

UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Ingegneria Industriale DII

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Energetica

Redazione bilancio energetico e valutazione efficientamenti energetici su
soggetto obbligato operante nel settore metalmeccanico tramite
applicazione del d. lgs. 102/2014

Relatore

Chiar.mo Prof. Arturo Lorenzoni

Nicola Zattra

matricola 1146862

Anno Accademico 2017/2018

SOMMARIO

Il 2019 sarà l'anno in cui i soggetti obbligati dovranno provvedere a realizzare le diagnosi energetiche, volute dal decreto legislativo 102/2014, con dati ottenuti tramite misurazioni. Lo studio che segue tratterà proprio questo argomento. Nello specifico verrà presentata la situazione esistente e antecedente alla redazione di suddetta diagnosi, ponendo attenzione a quello che è il fine ultimo della diagnosi energetica, ovvero, l'efficientamento energetico.

Dopo aver fornito un'immagine d'insieme della situazione a livello normativo e legislativo, si entrerà nel particolare di una realtà industriale metalmeccanica presente in provincia di Verona. Il lavoro descritto nelle pagine seguenti è frutto di un'esperienza stage di 4 mesi presso la ESCo (Energy Service Company) Encore s.r.l. fondata da Tommaso Vagliano e Andrea Bordignon.

Indice:

1	Introduzione	p. 3
2	Realtà della diagnosi energetica	p. 5
2.1	Definizione della diagnosi energetica	p. 5
2.2	Normativa ed obblighi per la redazione di una diagnosi energetica	p. 6
2.3	Monitoraggio	p. 13
3	Lo strumento dei Certificati bianchi	p. 17
3.1	I Certificati bianchi per i progetti standardizzati (PS)	p. 19
3.1.1	Sistemi di illuminazione LED	p. 19
3.1.2	Installazione impianti di produzione dell'aria compressa	p. 21
4	Conto Termico	p. 23
4.1	Installazione di collettori solari termici	p. 23
5	Realtà industriale in esame	p. 27
5.1	Schema produttivo	p. 27
5.2	Quadro energetico	p. 29
6	Obblighi del d.lgs. 102/2014	p. 30
6.1	Analisi e bilancio energetico	p. 32
6.1.1	Energia elettrica	p. 32
6.1.2	Energia termica: vettore metano	p. 58
7	Piano di monitoraggio	p. 68
7.1	Sito 1	p. 68
7.2	Sito 2	p. 71
8	Proposte per il miglioramento dell'efficienza energetica	p. 73
8.1	Interventi proposti	p. 76
8.1.1	Impianto solare termico	p. 76
8.1.2	Recuperatore di calore	p. 84
8.1.3	Sostituzione compressore	p. 88
8.1.4	Relamping LED	p. 91
9	Conclusioni	p. 94
10	Bibliografia e sitografia	p. 96

1 Introduzione

Il settore energetico è da anni ormai annesso al settore ambientale. Infatti le scelte operate nel primo hanno un impatto diretto sull'ambiente e sul clima e fu con questa consapevolezza che 192 Stati, tra cui l'Italia, firmarono il Protocollo di Kyoto nel 1997. A fronte di un'emergenza sempre maggiore si è reso necessario l'Accordo di Parigi del dicembre 2015 dove 195 Paesi hanno stretto il primo accordo universale e giuridicamente vincolante sul clima mondiale, al fine di limitare il riscaldamento globale al di sotto dei 2°C¹. Secondo la commissione di Parigi, tra i vari fattori che determineranno la variazione del panorama energetico nei prossimi anni (un target è stato fissato per il 2020 e per il 2030, al fine di osservare i risultati concretamente ottenuti) l'efficientamento energetico, ovvero il miglioramento delle prestazioni energetiche dei soggetti che in quota maggiore gestiscono ed impiegano l'energia, gioca un ruolo di fondamentale importanza.

L'Europa per indirizzare sulla giusta via il percorso dell'efficientamento energetico ha rilasciato la direttiva europea 2012/27 EU, la quale pone i seguenti obiettivi:

- Riduzione delle emissioni di gas serra;
- Sostenibilità delle fonti energetiche primarie;
- Limitare i cambiamenti climatici;
- Rilanciare la crescita economica senza perpetrare la diretta proporzionalità con i consumi di energia;
- Creare nuovi posti di lavoro;
- Aumentare la competitività delle aziende.

La direttiva è stata recepita dal governo italiano con il Decreto Legislativo 102/2014.

Il D.lgs. 102 *“stabilisce un quadro di misure per la promozione e il miglioramento dell'efficienza energetica che concorrono al conseguimento dell'obiettivo nazionale di risparmio energetico indicato all'articolo 3.”*², l'articolo 3 del medesimo decreto dichiara che l'obiettivo nazionale *“consiste nella riduzione, entro l'anno 2020, di 20 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio dei consumi di energia primaria, pari a 15.5 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio di energia finale”*², ovvero il raggiungimento di un valore di efficienza energetica pari al 20% entro il 2020. Dunque, come detto precedentemente, questo decreto risulta essere uno dei principali strumenti per attuare l'efficientamento sul panorama italiano. Permetterà, infatti, di individuare effettivamente le zone di consumo energetico; le quali dovranno essere sottoposte ad eventuali interventi. Verranno, inoltre, definiti i benchmark di settore; rendendo possibile effettuare confronti fra realtà differenti ma operanti nello stesso ambito industriale o terziario.

La diagnosi energetica richiesta dal decreto deve essere realizzata interamente ed esclusivamente da società di servizi energetici, esperti in gestione dell'energia o auditor energetici certificati da organismi accreditati, ai sensi dell'articolo 8, comma 2 del decreto legislativo 102/2014³. Rientra in questi soggetti la Encore s.r.l. presso cui è stato redatto lo sviluppo della seguente tesi; la stessa infatti è una ESCo, ovvero Energy Service Company, certificata UNI 11352, che secondo quanto recita il decreto legislativo 115/2008 viene definita *“persona fisica o giuridica che fornisce servizi*

*energetici ovvero altre misure di efficienza energetica nelle installazioni o nei locali dell'utente e, ciò facendo, accetta un certo margine di rischio finanziario. Il pagamento dei servizi forniti si basa, totalmente o parzialmente, sul miglioramento dell'efficienza energetica conseguito e sul raggiungimento degli altri criteri di rendimento stabiliti"*⁴, la definizione è diretta conseguenza del recepimento della direttiva 2006/32/CE3.

Oltre alla diagnosi energetica altro strumento importante per l'efficientamento energetico è il meccanismo dei certificati bianchi o titoli di efficienza energetica, dai quali ci si aspetta il compimento del 60% dei risparmi succitati entro il 2020, secondo quanto riportato nel D.lgs. 102/2014; la struttura di funzionamento prevede²:

- Obbligo dei fornitori e distributori di elettricità e gas naturale²;
- Possibilità dei soggetti volontari di ottenere dei TEE al fine di venderli ai soggetti obbligati².

Nel secondo punto si inseriscono le ESCo, unico soggetto volontario inizialmente ammesso, le quali possono generare offerta sul mercato generando scambi dei TEE.

Considerati gli obiettivi previsti per il 2020, decretati all'articolo 3 del D.lgs. 102/2014, l'importanza dei Certificati Bianchi e la contrazione della capacità di generazione annua, dovuta prevalentemente all'esito di indagini della magistratura su casi di emissione indebita di TEE, si è resa obbligatoria una modifica al D.lgs. 11/01/2017 tramite il decreto 10/05/2018⁵.

Questa modifica risultava dunque necessaria per poter coprire le quote preventivate durante gli Accordi di Parigi e agevolare un mercato maggiormente stabile e regolare rispetto a quanto dimostrato finora dal mercato stesso⁵.

Nel proseguo della tesi verrà presa in esame una realtà industriale del veronese, di cui si parlerà nei capitoli seguenti. Il primo punto di interesse sarà rivolto alla redazione del piano di monitoraggio, passo fondamentale per ottenere i dati utili alla comprensione del sito industriale, quindi, alla redazione della diagnosi energetica. L'attenzione, poi, si focalizzerà inoltre sugli interventi di efficientamento che si intendono proporre e realizzare. In linea con la della direttiva europea e il del decreto 102/2014, l'obiettivo dell'intervento è il miglioramento delle prestazioni energetiche.

2 Realtà della diagnosi energetica

Nel seguente capitolo verranno presentati il D.lgs. 102/2014 e le normative relative alla compilazione della diagnosi energetica che verrà effettuata presso tutti quei soggetti configurati come obbligati ad effettuare l'efficientamento. Nel caso in cui un soggetto non obbligato decidesse di eseguire l'audit energetico, la strada da intraprendere è la medesima.

2.1 Definizione della diagnosi energetica

La direttiva europea 2012/27/UE25 presenta la seguente definizione di diagnosi energetica (diagnosi energetica e audit energetico sono sinonimi, nel proseguo verranno utilizzati indistintamente): *“audit energetico, una procedura sistematica finalizzata ad ottenere un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di una attività o impianto industriale o commerciale o di servizi pubblici o privati, a individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi - benefici e a riferire in merito ai risultati”*⁶. Dalla definizione si apprende che il fine ultimo della diagnosi consiste nell'efficientamento energetico, previo inquadramento dei consumi energetici tramite un sufficiente piano di monitoraggio.

Evidente è la differenza con la Certificazione Energetica, la quale descrive la qualità energetica di un sistema senza proporre migliorie.

A questo proposito è necessario ricordare che la direttiva europea nasce e si sviluppa proprio per rendere l'efficienza uno degli strumenti principali per la riduzione dei consumi energetici su scala globale.

2.2 Normativa e obblighi per la redazione di una diagnosi energetica

La diagnosi energetica, o audit energetico, deve essere redatta seguendo le indicazioni fornite dal decreto 102/2014, il quale richiede la conformità ai criteri minimi contenuti nelle norme tecniche UNI CEI EN 16247, parti da 1 a 4².

La norma UNI CEI EN 16247 nella sua prima parte definisce le caratteristiche di un audit energetico completo e all'altezza del compito affidatogli. Esso deve presentare le seguenti caratteristiche:

- Completezza: deve fornire un quadro preciso e dettagliato dei confini e della realtà analizzata;
- Attendibilità: i dati raccolti dovranno fornire un'immagine adeguata di quanto posto in esame, generando così un database di dati utili al trattamento di casi simili;
- Tracciabilità: deve essere possibile risalire alla fonte dei dati e dei processi di calcolo sviluppati, assicurando in questo modo il grado di accuratezza richiesto e la possibilità di verificare i risultati ottenuti;
- Utilità: la diagnosi, come già detto, evidenzia i possibili interventi da eseguire al fine di incrementare l'efficienza dell'organizzazione;
- Verificabilità: le autorità devono poter effettuare il controllo del raggiungimento degli obiettivi dichiarati grazie a dei misuratori dedicati che rilevano i consumi post-intervento.

Il processo tramite cui arrivare alla redazione della diagnosi prevede, secondo la UNI CEI EN 16247, un confronto preliminare con l'organizzazione in esame, per individuare la struttura energetica esistente e i dati, relativi ai consumi, già raccolti (presenza di storici, misuratori). Successivamente, dovrà essere sviluppato uno schema d'impianto da associare ai consumi al fine di sviluppare un adeguato piano di monitoraggio, con cui chiudere la campagna di raccolta dati. Ottenuti i dati si potrà procedere alla redazione dell'analisi energetica.

La realtà analizzata nel proseguo è di tipo industriale; dobbiamo quindi fare riferimento alla parte terza della UNI CEI EN 16247, la quale espone i requisiti, la metodologia e la reportistica di una diagnosi energetica nell'ambito dei processi industriali.

