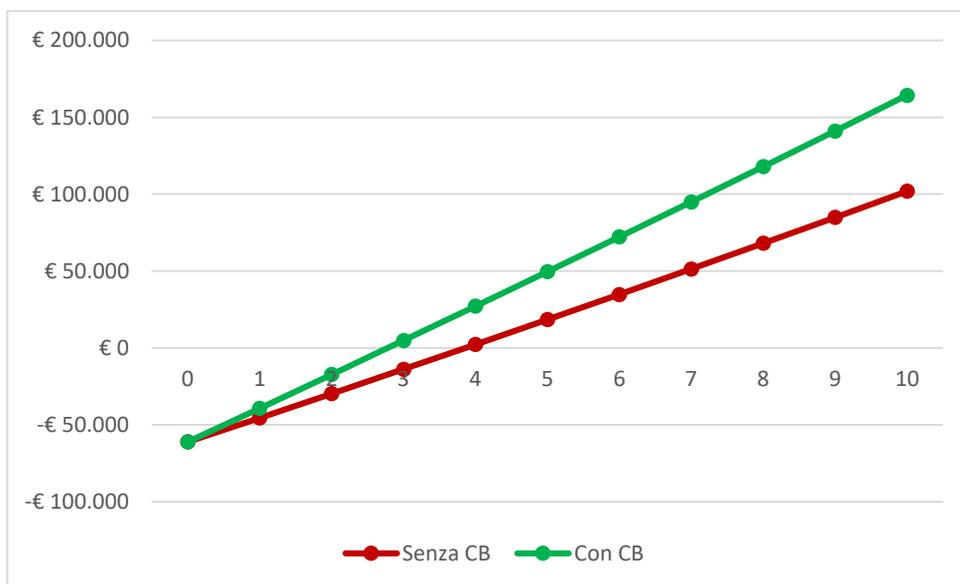


Figura 94 Confronto tra i tempi di rientro con e senza TEE per l'intervento di relamping a Borgo San Dalmazzo.

## 9.2. Impianto di Roccavione

Nell'impianto di Roccavione gli interventi proposti ed analizzati sono stati il relamping e la possibilità di installare un cogeneratore per il processo di essiccazione del rifiuto per ottenere il CSS.

	<i>Iniziale (kWh)</i>	<i>Post intervento (kWh)</i>	<i>Delta energia (kWh)</i>	<i>Risparmio (%)</i>
<b>Cogeneratore</b>	4'332'490.00	3'338'156.00	994'334.00	23%
<b>Illuminazione</b>	52'158.71	17'192.45	34'966.26	67%
<b>TOTALE</b>	4'384'648.71	3'355'348.45	1'029'300.26	23%

Tabella 80 Confronto tra i consumi ante e post interventi proposti per l'impianto di Roccavione

Anche in questo caso si ha una riduzione dell'energia richiesta per l'illuminazione degli ambienti, come si può osservare dal grafico sottostante che confronta gli EPI ante e post intervento.

$$EPI_{uffici} = \frac{Energia}{Superficie} = \frac{1'456.13}{193.11} = 7.540 \frac{kWh}{m^2}$$

$$EPI_{capannoni} = \frac{Energia}{Superficie} = \frac{15'736.32}{2'538.42} = 6.199 \frac{kWh}{m^2}$$

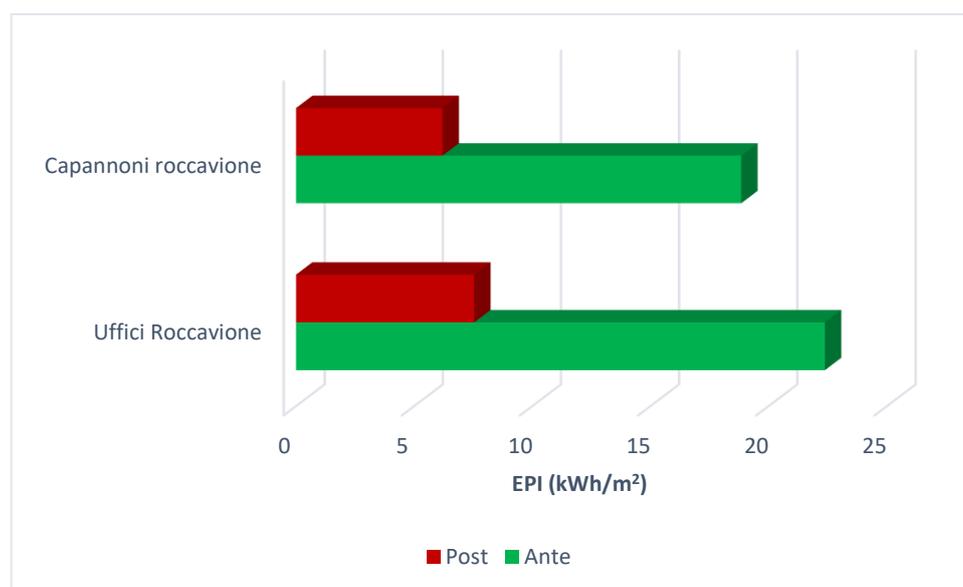


Figura 96 Confronto tra gli EPI ante e post intervento per l'illuminazione

Entrambi gli interventi proposti sono incentivabili, dunque i tempi di rientro per la loro realizzazione sono considerati accettabili. Nelle figure seguenti sono riportati i confronti tra i PBT dei due diversi progetti proposti con e senza i TEE.

## Conclusioni



Figura 97 Confronto tra i tempi di rientro con e senza TEE per l'intervento di relamping a Roccaione.



Figura 98 Confronto tra i tempi di rientro con e senza TEE per l'intervento di installazione del cogeneratore.

### 9.3. Valutazione del PBT complessivo

Complessivamente gli interventi proposti portano ad un risparmio di energia pari al 21%.

	<i>Iniziale (kWh)</i>	<i>Post intervento (kWh)</i>	<i>Delta energia (kWh)</i>	<i>Risparmio (%)</i>
<b>Borgo San Dalmazzo</b>	1'390'125.50	1'166'455.39	223'670.10	16%
<b>Roccavione</b>	4'384'648.71	3'355'348.45	1'029'300.26	23%
<b>TOTALE</b>	5'774'774.21	4'521'803.84	1'252'970.37	21%

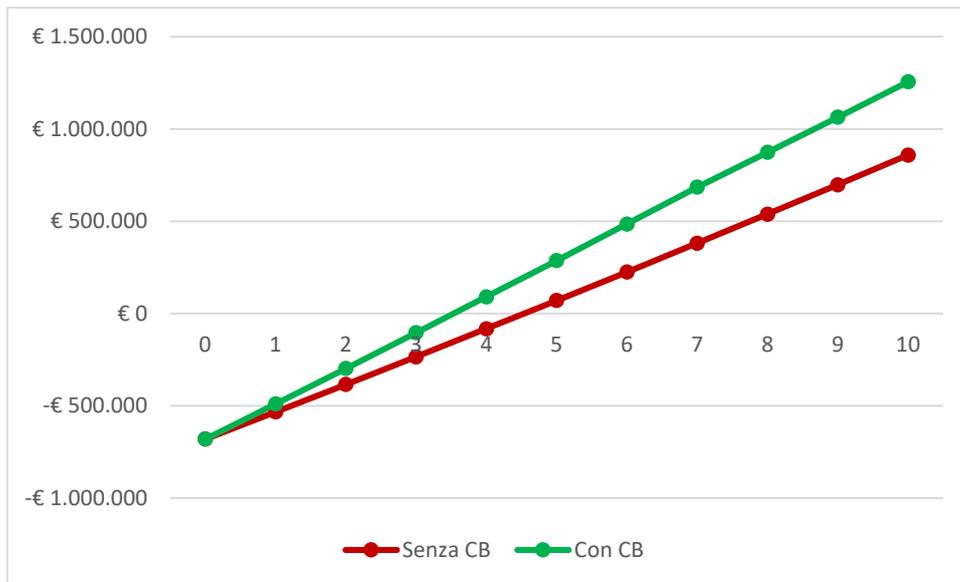
Tabella 81 Confronto tra i consumi ante e post interventi

Volendo valutare il tempo di ritorno complessivo, ovvero di tutti e tre gli interventi proposti (sostituzione ventilatori, relamping e installazione di un cogeneratore), il costo complessivo ammonta a 632'668 €. Supponendo un finanziamento della durata di 5 anni e mantenendo invariati i dati ipotizzati nei capitoli precedenti per il calcolo del finanziamento, gli interessi ammontano a 47'118.88 €.

<b>Anni</b>	<b>Investimento (€)</b>	<b>Risparmio (€)</b>	<b>CB fan (€)</b>	<b>CB LED (€)</b>	<b>CB CHP (€)</b>	<b>Risparmio con CB (€)</b>	<b>Investimento con CB (€)</b>
<b>0</b>	-679'787.48						<b>-679'787.48</b>
<b>1</b>	-532'649.74	147'137.74	6'239.04	6'239.04	30'935.24	190551.06	<b>-489'236.42</b>
<b>2</b>	-384'040.63	148'609.12	6'239.04	6'239.04	30'935.24	192022.43	<b>-297'213.99</b>
<b>3</b>	-233'945.42	150'095.21	6'239.04	6'239.04	30'935.24	193508.53	<b>-103'705.46</b>
<b>4</b>	-82'349.26	151'596.16	6'239.04	6'239.04	30'935.24	195009.48	91'304.02
<b>5</b>	70'762.86	153'112.12	6'239.04	6'239.04	30'935.24	196525.44	287'829.46
<b>6</b>	225'406.10	154'643.24	6'239.04	6'239.04	30'935.24	198056.56	485'886.02
<b>7</b>	381'595.77	156'189.67	6'239.04	6'239.04	30'935.24	199602.99	685'489.01
<b>8</b>	539'347.34	157'751.57			30'935.24	188686.81	874'175.82
<b>9</b>	698'676.43	159'329.09			30'935.24	190264.33	1'064'440.15
<b>10</b>	859'598.80	160'922.38			30'935.24	191857.62	1'256'297.76

Tabella 82 Business Plan investimetno complessivo (Ventilatori +LED+CHP)

## Conclusioni



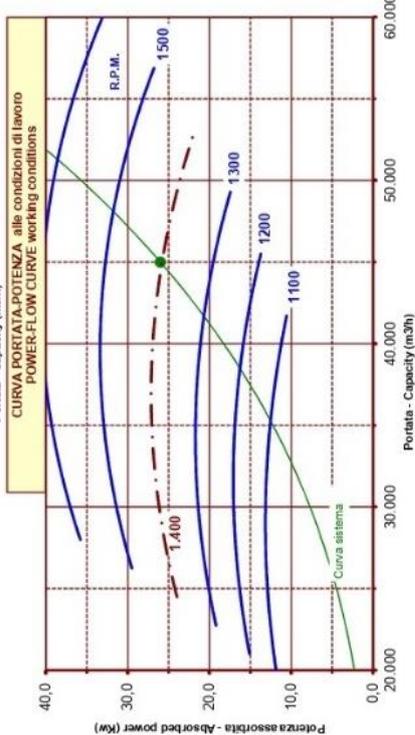
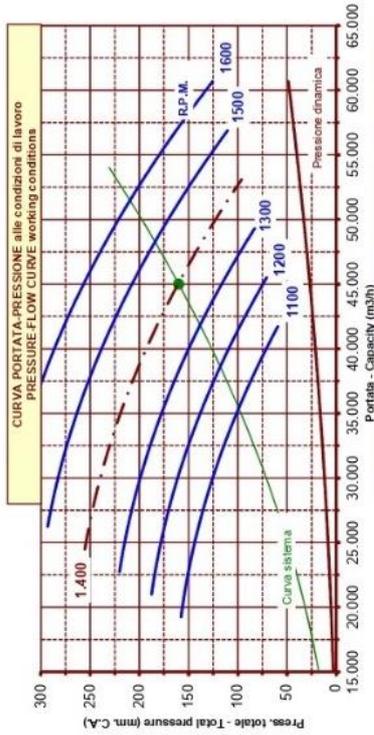
*Figura 99 Confronto del tempo di ritorno con e senza i TEE per la realizzazione di tutti gli interventi migliorativi analizzati e proposti.*

Come si può notare dalla *Figura 97*, il PBT senza i TEE sarebbe di 4.66, ma con gli incentivi scende a 3.53 anni.

# 10. Allegati

## 10.1. Allegato A: curve caratteristiche dei ventilatori attualmente presenti

**KVE01**



<b>Dati del catalogo (aria secca a +15°C e 760 mmHg)</b>	
<b>Catalog data (dry air to +15 °C and 760 mmHg)</b>	
PORTATA (m³/h)	45.000
CAPACITY (m³/h)	45.000
PRESSIONE STATICA (mm.H₂O)	135
STATIC PRESSURE (mm.H₂O)	135
PRESSIONE TOTALE (mm.H₂O)	163
TOTAL PRESSURE (mm.H₂O)	163
VELOCITÀ DI ROTAZIONE (r.p.m.)	1.345
FAN SPEED (r.p.m.)	1.345
RENDIMENTO TOTALE (%)	75
TOTAL EFFICIENCY (%)	75
POTENZA ASSORBITA (KW)	26,5
ABSORBED POWER (KW)	26,5
PRESSIONE SONORA Lp=dB(A) a m	1,5
SOUND PRESSURE Lp=dB(A) at mt	1,5
DENSITA' DI RIFERIMENTO (kg/m3)	
REFERENCE DENSITY (kg/m3)	1,225

<b>Dati alle condizioni di funzionamento</b>	
<b>Data operating conditions</b>	
PORTATA (m³/h)	45.000
CAPACITY (m³/h)	45.000
TEMPERATURA FLUIDO (°C)	20
WORK TEMPERATURE (°C)	20
UMIDITA' RELATIVA (%)	0
RELATIVE HUMIDITY (%)	0
ALTITUDINE (m. s.l.m.)	0
ALTITUDE (m. s.l.s.)	0
PRESSIONE STATICA (mm.H₂O)	133
STATIC PRESSURE (mm.H₂O)	133
PRESSIONE STATICA in aspiraz. (mm.H₂O)	0
STATIC PRESSURE at inlet (mm.H₂O)	0
PRESSIONE TOTALE (mm.H₂O)	160
TOTAL PRESSURE (mm.H₂O)	160
POTENZA ASSORBITA (KW)	26,0
ABSORBED POWER (KW)	26,0
DENSITA' FLUIDO (kg/m3) (**)	
WORK DENSITY (kg/m3) (**)	1,204

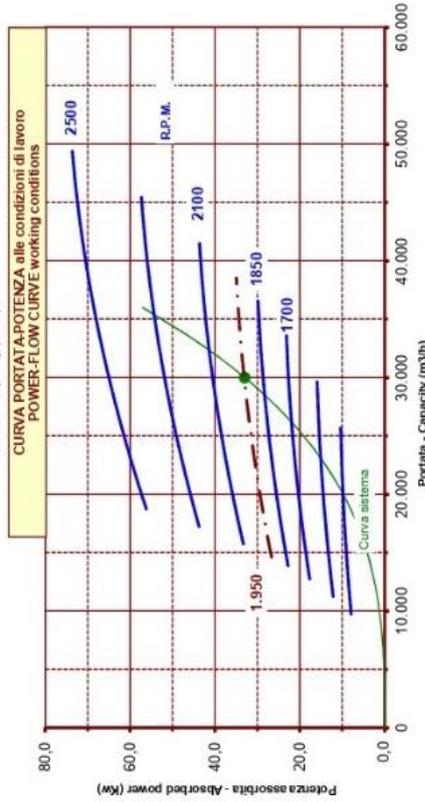
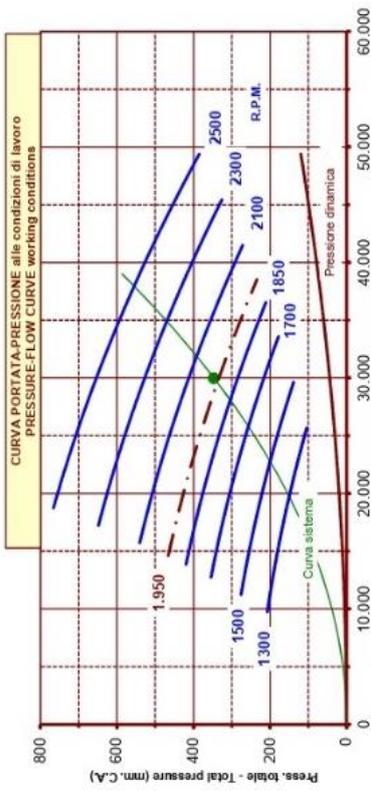
dati ventilatore / fan data		dati motore / motor data	
TIPO PALA	curva potenza	MARCA / TIPO	
BLADE TYPE	Backward curved	MARK / TYPE	
PD GRANTY (kg/m²)		PD MOTOR (kg/m²)	
GD IMPELLER (kg/m²)	45	GD MOTOR (kg/m²)	
DIAMETRO GRANTE (mm)	900	POTENZA (KW)	37,0
IMPELLER DIAMETER (mm)		POTENZA (KW)	
ESECUZIONE	12	VOLTS / HERTZ	400-600
ARRANGEMENT		R.P.M.	1480
		PESO VENTILAT. (kg)	
		MOTOR WEIGHT (kg)	

valori di potenza sonora Lw espressi in dB alle condizioni di lavoro		totale								
values of sound power Lw in dB, working conditions		total								
r.p.m.	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	Lw-dB	LP=dB(A)
1100	103	98	94	83	87	80	78	106	76	76
1200	105	100	96	91	89	82	80	107	80,5	80,5
1300	107	102	98	93	91	84	82	109	82,2	82,2
1500	110	105	101	96	94	90	87	112	85,3	85,3
1600	112	107	103	98	96	92	89	113	86,7	86,7
1.400	109	104	100	95	93	89	86	110	83,8	83,8

(\*) La pressione sonora Lp=dB(A) è misata come la media di valori rilevati attorno al ventilatore funzionante con bocca premere canalizzata e aspirante libera in campo libero di propagazione sonora - alla distanza di mt

(\*\*) Lp = Sound pressure dB (A) is defined as the average of readings taken around the ducted fan to operate by pressing the mouth and inlet free, free field - a distance of m.

**KVE02**



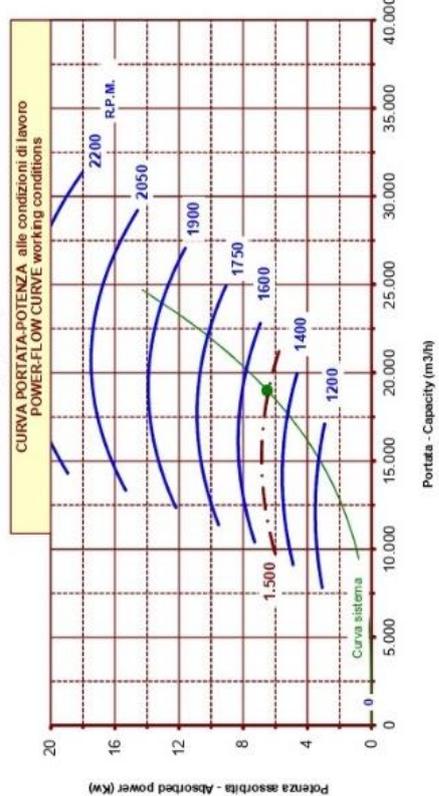
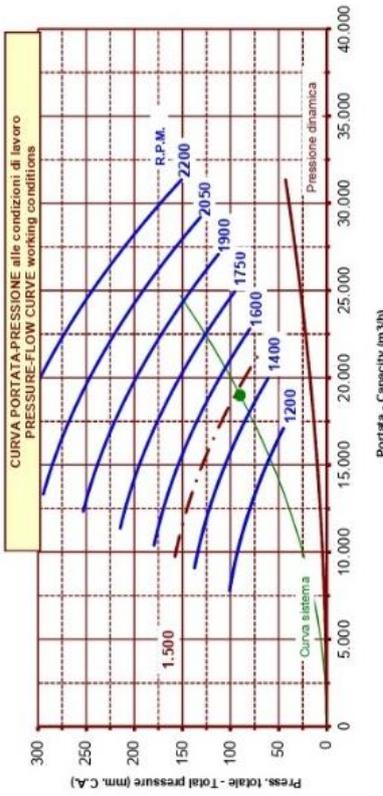
<b>Dati del catalogo (aria secca a +15°C e 760 mmHg)</b> Catalog data (dry air to +15 °C and 760 mmHg)	
PORTATA (m³/h)	30.000
CAPACITÀ (in³/min)	308
PRESSIONE STATICA (mm.H <sub>2</sub> O)	353
PRESSIONE TOTALE (mm.H <sub>2</sub> O)	2.340
VELOCITÀ DI ROTAZIONE (r.p.m.)	85,9
FAN SPEED (r.p.m.)	33,6
RENDIMENTO TOTALE (%)	91
TOTAL EFFICIENCY (%)	1,225
POTENZA ASSORBITA (kW)	
ABSORBED POWER (kW)	
PRESSIONE SONORA Lp=dB(A) a mt	1,5
SOUND PRESSURE Lp=dB(A) at mt	
DENSITÀ DI RIFERIMENTO (kg/m³)	
REFERENCE DENSITY (kg/m³)	

<b>Dati alle condizioni di funzionamento</b> Data operating conditions	
PORTATA (m³/h)	30.000
CAPACITÀ (in³/min)	20
TEMPERATURA FLUIDO (°C)	0
WORK TEMPERATURE (°C)	0
UMIDITÀ RELATIVA (%)	0
RELATIVE HUMIDITY (%)	0
ALTITUDINE (m. s.l.m.)	0
ALTITUDE (m. a.s.l.)	0
PRESSIONE STATICA (mm.H <sub>2</sub> O)	303
STATIC PRESSURE (mm.H <sub>2</sub> O)	0
PRESSIONE STATICA in aspirazione (mm.H <sub>2</sub> O)	0
STATIC PRESSURE at inlet (mm.H <sub>2</sub> O)	0
PRESSIONE TOTALE (mm.H <sub>2</sub> O)	347
TOTAL PRESSURE (mm.H <sub>2</sub> O)	33,0
POTENZA ASSORBITA (kW)	
ABSORBED POWER (kW)	
DENSITÀ FLUIDO (kg/m³)	1,204
WORK DENSITY (kg/m³) (*)	

<b>valori di potenza sonora Lw espressi in dB alle condizioni di lavoro</b> values of sound power Lw in dB, working conditions											
r.p.m.	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	totale total		
1300	106	107	97	90	86	83	81	81	108	108	108
1700	112	107	103	98	92	89	87	87	114	114	114
1850	114	109	105	100	96	94	91	89	116	116	116
2100	117	112	108	103	101	97	94	92	118	118	118
2300	119	114	110	105	103	99	96	94	120	120	120
2500	120	115	111	106	104	100	97	95	122	122	122
1.950	115	110	106	101	99	95	92	90	117	117	117
(*) La pressione sonora Lp=dB(A) è intesa come la media di valori rilevati attorno al ventilatore funzionante con bocca premiante e aspirante libere in campo libero di propagazione sonora - alla distanza di mt											
(**) Lp = Sound pressure dB (A) is defined as the average of readings taken around the ducted fan to operate by pressing the mouth and inlet free. Free field - a distance of m.											
1,5											