In particolare il procedimento di realizzazione risulta schematizzato come segue:

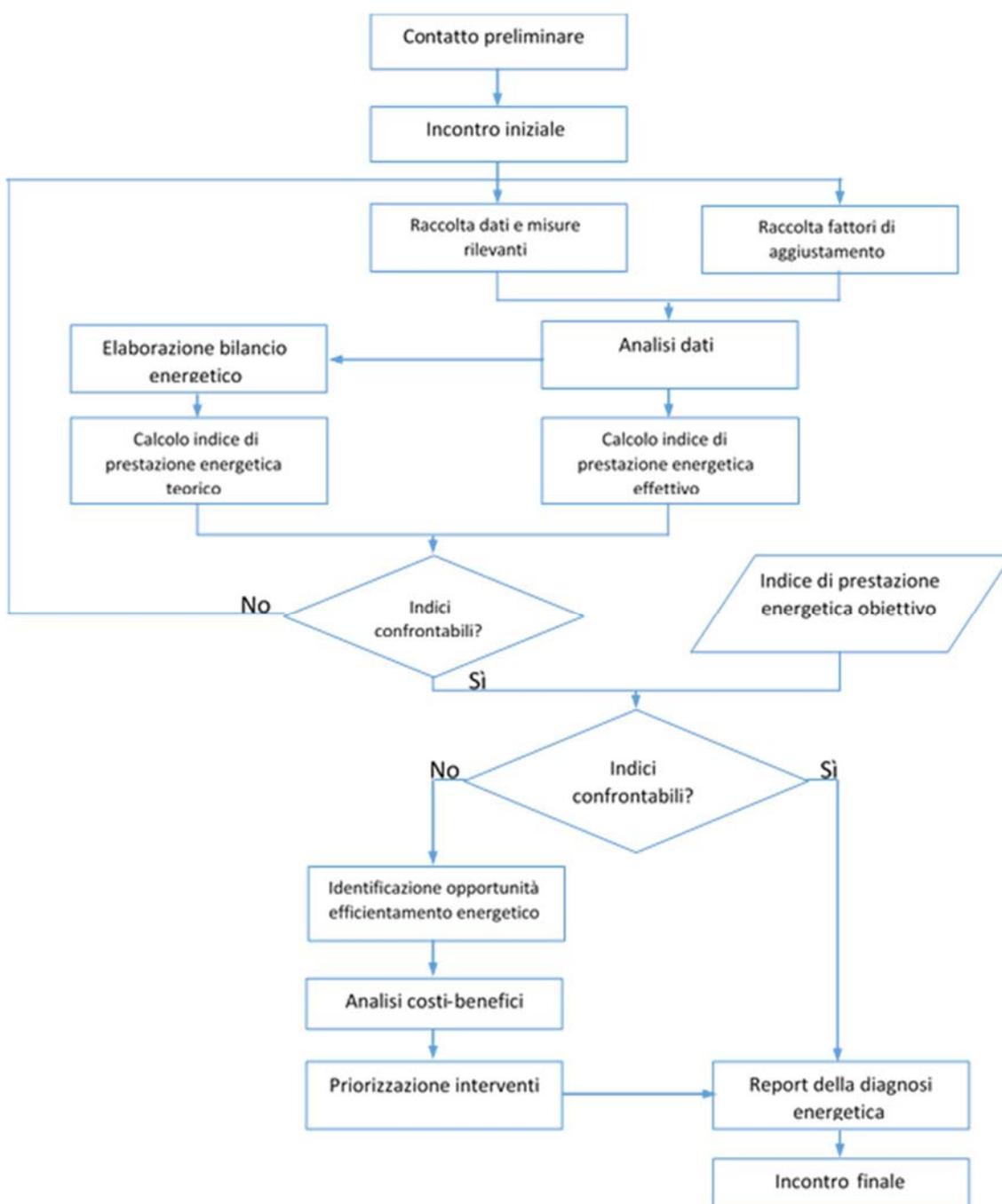


Figura 1: Diagramma per la redazione di una diagnosi energetica secondo la UNI CEI EN 16247.

L'analisi scaturita dal processo descritto deve rispondere all'adempimento dei seguenti punti:

- Ramificare il consumo tra i diversi utilizzatori; particolare attenzione andrebbe posta al timing associato ai consumi, in modo da redare una distribuzione su differenti periodi. Inoltre bisognerebbe provvedere alla verifica del bilancio tra consumi e perdite;
- Identificare gli indicatori di efficienza energetica (EnPI = Energy Performance Indicators) da utilizzare nell'analisi;
- Programmare interventi per migliorare l'efficienza energetica del sito.

Quanto esposto vale sia per i soggetti obbligati sia per i soggetti volontari, ma vediamo chi sono i soggetti obbligati.

L'obbligo di cui si parla all'articolo 8, comma 1 del D.lgs. 102/2014 fa riferimento alle grandi imprese, le quali per essere così identificate devono soddisfare una delle seguenti condizioni³:

- l'impresa occupa più di 250 persone e presenta un fatturato superiore a 50 milioni di euro e realizza un totale di bilancio annuo superiore a 43 milioni di euro³;
- l'impresa occupa più di 250 persone e presenta un fatturato superiore a 50 milioni di euro³;
- l'impresa occupa più di 250 persone e realizza un totale di bilancio annuo superiore a 43 milioni di euro³.

L'impresa è soggetta all'obbligo solo se la condizione di grande impresa si è verificata per i due esercizi consecutivi precedenti a tale anno, a decorrere dalla data di chiusura dei conti³.

Ai sensi dell'articolo 8, comma 3, l'obbligo di diagnosi energetica viene esteso anche alle imprese a forte consumo di energia (o energivore), le quali risultano nell'elenco annuale istituito presso la Cassa per i servizi energetici e ambientali (CSEA)³. Per queste l'obbligo si esercita nel caso l'impresa energivora risulti iscritta nell'elenco pubblicato presso la CSEA dell'anno precedente³.

La descrizione fornita individua i soggetti che maggiormente devono farsi carico dell'efficientamento. Questi risultano infatti essere in possesso dei mezzi economici necessari per attuare il cambiamento oppure sono i maggiori responsabili del consumo. L'obbligo descritto non deve essere inteso come una gravosità aggiuntiva ma come un'opportunità per realizzare un risparmio, utile ai soggetti e all'ambiente.

Uno dei primi passi da compiere per eseguire la diagnosi energetica è la raccolta dei dati energetici, ottenibili attraverso: l'impiego dei sistemi di misura esistenti, la lettura diretta dei contatori, l'analisi delle bollette relative e la conoscenza dei dati di produzione⁸.

I dati da raccogliere al fine di redigere in maniera completa l'analisi sono molti. Più complesso ancora è il procedimento nel caso in cui l'impresa presenta una realtà multi-sito. A questo proposito ENEA (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile) fornisce delle linee guida per individuare i siti ai quali vanno applicati gli obblighi espressi dal D.lgs.102/2014, si elencano di seguito i criteri di individuazione⁷:

- le imprese mono sito:
 - a) le imprese che nell'anno di riferimento abbiano avuto un consumo superiore alle 100 tep⁷;
- le imprese multi-sito:
 - b) tutti i siti classificati come industriali che abbiano avuto un consumo nell'anno di riferimento maggiore di 10.000 tep⁷;
 - c) nel caso di siti "industriali" con consumi uguali o inferiori a 10.000 tep nell'anno di riferimento si applica la seguente clusterizzazione⁷:

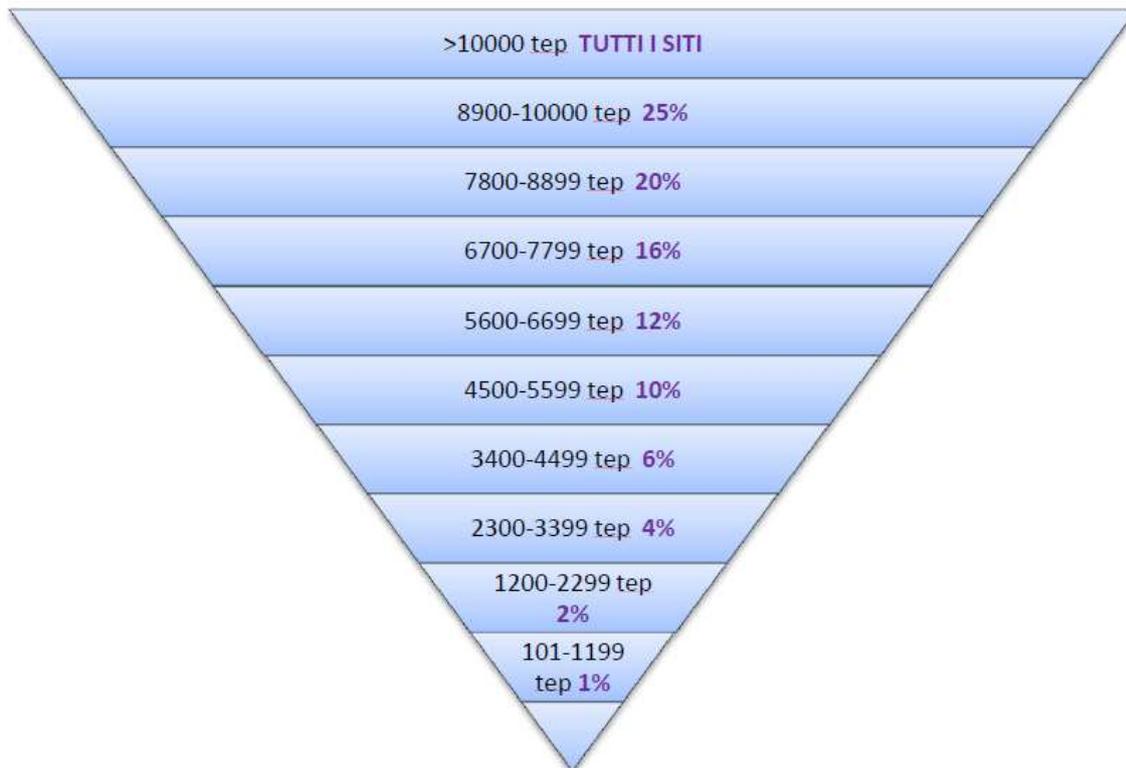


Figura 2: Percentuale dei siti su cui vi è obbligo di applicazione del decreto⁷.

I siti individuati con il campionamento sopra descritto potranno essere massimo 50; possono essere esclusi tutti i siti i cui consumi risultano inferiori alle 100 tep, nell'anno di riferimento⁷. L'approssimazione da attuare per identificare il numero di siti da inserire nei cluster deve seguire questa logica⁷:

- per risultati minori di uno l'approssimazione deve essere pari all'intero successivo, ovvero 1⁷;
- per risultati maggiori di uno l'approssimazione da seguire è quella commerciale⁷.

Definito cosa è posto sotto obbligo del decreto legislativo 102/2014, è necessario individuare cosa deve essere misurato. Ad eccezione della prima diagnosi energetica, infatti, i dati su cui dovranno essere basate le successive diagnosi dovranno essere relativi a consumi aggiornati, misurati e tracciabili². A tal fine ENEA (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile) consiglia di presentare un documento, ovvero il piano di monitoraggio, dove vengono elencate le operazioni eseguite.

Le misurazioni dovranno fornire dati per ciascuna delle tre successive fonti di consumo (vedere fig.3, quanto qui indicato corrisponde al livello C): processo produttivo, servizi ausiliari, servizi generali⁷. In questo modo si conoscerà nel dettaglio il consumo di ciascun sito. Come si vede in fig. 3, la tripartizione appena descritta corrisponde al livello C, mentre il livello A corrisponde al sito preso in esame e il livello B al singolo stabilimento.

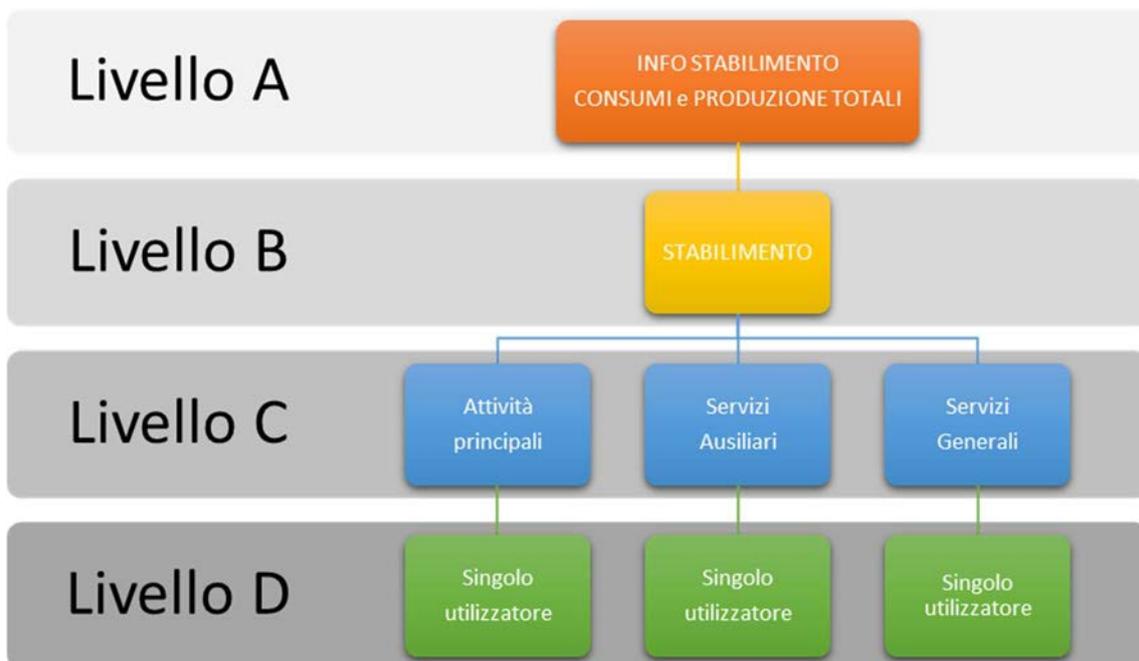


Figura 3: Schema ad albero con ripartizioni richieste dal d.lgs. 102/2014⁷.