<b>dati ventilatore / fan data</b>		<b>dati motore / motor data</b>	
TIPO PALA	curva rovescia	MARCA / TIPO	
BLADE TYPE	Backward curved	MARK / TYPE	
PD' GRANTE (kg/m²)	26	PD' MOTORE (kg/m²)	
GD' IMPELLER (kg/m²)		GD' MOTOR (kg/m²)	
DIAMETRO GRANTE (mm)	800	POTENZA (kW)	45
IMPELLER DIAMETER (mm)		POWER (kW)	
ESECUZIONE	12	VOLTS / HERTZ	400 690/50
ARRANGEMENT		R.P.M.	1950
		R.P.M.	1460
		PESO MOTORE (kg)	
		FAN WEIGHT (kg)	

**KVE03**



<b>Dati del catalogo (aria secca a +15°C e 760 mmHg)</b> Catalog data (dry air to +15 °C and 760 mmHg)	
PORTATA (m <sup>3</sup> /h)	19.000
CAPACITÀ (m <sup>3</sup> /h)	19.000
PRESSIONE STATICA (mm.H <sub>2</sub> O)	75
PRESSIONE TOTALE (mm.H <sub>2</sub> O)	92
TOTAL PRESSURE (mm.H <sub>2</sub> O)	1.865
VELOCITÀ DI ROTAZIONE (r.p.m.)	72
FAN SPEED (r.p.m.)	6,6
RENDIMENTO TOTALE (%)	75
TOTAL EFFICIENCY (%)	1,5
POTENZA ASSORBITA (kW)	1,5
ABSORBED POWER (kW)	1,225
PRESSIONE SONORA Lp=dB(A) a m	
SOUND PRESSURE Lp=dB(A) at mt	
DENSITA' DI RIFERIMENTO (kg/m <sup>3</sup> )	
REFERENCE DENSITY (kg/m <sup>3</sup> )	

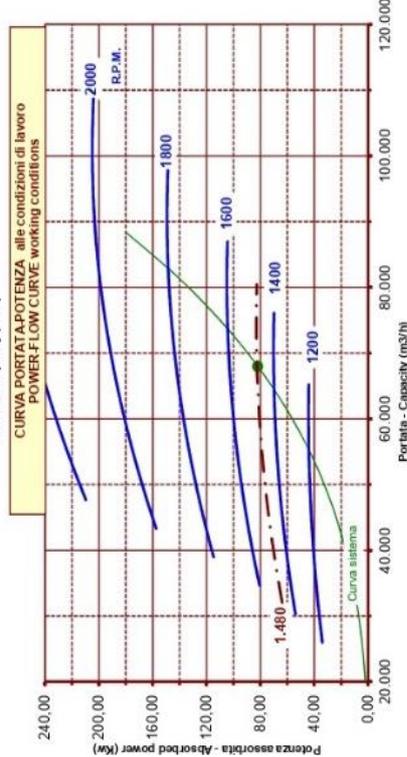
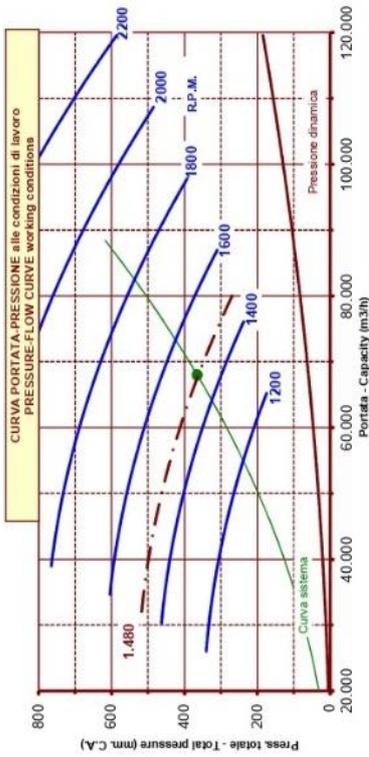
<b>Dati alle condizioni di funzionamento</b> Data operating conditions	
PORTATA (m <sup>3</sup> /h)	19.000
CAPACITÀ (m <sup>3</sup> /h)	20
TEMPERATURA FLUIDO (°C)	
WORK TEMPERATURE (°C)	
UMIDITÀ RELATIVA (%)	0
RELATIVE HUMIDITY (%)	
ALTITUDINE (m. s.l.m.)	0
ALTITUDE (m. a.s.l.)	
PRESSIONE STATICA (mm.H <sub>2</sub> O)	74
STATIC PRESSURE (mm.H <sub>2</sub> O)	
PRESSIONE STATICA in aspiraz. (mm.H <sub>2</sub> O)	0
STATIC PRESSURE at inlet (mm.H <sub>2</sub> O)	
PRESSIONE TOTALE (mm.H <sub>2</sub> O)	90
TOTAL PRESSURE (mm.H <sub>2</sub> O)	
POTENZA ASSORBITA (kW)	6,5
ABSORBED POWER (kW)	
DENSITA' FLUIDO (kg/m <sup>3</sup> ) (*)	1,204
WORK DENSITY (kg/m <sup>3</sup> ) (*)	

valori di potenza sonora Lw espressi in dB alle condizioni di lavoro		totali								
values of sound power Lw in dB, working conditions		total								
r.p.m.	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	Lw=dB total	Lp=dB(A)
1400	98	93	89	84	82	78	75	73	100	73,6
1600	101	96	92	87	85	81	78	76	103	76,5
1750	103	98	94	89	87	83	80	78	105	78,4
1900	105	100	96	91	89	85	82	80	107	80,2
2050	107	102	98	93	91	87	84	82	108	81,9
2200	108	103	99	94	92	88	85	83	110	83,4
1.500	100	95	91	86	84	80	77	75	102	75,1

(\*) La pressione sonora Lp=dB(A) è intesa come la media di valori rilevati attorno al ventilatore funzionante con bocca premile canalizzata e aspirante libera in campo libero di propagazione sonora - alla distanza di mt  
premise canalized and aspirating free in free field of sound propagation - at a distance of mt  
(\*) Lp = Sound pressure dB (A) is defined as the average of readings taken around the ducted fan to operate by pressing the mouth and inlet free, free field - a distance of m.

dati ventilatore / fan data		dati motore / motor data	
TIPO PALA	curva rovescia	MARCA / TIPO	
BLADE TYPE	Backward curved	MARK / TYPE	
PD GIRANTE (kgf/m <sup>2</sup> )	12	PD * MOTORE (kgf/m <sup>2</sup> )	
GD' IMPELLER (kgf/m <sup>2</sup> )		GD' * MOTOR (kgf/m <sup>2</sup> )	
DIAMETRO GIRANTE (mm)	670	POTENZA (kW)	9,2
IMPELLER DIAMETER (mm)		POWER (kW)	
ESECUZIONE	12	VOLTS / HERTZ	400-690-50
ARRANGEMENT		R.P.M.	1500
		PESO MOTORE (kg)	
		FAN WEIGHT (kg)	

**KVE04**



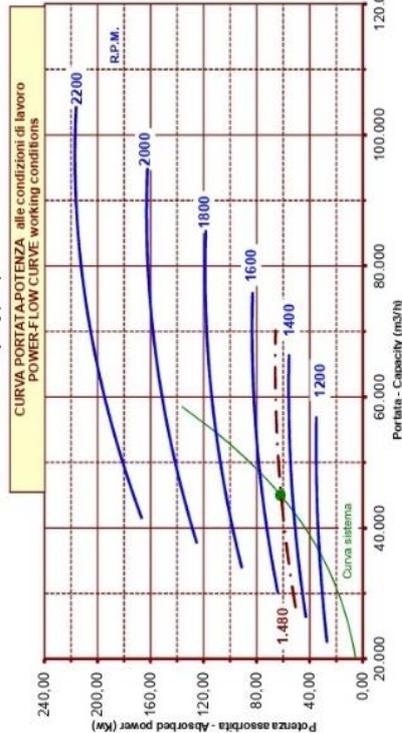
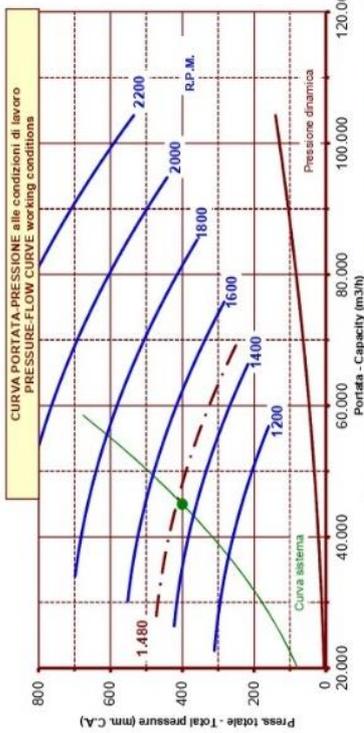
Dati del catalogo (aria secca a +15°C e 760 mmHg) Catalog data (dry air to +15 °C and 760 mmHg)	
PORTATA (m³/h) CAPACITY (m³/h)	68.000
PRESSIONE STATICA (mm.H <sub>2</sub> O) STATIC PRESSURE (mm.H <sub>2</sub> O)	310
PRESSIONE TOTALE (mm.H <sub>2</sub> O) TOTAL PRESSURE (mm.H <sub>2</sub> O)	371
VELOCITA' DI ROTAZIONE (r.p.m.) FAN SPEED (r.p.m.)	1.770
RENDIMENTO TOTALE (%) TOTAL EFFICIENCY (%)	82,4
POTENZA ASSORBITA (KW) ABSORBED POWER (KW)	83,4
PRESSIONE SONORA Lp=dB(A) a mt SOUND PRESSURE Lp=dB(A) at mt	1,5
DENSITA' DI RIFERIMENTO (kg/m3) REFERENCE DENSITY (kg/m3)	1,225

Dati alle condizioni di funzionamento Data operating conditions	
PORTATA (m³/h) CAPACITY (m³/h)	68.000
TEMPERATURA FLUIDO (°C) WORK TEMPERATURE (°C)	20
UMIDITA' RELATIVA (%) RELATIVE HUMIDITY (%)	0
ALTEZZA (m s.l.m.) ALTITUDE (m. a.s.l.)	0
PRESSIONE STATICA (mm.H <sub>2</sub> O) STATIC PRESSURE (mm.H <sub>2</sub> O)	305
PRESSIONE STATICA in aspiraz. (mm.H <sub>2</sub> O) STATIC PRESSURE at inlet (mm.H <sub>2</sub> O)	0
PRESSIONE TOTALE (mm.H <sub>2</sub> O) TOTAL PRESSURE (mm.H <sub>2</sub> O)	365
POTENZA ASSORBITA (KW) ABSORBED POWER (KW)	82,0
DENSITA' FLUIDO (kg/m3) (**) WORK DENSITY (kg/m3) (**)	1,204

valori di potenza sonora Lw espressi in dB alle condizioni di lavoro values of sound power Lw in dB, working conditions											
r.p.m.	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	totale total		
1200	113	108	104	99	97	93	90	88	115	Lw=dB	Lp=dB(A)
1400	116	111	107	102	100	96	93	91	118	88,2	88,2
1600	119	114	110	105	103	99	96	94	121	91,6	91,6
1800	122	117	113	108	106	102	99	97	124	94,5	94,5
2000	124	119	115	110	108	104	101	99	126	97,0	97,0
2200	126	121	117	112	110	106	103	101	128	99,3	99,3
1.480	118	113	109	104	102	98	95	93	119	92,8	92,8
(*) La pressione sonora Lp=dB(A) è intesa come la media di valori rilevati attorno al ventilatore funzionante con bocca premierie canalizzata e aspirante libera in campo libero di propagazione sonora - alla distanza di mt (**) Lp = Sound pressure dB (A) is defined as the average of readings taken around the ducted fan to operate by pressing the mouth and inlet free. free field - a distance of m.											

dati ventilatore / fan data		dati motore / motor data	
TIPO PALA BLADE TYPE	curva rovescia Backward curved	MARCA / TIPO MARK / TYPE	
PIU' GIRANTE (kgfm²) GD' IMPELLER (kgfm²)	1,25	PD' MOTORE (kgfm²) GD' MOTOR (kgfm²)	
DIAMETRO GIRANTE (mm) IMPELLER DIAMETER (mm)	1120	POTENZA (KW) POWER (KW)	110
ARRANGIAMENTO	12	VOLTS / HERTZ	400-500/50
R.P.M.	1480	R.P.M.	1480
PESO VENTILAT. (kg) FAN WEIGHT (kg)	1450	PESO MOTORE (kg) MOTOR WEIGHT (kg)	

**KVE06**



<b>Dati del catalogo (aria secca a +15°C e 760 mmHg)</b> Catalog data (dry air to +15°C and 760 mmHg)	
PORTATA (m³/h)	45.000
CAPACITÀ (m³/h)	380
PRESSIONE STATICA (mm.H₂O)	407
PRESSIONE TOTALE (mm.H₂O)	1.480
VELOCITÀ DI ROTAZIONE (r.p.m.)	1.480
FAN SPEED (r.p.m.)	1.480
RENDIMENTO TOTALE (%)	79,1
TOTAL EFFICIENCY (%)	63,1
POTENZA ASSORBITA (KW)	91,9
ABSORBED POWER (KW)	1,5
PRESSIONE SONORA Lp-dB(A) a mt	
SOUND PRESSURE Lp-dB(A) at mt	
DENSITA' DI RIFERIMENTO (kg/m3)	
REFERENCE DENSITY (kg/m3)	1,225

<b>Dati alle condizioni di funzionamento</b> Data operating conditions	
PORTATA (m³/h)	45.000
CAPACITÀ (m³/h)	20
TEMPERATURA FLUIDO (°C)	
WORK TEMPERATURE (°C)	
UMIDITA' RELATIVA (%)	0
RELATIVE HUMIDITY (%)	
ALTITUDINE (m. s.l.m.)	0
ALTITUDE (m. a.s.l.)	
PRESSIONE STATICA (mm.H₂O)	374
STATIC PRESSURE (mm.H₂O)	
PRESSIONE STATICA in aspiraz. (mm.H₂O)	0
STATIC PRESSURE at inlet (mm.H₂O)	
PRESSIONE TOTALE (mm.H₂O)	400
TOTAL PRESSURE (mm.H₂O)	
POTENZA ASSORBITA (KW)	62,0
ABSORBED POWER (KW)	
DENSITA' FLUIDO (kg/m3) (**)	1,204
WORK DENSITY (kg/m3) (**)	

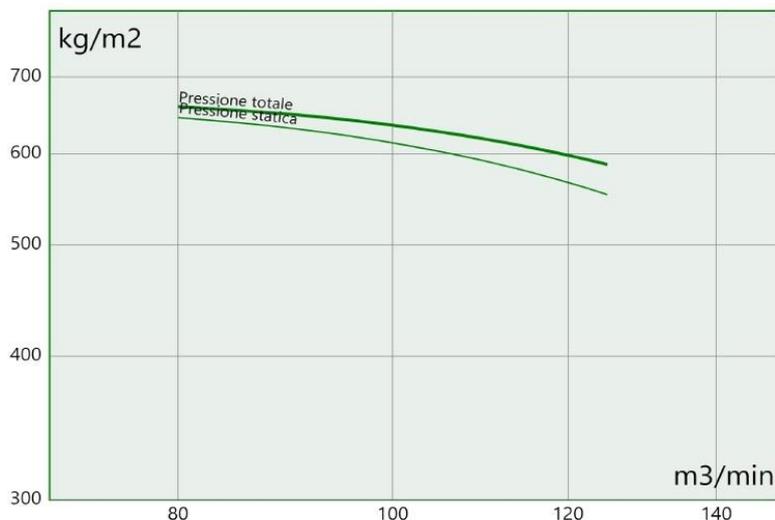
valori di potenza sonora Lw espressi in dB alle condizioni di lavoro		totale	
values of sound power Lw in dB, working conditions		total	
r.p.m.		Lw-dB	Lp-dB(A)
250	500	1k	8k
125	103	96	87
112	107	92	87,2
106	110	89	87
101	111	89	87
104	106	95	117
109	104	92	90,6
109	109	95	120
104	113	93	93,5
116	112	102	120
107	116	98	96
109	111	101	123
118	114	103	96,0
116	118	107	125
116	116	100	98,3
108	111	105	100,4
103	101	102	100,4
117	112	97	94
108	103	101	92
118	101	94	118
91,8			

(\*) La pressione sonora Lp-dB(A) è intesa come la media di valori rilevati attorno al ventilatore funzionante con bocca premessa canalizzata e aspirante libera in campo libero di propagazione sonora - alla distanza di mt  
(\*\*) Lp = Sound pressure dB (A) is defined as the average of readings taken around the ducted fan to operate by pressing the mouth and inlet free - free field - a distance of m.

dati ventilatore / fan data		dati motore / motor data	
TIPO PALA	curva rovescia	MARCA / TIPO	
BLADE TYPE	Backward curved	MARK / TYPE	
BP GIRANTE (kgf/m²)		BP MOTORE (kgf/m²)	
GP IMPELLER (kgf/m²)	125	GP MOTOR (kgf/m²)	
DIAMETRO GIRANTE (mm)		POTENZA (KW)	75
IMPELLER DIAMETER (mm)	1070	POWER (KW)	
ESECUZIONE		VOLTS / HERTZ	400-690-50
ARRANGEMENT		R.P.M.	1480
		PESO MOTORE (kg)	
		MOTOR WEIGHT (kg)	

## KVB01-02

 UTILIZZO	<input checked="" type="radio"/> PREMENTE <input type="radio"/> ASPIRANTE	MODELLO: 160 M - 2 poli - 50 Hz - 15 kW	
	TEMPERATURA 15 °C	ALTITUDINE 0 m	<input type="checkbox"/> INVERTER



 DATI
PRESS. DINAMICA
POT. ASSORBITA
RENDIMENTO
RUMORE
CARICO STATICO
CARICO DINAMICO

Grafico riferito ad aria a 15 °C - altitudine 0 m -  $\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$

VEL. DI ROTAZ. 2950 giri/min	PORTATA	PRESS. TOTALE	PRESS. STATICA	RESET
---------------------------------	---------	---------------	----------------	-------

 GRAFICO	CURVE <input checked="" type="radio"/> TOTALE <input type="radio"/> STATICA <input type="checkbox"/> POTENZA <input type="checkbox"/> RENDIMENTO	 UNITÀ DI MISURA	PORTATA	PRESS.
	SCALA <input type="radio"/> LINEARE <input checked="" type="radio"/> LOGARITMICA		m³/min	in wg
			POTENZA	FORZA
			kW	kg

Portata	80 - 125 m³/min
Pressione aspirante	542 - 603 kg/m²
Pressione premente	588 - 660 kg/m²
Motore installato	160 M - 2 poli
Potenza installata	15 KW
Velocità di rotazione	2950 giri/min
Velocità limite	3000 giri/min
Tipo fluido	Pulita
Flangia aspirante	diametro 361 mm
Flangia premente	355 x 250 mm
Peso senza motore	160 Kg
PD2	3.5 Kgm²

### Note generali:

Ventilatore orientabile.  
Nella modalità INVERTER si prega di fare attenzione al possibile surriscaldamento del motore a rpm/Hz inferiori a quelli nominali.

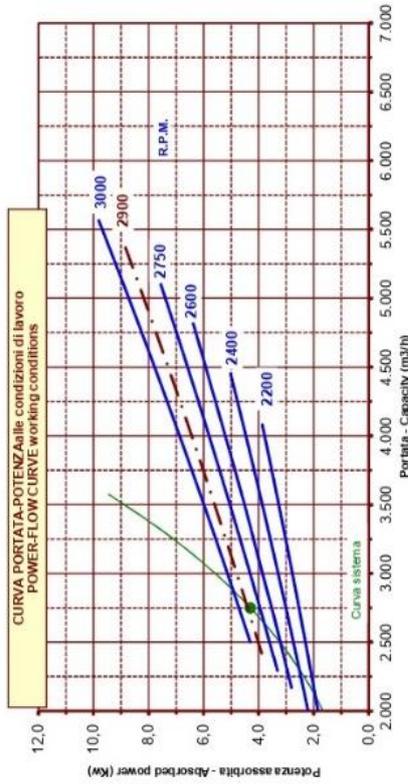
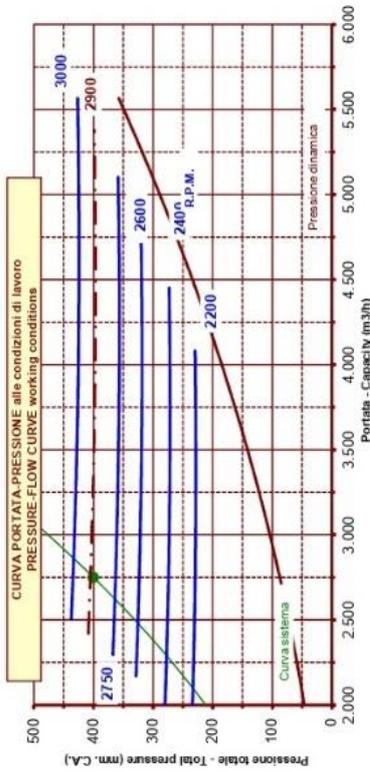
### Note zona gialla:

ATTENZIONE: possibile sovraccarico del motore e/o possibile limite meccanico della girante, eventualmente contattare ufficio tecnico.

### Note grafico:

Giri massimi ammissibili:  
0...150°C= 3540giri/min.  
>3000 giri/min : contattare ufficio tecnico .  
Temperatura massima per ventilatori direttamente accoppiati: 150°C.  
Per temperature >150°C o <0°C contattare l'ufficio tecnico.