Le ripartizioni precedentemente elencate si differenziano come segue⁸:

- Attività principali: tutte le attività legate allo sviluppo della produzione o che caratterizzano il servizio erogato, vanno distinte in base alla tipologia di prodotto/servizio generato e strutturate in fasi funzionali distinte⁸;
- Servizi ausiliari ed accessori: tutte le attività a supporto delle principali. Alcuni esempi di servizi ausiliari sono: centrale termica, centrale frigo, sistema aria compressa, ecc. Bisogna assicurarsi che esista un legame con l'attività produttiva⁸.
- Servizi generali: tutte le attività connesse al processo che non sono strettamente collegate ad esso o che non ne impediscono la realizzazione. Rientrano in questa categoria l'illuminazione, le UTA, gli uffici, ecc.⁸.

Lo scopo di questa suddivisione è quella di ottenere per ciascuno dei tre blocchi degli indicatori di prestazione energetica (EnPI, energy performance indicator), per arrivare a determinare dei benchmark affidabili nell'ambito del settore industriale⁷.

La suddivisione e il monitoraggio devono essere eseguiti per ogni vettore energetico presente nel sito (energia elettrica, gas naturale, gasolio, ecc.); dovrà quindi essere presente per ciascuno di essi la suddivisione tra processo, servizi ausiliari e servizi generali di cui si prospetteranno le relative quote coperte sul consumo totale⁷. Nel caso in cui non fosse possibile raccogliere i dati a questo livello (livello C in fig. 3), o dovesse risultare tecnicamente impossibile, si potrà impiegare un approccio "bottom-up" per ricavare i valori del livello C come sommatoria delle misure effettuate al livello D⁷.

Nella valutazione dei vettori energetici sono esclusi quelli il cui consumo totale incide per meno del 10% sul consumo complessivo del sito. Se la sommatoria dei vettori energetici esclusi supera il 10%, essi non possono essere non considerati⁷.

Inoltre, se nel sito sono presenti uno o più impianti di autoproduzione, la quota di energia auto consumata dovrà essere sommata al relativo vettore energetico; per eseguire i calcoli sarà necessario utilizzare i coefficienti di conversione in tep di cui all'articolo 19 della Legge 10 del 1991 (circolare MiSE, Ministero dello Sviluppo Economico, del 18/12/2014). Per quanto riguarda l'energia elettrica, si utilizza il fattore $0.187 \cdot 10^{-3}$ tep/kWh⁷⁻⁸, mentre per il gas metano si impiega $0.825 \cdot 10^{-3}$ tep/Nm³, ottenuto dal potere calorifico del metano (PCI = 9,59 kWh/Nm³) e fattore di conversione tra kWh e tep ($1\text{kWh}=860 \cdot 10^{-7}$)¹⁹.

Nel caso di sistemi/sottosistemi energivori, all'interno del sito sarà necessaria la presenza di contatori dedicati⁷. In mancanza dei suddetti sarà possibile fare ricorso a stime basate su calcoli, valori progettuali, dati di targa, ore di funzionamento, rendimenti e, se possibile, valori ottenuti con misure mirate⁷.

Le misurazioni da eseguire potrebbero risultare troppo gravose per le imprese soggette ad obbligo, ragione per cui sono stati definiti dei livelli di copertura minimi, decrescenti in funzione del consumo totale dell'impianto, in modo da raggiungere l'obiettivo di ottenere valori affidabili al fine di generare un benchmark per i vari settori⁷.

La copertura minima richiesta è data dalle seguenti percentuali⁷:

- siti con consumo totale superiore a 10.000 tep /anno
 - a) Consumi di processo industriale (livello C): 85% di copertura dei dati misurati, per ogni vettore energetico, rispetto al consumo totale dello stesso (riferimento è il valore rilevato dal contatore al livello A)⁷;
 - b) Consumi di servizi ausiliari (livello C):50% di copertura dei dati misurati, per ogni vettore energetico, rispetto al consumo totale dello stesso (riferimento è il valore rilevato dal contatore al livello A)⁷;
 - c) Consumi di servizi generali (livello C):20% di copertura dei dati misurati, per ogni vettore energetico, rispetto al consumo totale dello stesso (riferimento è il valore rilevato dal contatore al livello A)⁷.
- Siti industriali con consumo totale inferiore a 10.000 tep/anno: il livello, come affermato precedentemente, decresce come riportato di seguito⁷:

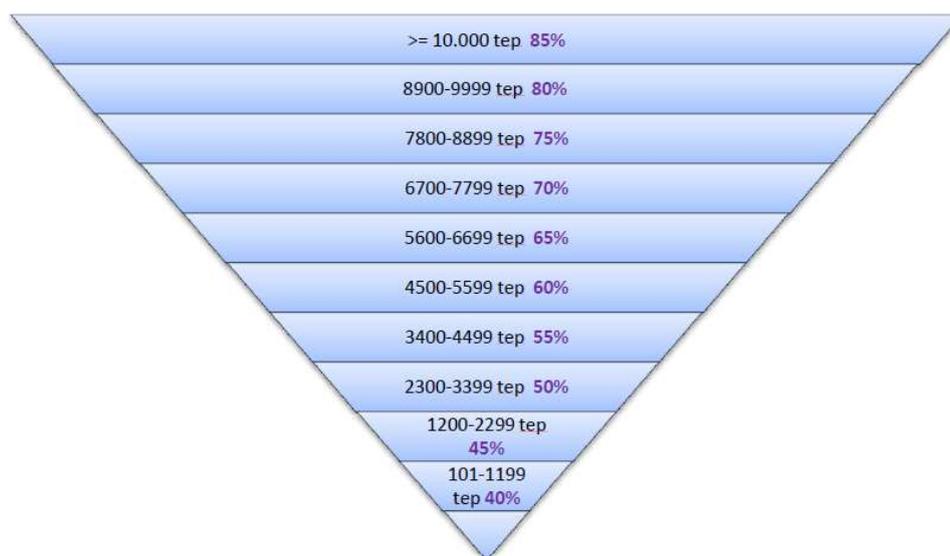


Figura 4: Percentuali minime di copertura del piano di misurazione e/o monitoraggio⁷.

A titolo riepilogativo si presenta la seguente tabella:

Tabella 1: Soglia delle percentuali richieste per realizzare la copertura minima dei piani di misurazione e/o monitoraggio⁷.

Consumo anno di riferimento (tep/anno)		Attività principali	Servizi ausiliari	Servizi generali
> 10.000		85%	50%	20%
8900	10000	80%	45%	20%
7800	8899	75%	40%	20%
6700	7799	70%	35%	20%
5600	6699	65%	30%	20%
4500	5599	60%	25%	10%
3400	4499	55%	20%	10%
2300	3399	50%	15%	10%
1200	2299	45%	10%	5%
100	1199	40%	5%	5%

Individuato il livello di copertura minimo obbligato, è necessario realizzare una struttura energetica aziendale multilivello con cui sia possibile descrivere in modo completo ed esaustivo la realtà dell'impresa³. Questa viene divisa nelle varie aree funzionali e successivamente si procede

all'acquisizione dei dati energetici. È possibile quindi realizzare la modellizzazione della realtà dell'azienda attraverso la costruzione di inventari energetici³. La struttura (o schema energetico) dovrà essere redatta per ogni vettore energetico: l'obiettivo è quello di partire dal contatore generale (POD, PDR, altro) per poi scendere nel dettaglio, almeno fino al livello C. Devono, poi, essere calcolati gli indici di prestazione energetica globali per ogni area funzionale grazie ai quali eseguire un confronto con i valori obiettivo, rappresentativi della media di mercato³. Infine si completa la diagnosi energetica individuando un percorso virtuoso, nell'ambito dell'efficienza, tale da diminuire i consumi energetici a parità di attività/servizio³.

Gli interventi proposti dalle diagnosi hanno obbligo di attuazione progressiva, in tempi ragionevoli, solo per le imprese energivore come previsto dall'articolo 8, comma 3 del D.lgs. 102/2014, a meno che non vengano adottati sistemi di gestione conformi alle norme ISO 50001³. Invece le grandi imprese non sono soggette all'obbligo di realizzazione degli interventi, anche se sarebbe auspicabile una loro attuazione³.

2.3 Monitoraggio

La diagnosi energetica permette all'azienda di capire dove e quanto consuma e quali sono le possibili soluzioni per migliorare il proprio profilo energetico. Dato che la diagnosi si nutre di dati ricavati attraverso strumentazioni situate nei punti di interesse, è quindi necessaria a monte la presenza di una adeguata strategia aziendale che possa determinare un piano di monitoraggio adeguato.

Gestire e migliorare la prestazione energetica richiede una strategia di controllo continuativa, coordinata ed interattiva che deve essere attuata sistematicamente a tutta l'organizzazione. La norma UNI CEI EN ISO 50001:2011 "Sistemi di gestione dell'energia – requisiti e linee guida per l'uso" presenta lo schema da seguire per ottenere un miglioramento energetico continuo: Plan – Do – Check – Act (PDCA).



Figura 5: Ciclo del miglioramento continuo, PDCA.

Nella norma UNI CEI EN ISO 50001 viene espresso l'obbligo da parte dell'organizzazione di assicurare il monitoraggio di almeno quelle sue componenti che ne determinano la prestazione energetica, di cui dovrà assicurare la registrazione storica dei dati. Questo obbligo non è privo di utilità per l'organizzazione stessa: esso, infatti, permette all'azienda di possedere i dati necessari

alla realizzazione della diagnosi energetica e di valutare con dati certi la possibilità di richiedere certificati bianchi o altri incentivi²⁴. Disponendo di queste informazioni, inoltre, sarà possibile avere una maggiore accuratezza nella contabilità industriale ed eseguire con maggiore efficacia la manutenzione²⁵. Al fine di redare l'audit energetico le misure necessarie possono essere ottenute con due differenti metodologie⁷:

- Campagna di misura: la durata dovrà essere tale da ottenere dati rappresentativi tenendo in considerazione la significatività di questi e della tipologia di impianto analizzato⁷. Inoltre, è necessario acquisire anche i dati di produzione, utili ad individuare benchmark⁷;
- Installazione di strumenti di misura od utilizzo di misuratori già presenti in sito⁷.

La norma UNI CEI EN ISO 50001 evidenzia come l'azienda debba sempre monitorare il suo sistema di controllo ed acquisizione dati per assicurarsi della sua adeguatezza. Questo significa che l'azienda deve monitorare almeno tutte le sue componenti energivore e avere un piano di monitoraggio efficace.

Il piano di monitoraggio viene definito, nell'ambito della legislazione che regola l'efficienza energetica negli usi finali dell'energia, come lo strumento a supporto delle diagnosi energetiche previste all'art.8 del D.lgs. 102/2014, in osservanza dell'articolo suddetto e dell'Allegato II dello stesso decreto legislativo².

In particolare nell'Allegato II del decreto si afferma quanto segue: *“Una volta definito l'insieme delle aree funzionali e determinato il peso energetico di ognuna di esse a mezzo di valutazioni progettuali e strumentali, si dovrà definire l'implementazione del piano di monitoraggio permanente in modo sia da tener sotto controllo continuo i dati significativi del contesto aziendale, che per acquisire informazioni utili al processo gestionale e dare il giusto peso energetico allo specifico prodotto realizzato o al servizio erogato.”*²

L'azienda è libera di scegliere quale metodo impiegare per controllare i propri consumi, essa può scegliere di provvedere all'installazione di semplici contatori o impiegare un Energy Management System (EMS), sistema capace di monitorare, controllare ed ottimizzare i dati tramite un'applicazione software.

Questi sistemi EMS rappresentano un'ottima scelta per le organizzazioni stesse; essi infatti permettono loro di avere una fruizione diretta dei dati misurati dai singoli contatori tramite rappresentazioni grafiche o indicatori. In mancanza del sistema si potrebbero eventualmente scaricare i dati (nel caso il contatore fosse abilitato a ciò o fosse incaricato qualcuno di prenderne nota cartacea) ma servirebbe una successiva rielaborazione.

Ad oggi le principali aziende produttrici di componenti elettrici per applicazioni industriali (Lovato electric, ABB, Schneider, Carlo Gavazzi, etc.) forniscono, oltre alla loro componentistica hardware, delle soluzioni software che si configurano come EMS. Tramite l'installazione di dispositivi dotati di porta di comunicazione, con i suddetti software è possibile attuare monitoraggio dei consumi e, qualora i dispositivi possano effettuare comandi e parametrizzazioni, anche la gestione stessa

dell'impianto. Gli Energy Management Systems delle case produttrici di componentistica possono quindi occuparsi di:

- Comunicazione tra i dispositivi installati;
- Consultazione valori istantanei;
- Creazione grafici;
- Registrazione dati;
- Visualizzazione trend grafici.

Ovviamente queste soluzioni si configurano in maniera ottimale con la strumentazione della stessa casa produttrice; infatti i dati che vengono inviati dagli strumenti presentano una loro codifica specifica. Risultano, quindi, un'ottima soluzione qualora la scelta della strumentazione ricada presso un unico produttore. Se così non fosse, bisogna valutare come prelevare i dati da tale misuratore/i di differente forgia.

Un'altra soluzione è fornita da aziende sviluppatrici di software, le quali forniscono soluzioni SaaS (Software as a Service), ovvero EMS svincolati dal contatore impiegato. Questo permette di acquisire dati dai misuratori ottenendo un'unica consultazione e valutazione dei dati, a fronte di una moltitudine di misuratori di differente origine. Ciò è reso possibile in quanto tali aziende sono in possesso della decodifica della stesura dei dati nei formati CSV per differenti contatori; resta però necessario verificare se esiste compatibilità tra il misuratore e il software, ovvero se l'EMS possiede la formula per decodificare i dati inviategli dal contatore in questione.

La struttura di misura e controllo con applicazione di un EMS è la seguente:

- Contatori: realizzano la misurazione e generano un file CSV dove i dati vengono organizzati in colonne in cui viene segnato il valore della grandezza misurata, annotandone la data rispettiva e le informazioni impostate sul misuratore (tensione, corrente, potenza attiva, potenza reattiva, etc.);
- Connessione al datalogger: può avvenire tramite cavo Ethernet, RS 485 oppure wireless. Quest'ultima si sconsiglia a causa della più facile interrompibilità del segnale; viceversa, visto la semplicità di installazione e mantenimento, è vantaggioso il protocollo Modbus tramite RS 485, il quale, però, richiede maggior tempo durante la raccolta dati sul singolo dispositivo;
- Datalogger – gateway: ad oggi sono presenti dispositivi che realizzano entrambe le funzioni. Il datalogger ha la funzione di raccogliere/registrare tutti i dati inviategli dalla rete di contatori; il gateway realizza il collegamento tra due reti informatiche di tipo diverso, veicolando i pacchetti di rete all'esterno. Quindi, il dispositivo acquisisce i file generati dai contatori e li spedisce all'IP del gestore del EMS, presso il quale verrà realizzata l'analisi dei dati. Qualora l'EMS sia interno, ovvero non costituisca una soluzione Cloud, il gateway invia i dati all'elaboratore destinatario.

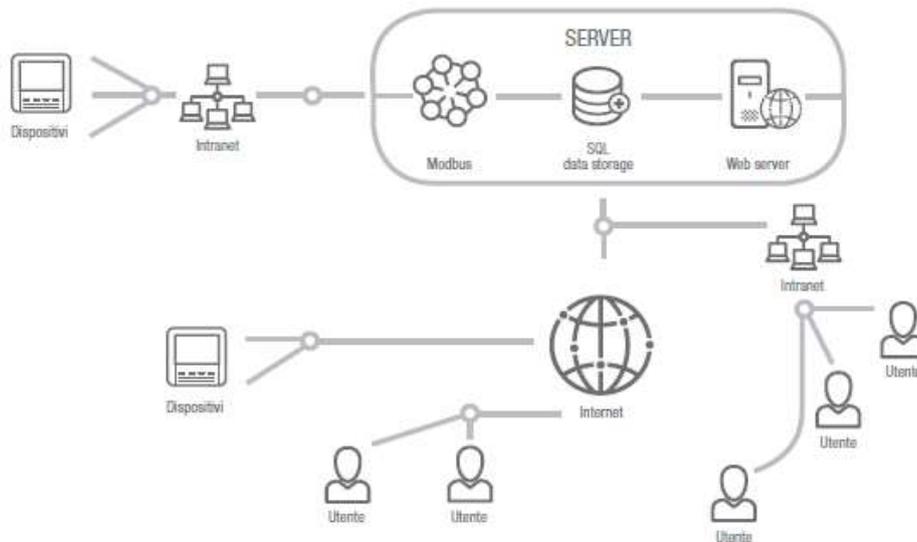


Figura 6: Rappresentazione grafica di una possibile rete di un EMS¹³.

Tramite la suddetta rete di strumenti, l'azienda avrà modo di vedere online, tramite cloud, oppure offline, l'elaborazione dei dati in tempo reale e accedere ai valori storici memorizzati. Inoltre, se risultano installati degli attuatori sarà possibile inviare comandi agli impianti.

Il monitoraggio è quindi un'opera necessaria alle aziende al fine non solo di redare una diagnosi, ma anche di conoscere meglio la propria realtà energetica, sia in termini di consumo delle singole macchine che di accuratezza nella contabilità industriale²⁵. È esperienza comune, infatti, assistere alla discrepanza fra i dati ottenuti dalle misurazioni e la percezione dei consumi presente all'interno dell'organizzazione stessa.

La situazione odierna del monitoraggio presso gli individui industriali è, purtroppo, insoddisfacente, non per negligenza dei soggetti ma per mancanza di conoscenza della realtà energetica e degli efficientamenti. Le figure, quali ESCo e EGE, sono effettivamente recenti rispetto a quei soggetti obbligati dal d.lgs. 102/2014 che presentano, in termini di apparecchiature impiegate, uno sviluppo molto vasto ma di cui spesso non si conosce l'effettivo consumo. Questa situazione porta a dover eseguire analisi in mancanza di dati, rendendo necessario l'impiego dell'esperienza personale per poter individuare le fonti energivore all'interno di un sito.

3 Lo strumento dei Certificati bianchi

I certificati bianchi, o titoli di efficienza energetica (TEE), sono titoli negoziabili che certificano i risparmi energetici conseguiti negli usi finali di energia tramite interventi di efficientamento energetico⁹; da essi è richiesto, all'interno del D.lgs. 102/2014, il raggiungimento della quota del 60% dei risparmi individuati dallo stesso decreto². A ragione di ciò, risultano essere l'incentivo impiegato in quota preponderante dal settore industriale²³.

I certificati agiscono tramite un meccanismo di incentivazione, basato su un regime obbligatorio di risparmio di energia primaria per i distributori di energia elettrica e gas naturale⁹. Gli obiettivi annuali su scala nazionale da ottenere attraverso questo meccanismo sono⁹:

- 2017: 7.14 Mtep⁹;
- 2018: 8.32 Mtep⁹;
- 2019: 9.71 Mtep⁹;
- 2020: 11.19 Mtep⁹.

Per realizzare l'adempimento delle quote di risparmio obbligatorie i soggetti obbligati possono⁹:

- Realizzare direttamente i progetti di efficienza energetica ammessi dal meccanismo⁹;
- Acquistare i titoli da altri soggetti autorizzati ad acquistare i certificati bianchi. Esempi di tali soggetti sono: ESCo certificate, utenti pubblici o privati che hanno nominato un EGE certificato⁹.

I soggetti volontari ed obbligati possono acquistare e vendere i TEE sulla Borsa dei Titoli di Efficienza Energetica gestita dal GME con cadenza periodica oppure attraverso accordi privati, comunicando al GME prezzi e quantità⁹.

Il riconoscimento dei certificati avviene per ogni tep di risparmio conseguito grazie alla realizzazione di interventi di efficientamento, il titolo è riconosciuto per tutta la vita utile, stabilita dalla normativa per ogni tipologia di progetto (da 3 a 10 anni)⁹.

I progetti di efficienza energetica ammissibili al meccanismo devono essere progetti non ancora realizzati capaci di generare risparmi energetici addizionali, superiori a quelli conseguibili dal sistema tecnologico di riferimento⁹. Questi progetti devono rientrare nelle tipologie elencate dalla normativa oppure deve essere richiesta la valutazione di ammissibilità⁹. Per quanto riguarda il settore industriale, alcuni esempi di progetti ammessi sono⁹:

- Installazione di impianti di produzione di energia termica⁹;
- Installazione di generatori di aria calda⁹;
- Installazione di bruciatori rigenerativi⁹;
- Installazione di motori elettrici⁹.

A seconda dell'intervento realizzato e alla tipologia di risparmio ottenuto, vengono corrisposti differenti tipologie di TEE⁹:

- Titoli di tipo I: riduzione dei consumi di energia elettrica⁹;
- Titoli di tipo II: riduzione dei consumi di gas naturale⁹;
- Titoli di tipo III: riduzione dei consumi di altre forme di energia non realizzati nel settore dei trasporti⁹;
- Titoli di tipo IV: riduzione dei consumi di altre forme di energia realizzati nel settore dei trasporti⁹.

Per accedere al meccanismo dei certificati bianchi è richiesta la valutazione dei risparmi ottenuti grazie all'intervento/progetto di efficienza energetica, per fare ciò esistono due differenti metodi di valutazione⁹:

1. Metodo a consuntivo

Consiste nel quantificare il risparmio energetico aggiuntivo conseguibile mediante il progetto di efficienza energetica tramite una misurazione puntuale delle grandezze caratteristiche sia ex ante sia ex post. Le misurazioni ex ante dovranno essere realizzate per i 12 mesi precedenti con una frequenza di campionamento giornaliera, a meno che non venga dimostrata la conformità di utilizzo di un periodo di riferimento⁹.

Per accedere al meccanismo deve esserci una quota aggiuntiva risparmiata non inferiore a 10 tep nel corso dei primi 12 mesi del periodo di monitoraggio⁹.

2. Metodo standardizzato

Il risparmio energetico aggiuntivo viene quantificato attraverso la realizzazione del progetto standardizzato (PS). La rendicontazione è ottenuta tramite un algoritmo di calcolo e la misura diretta di un idoneo campione rappresentativo dei parametri di funzionamento caratterizzanti il progetto, in configurazioni ex ante ed ex post⁹.

La quota di risparmio aggiuntivo minima necessaria per accedere al meccanismo dei CB per un PS è di 5 tep nel corso dei primi 12 mesi del periodo di monitoraggio⁹.

Purtroppo i casi di frodi di progetti standardizzati sono molto frequenti: da quanto emerso, secondo il MiSE (Ministero dello Sviluppo Economico), ogni anno si registrano circa 600 mila titoli rubati². Questo ha portato alla degenerazione del mercato dei CB². A ragione di questo, è stato predisposto il decreto ministeriale 10 maggio 2018 correttivo delle precedenti linee guida, al fine di: contenere il costo dello schema e per dare fiato ai distributori obbligati e allo stesso tempo favorire la presentazione dei progetti.

Il decreto ministeriale ha apportato le seguenti correzioni⁹:

- Soglia massima di 250 euro/TEE sul contributo tariffario, al fine di evitare un acquisto oltre il limite da parte dei distributori⁹;
- Aumento da uno a due anni della flessibilità per i distributori sugli obblighi annuali⁹;

- Possibilità per il GSE (Gestore dei Servizi Energetici) di emettere titoli non corrispondenti a risparmi energetici, per proteggere i distributori dall'eventuale assenza di TEE utili a coprire gli obiettivi minimi e con precisi limiti di accesso temporali, economici e quantitativi⁹;
- Eliminazione di aggiungere gli interventi di sostituzione, con lo scopo di ridurre le problematiche in sede di valutazione e di contezioso e favorire la generazione di certificati;
- Emissione di un primo gruppo di nuove schede standard⁹;
- Aumento degli interventi ammissibili⁹.

Rispetto ai vecchi decreti per accedere al meccanismo è necessaria della documentazione aggiuntiva, e le stesse taglie minime dei progetti sono variate: 5 tep per i PS, 10 tep per i PC⁹.

Per promuovere la redazione della diagnosi energetica presso i soggetti non obbligati (vedi D.lgs. 102/2014), se i PC o i PS in fase di presentazione sono corredati di audit conforme, essi godranno di una riduzione del 30% del corrispettivo fisso dovuto al GSE (Gestore dei Servizi Energetici) in fase di avvio del procedimento⁹.