**KVB03-08**



Dati del catalogo (aria secca a +15°C e 760 mmHg) Catalog data (dry air to +15 °C and 760 mmHg)	
PORTATA (m³/h)	2.750
CAPACITÀ (m³/h)	316
PRESSIONE STATICA (mm.H <sub>2</sub> O)	407
STATIC PRESSURE (mm.H <sub>2</sub> O)	407
PRESSIONE TOTALE (mm.H <sub>2</sub> O)	2.900
TOTAL PRESSURE (mm.H <sub>2</sub> O)	2.900
VELOCITÀ DI ROTAZIONE (r.p.m.)	2.900
FAN SPEED (r.p.m.)	2.900
RENDIMENTO TOTALE (%)	70
TOTAL EFFICIENCY (%)	70
POTENZA ASSORBITA (KW)	4
ABSORBED POWER (KW)	4
PRESSIONE SONORA Lp=dB(A) a m	1,5
SOUND PRESSURE Lp=dB(A) at mt	1,5
DENSITA' DI RIFERIMENTO (kg/m³)	1,225
REFERENCE DENSITY (kg/m³)	1,225

Dati alle condizioni di funzionamento Data operating conditions	
PORTATA (m³/h)	2.750
CAPACITÀ (m³/h)	20
TEMPERATURA FLUIDO (°C)	20
WORK TEMPERATURE (°C)	20
UMIDITÀ RELATIVA (%)	0
RELATIVE HUMIDITY (%)	0
ALTITUDINE (m. s.l.m.)	0
ALTITUDE (m. a.s.l.)	0
PRESSIONE STATICA (mm.H <sub>2</sub> O)	311
STATIC PRESSURE (mm.H <sub>2</sub> O)	311
PRESSIONE STATICA in aspiraz. (mm.H <sub>2</sub> O)	0
STATIC PRESSURE at inlet (mm.H <sub>2</sub> O)	0
PRESSIONE TOTALE (mm.H <sub>2</sub> O)	400
TOTAL PRESSURE (mm.H <sub>2</sub> O)	400
POTENZA ASSORBITA (KW)	4,30
ABSORBED POWER (KW)	4,30
DENSITA' FLUIDO (kg/m³) (*)	1,204
WORK DENSITY (kg/m³) (*)	1,204

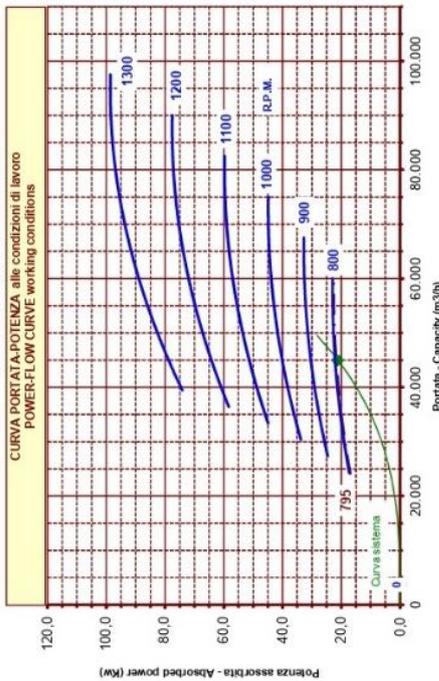
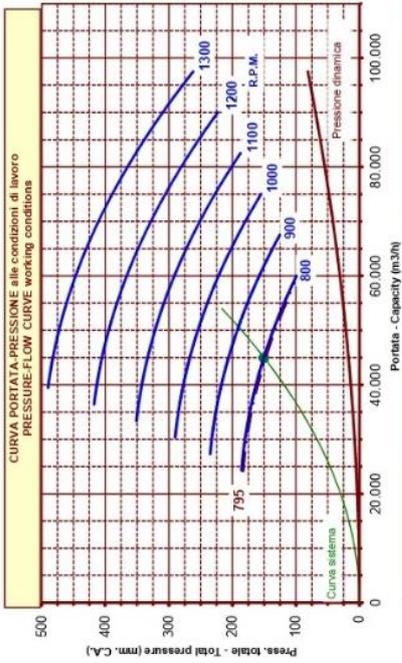
valori di potenza sonora Lw espressi in dB alle condizioni di lavoro values of sound power Lw in dB, working conditions		totale total	
r.p.m.	63 125 250 500	1k 2k 4k 8k	Lw-dB Lp-dB(A)
2200	98 84 82 82	78 75 73 73	100 73,6
2400	98 84 82 82	78 75 73 73	102 75,5
2600	102 98 94 89	82 79 77 77	104 77,3
2750	103 98 94 89	83 80 78 78	105 78,5
3000	105 100 96 91	85 82 80 80	107 80,4
2.900	104 99 95 90	84 81 79 79	106 79,6

(\*) La pressione sonora Lp=dB(A) è intesa come la media di valori rilevati attorno al ventilatore funzionante con bocca  
prementale canalizzata e aspirante libera in campo libero di propagazione sonora - alla distanza di mt  
(\*) Lp = Sound pressure dB (A) is defined as the average of readings taken around the ducted fan to operate by pressing the mouth and inlet free. Free field - a distance of m.

dati ventilatore / fan data		dati motore / motor data	
TIPO PALE BLADE TYPE	curva rovescia Backward curved	MARCA / TIPO MARK / TYPE	
BP7 GIRANTE (kgf/m <sup>2</sup> ) GP / IMPELLER (kgf/m <sup>2</sup> )	0,52	BP7 MOTORE (kgf/m <sup>2</sup> ) GP / MOTOR (kgf/m <sup>2</sup> )	
DIAMETRO GIRANTE (mm) IMPELLER DIAMETER (mm)	480	POTENZA (KW) POWER (KW)	5,5
ESECUZIONE ARRANGEMENT	4	VOLTS / HERTZ	230-400/50
R.P.M.	2900	R.P.M.	2900
PESO VENTILAT. (kg) FAN WEIGHT (kg)	45	PESO MOTORE (kg) MOTOR WEIGHT (kg)	

## 10.2. Allegato B: curve caratteristiche dei ventilatori proposti dal Fornitore A

**KVE01**



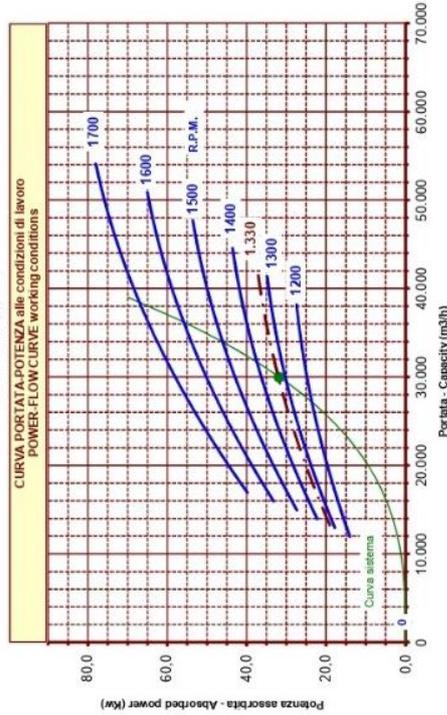
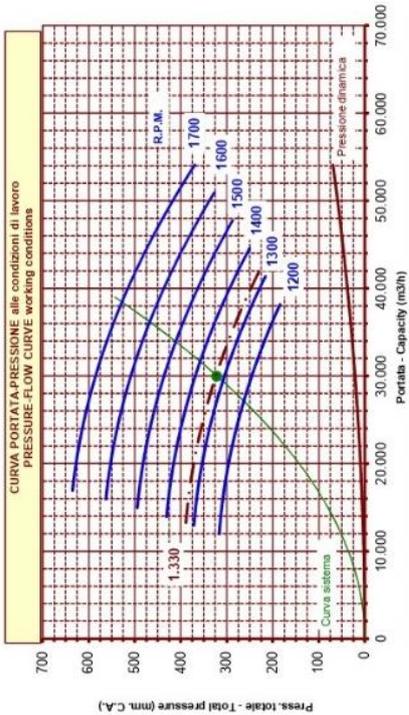
<b>Dati del catalogo (aria secca a +15°C e 760 mmHg)</b> Catalog data (dry air at +15 °C and 760 mmHg)	
PORTATA (m³/h) CAPACITY (m³/h)	45.000
PRESSIONE STATICA (mm.H <sub>2</sub> O) STATIC PRESSURE (mm.H <sub>2</sub> O)	133
PRESSIONE TOTALE (mm.H <sub>2</sub> O) TOTAL PRESSURE (mm.H <sub>2</sub> O)	150
VELOCITÀ DI ROTAZIONE (r.p.m.) FAN SPEED (r.p.m.)	795
RENDIMENTO TOTALE (%) TOTAL EFFICIENCY (%)	87,0
POTENZA ASSORBITA (kW) ABSORBED POWER (kW)	21,2
PRESSIONE SONORA Lp=dB(A) a mt SOUND PRESSURE Lp=dB(A) at mt	1,5
DENSITÀ DI RIFERIMENTO (kg/m³) REFERENCE DENSITY (kg/m³)	83
	1,225

<b>Dati alle condizioni di funzionamento</b> Data operating conditions	
PORTATA (m³/h) CAPACITY (m³/h)	45.000
TEMPERATURA FLUIDO (°C) WORK TEMPERATURE (°C)	15
UMIDITÀ RELATIVA (%) RELATIVE HUMIDITY (%)	0
ALTITUDINE (m. s.l.m.) ALTITUDE (m. a.s.l.)	0
PRESSIONE STATICA (mm.H <sub>2</sub> O) STATIC PRESSURE (mm.H <sub>2</sub> O)	133
PRESSIONE STATICA in aspiraz. (mm.H <sub>2</sub> O) STATIC PRESSURE at inlet (mm.H <sub>2</sub> O)	0
PRESSIONE TOTALE (mm.H <sub>2</sub> O) TOTAL PRESSURE (mm.H <sub>2</sub> O)	150
POTENZA ASSORBITA (kW) ABSORBED POWER (kW)	21,2
DENSITÀ FLUIDO (kg/m³) (**) WORK DENSITY (kg/m³) (**)	1,225

<b>valori di potenza sonora Lw espressi in dB alle condizioni di lavoro</b> values of sound power Lw in dB, working conditions									
r.p.m.	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	totale total
800	108	103	99	94	88	85	83	110	Lw=dB Lp=dB(A)
900	111	106	102	97	95	91	88	86	113
1000	113	108	104	100	99	97	93	90	115
1100	115	110	106	101	99	96	92	90	117
1200	117	112	108	103	101	97	94	92	119
1300	119	114	110	105	103	99	96	94	121
795	108	103	99	94	88	85	83	110	83,3
(**) La pressione sonora Lp=dB(A) è intesa come la media di valori rilevati attorno al ventilatore funzionante con bocca piemonte canalizzata e aspirante libera in campo libero di propagazione sonora - alla distanza di mt Field - a distance of m.									

<b>dati ventilatore / fan data</b>		<b>dati motore / motor data</b>	
TIPO PALA BLADE TYPE	curva rovescia Backward curved	MARCA / TIPO MARK / TYPE	
PP GIRANTE (kg/m²) PP IMPELLER (kg/m²)	220	PP MOTORE (kg/m²) PP MOTOR (kg/m²)	
DIAMETRO GIRANTE (mm) IMPELLER DIAMETER (mm)	1230	POTENZA (kW) POWER (kW)	30
ESECUZIONE ARRANGEMENT	12	VOLTS / HERTZ	400-600
R.P.M.	795	R.P.M.	1450
PESO VENTILAT. (kg) FAN WEIGHT (kg)	1500	PESO MOTORE (kg) MOTOR WEIGHT (kg)	

**KVE02**



Dati del catalogo (aria secca a +15°C e 760 mmHg) Catalog data (dry air to +15 °C and 760 mmHg)	
PORTATA (m³/h)	30.000
CAPACITY (m³/h)	30.000
PRESSIONE STATICA (mm.H <sub>2</sub> O)	300
STATIC PRESSURE (mm.H <sub>2</sub> O)	300
PRESSIONE TOTALE (mm.H <sub>2</sub> O)	321
TOTAL PRESSURE (mm.H <sub>2</sub> O)	321
VELOCITÀ DI ROTAZIONE (r.p.m.)	1.330
FAN SPEED (r.p.m.)	1.330
RENDIMENTO TOTALE (%)	83
TOTAL EFFICIENCY (%)	83
POTENZA ASSORBITA (kW)	31,8
ABSORBED POWER (kW)	31,8
PRESSIONE SONORA L <sub>p</sub> =dB(A) a mt	1,5
SOUND PRESSURE L <sub>p</sub> =dB(A) at mt	1,5
DENSITÀ DI RIFERIMENTO (kg/m <sup>3</sup> )	1,225
REFERENCE DENSITY (kg/m <sup>3</sup> )	1,225

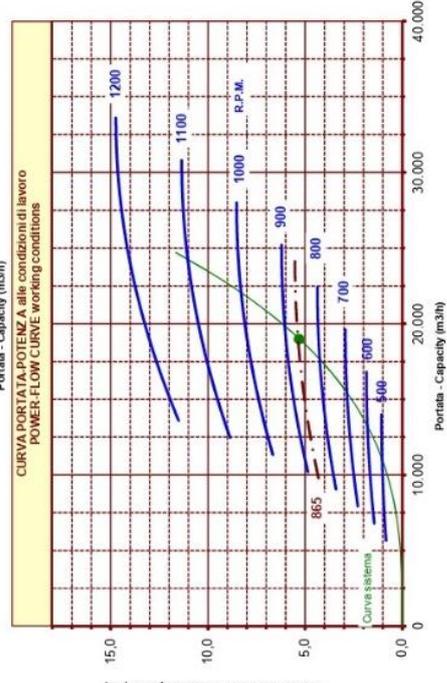
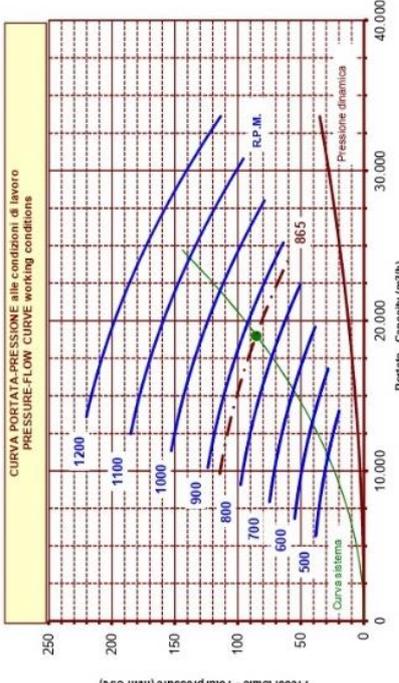
Dati alle condizioni di funzionamento Data operating conditions	
PORTATA (m³/h)	30.000
CAPACITY (m³/h)	30.000
TEMPERATURA FLUIDO (°C)	15
WORK TEMPERATURE (°C)	15
UMIDITÀ RELATIVA (%)	0
RELATIVE HUMIDITY (%)	0
ALTITUDINE (m s.l.m.)	0
ALTITUDE (m. a.s.l.)	0
PRESSIONE STATICA (mm.H <sub>2</sub> O)	300
STATIC PRESSURE (mm.H <sub>2</sub> O)	300
PRESSIONE STATICA in aspiraz. (mm.H <sub>2</sub> O)	0
STATIC PRESSURE at inlet (mm.H <sub>2</sub> O)	0
PRESSIONE TOTALE (mm.H <sub>2</sub> O)	321
TOTAL PRESSURE (mm.H <sub>2</sub> O)	321
POTENZA ASSORBITA (kW)	31,8
ABSORBED POWER (kW)	31,8
DENSITÀ FLUIDO (kg/m <sup>3</sup> ) (*)	1,225
WORK DENSITY (kg/m <sup>3</sup> ) (*)	1,225

valori di potenza sonora L <sub>w</sub> espressi in dB alle condizioni di lavoro values of sound power L <sub>w</sub> in dB, working conditions									
r.p.m.	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	totale total
1200	111	106	102	97	95	91	88	86	113
1300	112	107	103	98	96	92	89	87	114
1400	114	109	105	100	98	94	91	89	116
1500	116	111	107	102	100	96	93	91	117
1600	117	112	108	103	101	97	94	92	119
1700	118	113	109	104	102	98	95	93	120
1.330	113	108	104	99	97	93	90	88	115
									88,1
									1,5

(\*) La pressione sonora L<sub>p</sub>=dB(A) è intesa come la media di valori rilevati attorno al ventilatore funzionante con bocca premessa canalizzata e aspirante libera in campo libero di propagazione sonora - alla distanza di mt  
(\*\*) L<sub>p</sub> = Sound pressure dB (A) is defined as the average of readings taken around the ducted fan to operate by pressing the mouth and inlet free, free field - a distance of m.

dati ventilatore / fan data		dati motore / motor data	
TIPO PALLA	curva rovescia Backward curved	MARCA / TIPO	
BLADE TYPE		MARK / TYPE	
PD/GRANTE (kgf/m <sup>2</sup> )	52	PD/ MOTORE (kgf/m <sup>2</sup> )	
CD/ IMPELLER (kgf/m <sup>2</sup> )		CD/ MOTOR (kgf/m <sup>2</sup> )	
DIAMETRO GRANTE (mm)	1000	POTENZA (kW)	37
IMPELLER DIAMETER (mm)		POWER (kW)	
ESECUZIONE	12	VOLTS / HERTZ	400-50
ARRANGEMENT		R.P.M.	1330
		PESO MOTORE (kg)	1450
		FAN WEIGHT (kg)	850

**KVE03**



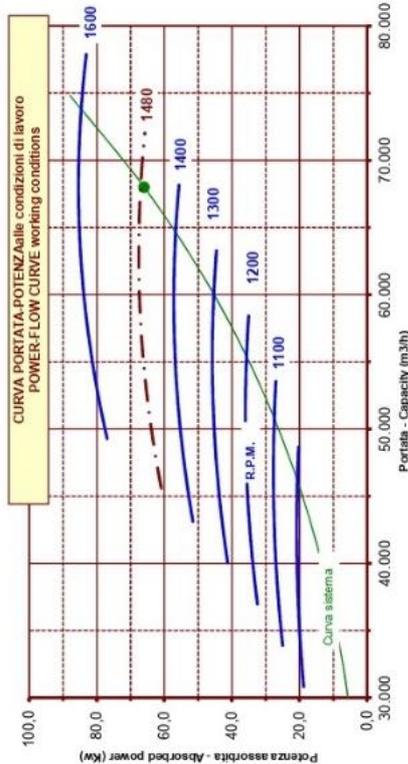
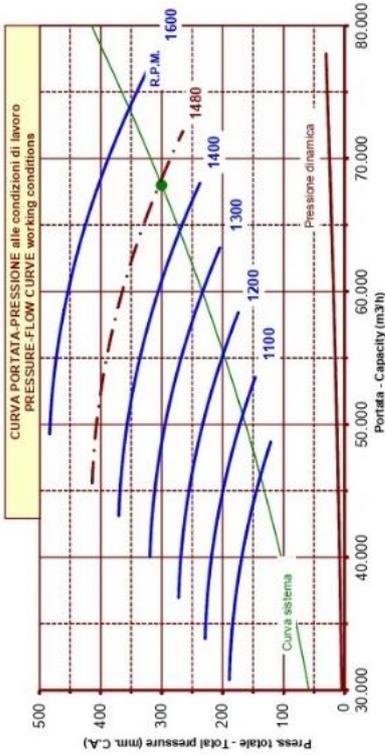
Dati del catalogo (aria secca a +15°C e 760 mmHg) Catalog data (dry air to +15 ° C and 760 mmHg)	
PORTATA (m³/h)	19.000
PRESSIONE STATICA (mm.H <sub>2</sub> O)	74
PRESSIONE TOTALE (mm.H <sub>2</sub> O)	85
VELOCITÀ DI ROTAZIONE (r.p.m.)	865
RENDIMENTO TOTALE (%)	83
POTENZA ASSORBITA (kW)	5,3
PRESSIONE SONORA Lp=dB(A) a mt	75
DENSITÀ DI RIFERIMENTO (kg/m <sup>3</sup> )	1,225

Dati alle condizioni di funzionamento Data operating conditions	
PORTATA (m³/h)	19.000
CAPACITÀ (m³/h)	15
TEMPERATURA FLUIDO (°C)	0
UMIDITÀ RELATIVA (%)	0
ALTITUDINE (m. s.l.m.)	0
PRESSIONE STATICA (mm.H <sub>2</sub> O)	74
PRESSIONE STATICA in aspiraz. (mm.H <sub>2</sub> O)	0
PRESSIONE TOTALE (mm.H <sub>2</sub> O)	85
POTENZA ASSORBITA (kW)	5,3
DENSITÀ FLUIDO (kg/m <sup>3</sup> ) (*)	1,225

Valori di potenza sonora Lw espressi in dB alle condizioni di lavoro values of sound power Lw in dB, working conditions									
r.p.m.	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	totale total
700	95	90	86	81	79	75	72	70	Lp=dB(A)
800	98	93	89	84	82	78	75	73	70,0
900	100	95	91	86	84	80	77	75	72,9
1000	103	96	94	89	87	83	80	78	75,5
1100	105	100	96	91	89	85	82	80	77,8
1200	107	102	98	93	91	87	84	82	79,8
	865	99	94	90	83	79	76	74	74,6
(*) La pressione sonora Lp=dB(A) è intesa come la media di valori rilevati attorno al ventilatore funzionante con bocca premessa canalizzata e aspirante libera in campo libero di propagazione sonora - alla distanza di mt									
(**) Lp = Sound pressure dB (A) is defined as the average of readings taken around the ducted fan to operate by pressing the mouth and inlet free field - a distance of m.									

dati ventilatore / fan data		dati motore / motor data	
TIPO PALA	curva rovescia	MARCA / TIPO	
BLADE TYPE	Backward curved	MARK / TYPE	
PV GIRANTE (kg/m <sup>2</sup> )	37	PV MOTORE (kg/m <sup>2</sup> )	
GV IMPELLER (kg/m <sup>2</sup> )		GV MOTOR (kg/m <sup>2</sup> )	
DIAMETRO GIRANTE (mm)	900	POTENZA (kW)	7,5
IMPELLER DIAMETER (mm)		POWER (kW)	
ESECUZIONE	12	VOLTS / HERTZ	400 / 3 / 50
ARRANGEMENT		R.P.M.	865
		R.P.M.	1450
PESO VENTILAT. (kg)	850	PESO MOTORE (kg)	
FAN WEIGHT (kg)		MOTOR WEIGHT (kg)	

**KVE04**



<b>Dati del catalogo (aria secca a +15°C e 760 mmHg)</b> Catalog data (dry air to +15 °C and 760 mmHg)	
PORTATA (m³/h) CAPACITY (m³/h)	68.000
PRESSIONE STATICA (mm.H <sub>2</sub> O) STATIC PRESSURE (mm.H <sub>2</sub> O)	180
PRESSIONE TOTALE (mm.H <sub>2</sub> O) TOTAL PRESSURE (mm.H <sub>2</sub> O)	305
VELOCITÀ DI ROTAZIONE (r.p.m.) FAN SPEED (r.p.m.)	1.480
RENDIMENTO TOTALE (%) TOTAL EFFICIENCY (%)	84
POTENZA ASSORBITA (kW) ABSORBED POWER (kW)	67,1
PRESSIONE SONORA Lp=dB(A) a m SOUND PRESSURE Lp=dB(A) at mt	1,5
DENSITÀ DI RIFERIMENTO (kg/m <sup>3</sup> ) REFERENCE DENSITY (kg/m <sup>3</sup> )	1,225