3.1 I certificati bianchi per i progetti standardizzati (PS)

Come già detto, uno dei meccanismi di accesso ai certificati bianchi è il progetto standardizzato. Vediamo ora quali sono i progetti disponibili all'interno del decreto 10/05/2018⁵:

1. Sistemi di illuminazione LED⁵;
2. Sistemi di illuminazione pubblica a LED⁵;
3. Installazione di motori elettrici ad alta efficienza⁵;
4. Installazione di impianti di produzione dell'aria compressa⁵;
5. Implementazione della bolletta Smart⁵;
6. Riqualificazione energetica del sistema propulsivo delle navi⁵;
7. Acquisto flotte di veicoli ibridi⁵;
8. Acquisto flotte di veicoli elettrici alimentati da energia rinnovabile⁵.

Nel proseguo viene presentato il quarto PS poiché esso risulta di utilità pratica per quanto riguarda gli efficientamenti energetici da attuare nel caso in esame.

3.1.1 Sistemi di illuminazione LED

I progetti che prevedono l'installazione di sistemi di illuminazione a LED possono essere valutati tramite la seguente scheda PS⁵.

Il progetto standardizzato deve contenere indicazione relative ai punti minimi qui elencati⁵:

- Destinazione d'uso e/o attività produttiva dell'impianto oggetto del progetto;
- Descrizione aree oggetto di intervento, dovrà essere fornita descrizione delle attività svolte nelle aree interessate e dovrà essere dimostrato il rispetto dei requisiti minimi di illuminamento previsti dalla norma UNE EN 12464;

- Tipologia e dettaglio dei singoli interventi che si vogliono realizzare;
- Analisi di replicabilità degli interventi al perimetro del progetto;
- Analisi della mancante convenienza economica dell'installazione dei misuratori e alla misura dei singoli interventi;
- Metodologia per il calcolo dei risparmi del campione rappresentativo e metodo di estensione di tali risparmi alla totalità del progetto.

Il campione rappresentativo dovrà essere costituito da tipologie omogenee di lampade, le quali devono fornire pari servizio in condizioni di illuminamento omologhe⁵. Inoltre, dovrà essere dimostrato che le condizioni di illuminamento e le ore di funzionamento di tale campione dovranno essere rappresentative e quindi replicabili per tutto il perimetro di progetto⁵.

Dovrà inoltre essere effettuata una verifica dei valori di efficienza luminosa, espressa in lm/W, nella situazione ex-ante rispetto ai valori minimi previsti dal regolamento CE 245/2009 ss. Mm. li⁵. Qualora l'efficienza luminosa dovesse risultare inferiore, dovrà essere introdotto un coefficiente che riduca l'addizionalità tecnologica dell'intervento, calcolabile come segue⁵:

$$Add. tec = \frac{lm/W_{ex\ ante}}{lm/W_{245/2009}} \leq 1$$

Successivamente all'intervento, dovrà essere dimostrata un'efficienza luminosa almeno pari alla classe di efficienza A+++⁵.

Qualora i valori di illuminazione siano differenti rispetto a quelli riportati nella norma tecnica, dovranno essere introdotti dei coefficienti che consentano di riportare l'intervento alle condizioni normali di esercizio.

Il risparmio energetico ottenibile con il progetto deve essere calcolato con il seguente algoritmo:

$$REA = (P_{ante} \cdot Add_{tec} \cdot h_{post} - E_{post} \cdot Agg_{lux}) \cdot Add_{norm} \cdot 0,187 \cdot 10^{-3} [TEP]$$

dove:

- REA_{Cri}: risparmio energetico addizionale del campione rappresentativo, espresso in tep⁵;
- P_{ante}: potenza delle lampade presenti, verrà utilizzato il valore più conservativo tra la potenza nominale e la misura di potenza effettuata prima dell'intervento⁵;
- Add. Tec: coefficiente di addizionalità tecnologica, descritta precedentemente⁵;
- P_{post}: potenza delle nuove lampade installate, valore misurato, espressa in kW⁵;
- h_{post}: ore equivalenti, date dal rapporto tra energia elettrica consumata dopo l'intervento e la potenza misurata delle nuove installazioni⁵;
- E_{post}: energia elettrica misurata successivamente all'intervento, espressa in kWh⁵;
- Agg. Lux: coefficiente di aggiustamento. Esso serve a considerare il minore illuminamento nella situazione post-intervento rispetto a quanto si aveva in precedenza. Si ottiene dal rapporto tra i lux nella situazione precedente e successiva all'intervento⁵;

- Add. Norm: coefficiente di addizionalità normativo che considera il minore illuminamento della situazione precedente all'intervento rispetto al minimo richiesto dalla norma UNI EN 12464⁵.

Dovrà, infine, essere presentato il metodo con cui il richiedente intende estendere i risultati ottenuti all'intero perimetro del progetto⁵.

3.1.2 Installazione impianti di produzione dell'aria compressa

La seguente scheda PS è valida per quei progetti di efficientamento che prevedono l'installazione di nuovi compressori di tipo "a vite"⁵.

Per accedere al meccanismo dei certificati bianchi sono necessari i seguenti contenuti minimi⁵:

- Destinazione d'uso e/o attività produttiva del sito oggetto del progetto;
- Descrizione della sala compressori nella configurazione ex ante;
- Tipologia e dettaglio dei singoli interventi costituenti il progetto;
- Analisi di replicabilità degli interventi al perimetro del progetto;
- Analisi della non convenienza economica dell'installazione dei misuratori e all'attività di misura dei singoli interventi;
- Metodologia per il calcolo dei risparmi del campione rappresentativo e metodologia per l'estensione dei risparmi del campione rappresentativo al perimetro del progetto.

I dati da fornire nella relazione del PS dovranno essere ottenuti dal monitoraggio dei singoli compressori, ma non è necessaria la misura di tutti i singoli; è sufficiente infatti la scelta di un campione rappresentativo⁵. Individuato il campione dovrà, comunque, essere trasmessa la documentazione necessaria a provare che il campione rappresentativo è omogeneo alla quota non monitorata delle macchine⁵. Dai dati rilevati per il campione rappresentativo e le informazioni dei compressori non misurati si ottengono dei risultati che vengono poi estesi all'intero progetto⁵. Nel caso risulti tecnicamente impossibile monitorare le macchine singolarmente e fornire un'adeguata evidenza tecnica, è possibile misurare il complesso dei macchinari a livello di sala compressori; dovrà però essere dimostrato che tale sala è rappresentativa di tutte le sale dell'intero perimetro del progetto⁵.

I risparmi addizionali dell'intervento vengono calcolati con un algoritmo fornito dal decreto che permette di ricavare il Risparmio Energetico Addizionale (REA) di ognuno degli interventi che compone il campione di cui sopra. Estendendolo è possibile calcolare il REA complessivo su tutto il perimetro di progetto⁵. L'equazione da impiegare è la seguente⁵:

$$REA_{Cri} = \left\{ CS_{baseline(P)} * \left(\frac{\ln \beta_{post}}{\ln \beta_{ante}} \right) - CS_{post} \right\} * (P_{post} - P_{fughe})$$

dove:

- REA_{Cri}: risparmio energetico addizionale del campione rappresentativo, espresso in tep⁵;

- $CS_{baseline(P)}$: consumo specifico di baseline in funzione della portata erogata alle utenze, corrisponde al valore inferiore tra consumo antecedente la realizzazione del progetto di efficienza energetica ed il consumo di riferimento di un compressore operante alla pressione di 7 bar (0.1075 kWh/Nm^3), valori forniti in kWh/Nm^3 ⁵;
- CS_{post} : consumo specifico nel post-intervento, espresso in kWh/Nm^3 ⁵;
- β_{post} : rapporto di compressione medio rilevato durante il periodo di consuntivazione, corrisponde al rapporto tra p_{post} e p_{amb} ⁵;
- β_{ante} : rapporto di compressione medio rilevato durante il periodo di monitoraggio ante intervento, pari al rapporto tra p_{ante} e p_{amb} ⁵;
- p_{post} : pressione di esercizio rilevata post-intervento, espressa in bar^5 ;
- p_{amb} : pressione alla quale viene aspirata l'aria ambiente espressa in bar^5 ;
- P_{post} : portata erogata nelle condizioni post-intervento, espressa in Nm^3 ⁵;
- P_{fughe} : perdite di aria compressa, espresse in Nm^3 , i metodi con cui valutarle sono elencati nel proseguo⁵;

il decreto definisce le tre differenti metodologie con cui calcolare l'ultimo parametro presente nell'algoritmo di calcolo del REA⁵:

1. Deve essere eseguito un test, il quale prevede disattivazione di tutte le utenze d'aria e misurazione dei tempi di pompaggio del compressore entro un determinato arco di tempo⁵. Dai valori ottenuti è possibile calcolare il volume complessivo delle perdite tramite formula espressa e riportata nel BREF (Best Available Techniques Reference) "Energy Efficiency"⁵;
2. Deve essere eseguito un test durante il quale viene cronometrato il tempo necessario affinché la pressione nel serbatoio di stoccaggio dell'aria nell'impianto diminuisca di 1 o 2 bar^5 . Durante il test i compressori dovranno essere spenti e i punti di consumo dell'aria disconnessi dal sistema⁵. Il volume complessivo delle perdite viene calcolato tramite formula espressa e riportata nel BREF (Best Available Techniques Reference) "Energy Efficiency"⁵;
3. Deve essere eseguita una misurazione ad ultrasuoni per controllare l'impianto⁵.

Infine, dovranno essere estese all'intero perimetro le misure effettuate sul campione rappresentativo per valutare i risparmi complessivi del progetto⁵. Il proponente dovrà fornire l'algoritmo utilizzato per eseguire suddetta estensione⁵.

4 Conto Termico

Al fine di incrementare l'efficienza energetica e la produzione di energia termica da fonti rinnovabili è stato realizzato il Conto Termico, uno strumento statale per incentivare azioni in questo ambito. Gli incentivi previsti variano dal 40% al 65% della spesa sostenuta a seconda degli interventi di efficientamento energetico termico realizzati^{10,11}. Bisogna però tenere presente che questo incentivo non è cumulabile con altri incentivi di natura statale^{10,11}. La decisione di presentarlo è legata alla maggiore fiducia che è stata recepita presso le aziende italiane²⁴.

La regolamentazione dell'incentivo avviene tramite un contratto di diritto privato tra il GSE (Gestore dei Servizi Energetici) e il Soggetto Responsabile. Gli incentivi vengono corrisposti tramite rate annuali costanti della durata di 2 – 5 anni^{10,11}. La scelta del periodo è legata alla tipologia di intervento e della sua dimensione^{10,11}.

L'accesso al meccanismo degli incentivi del Conto Termico è limitato ai seguenti soggetti^{10,11}:

- le pubbliche amministrazioni^{10,11};
- soggetti privati, questi possono presentare domanda direttamente o tramite una ESCo^{10,11}.

Dal 19 luglio 2016 è richiesto alle ESCo il possesso della certificazione definita dalla norma UNI CEI 11352 per potere presentare la richiesta di incentivazione al GSE (Gestore dei Servizi Energetici)^{10,11}.

Le modalità di accesso agli incentivi sono le seguenti^{10,11}:

- Accesso diretto, la richiesta deve essere presentata entro 60 giorni dalla fine dei lavori^{10,11};
- Prenotazione, per gli interventi ancora da realizzare e per i quali è possibile ricevere un acconto delle spettanze all'avvio dei lavori, il saldo sarà riconosciuto al termine dei lavori^{10,11}.

Il Conto Termico riconosce ai soggetti privati e alle imprese solo gli interventi riguardanti l'installazione di^{10,11}:

- Pompe di calore;
- Caldaie e stufe a biomasse;
- Solare termico;
- Scaldacqua a pompa di calore;
- Impianti ibridi a pompa di calore.

4.1 Installazione di collettori solari termici¹²

L'incentivo riguarda, in questo caso, l'installazione di collettori solari termici per la produzione di acqua calda sanitaria e/o ad integrazione dell'impianto di climatizzazione invernale, compreso anche l'eventuale abbinamento a sistemi di solar cooling¹². Vengono incentivate anche le installazioni per la produzione di energia termica per processi produttivi¹². L'intervento deve

essere realizzato su edifici esistenti, inoltre la superficie solare lorda deve risultare inferiore od uguale a 2.500 metri quadrati¹².