<b>Dati alle condizioni di funzionamento</b> Data operating conditions	
PORTATA (m³/h) CAPACITY (m³/h)	68.000
TEMPERATURA FLUIDO (°C) WORK TEMPERATURE (°C)	20
UMIDITÀ RELATIVA (%) RELATIVE HUMIDITY (%)	0
ALTITUDE (m. s.l.m.) ALTITUDE (m. a.s.l.)	0
PRESSIONE STATICA (mm.H <sub>2</sub> O) STATIC PRESSURE (mm.H <sub>2</sub> O)	177
PRESS. STATICA in aspiraz. (mm.H <sub>2</sub> O) STATIC PRESS. at inlet (mm.H <sub>2</sub> O)	0
PRESSIONE TOTALE (mm.H <sub>2</sub> O) TOTAL PRESSURE (mm.H <sub>2</sub> O)	300
POTENZA ASSORBITA (kW) ABSORBED POWER (kW)	66,0
DENSITÀ FLUIDO (kg/m <sup>3</sup> ) (*) WORK DENSITY (kg/m <sup>3</sup> ) (**)	1,204

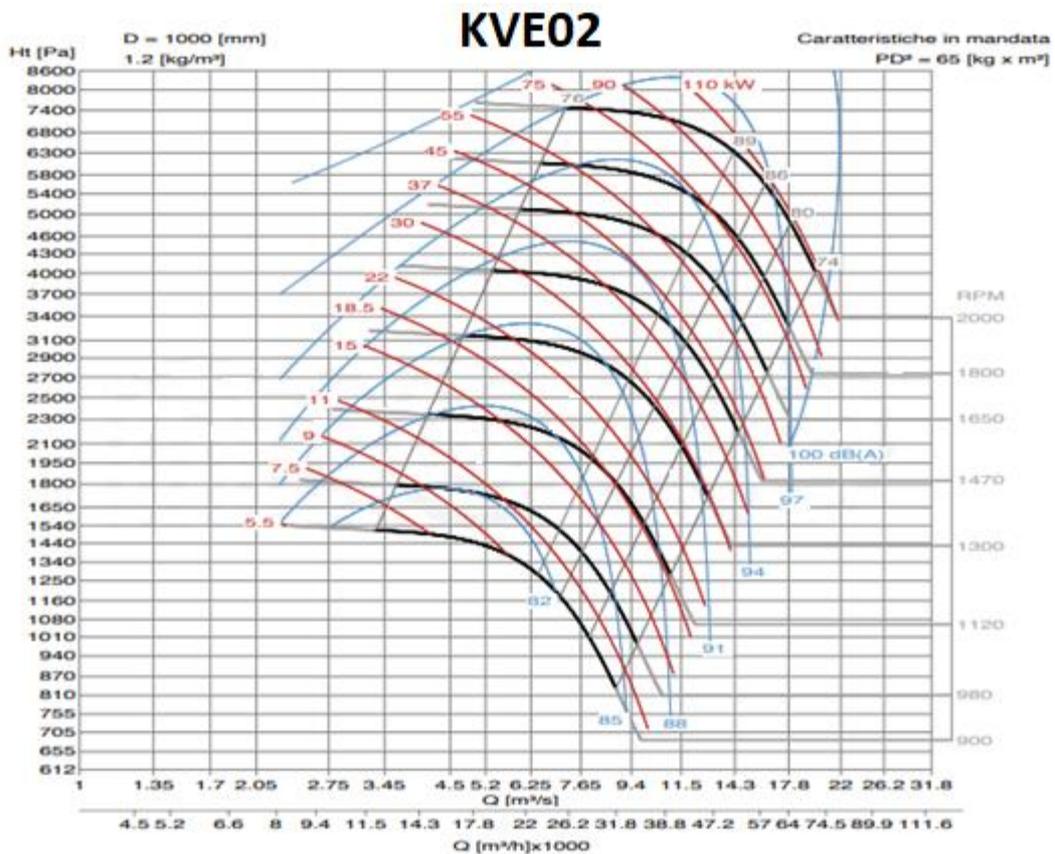
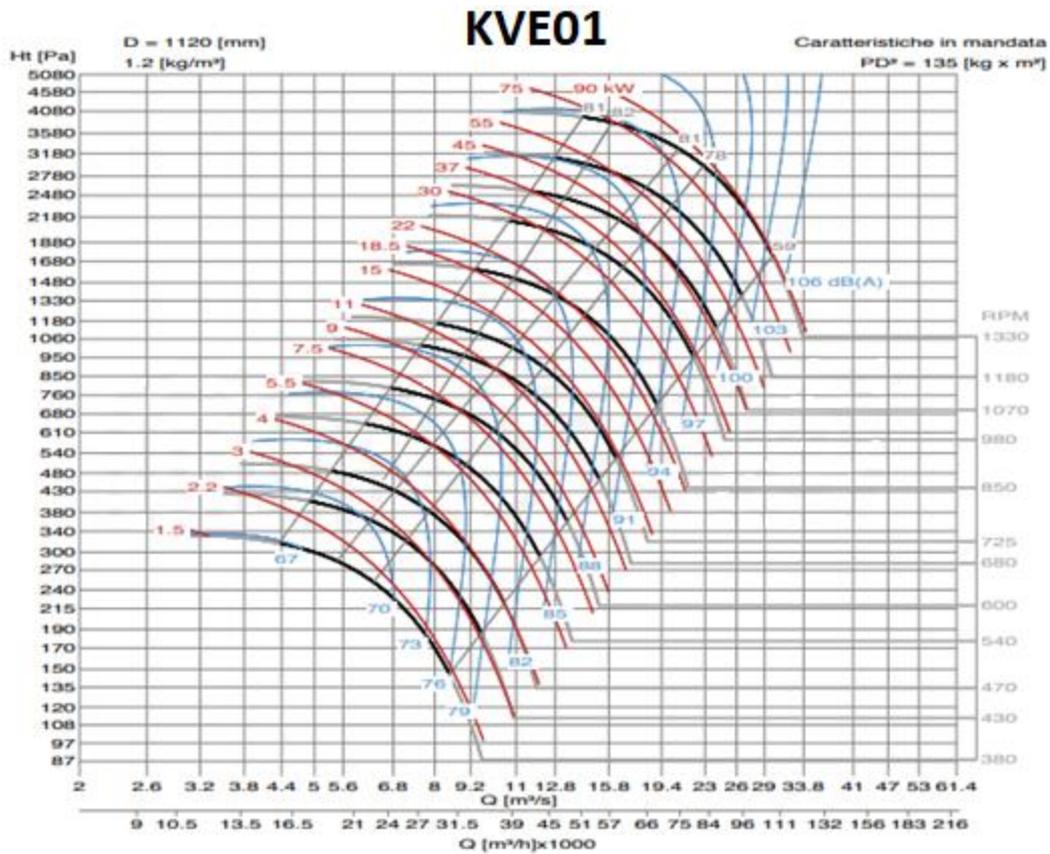
<b>valori di potenza sonora Lw espressi in dB alle condizioni di lavoro</b> values of sound power Lw in dB, working conditions									
r.p.m.	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	totale total
1000	105	100	96	91	89	85	82	80	Lw=dB Lp=dB(A)
1100	107	102	98	93	91	87	84	82	107
1200	109	104	100	95	93	89	86	84	109
1300	111	106	102	97	95	91	88	86	111
1400	113	108	104	99	97	93	90	88	113
1600	116	111	107	102	100	96	93	91	114
1480	114	109	105	100	98	94	91	89	116
									89,1

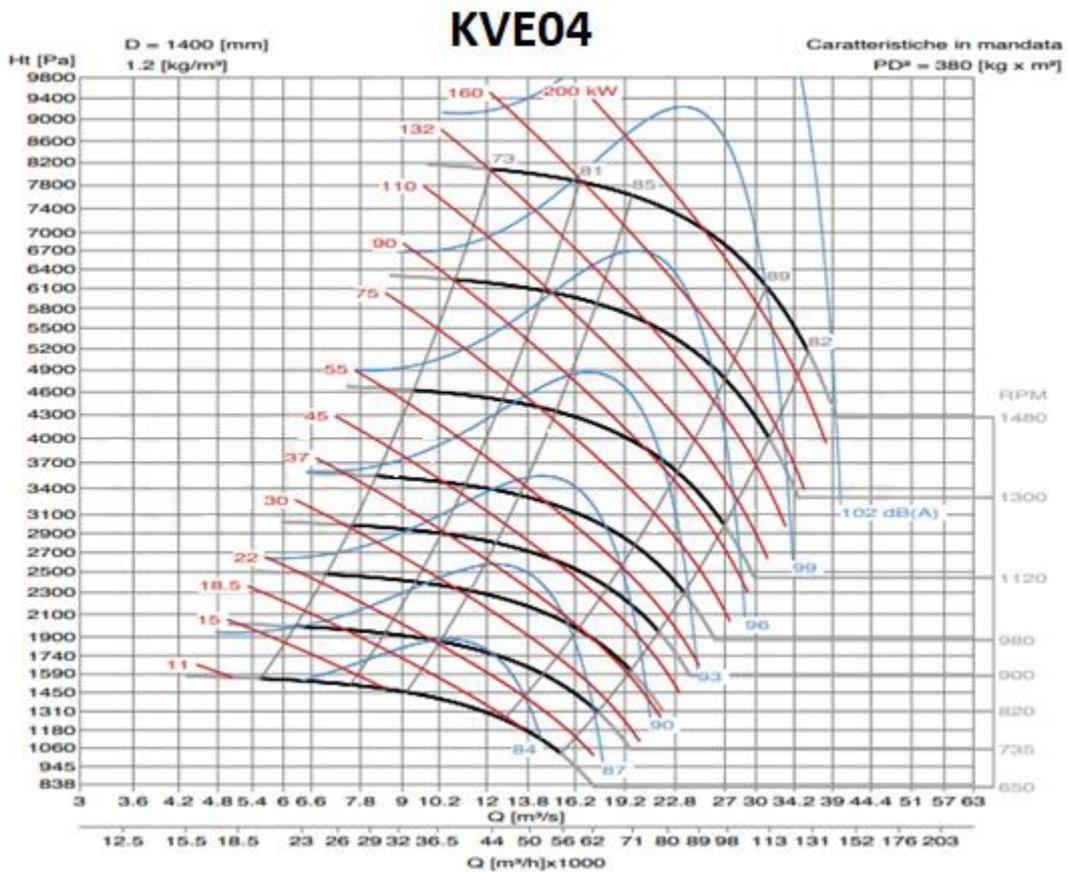
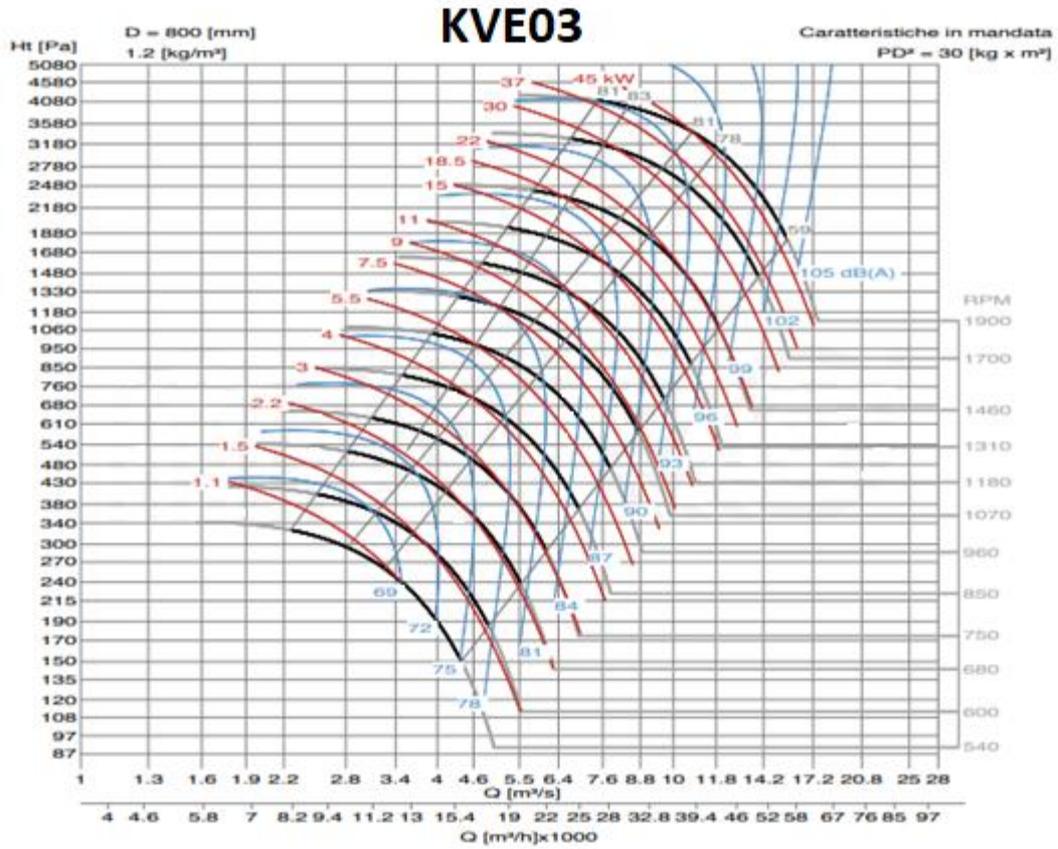
(\*) La pressione sonora Lp=dB(A) è intesa come la media di valori rilevati attorno al ventilatore funzionante con bocca premiente e aspirante canalizzata, in campo libero di propagazione sonora - alla distanza di mt  
(\*\*) Lp = Sound pressure dB (A) is defined as the average of readings taken around the ducted fan. See field - a distance of m.

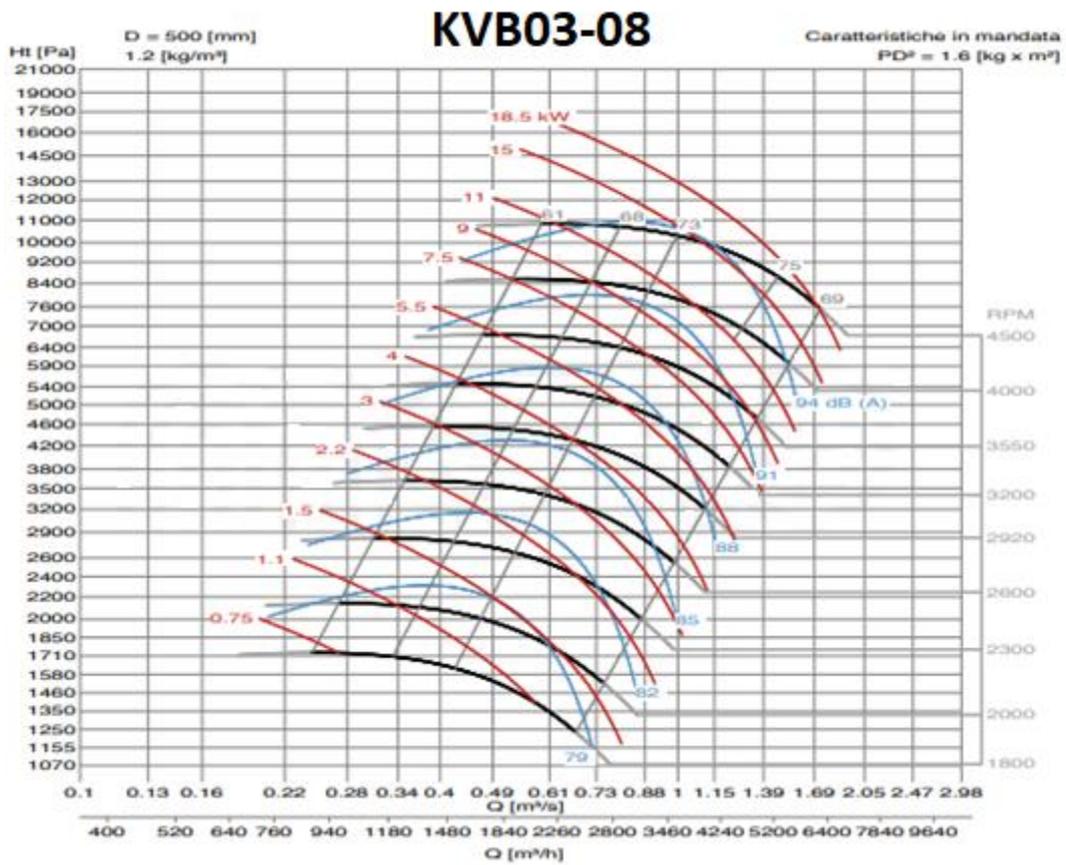
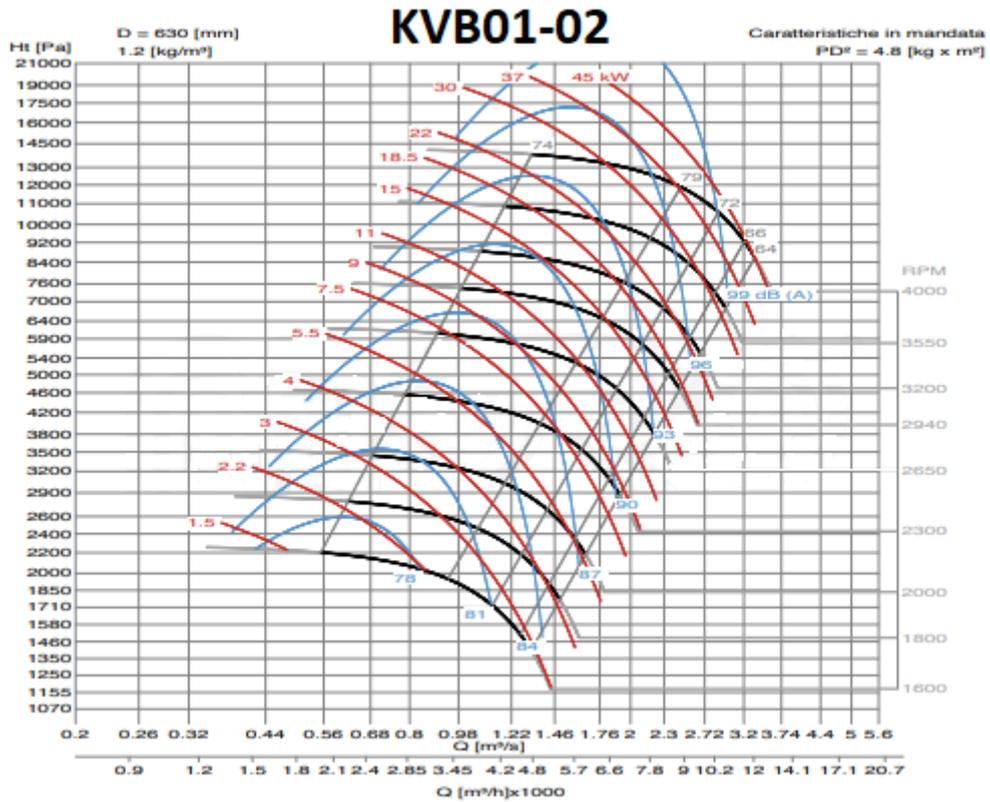
<b>dati ventilatore / fan data</b>		<b>dati motore / motor data</b>	
TIPO PALA BLADE TYPE	airfoil airfoil	MARCA / TIPO MARK / TYPE	
PD* GIRANTE (kgf/m <sup>2</sup> ) GD* IMPELLER (kgf/m <sup>2</sup> )		PD* MOTORE (kgf/m <sup>2</sup> ) GD* MOTOR (kgf/m <sup>2</sup> )	-----
DIAMETRO GIRANTE (mm) IMPELLER DIAMETER (mm)	1100	POTENZA (kW) POWER (kW)	75
ESECUZIONE ARRANGEMENT	12	VOLTS / HERTZ	400-690
R.P.M.	1480	R.P.M.	1480
PESO VENTILAT. (kg) FAN WEIGHT (kg)		PESO MOTORE (kg) MOTOR WEIGHT (kg)	



### 10.3. Allegato C: curve caratteristiche dei ventilatori proposti dal Fornitore B







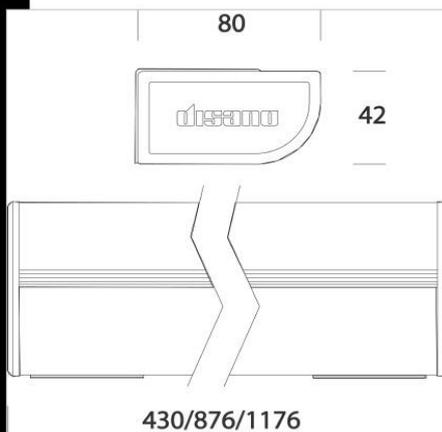
## 10.4. Allegato D: schede tecniche degli apparecchi luminosi a LED utilizzati

420 Rigo - LED

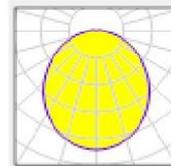


Download

DXF 2D  
- 420n.dxf  
Montaggi  
- rigo.pdf



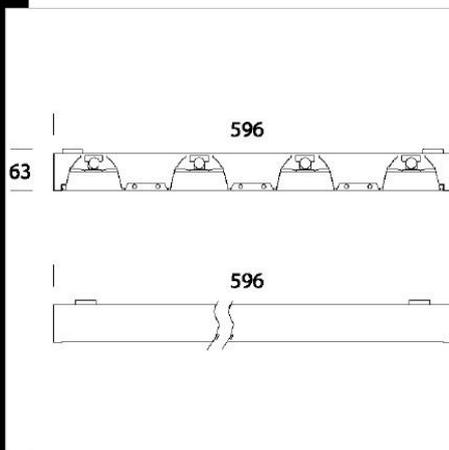
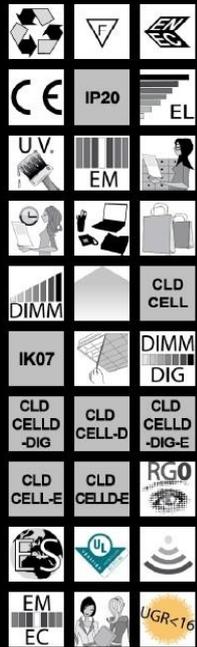
Curva fotometrica



Code	Gear	Kg	Lumen Output-K-CRI	WTot	Colour
214566-00	CLD CELL	1.21	LED-1906lm-4000K-CRI 80	18 W	BIANCO
214567-00	CLD CELL	1.52	LED-2858lm-4000K-CRI 80	28 W	BIANCO
214567-54	CLD CELL	1.56	LED-2858lm-4000K-CRI 80	28 W	BIANCO
214567-92	CLD CELL	1.54	LED-2858lm-4000K-CRI 80	28 W	BIANCO
214566-92	CLD CELL	1.25	LED-1906lm-4000K-CRI 80	18 W	BIANCO
214565-00	CLD CELL	0.80	LED-833lm-4000K-CRI 80	8 W	BIANCO
214565-92	CLD CELL	0.92	LED-833lm-4000K-CRI 80	8 W	BIANCO
214566-54	CLD CELL	1.25	LED-1906lm-4000K-CRI 80	18 W	BIANCO
214565-54	CLD CELL	0.92	LED-833lm-4000K-CRI 80	8 W	BIANCO

The reported luminous flux is the flux emitted by the light source with a tolerance of 10% compared to the indicated value. The W tot column indicates the total wattage absorbed by the system without exceeding 10% of the indicated

731 Minicomfort LED x4 - UGR<16



Grazie all'esperienza e alla qualità Disano uno dei prodotti leader nel suo settore, le plafoniere Minicomfort, diventa a LED: le caratteristiche di base sono quelle che hanno garantito negli anni il loro successo, e ora possono usufruire dei principali vantaggi della tecnologia LED per l'illuminazione, quali la luce di qualità, il risparmio energetico e la maggiore durata di vita. Simili caratteristiche possono essere applicate solo ad apparecchi di alto livello progettuale e realizzativo. Minicomfort LED è l'apparecchio ideale per uffici, strutture sanitarie e, in generale, per tutti quegli ambienti che necessitano di un'illuminazione controllata con ottiche dark light e che devono rispettare le norme vigenti in materia di abbagliamento luminoso.