Per potere accedere all'incentivo del Conto termico per il suddetto intervento sono necessari i seguenti requisiti minimi¹²:

- Collettori solari in possesso della certificazione Solar Keymark: la certificazione può essere relativa al sistema nel caso di impianti solari termici prefabbricati del tipo factory made¹²;
- Valori di producibilità specifica con temperatura media di funzionamento di 50°C superiori ai seguenti valori minimi¹²:
 - Collettori piani: superiore di 300 kWh_t/m² anno, con riferimento alla località Würzburg¹²;
 - Collettori sottovuoto e collettori a tubi evacuati: maggiore di 400 kWh_t/m² anno, con riferimento alla località di Würzburg¹²;
 - Collettori a concentrazione: superiore a 550 kWh_t/m² anno, con riferimento alla località di Atene¹²;
- Per i collettori solari a concentrazione è possibile ottenere approvazione tecnica rilasciata da ENEA nel caso non sia possibile ottenere la certificazione Solar Keymark¹²;
- Garanzia dei collettori solari e dei bollitori di almeno 5 anni. Per quelle installazioni che non richiedono necessariamente l'installazione di un bollitore (per esempio, la produzione di calore in processi industriali, artigianali, agricoli, riscaldamento piscine) i requisiti relativi alla garanzia del bollitore vengono meno¹². Dovrà, però, essere fornita documentazione che validi la mancata necessità di installazione del sistema di accumulo termico¹²;
- Garanzia degli accessori e dei componenti elettrici/elettronici di almeno 2 anni¹²;
- Installazione dell'impianto eseguita in conformità ai manuali di installazione dei principali componenti¹²;
- Per superfici del campo solare maggiori di 100m² è obbligatoria l'installazione di sistemi di contabilizzazione del calore e comunicazione al GSE (Gestore dei Servizi Energetici) delle misure di energia termica annualmente prodotta ed utilizzata per coprire i fabbisogni termici¹²;
- Se la realizzazione dell'impianto persegue il fine di realizzare la copertura parziale del fabbisogno di climatizzazione invernale, è necessario procedere all'installazione di elementi di regolazione della portata su tutti i corpi scaldanti, tipo valvole termostatiche a bassa inerzia termica¹².

Il calcolo dell'incentivo che deve essere corrisposto per l'intervento costituito dall'installazione di collettori solari termici, anche abbinati a sistemi di solar cooling è definito in funzione di¹²:

- Energia termica prodotta annualmente (stimata);
- Superficie lorda installata;
- Specifici coefficienti di valorizzazione dell'energia (€/kWh_t) distinti per dimensione e tipologia installata e in funzione dell'utilizzo del calore prodotto.

L'algoritmo di calcolo dell'incentivo annuo è il seguente¹²:

$$I_{a\ tot} = C_i \cdot Q_u \cdot S_l$$

In cui:

- $I_{a\ tot}$, è l'incentivo annuo (rata annuale) in euro; il suo valore totale (I_{tot}) è costituito dalla somma delle rette annue previste nella tabella A del Decreto, le annualità sono corrisposte a seconda della grandezza dell'impianto¹²:
 - 2 annualità per impianti solari con superficie lorda installata $\leq 50\ m^2$ ¹²;
 - 5 annualità per impianti solari con superficie lorda installata $> 50\ m^2$ ¹².
- S_l , indica la superficie solare lorda dell'impianto (espressa in m^2), ottenuta dal numero di moduli che compongono il campo solare moltiplicato per l'area lorda del singolo modulo¹²;
- C_i , è coefficiente di valorizzazione dell'energia termica prodotta, valore definito nella tabella 17 del decreto¹²;
- Q_u , indica l'energia termica prodotta per unità di superficie lorda espressa in kWh_{th}/m^2 ¹².

Per quanto riguarda il calcolo dell'energia termica prodotta si deve fare riferimento a quanto riportato di seguito¹²:

- Impianti solari termici realizzati con collettori piani o con collettori sottovuoto o collettori a tubi evacuati¹²

$$Q_u = Q_{col}/A_g$$

- Impianti solari termici del tipo factory made per i quali è applicabile la sola norma EN 12976¹²

$$Q_u = Q_L/3.6 \cdot A_g$$

- Impianti solari termici realizzati con collettori solari a concentrazione¹²

$$Q_u = Q_{sol}/A_g$$

I fattori degli algoritmi sopra riportati fanno riferimento alla seguente legenda:

- A_g : area lorda del singolo modulo di collettore/sistema solare come definita nelle norme UNI EN ISO 9806 e UNI EN 12976¹². Questo valore che viene riportato nella certificazione Solar Keymark o, a titolo equivalente, nell'attestazione rilasciata da ENEA per i collettori a concentrazione¹²;
- Q_{col} : energia termica prodotta in un anno da un singolo modulo di collettore solare. Il valore, riferito alla località Würzburg, viene espresso in kWh_{th} , ed è riportato nella certificazione Solar Keymark, scegliendo, a seconda del tipo di applicazione, la temperatura media di funzionamento del collettore (T_m) dalla tabella 18 del decreto¹²;
- Q_L : energia termica prodotta dal sistema solare factory made su base annuale, espressa in MJ, definita ai sensi della UNI EN 1297¹². Qui il valore fa riferimento alla località di

Würzburg ed è riportato nell'attestazione di conformità rilasciato dal laboratorio accreditato, in riferimento al valore contenuto nella certificazione Solar Keymark¹².

- Q_{sol} : energia termica prodotta nell'arco di un anno da un singolo modulo collettore solare a concentrazione, espressa in kWh_t, valore riferito alla località di Atene, riportato nella certificazione Solar Keymark o nell'attestazione di conformità rilasciata dall'ENEA, scegliendo a seconda dell'applicazione la temperatura media di funzionamento del collettore (T_m) dalla tabella 18 del decreto¹².

5 Realtà industriale in esame

La realtà industriale in cui si è operato per la redazione del piano di monitoraggio ai fini della diagnosi energetica e per la valutazione degli interventi di efficientamento energetico è un'azienda operante nel settore metalmeccanico, ubicata nella provincia veneta di Verona. Essa dispone di due centri produttivi collocati su due comuni limitrofi, per un totale di nove reparti di produzione. È bene ricordare questo in vista delle considerazioni che seguono.

La produzione che essa realizza è classificata dal codice ATECO 281300 corrispondente all'attività di "Fabbricazione di altre pompe e compressori"; infatti, le attività svolte sono atte alla produzione, assemblaggio e commercializzazione di elettropompe.

Il soggetto preso in esame rientra tra quelli che ai sensi del d.lgs. 102/2014 e DM 05/04/2013 vengono indicati come soggetti obbligati. Come visto precedentemente, l'obbligo sussiste nel caso in cui il soggetto risulti essere nominato come grande impresa (vedasi paragrafo 2.2) oppure come soggetto energivoro. In caso, risulta essere un soggetto inquadrato come Grande impresa multi-sito del settore industriale avendo circa 500 persone in forza ed un fatturato annuo superiore a 50 milioni di euro.

5.1 Schema produttivo

Il ciclo produttivo che si realizza presso l'azienda veronese va dall'approvvigionamento delle materie prime e semilavorati, al confezionamento e spedizione del prodotto finito. Il procedimento in esame può essere schematizzato in questo modo:

1. Ricezione delle materie prime e dei semilavorati;
2. Lavorazione meccanica dei componenti metallici (processo automatico o semiautomatico);
 - 2.1. Finitura per asportazione di truciolo dei semilavorati in acciaio, ghisa, ottone o alluminio;
 - 2.2. Lavaggio in apposita soluzione;
 - 2.3. Controllo e misura;
3. Stampaggio della lamiera a freddo per mezzo di presse meccaniche (processo automatico o semiautomatico);
 - 3.1. Lavaggio dei componenti su soluzione sgrassante;
 - 3.2. Saldatura;
 - 3.3. Controllo e misura;
4. Realizzazione degli avvolgimenti elettrici (processo automatico o semiautomatico);
 - 4.1. Lavorazione del filo di rame mediante avvolgitrici;
 - 4.2. Cucitura degli avvolgimenti;
 - 4.3. Impregnazione in resina epossidica a base d'acqua;
 - 4.4. Finitura (intervento manuale);
5. Realizzazione delle casse in alluminio – pressofusione di alluminio di II fusione;
6. Montaggio (processo automatico o semiautomatico e manuale);

7. Verniciatura (processo automatico);
8. Finitura (montaggio tappi, contatti, etichette, ...) (processo manuale o semiautomatico);
9. Collaudo elettrico o idraulico (processo manuale o semiautomatico);
10. Imballo e palettizzazione (processo manuale o semiautomatico o automatico);
11. Stoccaggio in magazzino spedizioni (processo manuale o semiautomatico).

Per realizzare tutte le lavorazioni sopraesposte, l'azienda si distribuisce su diversi capannoni industriali, situati in due comuni differenti (nota di interesse quando sarà da attuare la clusterizzazione), inseriti all'interno di zone a destinazione artigianale/industriale, il totale di superficie fondiaria occupata è superiore ai 120.000 metri quadri.

Si elencano ora i vari reparti, fornendo una descrizione di quelle che sono le mansioni in essi svolte:

Reparto B01:

All'interno sono collocati gli uffici amministrativi e direzionali dove si svolgono le lavorazioni meccaniche necessarie alla produzione di componenti per le elettropompe. Viene attuato l'assemblaggio, la verniciatura, la finitura e lo stoccaggio di alcuni modelli di pompe; è qui collocato inoltre il magazzino del prodotto finito.

Reparto B02:

Sviluppato su due piani, esso è adibito, al piano terra alle lavorazioni degli alberi, lavorazioni meccaniche, montaggio, verniciatura e finitura di una delle serie di pompe prodotte dall'azienda. Invece, al primo piano, sono svolte tutte le attività inerenti alla produzione degli avvolgimenti elettrici.

Reparto B03:

È il reparto di pressatura dove si esegue lo stampaggio a freddo delle lamiere inox. Inoltre viene effettuato il lavaggio componenti, saldatura e puntatura; parte dell'edificio ha funzionalità di magazzino.

Reparto B05:

Sviluppato, anch'esso, su due piani, esso presenta, al piano terra le lavorazioni relative al montaggio di pompe di drenaggio, mentre, al primo piano, vengono attuate le lavorazioni relative al montaggio delle pompe sommerse.

Reparto B06:

Stabilimento destinato all'assemblaggio delle serie di pompe industriali. Questo reparto confluisce nel reparto B05 per i consumi di energia elettrica e di gas metano.

Reparto B07:

Reparto addetto ai prototipi-plastiche e all'attrezzatura per la manutenzione. Per quanto riguarda i consumi è allacciato sia per il POD sia per il PDR a quelli presenti per il reparto B03.

Reparto B09:

Il reparto è destinato alla pressofusione dell'alluminio, dove sono realizzate le casse in alluminio; questo è situato in un comune limitrofo a quello in cui sono presenti tutti i suddetti stabilimenti.

I reparti sopra descritti lavorano per 45 settimane durante l'anno, secondo le seguenti fasce orarie:

- 6.00 - 14.00; 14.00 - 22.00
- 6.00 - 14.00; 14.00 - 22.00; 22.00 - 6.00

Il turno notturno è svolto regolarmente nel reparto di pressofusione (B09), al fine di operare con continuità visto che il processo prevede la fusione dell'alluminio, mentre, negli altri reparti il turno notturno viene svolto a seconda delle esigenze produttive.

5.2 Quadro energetico

L'azienda dal punto di vista energetico impiega principalmente due vettori energetici. I quali sono l'energia elettrica e il gas metano.

Per entrambi i vettori energetici all'interno dell'organizzazione sono predisposti gli allacciamenti alla rete con contatore generale (POD nel caso dell'energia elettrica, PDR per l'apporto di gas metano) per ognuno dei reparti sopra descritti, eccezione per il distaccamento dove si realizza la pressofusione (B09), in cui sono presenti due PDR. Volendo seguire quanto riportato da ENEA (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile) bisogna, inoltre, aggiungere ai valori di consumo dei vettori energetici provenienti dai contatori le quote autoprodotte ed auto consumate. Nel caso in esame, presso la sede principale, sono presenti degli impianti fotovoltaici che realizzano una potenza installata di circa 2,35 MW, i quali adducono energia al relativo reparto su cui sono installati. Sono così ripartiti:

Tabella 2: Potenze degli impianti fotovoltaici installati.

Reparto	B01	B02	B03	B04	B09
Potenza PV installata [kW]	500	900	447	500	-

Nota: l'impianto installato sul reparto B03 risulta, in realtà, composto da due impianti rispettivamente di 300 e 147 kW.

Si presenta la seguente tabella riassuntiva, contenete i consumi, le quote autoprodotte e le auto consumate di energia elettrica; i dati presenti sono stati estratti dalle bollette relative a energia elettrica e gas metano dell'anno precedente a quello in corso:

Tabella 3: Consumi elettrici e quote di energia elettrica prodotta tramite PV.