Minicomfort (60x60 cm) è facilmente inseribile a plafone, grazie anche agli accessori studiati per semplificarne l'installazione. La forma garantisce una distribuzione uniforme della luce: i LED bianchi (4000 K) generano un'illuminazione di alta qualità assicurando il massimo comfort visivo e una perfetta resa dei colori (cri >80). Confrontando questi apparecchi con quelli più diffusi sul mercato con lampade fluorescenti T8, il risparmio energetico è più che evidente: oltre il 40% rispetto a plafoniere 4x18 W con ottica lamellare. Il risparmio è ancor più significativo se si considerano la lunga durata di vita dei LED (80mila ore) e l'assenza di manutenzione dopo l'installazione.

Oltre ai vantaggi pratici non è certo da sottovalutare l'ottimo risultato estetico: dotati di connessione rapida l'installazione di questi apparecchi rende superflua la loro apertura.

Una soluzione semplice e innovativa per disporre della tecnologia più avanzata in tema di illuminazione di interni.

Corpo: In lamiera di acciaio zincato, preverniciato con resina poliester.

Coperture: con lastre di acciaio.

Ottica dark light: Ad alveoli a doppia parabolicità, in alluminio speculare 99,99 antiriflesso ed antiridescendente a bassa luminanza con trattamento di PVD. Con pellicola di protezione della plafoniera e del lamellare.

Fattore di abbagliamento UGR<16: valore contemplato secondo la norma \* (coefficiente di riflessione: soffitto 0,7 - pareti 0,5)

Forniti senza staffe: per l'installazione non in appoggio utilizzare le staffe acc. 326.

Su richiesta: Possibilità di cablaggio DIMM e multisensore integrato, ordinare con sottocodice -0092 (1-10V). Con cablaggio in emergenza ad alimentazione centralizzata CLD CELL-EC (sottocodice -0050.)

Gli apparecchi si accendono immediatamente al passaggio mentre spengono l'impianto quando non vi è presenza. Ciò consente un ulteriore risparmio.

NORMATIVA: Prodotti in conformità alle norme EN60598 - CEI 34 - 21. Hanno grado di protezione secondo le norme EN60529.

vita utile 80.000h L70B20. Classificazione rischio fotobiologico: Gruppo esente. Apparecchio conforme al CAM.

Download

DXF 2D  
- 731.dxf

Montaggi  
- minicomfort led731.pdf

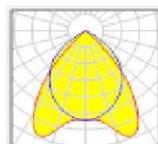
Codice	Cablaggio	Kg	Lumen Output-K-CRI	WTot	Colore
143535-00	CLD CELL	4.67	LED-4093lm-4000K-CRI>80	37 W	BIANCO
143535-07	CLD CELL-E	4.90	LED-4093lm-4000K-CRI>80	37 W	BIANCO
143535-12	CLD CELL-D	4.83	LED-4093lm-4000K-CRI>80	36 W	BIANCO
143535-94	CLD CELL-D-E	4.78	LED-4093lm-4000K-CRI>80	37 W	BIANCO
143535-0041	CLD CELL-D-D	4.70	LED-4093lm-4000K-CRI>80	38 W	BIANCO
143535-9441	CLD CELL-D-D-E	5.00	LED-4093lm-4000K-CRI>80	37 W	BIANCO
143539-00	CLD CELL	4.67	LED-3901lm-4000K-CRI 90	37 W	BIANCO
143539-07	CLD CELL-E	4.90	LED-3901lm-4000K-CRI 90	37 W	BIANCO
143539-12	CLD CELL-D	4.83	LED-3901lm-4000K-CRI 90	37 W	BIANCO
143539-94	CLD CELL-D-E	4.78	LED-3901lm-4000K-CRI 90	37 W	BIANCO
143539-0041	CLD CELL-D-D	4.70	LED-3901lm-4000K-CRI 90	37 W	BIANCO
143539-9441	CLD CELL-D-D-E	5.00	LED-3901lm-4000K-CRI 90	37 W	BIANCO

Accessori

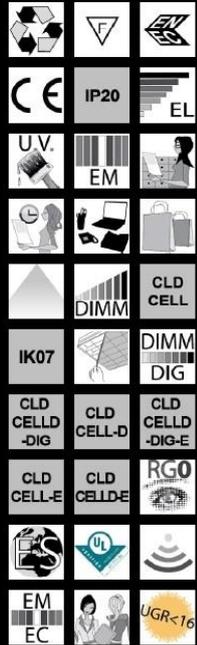


- 2808 Sospensione elettrificata

Curva fotometrica

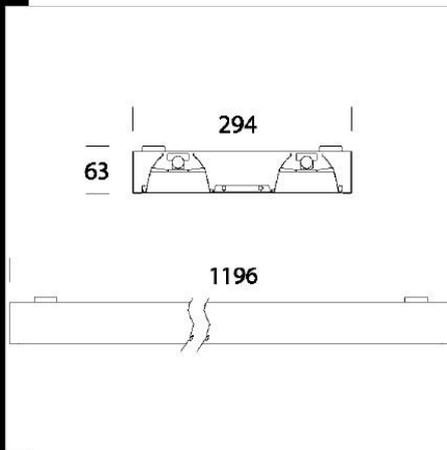


Il flusso luminoso riportato indica il flusso uscente dall'apparecchio con una tolleranza di  $\pm 10\%$  rispetto al valore indicato. I W tot sono la potenza totale assorbita dal sistema e non supera il 10% del valore indicato.



Download

DXF 2D  
- 731r.dxf  
Montaggi  
- minicomfort led731.pdf



731 Minicomfort R LED - UGR<16

Grazie all'esperienza e alla qualità Disano uno dei prodotti leader nel suo settore, le plafoniere Minicomfort, diventa a LED: le caratteristiche di base sono quelle che hanno garantito negli anni il loro successo, e ora possono usufruire dei principali vantaggi della tecnologia LED per l'illuminazione, quali la luce di qualità, il risparmio energetico e la maggiore durata di vita. Simili caratteristiche possono essere applicate solo ad apparecchi di alto livello progettuale e realizzativo.

Minicomfort LED è l'apparecchio ideale per uffici, strutture sanitarie e, in generale, per tutti quegli ambienti che necessitano di un'illuminazione controllata con ottiche dark light e che devono rispettare le norme vigenti in materia di abbagliamento luminoso.

Minicomfort (60x60 cm) è facilmente inseribile a plafone, grazie anche agli accessori studiati per semplificarne l'installazione. La forma garantisce una distribuzione uniforme della luce: i LED bianchi (4000 K) generano un'illuminazione di alta qualità assicurando il massimo comfort visivo e una perfetta resa del colore (cri >80).

Confrontando questi apparecchi con quelli più diffusi sul mercato con lampade fluorescenti T8, il risparmio energetico è più che evidente: oltre il 40% rispetto a plafoniere 4x18 W con ottica lamellare. Il risparmio è ancor più significativo se si considerano la lunga durata di vita dei LED (80mila ore) e l'assenza di manutenzione dopo l'installazione.

Oltre ai vantaggi pratici non è certo da sottovalutare l'ottimo risultato estetico: dotati di connessione rapida l'installazione di questi apparecchi rende superflua la loro apertura.

Una soluzione semplice e innovativa per disporre della tecnologia più avanzata in tema di illuminazione di interni.

Corpo: In lamiera di acciaio zincato, preverniciato con resina poliester.

Coperture: con lastre di acciaio.

Ottica dark light: Ad alveoli a doppia parabolicità, in alluminio speculare 99,99 antiriflesso ed antiridescende a bassa luminanza con trattamento di PVD

Con pannello di protezione della plafoniera e del lamellare.

Fattore di abbagliamento UGR<16: valore contemplato secondo la norma \*

(coefficiente di riflessione: soffitto 0,7 - pareti 0,5)

Forniti senza staffe: per l'installazione non in appoggio utilizzare le staffe acc. 326.

Su richiesta: Possibilità di cablaggio DIMM e multisensore integrato, ordinare con sottocodice -0092 (1-10V). Con cablaggio in emergenza ad alimentazione centralizzata CLD CELL-EC (sottocodice -0050.)

Gli apparecchi si accendono immediatamente al passaggio mentre spengono l'impianto quando non vi è presenza. Ciò consente un ulteriore risparmio.

NORMATIVA: Prodotti in conformità alle norme EN60598 - CEI 34 - 21. Hanno grado di protezione secondo le norme EN60529.

vita utile 80.000h L70B20. Classificazione rischio fotobiologico: Gruppo esente

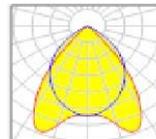
Codice	Cablaggio	Kg	Lumen Output-K-CRI	WTot	Colore
143533-00	CLD CELL	4.50	LED-4093lm-4000K-CRI>80	37 W	BIANCO
143533-12	CLD CELL-D	4.50	LED-4093lm-4000K-CRI>80	36 W	BIANCO
143533-94	CLD CELL-D-E	5.02	LED-4093lm-4000K-CRI>80	33 W	BIANCO
143533-07	CLD CELL-E	4.90	LED-4093lm-4000K-CRI>80	33 W	BIANCO
143533-0041	CLD CELL-D-D	4.46	LED-4093lm-4000K-CRI>80	38 W	BIANCO
143533-9441	CLD CELL-D-D-E	4.78	LED-4093lm-4000K-CRI>80	33 W	BIANCO

Accessori

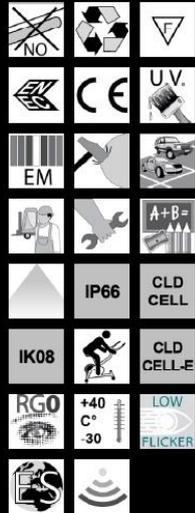


- 2808 Sospensione elettrificata

Curva fotometrica



Il flusso luminoso riportato indica il flusso uscente dall'apparecchio con una tolleranza di  $\pm 10\%$  rispetto al valore indicato. I W tot sono la potenza totale assorbita dal sistema e non supera il 10% del valore indicato.

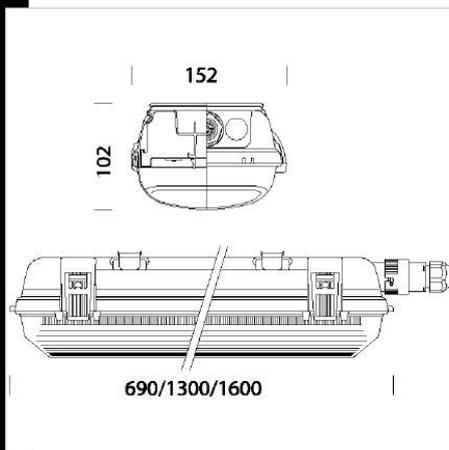


**Download**

DXF 2D  
- 957b1a.dxf

**Montaggi**

- echo led.pdf  
- 927-957-960\_1\_2\_3 HYDRO-ECHO-LED-EM-DIM.pdf



**957 Echo - bilampada LED - High Performance**

Dalla esperienza Disano nasce la prima armatura stagna a LED che beneficia della tecnologia, dell'industrializzazione e dell'affidabilità Disano, da sempre leader nella produzione di armature stagne. Le caratteristiche di base sono quelle che hanno garantito negli anni il successo delle armature stagne Disano. Il corpo lampada è in policarbonato infrangibile, con un grado di protezione IP66, particolarmente robusto grazie anche alla struttura rinforzata da nervature interne. L'installazione è facilitata dalla staffa in acciaio inox di serie per la collocazione a parete o a plafone, mentre il gancio a molla di serie consente l'aggancio rapido a qualsiasi sistema di sospensione a catena. Inoltre speciali denti-guida permettono un perfetto allineamento per le armature utilizzate in serie continua.

A queste caratteristiche di base si aggiungono oggi i vantaggi della tecnologia LED, ovvero sorgenti luminose con una lunghissima durata di vita (80mila ore), consumi ridotti e un'alta qualità della luce. I LED bianchi garantiscono un'illuminazione sicuramente più gradevole e con una migliore resa dei colori rispetto alla luce gialla tipica delle sorgenti a vapori di sodio.

**CORPO:** Stampato ad iniezione, in policarbonato grigio RAL7035, infrangibile, di elevata resistenza meccanica grazie alla struttura rinforzata da nervature interne.

**DIFFUSORE:** Stampato ad iniezione in policarbonato trasparente prismaticizzato internamente per un maggior controllo luminoso, autoestinguente V2, stabilizzato ai raggi UV. La finitura liscia esterna facilita l'operazione di pulizia, necessaria per avere sempre la massima efficienza luminosa.

**DOTAZIONE:** completa di connettore per l'installazione rapida.

**NORMATIVA:** Prodotti in conformità alle vigenti norme EN 60598-1 CEI 34-21, grado di protezione IP66IK08 secondo le EN 60529. Installabile su superfici normalmente infiammabili. Resistente alla prova del filo incandescente per 850°C, vita utile 80.000h al 80% L80B20. Classificazione rischio fotobiologico: Gruppo di rischio esente.

A richiesta: versione ad alte prestazioni, con linea passante, dimmerabile. Anche in versione a fascio stretto (sottocodice 22)

Ordinare accessori 371/372 per completare le file continue.

LE ARMATURE STAGNE in policarbonato della serie Echo hanno un grado di tenuta stagna IP66IK08 se installate in ambienti con temperature non superiori a 45°C. L'esposizione diretta ai raggi solari porta facilmente al superamento dei 45°C compromettendo il grado di protezione. Si consiglia comunque di utilizzarle in modo appropriato senza alterarne le qualità meccaniche e di protezione (IP66IK08) e di non installarle su superfici soggette a forti vibrazioni, esposte agli agenti atmosferici, all'esterno su funi o paline, a parete, sotto grate metalliche o comunque esposte direttamente ai raggi solari, in caso contrario utilizzare le armature stagne in acciaio. L'apparecchio di illuminazione rispetta i requisiti previsti dai consorzi IFS e BRC, Direttiva HACCP, per gli impianti illuminotecnici nelle industrie alimentari.

In ogni caso, verificare con i progettisti e con l'ufficio di consulenza Disano la compatibilità tra il materiale e gli alimenti, ed in tutte quelle industrie in cui è presente l'impianto di sanificazione.

Codice	Cablaggio	Kg	Lumen Output-K-CRI	WTot	Colore
164714-00	CLD CELL	2.34	LED-6516lm-4000K-CRI>80	45 W	GRIGIO
164714-07	CLD CELL-E	2.88	LED-6516lm-4000K-CRI>80	51 W	GRIGIO
164715-00	CLD CELL	2.63	LED-9058lm-4000K-CRI>80	62 W	GRIGIO
164715-07	CLD CELL-E	3.27	LED-9058lm-4000K-CRI>80	66 W	GRIGIO
164717-00	CLD CELL	2.63	LED-9590lm-4000K-CRI>80	71 W	GRIGIO
164717-07	CLD CELL-E	3.27	LED-9590lm-4000K-CRI>80	76 W	GRIGIO

**Accessori**

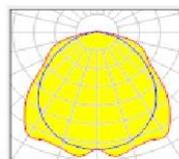


- 372 Presa per innesto rapido



- 371 spina per innesto rapido

**Curva fotometrica**



Il flusso luminoso riportato indica il flusso uscente dall'apparecchio con una tolleranza di  $\pm 10\%$  rispetto al valore indicato. I W tot sono la potenza totale assorbita dal sistema e non supera il 10% del valore indicato.



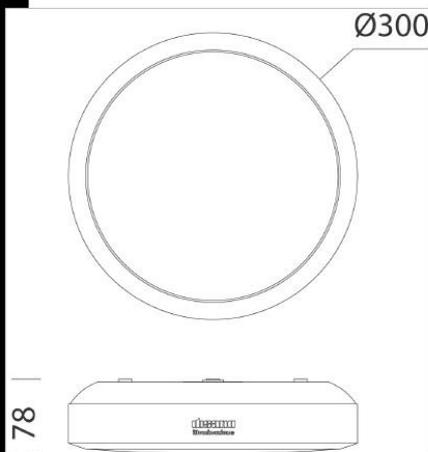
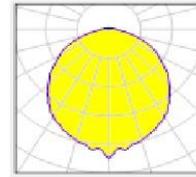
Download  
DXF 2D  
- 1844n.dxf



1844 Globo 2.0

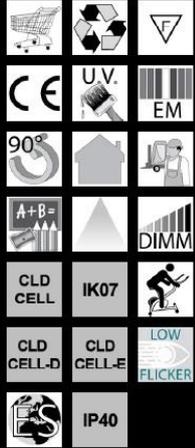
Corpo: in policarbonato infrangibile ed autoestinguente, stabilizzato ai raggi UV, antiingiallimento ed anello di finitura esterno in ABS. Diffusore: In policarbonato antiabbagliamento infrangibile ed autoestinguente, stabilizzato ai raggi UV. LED: Fattore di potenza: 0,9. Mantenimento del flusso luminoso al 80%: 50.000h (L80B20)

Curva fotometrica



Codice	Cablaggio	Kg	Lumen Output-K-CRI	WTot	Colore
427249-00	CLD CELL	1,25	LED-1550lm-4000K-CRI80	14 W	BIANCO
427249-19	CLD CELL	1,25	LED-1550lm-4000K-CRI80	14 W	BIANCO
427249-39	CLD CELL	1,25	LED-1441lm-3000K-CRI80	14 W	BIANCO

Il flusso luminoso riportato indica il flusso uscente dall'apparecchio con una tolleranza di  $\pm 10\%$  rispetto al valore indicato. I W tot sono la potenza totale assorbita dal sistema e non supera il 10% del valore indicato.



**6402 Rapid system - 1-lamp version LED**

Thanks to the expertise and attention to quality guaranteed by Disano, a world-wide leader in the industrial lighting sector, the Rapid System series is now available with LEDs: the product presents the same basic features that has made it such a success over the years, plus the advantages of the LED technology, such as quality output, energy saving and long life. Similar properties can be seen only in fixtures with a very high level of design and manufacturing. Ideal for the installation in stores to save running costs thanks to the LED technology and its versatile and easy-to-maintain properties. Rapid System uses latest generation LEDs and modules that are designed to allow the light beam to be directed according to needs in order to optimise light and performance when they are used in combination with optical accessories. A simple and innovative solution that will illuminate retailing spaces and stores with advanced lighting.

**Housing:** In rolled hot-dip galvanized steel, with rounded edges to protect hand and with end caps in polycarbonate.

**Diffuser:** micro-ribbed methacrylate

**Painting:** Steel stove pre-enamelling with white polyester resin, UV-stabilized, anti-yellowing, upon phosphate treatment.

**Standard supply:** Nylon ratchet fastener.

**Equipment:** Possibility to rotate the LED tubes to direct light and then optimize the performance of optical accessories.

**Mounting:** Ceiling or wall.

**Regulations:** Produced according to applicable EN60598-1 CEI 34-21 standards, IP40IK07 degree of protection according to EN 60529 standards

These products can be installed on normally inflammable surfaces.

Ta-10+40°C life 80.000h L80B20.

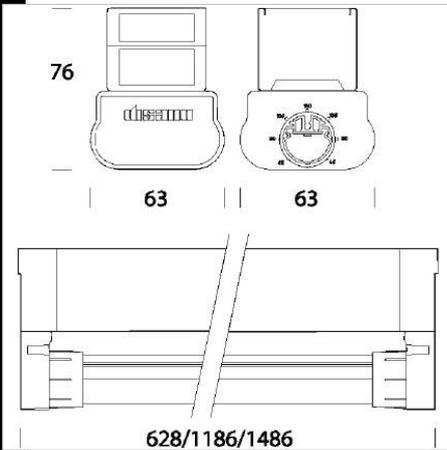
Power factor 0.9

Photobiological safety class: exempt group

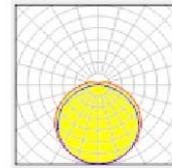
On request 1-10V dimmer, dimmable from 10% to 100%

**Download**

DXF 2D  
- 6402.dxf  
Montaggi  
- rapid\_system\_led.pdf

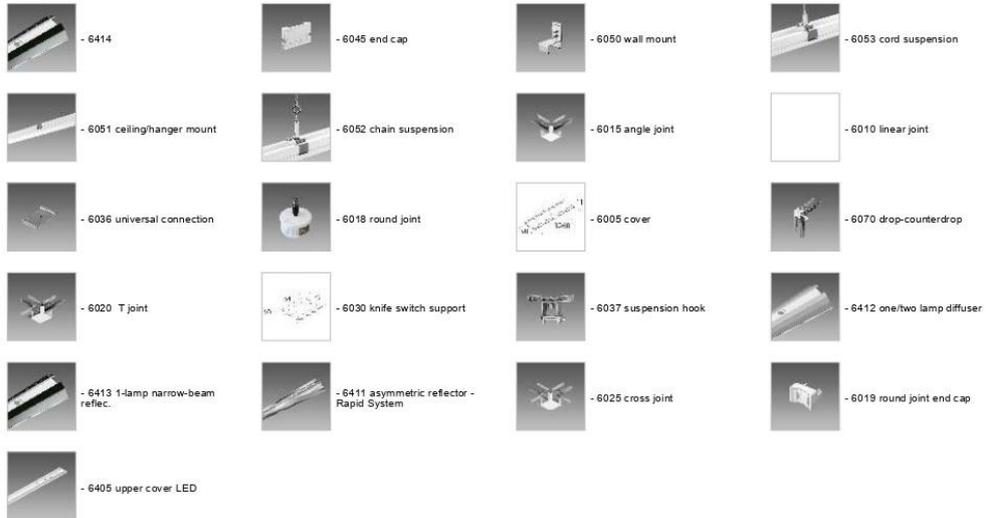


**Curva fotometrica**

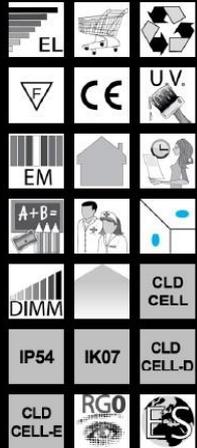


Code	Gear	Kg	Lumen Output-K-CRI	WTot	Colour
237521-00	CLD CELL	0.96	LED-1796lm-4000K-CRI 80	14 W	BIANCO
237522-00	CLD CELL	1.07	LED-3592lm-4000K-CRI 80	28 W	BIANCO
237523-00	CLD CELL	1.32	LED-4279lm-4000K-CRI 80	35 W	BIANCO
237522-07	CLD CELL-E	1.63	LED-3592lm-4000K-CRI 80	28 W	BIANCO
237523-07	CLD CELL-E	1.80	LED-4279lm-4000K-CRI 80	34 W	BIANCO

**Accessories**



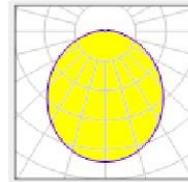
The reported luminous flux is the flux emitted by the light source with a tolerance of ± 10% compared to the indicated value. The W tot column indicates the total wattage absorbed by the system without exceeding 10% of the indicated



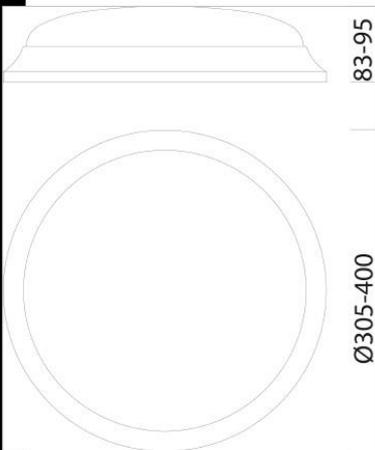
**Tortuga**

Corpo: In policarbonato infrangibile ed autoestinguente. Diffusore: policarbonato antiabbagliamento infrangibile ed autoestinguente. EM version: 3h. Prodotti in conformità alle vigenti norme EN60598-1 CEI 34-21, sono protetti con il grado IP20IK07 secondo le EN 60529.