Reparto	B01	B02	B03	B04	B09
---------	-----	-----	-----	-----	-----

Energia prelevata [kWh]	1.613.974	2.256.042	966.959	790.918	3.285.312
Fotovoltaica prodotta [kWh]	1.246.572	709.312	-	681.313,00	-
Fotovoltaica auto-consumata [kWh]	908.137	501.632	-	455.428	-
Totale energia consumata [kWh]	2.522.111	2.757.674	966.959	1.246.346	3.285.312
Quota percentuale	34%	37%	13%	16%	100%

Nota: Pressofusione viene mantenuto separato essendo un sito separato, infatti, secondo le linee guida di ENEA va trattato indipendentemente³.

Per quanto riguarda il gas metano impiegato nei vari reparti sono stati estrapolati i dati seguenti:

Tabella 4: Consumo di metano discretizzato per i vari reparti.

Reparto	B01	B02	B03	B04	B09	
Gas metano prelevato [Sm³]	184.409	210.411	20.611	107.165	306.702	6.575
Quota percentuale	35%	40%	4%	21%	98%	2%

Nota: Pressofusione viene mantenuto separato essendo un sito separato, secondo le linee guida di ENEA va trattato indipendentemente; inoltre, sono presenti per esso due dati avendo due differenti PDR.

6 Obblighi del d.lgs. 102/2014

L'azienda, come descritto precedentemente, risulta composta da molteplici stabilimenti distribuiti su due siti, infatti, a differenza degli altri, il reparto B09 è interamente dislocato su un altro comune del Veneto.

Facendo riferimento alle tabelle precedentemente esposte, riassuntive dei consumi dei reparti, si presenta ora una tabella in cui sono stati convertiti in tep i consumi di energia elettrica e di gas metano; per la conversione sono stati impiegati i seguenti fattori di conversione forniti da ENEA (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile):

- Energia elettrica: fattore di conversione pari a $1.87 \cdot 10^{-4}$ tep/kWh_{el};
- Gas metano: fattore di conversione pari a $8.25 \cdot 10^{-4}$ tep/Sm³.

Otteniamo che:

Tabella 5: Fabbisogno energetico dei reparti espresso in tonnellate equivalenti di petrolio.

Reparto	B01	B02	B03	B04	B09
tep relative a E.E.	302	422	181	148	614
tep relative a Gas metano	152	174	17	88	258
tep totali	454	596	198	236	872

Secondo quanto indicato nel d.lgs. 102/2014 e nei chiarimenti esposti da ENEA, nel caso di aziende multi-sito sono da considerare tutti i siti³ a meno che questi abbiano una quota consumata inferiore ai 100 tep e la sommatoria delle quote escluse non sia maggiore al 20%³.

I siti presenti non sono da escludere ma non realizzano una quota di consumi uguale o superiore alle 10.000 tep. Quindi, come esposto nel paragrafo 2.2, bisogna fare riferimento alla fig.2, dalla quale si ottiene l'obbligo di analizzare entrambi i siti.

Dalla Tabella 5 possiamo ricavare i seguenti consumi:

- 1483 tep per l'accorpamento dei 4 reparti (B01 – B04);
- 872 tep per il reparto distaccato B09.

Con i risultati appena ottenuti è possibile passare alla Tabella 1, trovando così le quote minime di copertura consigliate da ENEA per soddisfare le richieste del d.lgs. 102/2014:

Tabella 6: Obblighi minimi di copertura per la redazione della diagnosi energetica

Sito	SITO 1 (B01 – B04)	SITO 2 (B09)
Processo	45	40
Servizi ausiliari	10	5
Servizi generali	5	5

Ai fini della diagnosi energetica si vorranno rispettare tali quote. Per fare ciò è necessario stimare ed individuare quali sono i reparti energivori. Una prima informazione è sicuramente data dalle Tabelle 3 e 4 ma, riferendosi a quanto mostrato nella fig. 3, queste informazioni si trovano al livello B, mentre, il d.lgs. 102/2014 richiede di scendere maggiormente nel dettaglio arrivando al livello C, dove si realizza la tripartizione tra processo, servizi ausiliari e servizi generali. La realtà industriale analizzata, purtroppo, dispone di poche macchine di processo monitorate, le quali coprono solo pochi punti percentuali (2%). Considerando anche i compressori la quota cresce fino a raggiungere il 20% del totale, ma è comunque insufficiente.

6.1 Analisi e bilancio energetico

Si presentano ora le analisi dei dati relativi alle fonti energetiche impiegate negli stabilimenti. Questi dati vengono ricavati dalle bollette dei singoli contatori, sia di energia elettrica sia di gas metano. In particolare, per quanto riguarda l'energia elettrica, avendo a disposizione i dati quarto orari, è possibile realizzare un'analisi più dettagliata di quella mensile che viene invece eseguita per il gas, non avendo per quest'ultimo i dati riguardanti periodi temporali inferiori al mese. Seguirà per ogni fonte un bilancio dove verrà riproposta la suddivisione tra le tre componenti proposte da ENEA (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile). Per ognuna di queste verranno inoltre evidenziate le quote coperte dai singoli reparti.

6.1.1 Energia elettrica

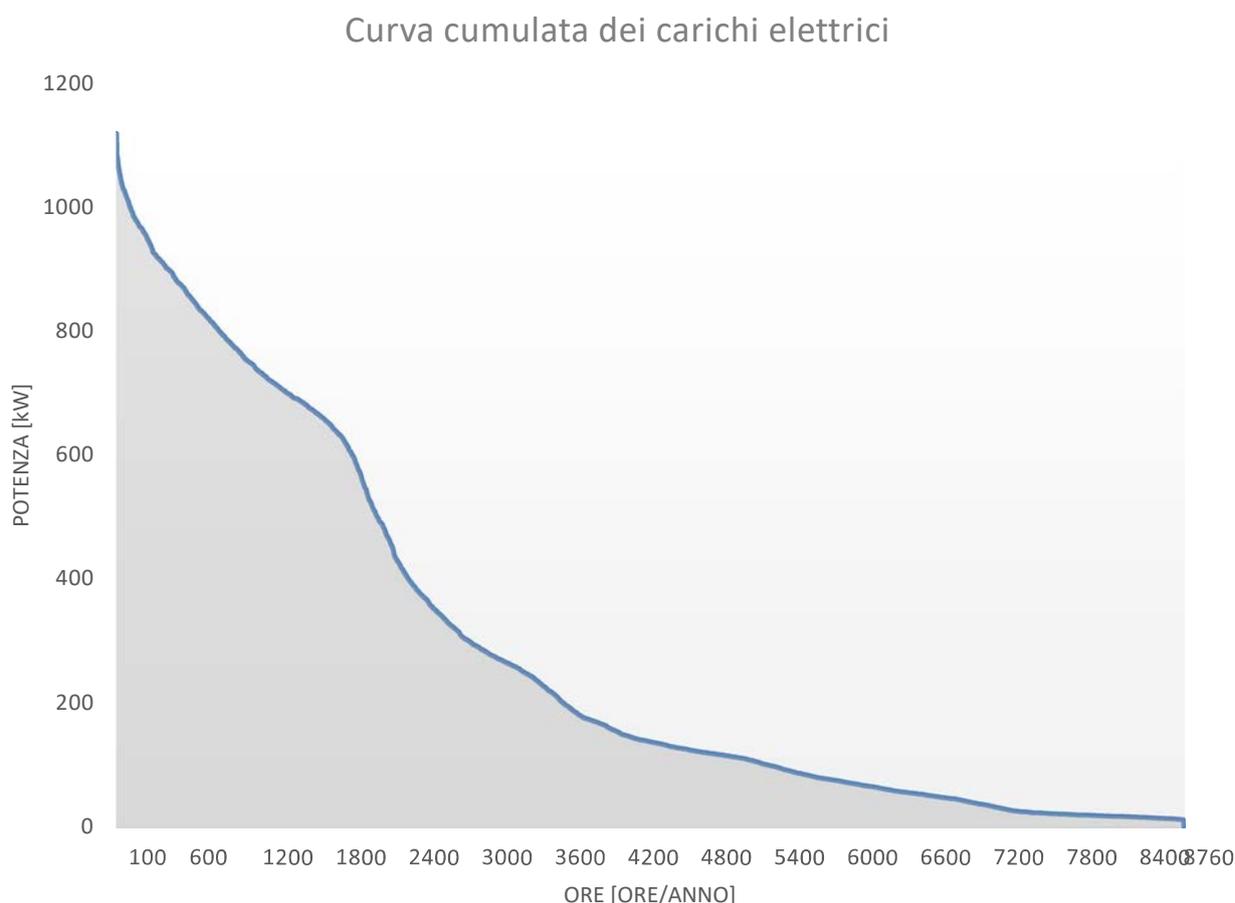
Per arrivare alle elaborazioni che seguono, si è partiti dai dati quarto orari, inerenti ai vari POD dei singoli reparti (escluso quelli che adducono allo stesso per i quali l'analisi è stata eseguita come un unico reparto).

Reparto B01:

Per ottenere i grafici che vengono ora presentati non sono stati impiegati solo i valori di energia elettrica prelevata dalla rete e riportati in bolletta, ma anche i valori di energia elettrica auto-consumata proveniente dall'impianto fotovoltaico installato sulla copertura del reparto.

Si presenta ora la curva cumulata:

Grafico 1: Curva cumulata dei carichi elettrici presso il reparto B01



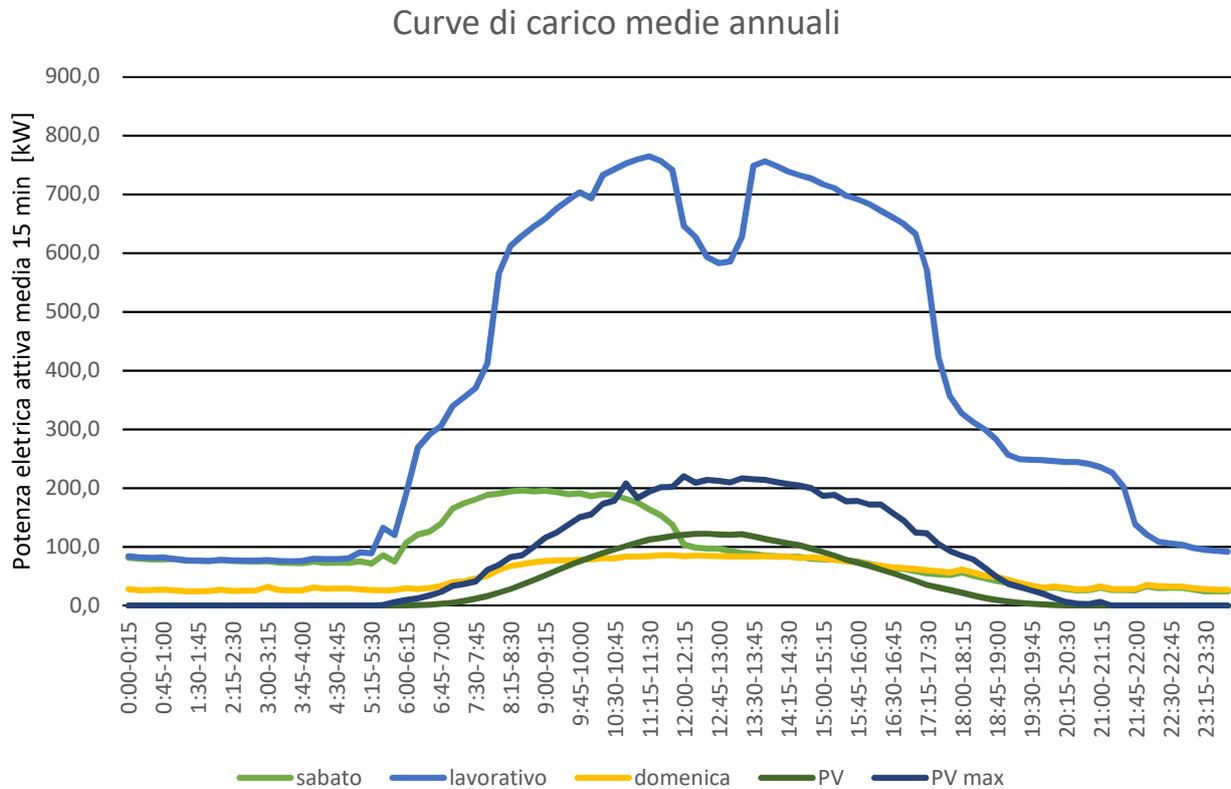
In ascissa, il grafico 1 fornisce la durata annua durante la quale la potenza impegnata risulta essere maggiore o uguale al valore scelto. Risultano così visibili i valori di picco e di minima richiesta durante l'intero anno considerato. Inoltre, è possibile determinare l'energia assorbita annualmente, corrispondente all'area sottesa, quando viene superato un determinato valore di potenza.