**Curva fotometrica**



Download  
DXF 2D  
- tortuga.dxf  
Montaggi  
- TORTUGA\_rev3.pdf



Codice	Cataggio	Kg	Lumen-K-CRI	WTot	Colore
22042410-00	CLD CELL	0.65	LED-1368lm-3000K-CRI>80	17 W	BIANCO
22042411-00	CLD CELL	0.66	LED-1488lm-4000K-CRI>80	17 W	BIANCO
22042412-00	CLD CELL	1.19	LED-2403lm-3000K-CRI>80	28 W	BIANCO
22042413-00	CLD CELL	1.21	LED-2614lm-4000K-CRI>80	28 W	BIANCO
22042410-09	CLD CELL-E	0.96	LED-1368lm-3000K-CRI>80	18 W	BIANCO
22042411-09	CLD CELL	0.98	LED-1488lm-4000K-CRI>80	18 W	BIANCO
22042412-09	CLD CELL-E	1.50	LED-2403lm-3000K-CRI>80	28 W	BIANCO
22042413-09	CLD CELL-E	1.50	LED-2614lm-4000K-CRI>80	30 W	BIANCO
22042410-19	CLD CELL	0.71	LED-1368lm-3000K-CRI>80	17 W	BIANCO
22042411-19	CLD CELL	0.69	LED-1488lm-4000K-CRI>80	17 W	BIANCO
22042412-19	CLD CELL	1.22	LED-2403lm-3000K-CRI>80	28 W	BIANCO
22042413-19	CLD CELL	1.21	LED-2614lm-4000K-CRI>80	28 W	BIANCO

Il flusso luminoso riportato indica il flusso uscente dall'apparecchio con una tolleranza di  $\pm 10\%$  rispetto al valore indicato. I W tot sono la potenza totale assorbita dal sistema e non supera il 10% del valore indicato.

CoreLine Highbay

	luminaires - January 2018": statistically there is no relevant difference in lumen maintenance between B50 and for example B10. Therefore the median useful life (B50) value also represents the B10 value.
Emissione luminosa costante	No
Numero di prodotti su MCB	11
Marchio RoHS	RoHS mark

Funzionamento e parte elettrica

Tensione in ingresso	220 to 240 V
Frequenza di ingresso	Da 50 a 60 Hz
Tensione segnale controllo	-
Consumo energetico CLO medio	false W
Corrente di spunto	46 A
Tempo di spunto	0,44 ms
Fattore di potenza (Min)	0.9

Controlli e regolazione del flusso

Regolabile	No
------------	----

Meccanica e corpo

Materiale del corpo	Alluminio
Materiale del riflettore	-
Materiale ottico	Polycarbonate
Materiale copertura ottica/lenti	Polycarbonate
Materiale fissaggio	-
Finitura copertura ottica/lenti	Trasparente
Lunghezza totale	454 mm
Larghezza totale	452 mm
Altezza totale	152 mm
Diametro totale	452 mm
Diametro	-

Approvazione e applicazione

Grado di protezione	IP65 [ Protetto contro la penetrazione di polvere, protetto contro i getti d'acqua]
Codice protezione impatti meccanici	IK07 [ 2 J reinforced]

Rendimento iniziale (conformità IEC)

Flusso luminoso iniziale	20500 lm
Tolleranza flusso luminoso	+/-10%
Efficienza iniziale apparecchio LED	130 lm/W
Temp. corr. colore iniziale	4000 K
Temp. Indice di resa dei colori	≥80
Cromaticità iniziale	(0.38, 0.38) SDCM <-5
Potenza in ingresso iniziale	155 W
Tolleranza consumo energetico	+/-10%

Rendimento nel tempo (conformità IEC)

Control gear failure rate at median useful life 50000 h	5 %
Lumen maintenance at median useful life* L70 50000 h	

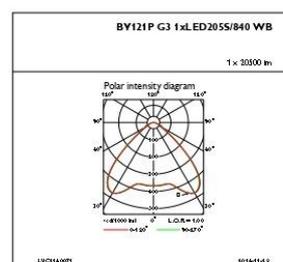
Condizioni di applicazione

Intervallo temperatura ambiente	Da -30 a +45 °C
Performance ambient temperature Tq	25 °C
Livello dim massimo	Non applicabile
Adatto per accensione (commutazione on/off) casuale.	Si (idoneo con sensori di presenza persona e di luminosità)

Dati del prodotto

Codice prodotto completo	871016330145700
Nome prodotto ordine	BY121P G3 LED205S/840 PSU WB GR
EAN/UPC - Prodotto	8710163301457
Codice d'ordine	30145700
Codice Locale	30145700
Numeratore - Quantità per confezione	1
Numeratore - Confezioni per scatola estema	1
N. materiale (12NC)	911401505431
Peso netto (Pezzo)	4,800 kg

Curva fotometrica

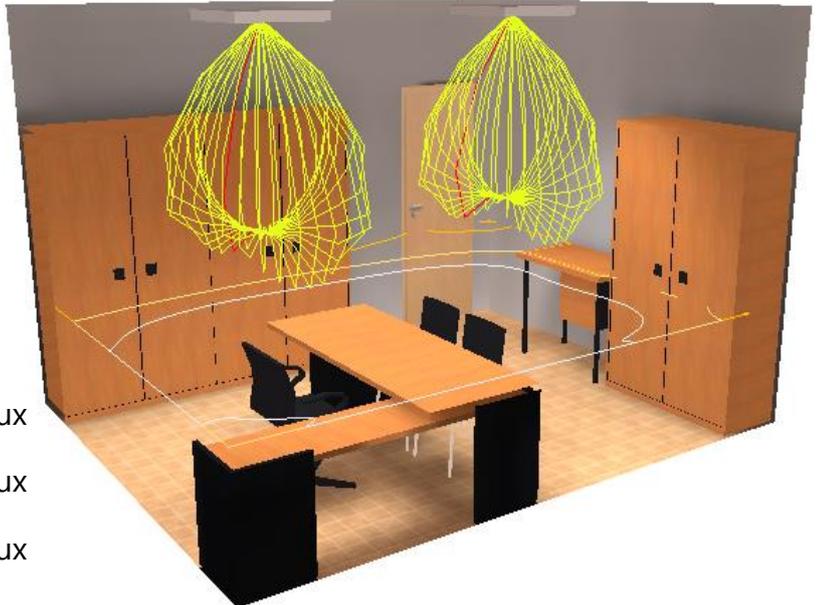
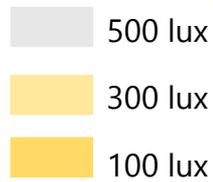


## 10.5. Allegato E: risultati illuminotecnici degli ambienti simulati con il software DiaLUX

### Ufficio 1 – Borgo San Dalmazzo

SUPERFICIE DI CALCOLO	$E_{med}$ (lux)	$U_0$
Scrivania	656	0.76
Utente	223	0.80
Ospite	257	0.86

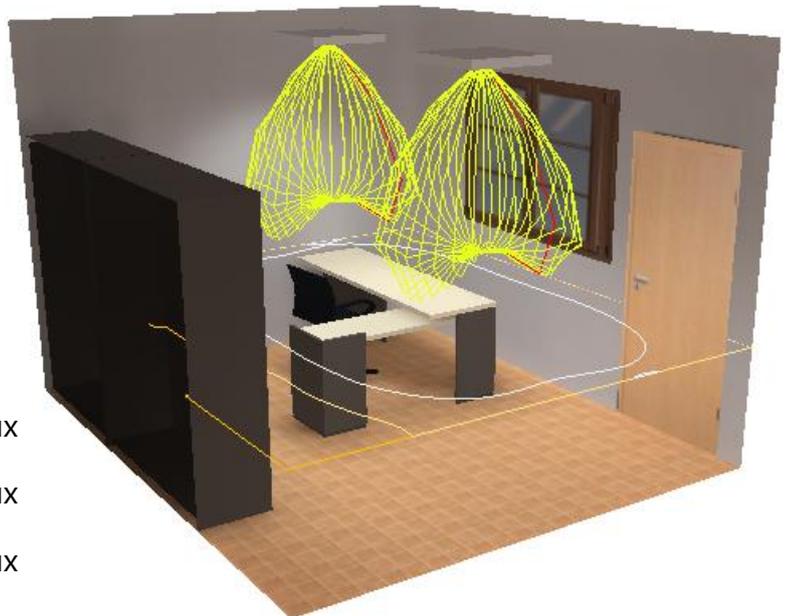
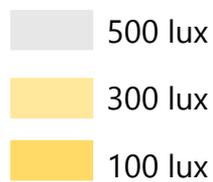
SUPERFICIE DI CALCOLO	UGR Massimo
Utente	17
Ospite	17



### Ufficio 2 – Borgo San Dalmazzo

SUPERFICIE DI CALCOLO	$E_{med}$ (lux)	$U_0$
Scrivania	654	0.60
Utente verso finestra	266	0.83
Utente verso parete	281	0.93

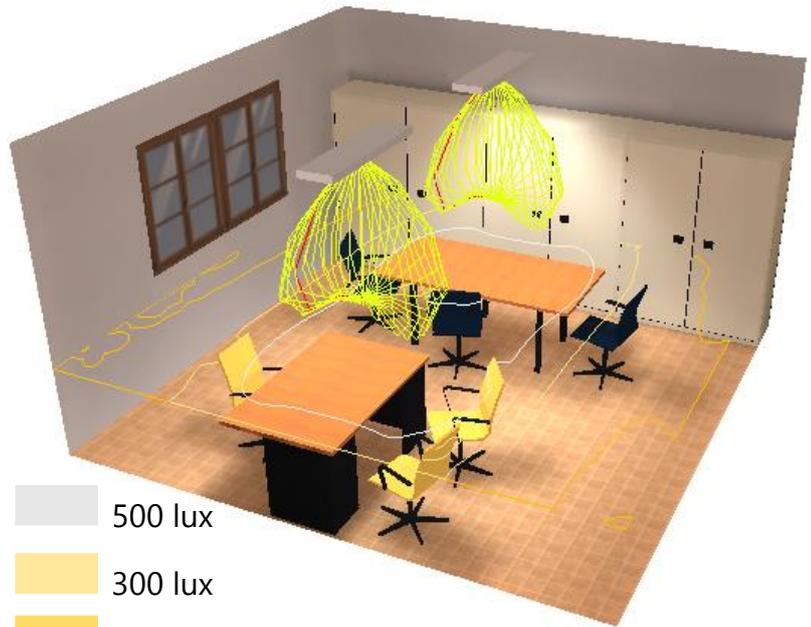
SUPERFICIE DI CALCOLO	UGR Massimo
Utente verso finestra	<10
Utente verso parete	16



Ufficio 3 – Borgo San Dalmazzo

SUPERFICIE DI CALCOLO	$E_{med}$ (lux)	$U_0$
Scrivania	571	0.64
Utente	319	0.87
Ospite	312	0.75
Tavolo	505	0.70
Destra del tavolo	243	0.81
Sinistra del tavolo	258	0.78
Fronte del tavolo	253	0.77

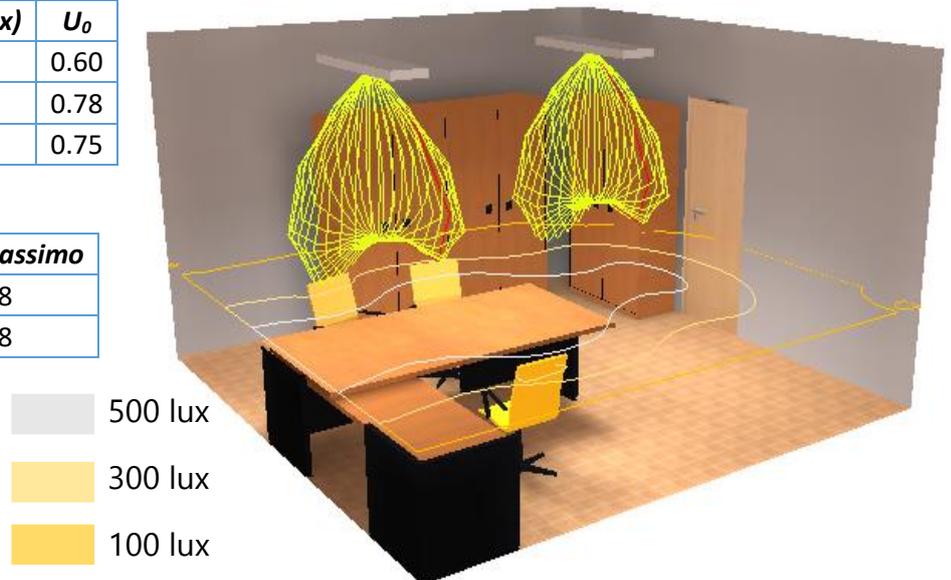
SUPERFICIE DI CALCOLO	UGR Massimo
Utente	17
Ospite	<10
Destra del tavolo	17
Sinistra del tavolo	16
Fronte del tavolo	16



Ufficio 4 – Borgo San Dalmazzo

SUPERFICIE DI CALCOLO	$E_{med}$ (lux)	$U_0$
Scrivania	571	0.60
Utente	274	0.78
Ospite	285	0.75

SUPERFICIE DI CALCOLO	UGR Massimo
Utente	18
Ospite	18

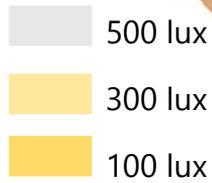
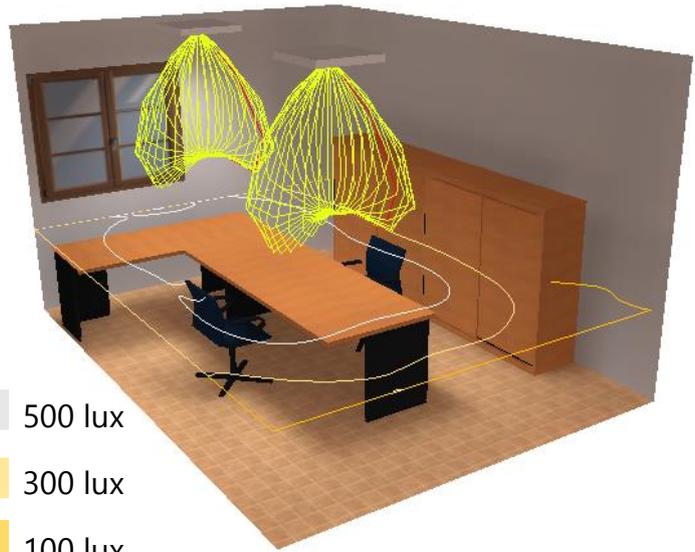


*Allegati*

*Ufficio 5 – Borgo San Dalmazzo*

<b>SUPERFICIE DI CALCOLO</b>	<b><math>E_{med}</math> (lux)</b>	<b><math>U_0</math></b>
<b>Scrivania</b>	570	0.84
<b>Utente</b>	313	0.73
<b>Ospite</b>	340	0.71

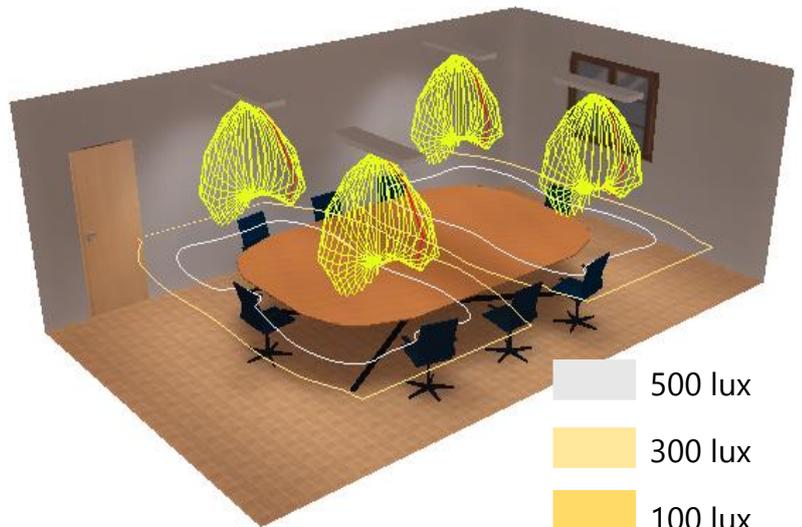
<b>SUPERFICIE DI CALCOLO</b>	<b>UGR Massimo</b>
<b>Utente</b>	<10
<b>Ospite</b>	17



*Sala consiglio di amministrazione – Borgo San Dalmazzo*

<b>SUPERFICIE DI CALCOLO</b>	<b><math>E_{med}</math> (lux)</b>	<b><math>U_0</math></b>
<b>Tavolo</b>	503	0.61
<b>Nord del tavolo</b>	231	0.60
<b>Sud del tavolo</b>	218	0.61
<b>Ovest del tavolo</b>	309	0.78
<b>Est del tavolo</b>	319	0.67

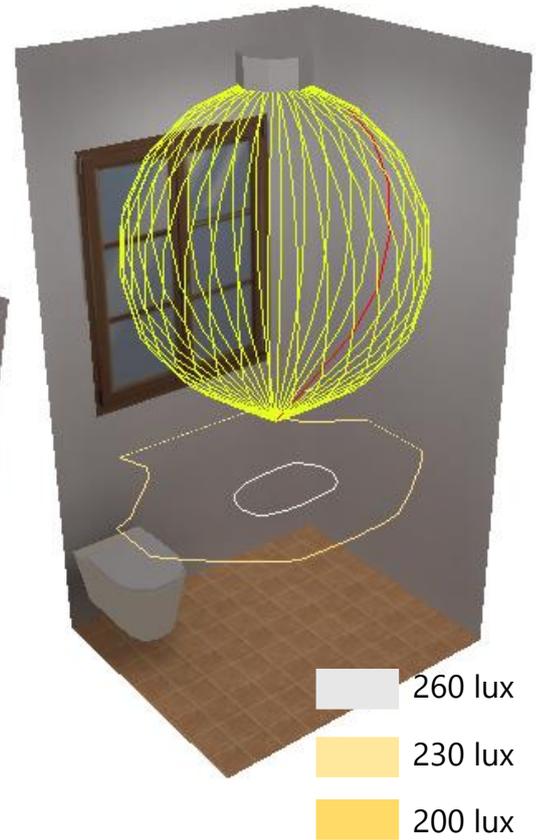
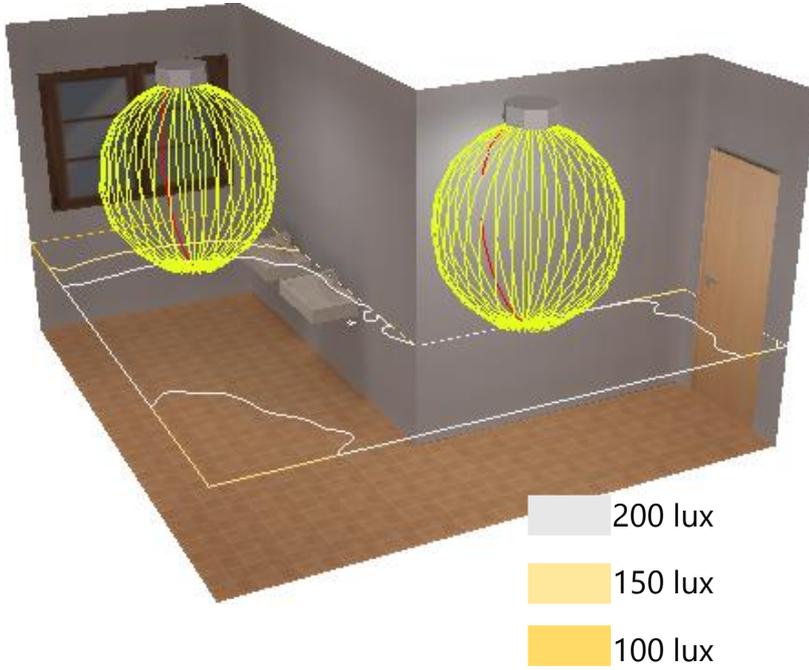
<b>SUPERFICIE DI CALCOLO</b>	<b>UGR Massimo</b>
<b>Nord del tavolo</b>	12
<b>Sud del tavolo</b>	<10
<b>Ovest del tavolo</b>	17
<b>Est del tavolo</b>	<10



## Allegati

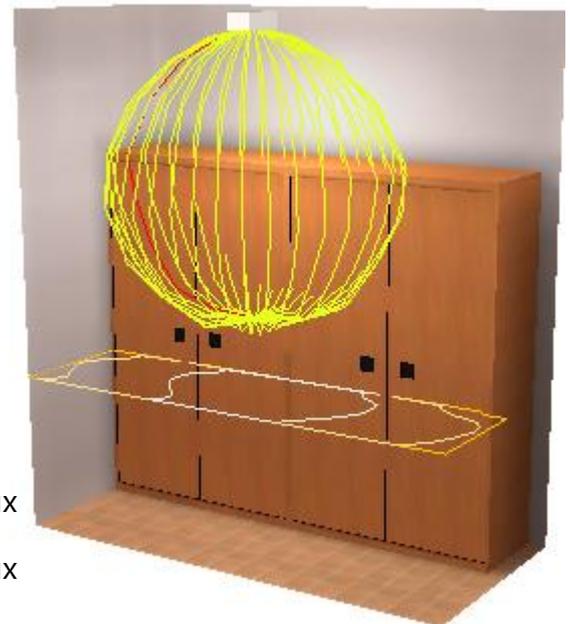
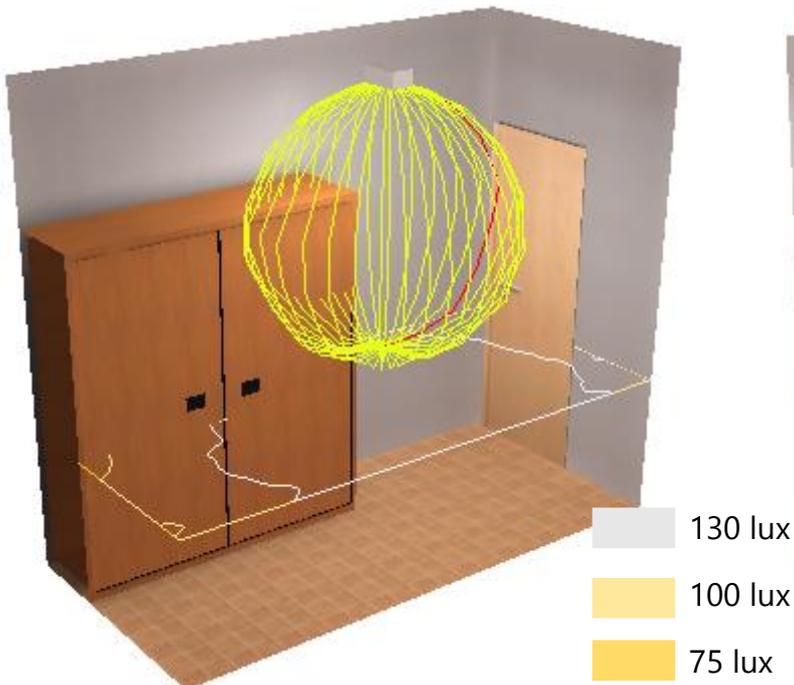
### Servizi igienici – Borgo San Dalmazzo

SUPERFICIE DI CALCOLO	$E_{med}$ (lux)	$U_0$
Pavimento ingresso bagni	237	0.40
Pavimento WC	239	0.80



### Ripostiglio – Borgo San Dalmazzo

SUPERFICIE DI CALCOLO	$E_{med}$ (lux)	$U_0$
Ripostiglio 1	111	0.43
Ripostiglio 2	121	0.41

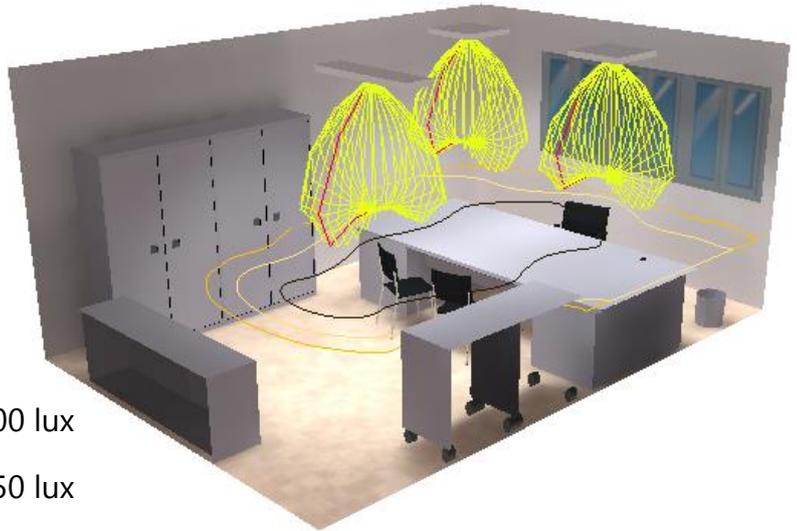


Allegati

Ufficio 2 – Roccavione

SUPERFICIE DI CALCOLO	$E_{med}$ (lux)	$U_0$
Scrivania	525	0.68
Utente	155	0.76
Ospite	212	0.60

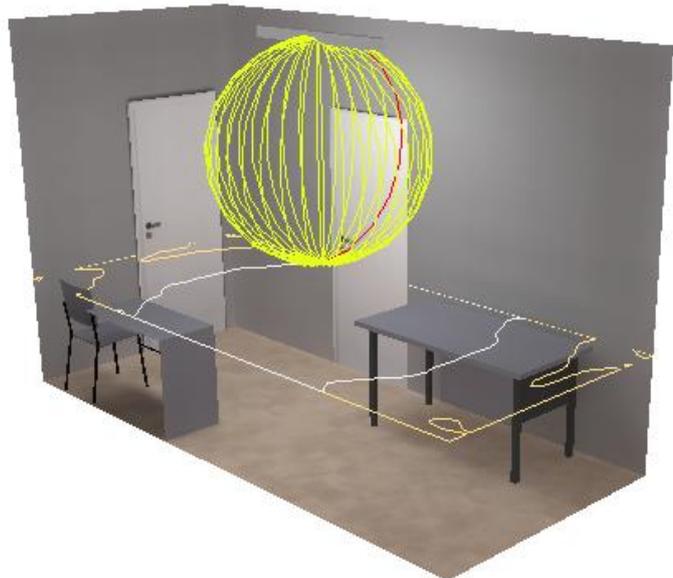
SUPERFICIE DI CALCOLO	UGR Massimo
Utente	<10
Ospite	15



- 500 lux
- 350 lux
- 250 lux

Spogliatoi primo piano – Roccavione

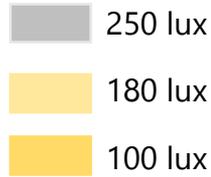
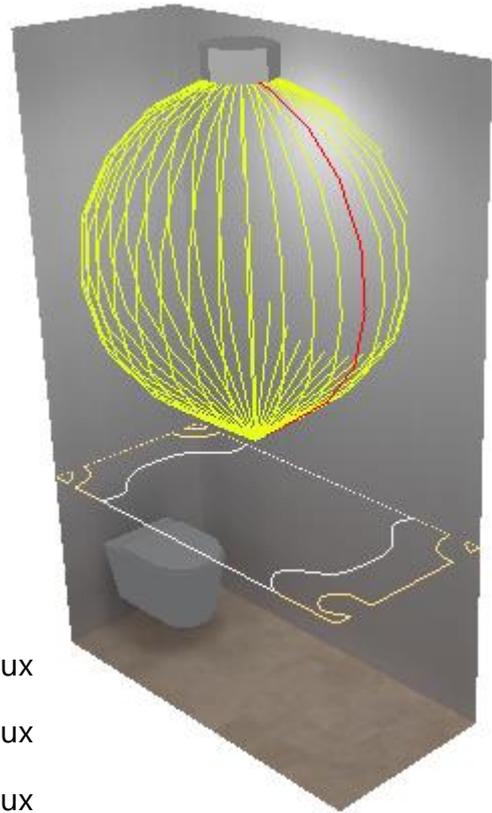
SUPERFICIE DI CALCOLO	$E_{med}$ (lux)	$U_0$
Pavimento	266	0.58



- 250 lux
- 180 lux
- 100 lux

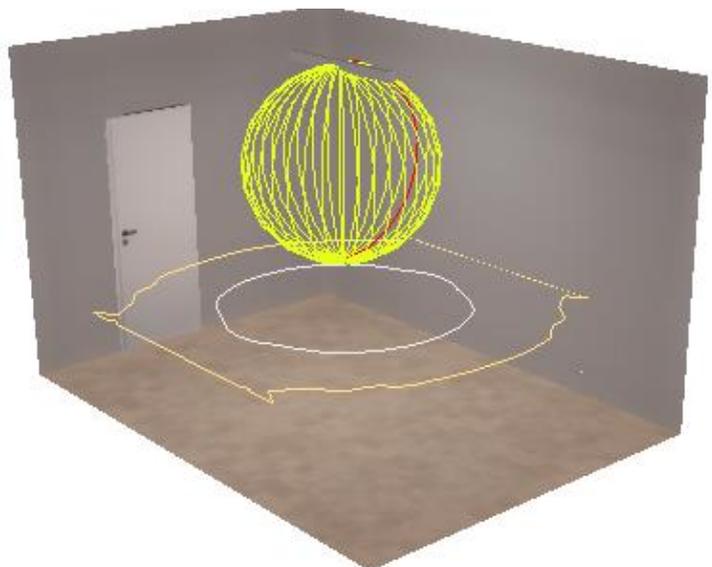
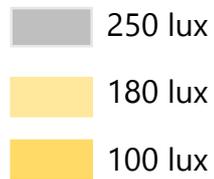
Servizi igienici primo piano – Roccavione

SUPERFICIE DI CALCOLO	$E_{med}$ (lux)	$U_0$
Pavimento ingresso bagni	261	0.81
Pavimento WC	208	0.40



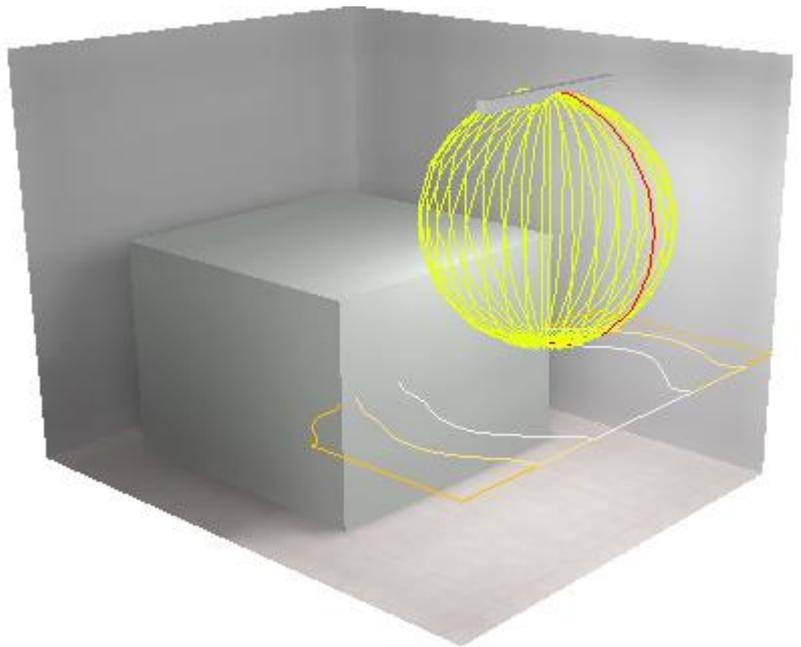
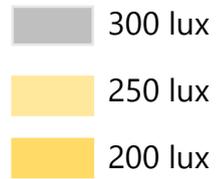
Sala quadri piano terra – Roccavione

SUPERFICIE DI CALCOLO	$E_{med}$ (lux)	$U_0$
Pavimento	211	0.64



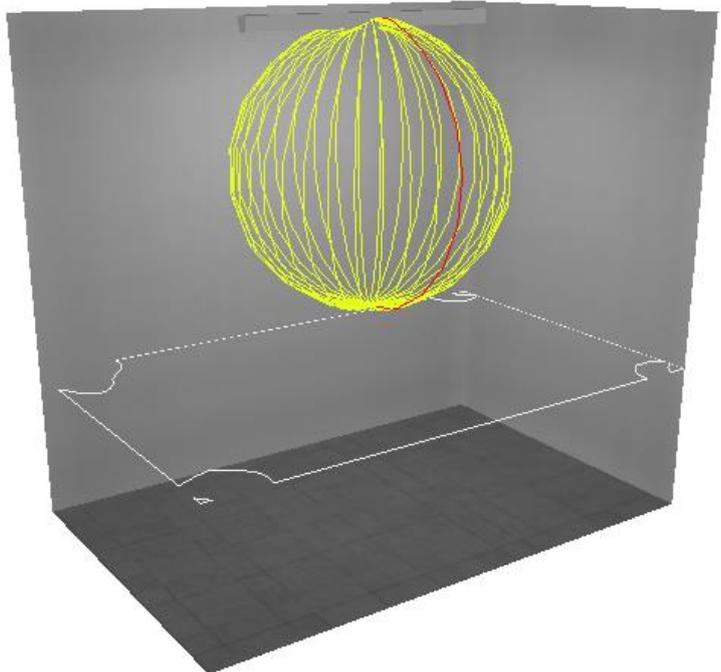
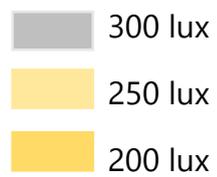
Centrale termica piano terra – Roccavione

SUPERFICIE DI CALCOLO	$E_{med}$ (lux)	$U_0$
Pavimento	311	0.62



Locale tecnico piano terra – Roccavione

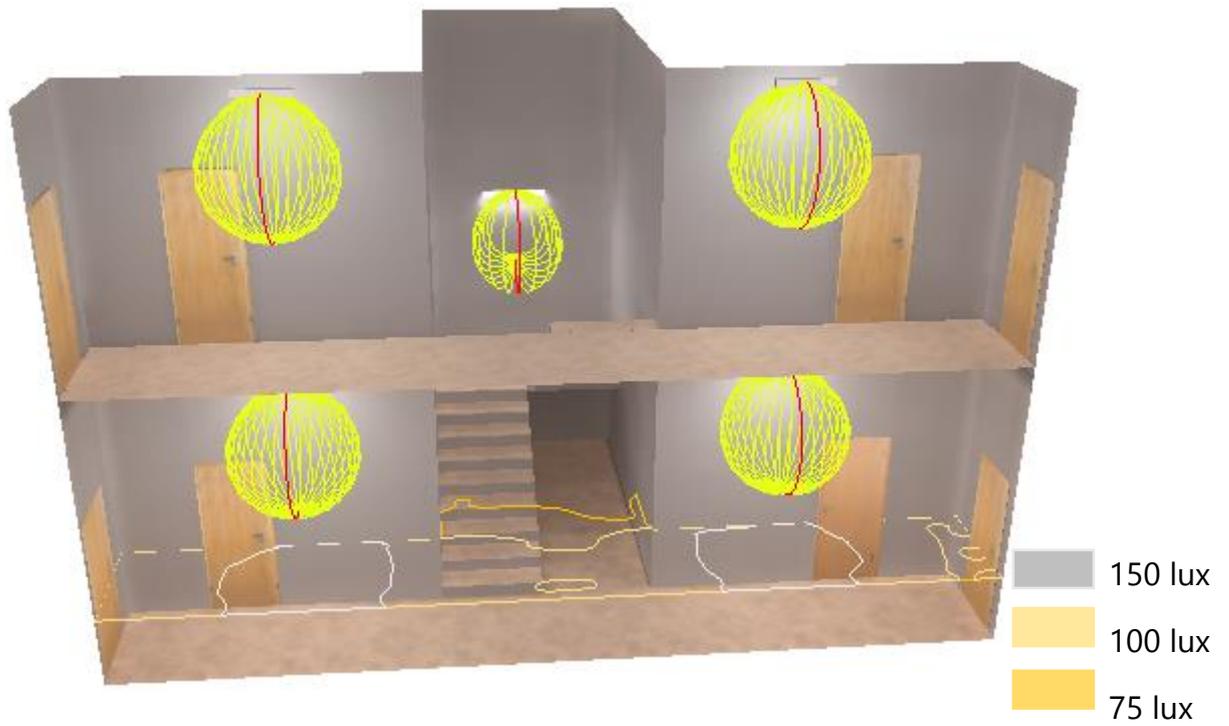
SUPERFICIE DI CALCOLO	$E_{med}$ (lux)	$U_0$
Pavimento	282	0.71



## Allegati

### Corridoi e vano scala – Roccaione

<b>SUPERFICIE DI CALCOLO</b>	<b><math>E_{med}</math> (lux)</b>	<b><math>U_0</math></b>
<b>Pavimento piano terra</b>	114	0.80
<b>Pavimento piano primo</b>	135	0.63
<b>Pavimento pianerottolo scale</b>	131	0.79



**10.6. Allegato F: schema di flusso dell'aria per l'impianto di Borgo San Dalmazzo**

## 11. Indice delle figure

Figura 1 Riduzioni delle emissioni di gas serra previste al 2050 (il 100% coincide con il 1990).....	7
Figura 2 Andamento degli obiettivi del Piano 20-20-20 nell'Unione Europea al 2016 .....	8
Figura 3 Modello del Sistema di Gestione dell'Energia per la norma UNI CEI EN ISO 50001-1.....	9
Figura 4 Flusso della diagnosi energetica-norma UNI CEI TR 11428 .....	12
Figura 5 Diagramma concettuale del processo di pianificazione energetica secondo la UNI CEI EN 16247 .....	14
Figura 6 Schema di una diagnosi energetica effettuata da una Società di Servizi Energetici.....	16
Figura 7 Figure fondamentali per i Sistemi di Gestione dell'Energia .....	16
Figura 8 Tipologie di Energy Performance Contracts.....	18
Figura 9 Vista dell'A.C.S.R. sede di Borgo San Dalmazzo con indicazione delle sezioni che la compongono .....	24
Figura 10 Composizione del rifiuto in uscita alla lavorazione dell'RSU.....	26
Figura 11 Preselezione del rifiuto solido urbano.....	26
Figura 12 Fase di deferrizzazione (RSU).....	27
Figura 13 Vaglio per la vagliatura dei RSU .....	27
Figura 14 Trituratore secondario (RSU) .....	27
Figura 15 Bacino di stabilizzazione (RSU) .....	28
Figura 16 Trattamenti per lo smaltimento dei RSU .....	28
Figura 17 Flusso di produzione dei RSU .....	29
Figura 18 Rivoltamenti della miscela organica utili per facilitare la biossidazione (compostaggio) .....	31
Figura 19 Rivoltamenti del compost negli ultimi 62 giorni di maturazione .....	31
Figura 20 Trattamenti a cui vengono sottoposti i rifiuti destinati a compostaggio .....	32
Figura 21 Selezione manuale degli imballaggi.....	33
Figura 22 a) Nastro trasportatore b) Plastica imballata pronta per lo stoccaggio.....	34
Figura 23 Trattamenti per la lavorazione e il recupero degli imballaggi in plastica.....	34
Figura 24 Confronto tra gli EPI delle tre diverse linee di trattamento dei rifiuti.....	35
Figura 25 Confronto tra l'EPI degli uffici e l'EPI dei capannoni nella sede di Borgo San Dalmazzo .....	38
Figura 26 Confronto tra i consumi di energia elettrica richiesti per l'illuminazione della sede di Borgo San Dalmazzo...	39
Figura 27 Confronto tra i consumi di elettricità dei diversi processi di lavorazione dei rifiuti .....	39
Figura 28 Confronto tra i consumi di elettricità della sede di Borgo San Dalmazzo .....	40
Figura 29 Stoccaggio delle plastiche non clorurate e delle gomme (a destra) e della frazione secca (a sinistra) .....	45
Figura 30 Cabina di cernita manuale.....	46
Figura 31 Schema della sezione di trattamento dei rifiuti solidi urbani per la produzione del CSS .....	47
Figura 32 Schema della sezione di trattamento delle plastiche non clorurate e delle gomme per la produzione del CSS	47
Figura 33 Schema riassuntivo della produzione del Combustibile Solido Secondario.....	48
Figura 34 Essiccatoio a tappeti utilizzato dall'A.C.S.R. di Roccavione .....	49
Figura 35 Schema di funzionamento del sistema di trattamento aria .....	50
Figura 36 Confronto tra l'energia richiesta per l'illuminazione degli uffici e dei capannoni nell'impianto di Roccavione	54
Figura 37 Confronto tra gli EPI di uffici e capannoni di Roccavione .....	54
Figura 38 Strumento HT Solar300N .....	55
Figura 39 Descrizione parte superiore dello strumento: ingressi per tensioni e correnti.....	56
Figura 40 Collegamento dello strumento .....	58
Figura 41 Messa a terra dello strumento per il monitoraggio dei ventilatori.....	58
Figura 42 Andamento della potenza assorbita dal ventilatore KVE04A. ....	59
Figura 43 Valori di potenza assorbita dal ventilatore KVE06 durante il monitoraggio. ....	60
Figura 44 Collegamento dello strumento al trifase che alimenta il miscelatore .....	61
Figura 45 Monitoraggio del miscelatore: andamento della potenza assorbita sul periodo di osservazione.....	62
Figura 46 Configurazione utilizzata nel collegamento dello strumento al quadro elettrico per il monitoraggio della pressa automatica .....	62
Figura 47 Andamento della potenza assorbita dalla pressa automatica. ....	63
Figura 48 Andamento della potenza attiva del trituratore primario durante l'intero periodo del monitoraggio. ....	64
Figura 49 Configurazione utilizzata per il collegamento dello strumento al trituratore secondario .....	64
Figura 50 Andamento della potenza assorbita dal trituratore secondario risultato dal monitoraggio.....	65

## Indice delle figure

Figura 51 Confronto tra i consumi attuali dei singoli ventilatori e nel post intervento con i ventilatori proposti dal Fornitore A. ....	70
Figura 52 Confronto tra i consumi attuali dei singoli ventilatori e nel post intervento con i ventilatori proposti dal Fornitore B. ....	72
Figura 53 Confronto tra l'energia consumata nelle due configurazioni proposte dai fornitori A e B. ....	74
Figura 54 Confronto tra i costi dell'elettricità attuali e quelli previsti. ....	75
Figura 55 Tempo di rientro dell'investimento senza i Titoli di Efficienza Energetica. ....	77
Figura 56 Tempo di ritorno dell'investimento per l'acquisto dei ventilatori con i TEE. ....	79
Figura 57 Suddivisione del consumo annuo di energia elettrica dovuta all'illuminazione tra uffici e capannoni nella sede di Borgo San Dalmazzo. ....	86
Figura 58 Suddivisione del consumo annuo di energia elettrica richiesta per l'illuminazione degli ambienti tra capannoni ed uffici per l'impianto di Roccavione. ....	86
Figura 59 Confronto dei consumi annui di energia elettrica richiesti per l'illuminazione tra uffici e capannoni per l'A.C.S.R. (Borgo San Dalmazzo e Roccavione). ....	87
Figura 60 Confronto tra i consumi di energia elettrica nelle diverse fasce orarie per la sede di Borgo San Dalmazzo. ...	88
Figura 61 Confronto tra i consumi di energia elettrica dovuti all'illuminazione nelle diverse fasce orarie per la sede di Borgo San Dalmazzo e l'impianto di Roccavione. ....	89
Figura 62 Confronto tra i consumi di energia elettrica richiesta per l'illuminazione nelle diverse fasce orarie per l'impianto di Roccavione. ....	89
Figura 63 Confronto tra i consumi di energia elettrica attuali e nel post intervento richiesta per l'illuminazione degli uffici di Borgo San Dalmazzo per le diverse fasce. ....	91
Figura 64 Confronto tra i consumi di energia elettrica attuali e nel post intervento richiesta per l'illuminazione degli uffici di Roccavione per le diverse fasce. ....	91
Figura 65 Confronto tra i consumi di energia elettrica attuali e nel post intervento richiesta per l'illuminazione dei capannoni di Roccavione per le diverse fasce. ....	92
Figura 66 Confronto tra i consumi di energia elettrica attuali e nel post intervento richiesta per l'illuminazione dei capannoni di Borgo San Dalmazzo per le diverse fasce. ....	92
Figura 67 Confronto tra i consumi di energia elettrica attuali e nel post intervento richiesta per l'illuminazione degli uffici e dei capannoni dell'A.C.S.R. per le diverse fasce. ....	93
Figura 68 Tempo di rientro del relamping senza i TEE. ....	98
Figura 69 Tempo di ritorno dell'investimento di relamping con i TEE. ....	100
Figura 70 Confronto tra l'indice LENI per diverse strategie di illuminazione nella sede di Borgo San Dalmazzo. ....	101
Figura 71 Confronto tra gli indici LENI per diverse strategie di illuminazione in alcuni ambienti presenti nell'impianto di Roccavione. ....	102
Figura 72 Pianta dell'edificio uffici di Borgo San Dalmazzo (le quote sono espresse in metri). ....	104
Figura 73 Pianta piano terreno dell'edificio adibito ad uffici a Roccavione. ....	105
Figura 74 Pianta primo piano dell'edificio adibito ad uffici a Roccavione. ....	106
Figura 75 Ufficio doppio di Borgo San Dalmazzo: scena di luce 1 - Presenza di tutti gli utenti ....	110
Figura 76 Ufficio doppio di Borgo San Dalmazzo: scena di luce 2 - Presenza di uno o di entrambi gli utenti alla scrivania doppia ....	110
Figura 77 Ufficio doppio di Borgo San Dalmazzo: scena di luce 3 - Presenza del solo utente alla scrivania singola .....	111
Figura 78 Corridoio di Borgo San Dalmazzo: curve iso-illuminamento nel corridoio. ....	113
Figura 79 Ufficio 1 Roccavione: curve iso-illuminamento ....	114
Figura 80 Curve iso-illuminamento per l'antibagno dei servizi igienici al primo piano presenti a Roccavione. ....	115
Figura 81 Curve iso-illuminamento del WC presenti a Roccavione. ....	116
Figura 82 Curve iso-illuminamento per lo spogliatoio presente al pian terreno dell'edificio adibito ad uffici a Roccavione. ....	117
Figura 83 Curve iso-illuminamento per il capannone utilizzato per la ricezione dei rifiuti a Borgo San Dalmazzo. ....	118
Figura 84 Confronto tra l'energia richiesta in un impianto CHP e in uno SHP ....	119
Figura 85 Curva termica di durata. ....	121
Figura 86 Costi di produzione dell'energia elettrica. ....	127
Figura 87 Confronto tra l'energia elettrica prodotta dal cogeneratore e il fabbisogno elettrico dello stabilimento di Roccavione. ....	128

## *Indice delle figure*

<i>Figura 88 Tempo di rientro dell'investimento per l'installazione di un cogeneratore senza TEE.....</i>	<i>130</i>
<i>Figura 89 Energie richieste con il CHP e con SHP per l'impianto analizzato. ....</i>	<i>132</i>
<i>Figura 90 Tempo di ritorno dell'investimento da sostenere per l'installazione del cogeneratore con i TEE. ....</i>	<i>133</i>
<i>Figura 91 Confronto tra i consumi annui di energia elettrica per lo stabilimento di Borgo San Dalmazzo nell'ante e nel post opera. ....</i>	<i>134</i>
<i>Figura 92 Confronto tra gli EPI ante e post intervento per l'illuminazione .....</i>	<i>135</i>
<i>Figura 93 Confronto tra gli EPI ante e post intervento per le diverse linee di trattamento rifiuti .....</i>	<i>135</i>
<i>Figura 94 Confronto tra i tempi di rientro con e senza TEE per l'intervento di relamping a Borgo San Dalmazzo. ....</i>	<i>136</i>
<i>Figura 95 Confronto tra i tempi di rientro con e senza TEE per l'intervento di sostituzione dei ventilatori. ....</i>	<i>136</i>
<i>Figura 96 Confronto tra gli EPI ante e post intervento per l'illuminazione .....</i>	<i>137</i>
<i>Figura 97 Confronto tra i tempi di rientro con e senza TEE per l'intervento di relamping a Roccavione. ....</i>	<i>138</i>
<i>Figura 98 Confronto tra i tempi di rientro con e senza TEE per l'intervento di installazione del cogeneratore. ....</i>	<i>138</i>
<i>Figura 99 Confronto del tempo di ritorno con e senza i TEE per la realizzazione di tutti gli interventi migliorativi analizzati e proposti.....</i>	<i>140</i>

## 12. Indice delle tabelle

Tabella 1 Tipologie di intervento riportate nell'Allegato 2 del DM 11 gennaio 2017 .....	21
Tabella 2 Consumi dei macchinari che compongono il ciclo di trattamento dei RSU .....	30
Tabella 3 Consumi dei macchinari per la produzione del compost .....	33
Tabella 4 Consumo dei macchinari che compongono il ciclo di trattamento della carta e della plastica .....	34
Tabella 5 Inventario apparecchi luminosi negli uffici (sede di Borgo San Dalmazzo) .....	36
Tabella 6 Inventario apparecchi luminosi nei capannoni di Borgo San Dalmazzo .....	37
Tabella 7 Consumo annuo di energia elettrica nella sede di Borgo San Dalmazzo .....	38
Tabella 8 Caratteristiche del CSS secondo la normativa UNI CEN TS 15359 .....	42
Tabella 9 Requisiti richiesti dalla norma UNI 9903-1 (2004) .....	42
Tabella 10 Caratteristiche chimico-fisiche delle tre tipologie di rifiuto .....	45
Tabella 11 Analisi delle emissioni effettuata il 17/07/2018 .....	51
Tabella 12 Inventario degli apparecchi luminosi presenti nell'edificio adibito ad uffici nell'impianto di Roccavione .....	52
Tabella 13 Inventario degli apparecchi luminosi presenti nei capannoni nell'impianto di Roccavione .....	53
Tabella 14 Riassunto dei dati ottenuti dal monitoraggio dei macchinari .....	65
Tabella 15 Dati relativi al monitoraggio dei ventilatori effettuato con la pinza amperometrica .....	66
Tabella 16 Caratteristiche del punto di lavoro dei ventilatori attualmente installati .....	68
Tabella 17 Ore di funzionamento dei ventilatori presenti nella sede di Borgo San Dalmazzo .....	68
Tabella 18 Caratteristiche dei punti di lavoro dei ventilatori proposti dal Fornitore A .....	69
Tabella 19 Confronto tra i consumi attuali e nel post intervento con i ventilatori proposti dal Fornitore A. ....	70
Tabella 20 Caratteristiche dei punti di lavoro dei ventilatori proposti dal Fornitore B. ....	72
Tabella 21 Confronto tra i consumi attuali e nel post intervento con i ventilatori proposti dal Fornitore B. ....	72
Tabella 22 Energia risparmiata in valor percentuale nelle configurazioni proposte dal fornitore A e B. ....	73
Tabella 23 Risparmio economico stimato dall'installazione dei ventilatori proposti dal Fornitore B. ....	75
Tabella 24 Costi per l'acquisto e l'installazione dei ventilatori. ....	75
Tabella 25 Dati utilizzati per la valutazione del finanziamento. ....	76
Tabella 26 Finanziamento per l'acquisto dei ventilatori. ....	76
Tabella 27 Valore dei risparmi e dei risparmi attualizzati negli anni dell'investimento. ....	77
Tabella 28 Business Plan dei ventilatori .....	78
Tabella 29 Campo di valori di UGR in funzione delle applicazioni .....	84
Tabella 30 Tipologie di sorgenti in base alla temperature di colore correlata .....	84
Tabella 31 Consumi di energia elettrica dell'A.C.S.R. suddivisi per fasce .....	88
Tabella 32 Energia elettrica richiesta per l'illuminazione nello stato futuro. ....	90
Tabella 33 Dati utilizzati nella valutazione dei risparmi economici legati all'installazione di LED. ....	95
Tabella 34 Risparmi di energia elettrica ottenuti dall'installazione dei LED. ....	95
Tabella 35 Caratteristiche illuminotecniche e costi degli apparecchi a LED previsti per gli uffici della sede di Borgo San Dalmazzo. ....	96
Tabella 36 Caratteristiche illuminotecniche e costi degli apparecchi a LED previsti per gli uffici dell'impianto di Roccavione. ....	96
Tabella 37 Caratteristiche illuminotecniche e costi degli apparecchi a LED previsti per i capannoni della sede di Borgo San Dalmazzo .....	96
Tabella 38 Caratteristiche illuminotecniche e costi degli apparecchi a LED previsti per i capannoni dell'impianto di Roccavione. ....	96
Tabella 39 Costi di installazione degli apparecchi a LED. ....	97
Tabella 40 Dati utilizzati per la valutazione del finanziamento .....	97
Tabella 41 Proposta di finanziamento per la realizzazione del relamping. ....	98
Tabella 42 Valore dei risparmi conseguiti negli anni del finanziamento. ....	98
Tabella 43 Business Plan dell'interventi di relamping .....	99
Tabella 44 Valori dell'indice LENI per i locali di Borgo San Dalmazzo .....	101
Tabella 45 Valori dell'indice LENI per i locali di Roccavione .....	102
Tabella 46 Caratteristiche delle superfici di oggetti ed elementi strutturali presenti negli uffici di Borgo San Dalmazzo. ....	104

## Indice delle tabelle

Tabella 47 Caratteristiche delle superfici di oggetti ed elementi strutturali presenti negli ambienti comuni a Borgo San Dalmazzo. ....	104
Tabella 48 Caratteristiche delle superfici di oggetti ed elementi strutturali presenti nei servizi igienici di Borgo San Dalmazzo. ....	105
Tabella 49 Caratteristiche delle superfici di oggetti ed elementi strutturali presenti negli spazi comuni dell'edificio adibito ad uffici dell'impianto di Roccavione. ....	106
Tabella 50 Caratteristiche delle superfici di oggetti ed elementi strutturali presenti nei servizi igienici di Roccavione. ....	106
Tabella 51 Caratteristiche delle superfici di oggetti ed elementi strutturali presenti negli uffici di Roccavione. ....	107
Tabella 52 Caratteristiche delle superfici di elementi strutturali presenti nei capannoni di Borgo San Dalmazzo e Roccavione. ....	107
Tabella 53 Requisiti illuminotecnici imposti dalla norma per diversi compiti visivi. ....	108
Tabella 54 Tipologie di superfici di calcolo utilizzate negli uffici per la valutazione dei parametri illuminotecnici. ....	108
Tabella 55 Superfici di calcolo UGR utilizzate negli uffici. ....	108
Tabella 56 Valori di illuminamento medio e uniformità per la scena di luce 1 nell'ufficio doppio di Borgo San Dalmazzo. ....	111
Tabella 57 Valori di illuminamento medio e uniformità per la scena di luce 2 nell'ufficio doppio di Borgo San Dalmazzo. ....	112
Tabella 58 Valori di illuminamento medio e uniformità per la scena di luce 3 nell'ufficio doppio di Borgo San Dalmazzo. ....	112
Tabella 59 Valori di UGR per la scena di luce 1 nell'ufficio doppio di Borgo San Dalmazzo. ....	112
Tabella 60 Valori di UGR per la scena di luce 2 nell'ufficio doppio di Borgo San Dalmazzo. ....	112
Tabella 61 Valori di UGR per la scena di luce 3 nell'ufficio doppio di Borgo San Dalmazzo. ....	112
Tabella 62 Valori di illuminamento medio e uniformità per il corridoio e l'ingresso di Borgo San Dalmazzo. ....	113
Tabella 63 Valori di illuminamento medio e uniformità per l'ufficio 1 presente nell'impianto di Roccavione. ....	114
Tabella 64 Valori di UGR per l'ufficio 1 presente nell'impianto di Roccavione. ....	115
Tabella 65 Valori di illuminamento medio e uniformità per i servizi igienici presenti al primo piano nell'impianto di Roccavione. ....	116
Tabella 66 Valori di illuminamento medio e uniformità per lo spogliatoio presente al pian terreno nell'impianto di Roccavione. ....	117
Tabella 67 Valori di illuminamento medio e uniformità il capannone utilizzato per la ricezione dei rifiuti a Borgo San Dalmazzo. ....	118
Tabella 68 Profilo termico dell'impianto di Roccavione per gli anni 2017 e 2018. ....	120
Tabella 69 Profilo termico per le ore di funzionamento ipotizzate. ....	121
Tabella 70 Dati di targa del cogeneratore scelto. ....	122
Tabella 71 Parametri del cogeneratore. ....	124
Tabella 72 Dati utilizzati per l'analisi del cogeneratore. ....	124
Tabella 73 Costi di produzione dell'energia elettrica con il cogeneratore. ....	126
Tabella 74 Dati utilizzati per la valutazione del finanziamento. ....	129
Tabella 75 Proposta di finanziamento per l'intervento di installazione di un cogeneratore. ....	129
Tabella 76 Calcolo dei risparmi previsti conseguibili dalla realizzazione dell'intervento di installazione del cogeneratore. ....	130
Tabella 77 Valore del coefficiente di armonizzazione K per la valutazione dei TEE in base alla potenza installata. ....	131
Tabella 78 Business Plan per l'installazione del cogeneratore. ....	132
Tabella 79 Confronto tra i consumi attuali e futuri per gli interventi proposti a Borgo San Dalmazzo. ....	134
Tabella 80 Confronto tra i consumi ante e post interventi proposti per l'impianto di Roccavione. ....	137
Tabella 81 Confronto tra i consumi ante e post interventi. ....	139
Tabella 82 Business Plan investimetno complessivo (Ventilatori +LED+CHP) ....	139

## 13. Bibliografia

- *Allegato 6 al progetto preliminare: progetto impianto ASET S.p.A - Impianto di trattamento meccanico-biologico RSU, digestione anaerobica e compostaggio FORSU.*
- *Analisi costi di produzione ACSR Roccavione anni 2017-2018.*
- *Applicazione dell'articolo 7 della direttiva 2012/27/UE sui regimi obbligatori di efficienza energetica, Ministero dello Sviluppo Economico-Direzione genere per il mercato elettrico, le rinnovabili e l'efficienza energetica, il nucleare, Aprile 2018.*
- *Badami M., Portoraro A. - Dispense del corso Impiego industriale dell'energia. Politecnico di Torino.*
- *Calabria A., Di Palma D., Di Veroli M., Lucentini M. - L'esperto in gestione dell'energia: guida per la formazione del professionista con riferimenti pratici.*
- *Chiarimenti in materia di Diagnosi Energetica nelle imprese ai sensi dell'articolo 8 del decreto legislativo n. 102 del 2014 - Ministero dello Sviluppo Economico, novembre 2016.*
- *Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni- Una tabella di marcia verso un'economia competitiva a basse emissioni di carbonio nel 2050.*
- *Direttiva UE 2018/844 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 30 maggio 2018 che modifica la direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica dell'edilizia e la Direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica.*
- *De Stefanis P. - Combustibili Solidi Secondari (CSS): evoluzione della normativa tecnica.*
- *Decreto Ministeriale 11 gennaio 2017: "Determinazione degli obiettivi quantitativi nazionali di risparmio energetico che devono essere perseguiti dalle imprese di distribuzione dell'energia elettrica e il gas per gli anni dal 2017 al 2020 e per l'approvazione delle nuove Linee Guida per la preparazione, l'esecuzione e la valutazione dei progetti di efficienza energetica". Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana.*
- *Gaiano V., Pieri S. - Bilancio energetico della co-combustione di Combustibile Solido Secondario (CSS) in impianti per la produzione di cemento. Tesi di laurea magistrale in Ingegneria Energetica presso il Politecnico di Milano.*
- *Guida alla Cogenerazione ad Alto Rendimento CAR. Aggiornamento dell'edizione 1-Marzo 2018. Portale del GSE.*
- <http://www.disano.it/it/home>.
- <http://www.encorecompany.it/imprese-energivore-agevolazioni>.
- <http://www.fosnova.it/it/home>.
- <https://www.gse.it/>.
- <http://www.isprambiente.gov.it/it/certificazioni/emas>.
- <http://www.lighting.philips.it/home>.

## Bibliografia

- <http://www.mercatoelettrico.org/it/>.
- [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050\\_it](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_it).
- Manuale d'uso dello strumento *HT Solar300N* utilizzato per il monitoraggio.
- Materiale tecnico dei macchinari attualmente installati.
- Moratelli A. - *La cogenerazione ad alto rendimento: il quadro normativo italiano e l'analisi economica per un caso reale*. Tesi di laurea triennale in Ingegneria Elettrotecnica presso l'Università di Padova.
- Norma CEI UNI EN 16247-1-Luglio 2012: *Diagnosi energetiche- Parte 1: Requisiti generali*.
- Norma CEI UNI EN ISO 50001-Ottobre 2011: *Sistemi di gestione dell'energia - Requisiti e linee guida per l'uso*.
- Pellegrino A. - Dispense del corso *Sistemi per l'illuminazione e per il controllo del rumore*. Politecnico di Torino.
- Prazzoli L. - *Analisi modellistica di Impianti di Trattamento Meccanico-Biologico (TMB) per Rifiuti Solidi Urbani (RSU)*. Tesi di laurea magistrale in Ingegneria Energetica presso il Politecnico di Milano.
- Rinaudo D. - *Approfondimento Diagnosi Energetica: Cogeneratore*.
- Sacconi C. Bianchini A. Pellegrini M. Gambuti M. *Impianti per la cogenerazione di energia*. Slide del corso *Impianti Meccanici* dell'Università di Bologna.
- *Sintesi del nuovo decreto Certificati Bianchi (DM 11 gennaio 2017)*, fonte GSE.
- Sito internet dell'ACSR-azienda cuneese smaltimento rifiuti: <http://www.acsr.it/>.
- Valz Gris R. - *Rapporto di diagnosi energetica dell'ACSR S.p.A. di Borgo San Dalmazzo riferita al periodo 2013-2015*.
- Veggi S. - *Impianto di valorizzazione della frazione secca da rifiuti solidi urbani per la produzione di CSS-rifiuto combustibile solido secondario derivato da rifiuti (già CDR-Q)- Autorizzazione Integrata Ambientale*.

## **14. Ringraziamenti**

Giunti al termine di questa esperienza, vorrei ringraziare il professor Marco Masoero per avermi dato la possibilità di entrare a contatto con l'azienda Idrotermica di Allegri Ing. Fabio & C. S.r.l. e per avermi seguito come relatore. Un ringraziamento speciale va all'Ing. Fabio Allegri per avermi permesso di svolgere la tesi presso la sua azienda e per la disponibilità e l'attenzione che mi ha sempre dimostrato. Ringrazio inoltre l'Ing. Massimiliano Alasia per l'aiuto, il tempo dedicatomi e i preziosi consigli durante lo svolgimento dell'elaborato finale. Ringrazio Michele e Gemma per la gentilezza e la disponibilità dimostrata nei miei confronti.

Ringrazio tutto il personale dell'A.C.S.R. per avermi aiutata, mettendomi a disposizione tutto il materiale necessario per lo svolgimento dell'elaborato e per la disponibilità.

Ringrazio di cuore il professore Valerio Roberto Maria Lo Verso per la sua gentilezza e per l'aiuto offertomi nello svolgimento del progetto illuminotecnico.

Un riconoscimento speciale va a tutta la mia famiglia, per avermi sempre sostenuta economicamente, ma soprattutto moralmente. Voglio ringraziare i miei genitori Silvano e Ausilia per il grande supporto e l'enorme pazienza, per aver sempre creduto in me e per avermi incoraggiato a non mollare. Un grande grazie va a mio fratello Nicolò, per esserci sempre stato, soprattutto nelle difficoltà, e per le risate nei pomeriggi di studio insieme. Voglio ringraziare mia nonna, per il grande sostegno e per l'affetto che in questi anni mi ha sempre dimostrato.

Un grazie speciale va ad Enrico, per essere al mio fianco dal primo giorno di questa esperienza universitaria, ma soprattutto per l'enorme pazienza che mi ha dimostrato e per avermi sempre spinto ad avere fiducia in me stessa.

Ringrazio le mie compagne di convitto Cristina, Elena, Federica e Michela per le serate trascorse insieme e per essere state un po' come una seconda famiglia. Un pensiero speciale va ad Alessandra, per essere stata non solo un'ottima compagna di stanza, ma una grande amica, per l'affetto che mi ha dimostrato e per essermi stata sempre vicina, soprattutto nei momenti di sconforto.

Voglio ringraziare di cuore le mie amiche Sara, Sara, Danila, Alessandra ed Erica per esserci sempre state in ogni momento e per avermi sempre sostenuta e spronata a continuare. Ringrazio Elena per essere stata un'ottima coinquilina anche se per poco tempo, ma soprattutto per la disponibilità e l'aiuto che mi ha dato.

Un pensiero speciale va alla prof. delle prof., Mary, per avermi aiutata nello studio e per la grande disponibilità e affetto che ha sempre dimostrato nei miei confronti.

Voglio ringraziare i miei compagni di università Alessia, Andrea, Diego, Giorgia, Mattia, Salvatore e Stefano per aver condiviso con me questi anni di studio, ma non solo. Un grazie particolare va a Laura per essere stata prima di tutto una grande amica oltre che una

## *Ringraziamenti*

compagna di studi e per aver condiviso con me tutto, dalle numerose ansie alle immense gioie.

Un grande grazie va a Lorenzo, per l'enorme aiuto che mi ha dato in questi anni universitari, per i pomeriggi di studio passati insieme e per la pazienza che anche lui mi ha dimostrato.

Voglio ringraziare tutta la mia famiglia: gli zii e le zie, ma soprattutto le mie cugine, delle sorelle per me, con le quali ho condiviso molto e mi hanno sempre sostenuta e incoraggiata.

Ringrazio, infine, tutte le persone che hanno contribuito a rendere speciali questi anni della mia vita e con le quali ho condiviso momenti unici ed indimenticabili.