Il valore di picco della potenza nel reparto B01 risulta essere 1.121 kW ed il valore minimo 2,8 kW. La base è quindi simile alla potenza massima impegnata in una residenza domestica.

Da questi dati è possibile ottenere le curve di consumo ripartite tra: giorni lavorativi, sabato, domenica. La scelta di non includere il sabato tra i giorni lavorativi è legata agli orari lavorativi svolti; il sabato, infatti, viene realizzata solo la metà dei turni rispetto ai restanti giorni lavorativi.

Curve di carico medie annuali:

Grafico 2: Curve di carico medie annuali del reparto B01

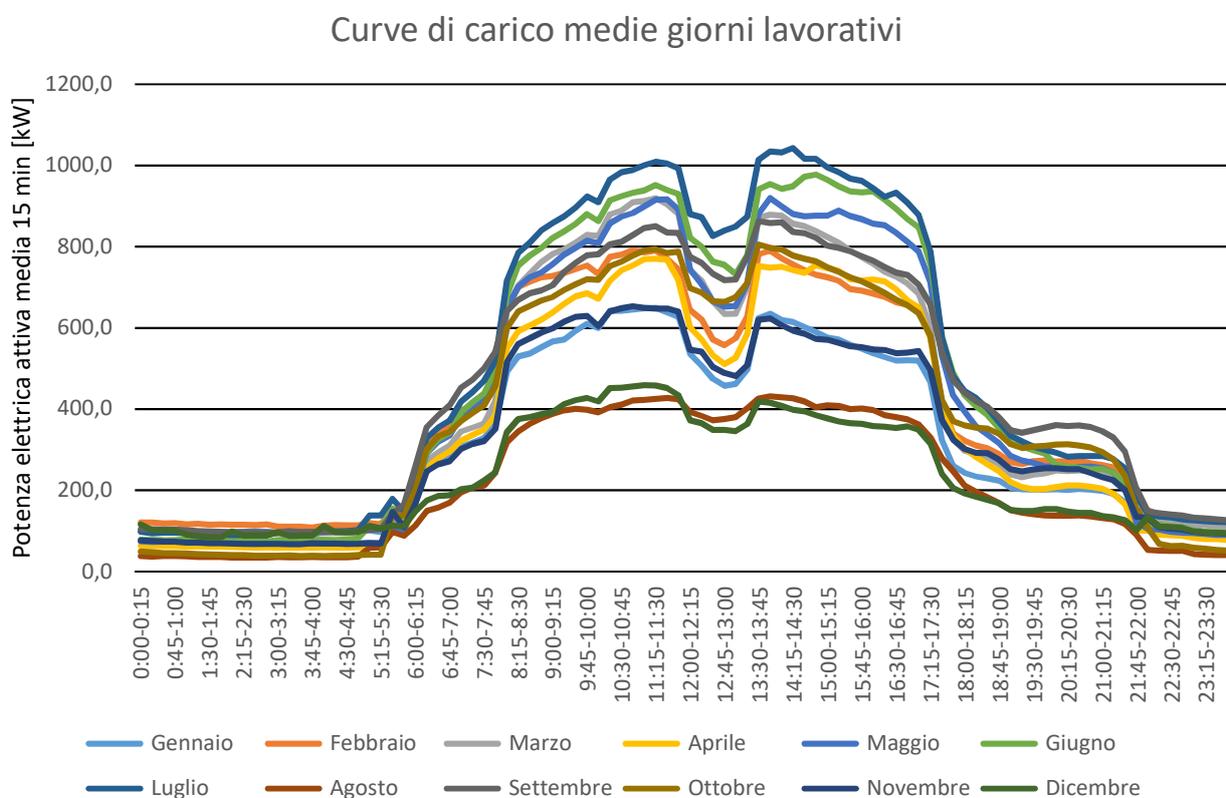


Le curve del grafico 2 indicano la frequenza dei turni di lavoro. Come anticipato, il sabato si lavora solo mezza giornata e senza attivare tutte le macchine di processo; di conseguenza, anche i consumi risultano assai ridotti. Inoltre, si può notare che il consumo di energia elettrica non sia nullo neppure nelle fasi di mancata produzione. Questo perché per l'azienda è necessario mantenere in attività costante alcuni organi, come l'aria compressa.

La curva di consumi nei giorni lavorativi, eccetto l'affossamento nelle ore centrali della giornata, ricorda vagamente la curva di un impianto fotovoltaico. Avendo qui riportato le curve di produzione dell'impianto fotovoltaico, sia con i valori medi sia con i valori massimi su base annuale, si vede come la quota prodotta nel reparto B01 venga completamente auto-consumata nei turni di produzione. Solo nei giorni festivi la produzione da fotovoltaico viene immessa in rete.

Curve di carico mensili nei giorni lavorativi:

Grafico 3: Curve di carico medie dei giorni lavorativi su base mensile.



Dal grafico 3 si può notare come, nell'arco dell'anno, l'energia impiegata (corrispondente all'area sottostante la curva) possa cambiare. Si ricorda infatti che la produzione segue le commesse ricevute ed il reparto B01 copre solo alcune delle produzioni dell'azienda.

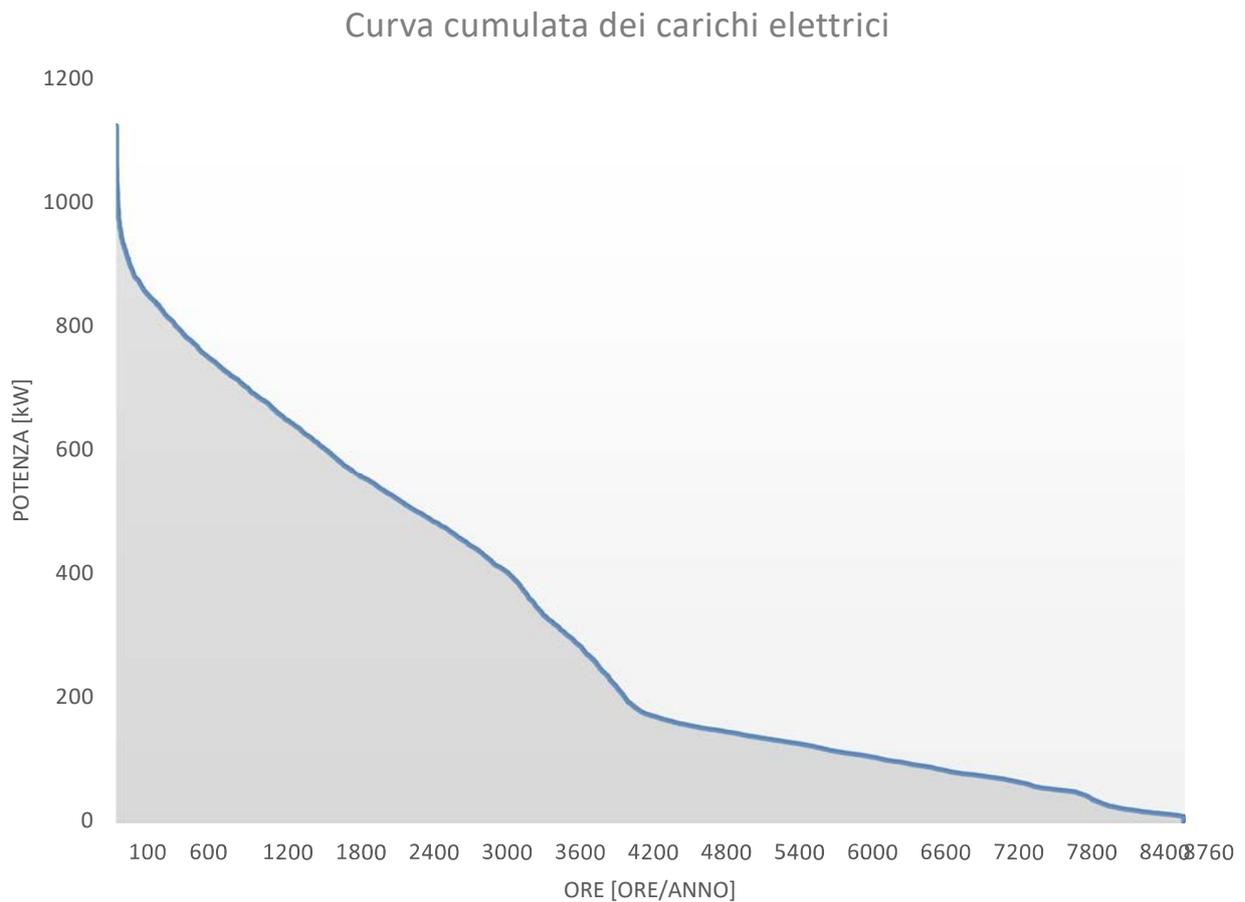
I mesi di dicembre e di agosto sono casi particolari a causa delle festività durante il mese invernale e dello stop della produzione nel mese estivo.

Reparto B02:

Si presentano ora i medesimi grafici relativi al reparto B02, il reparto di maggior consumo nel sito 1.

Si presenta la curva cumulata:

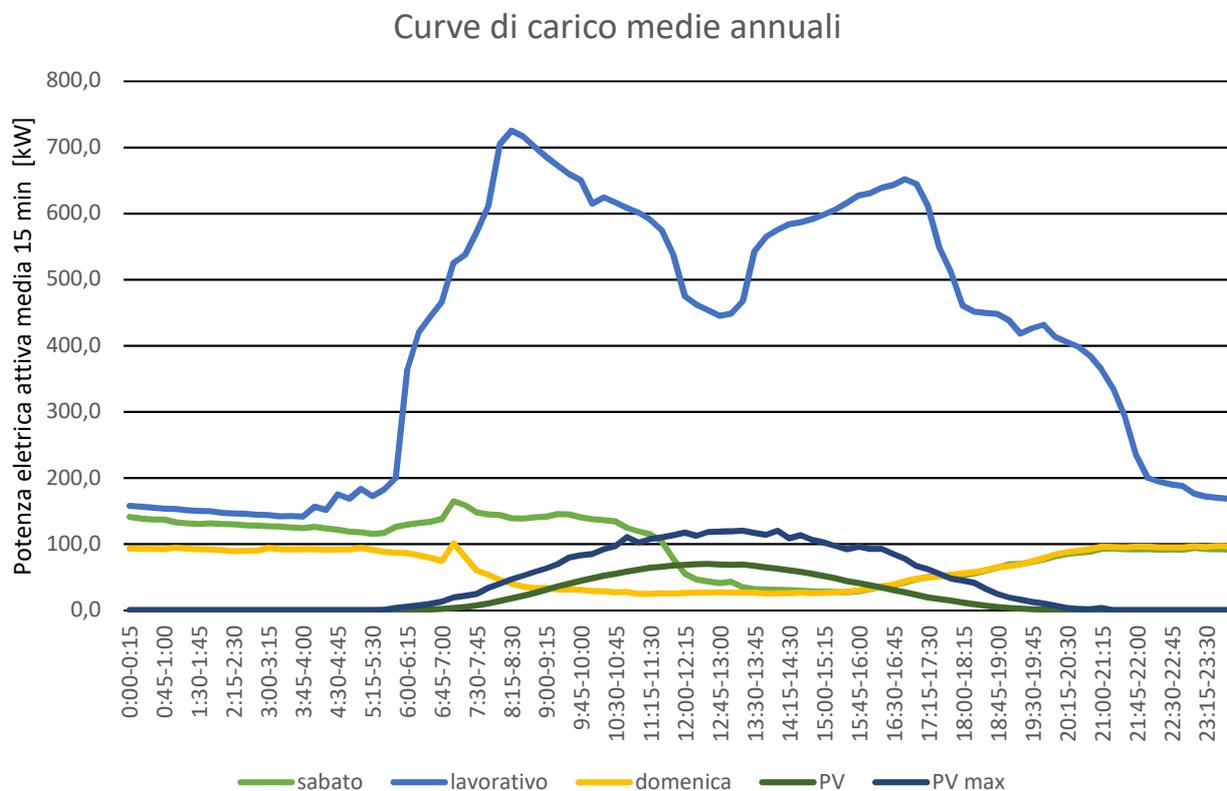
Grafico 4: Curva cumulata dei carichi elettrici presso il reparto B02



Questa curva presenta estremi simili a quelli del reparto B01 (massimo di 1.125 kW e minimo di 6,5 kW) ma l'area sottesa risulta maggiore. Infatti, come si era detto, questo è il reparto di maggior consumo energetico per quanto riguarda l'energia elettrica.

Curve di carico medie annuali:

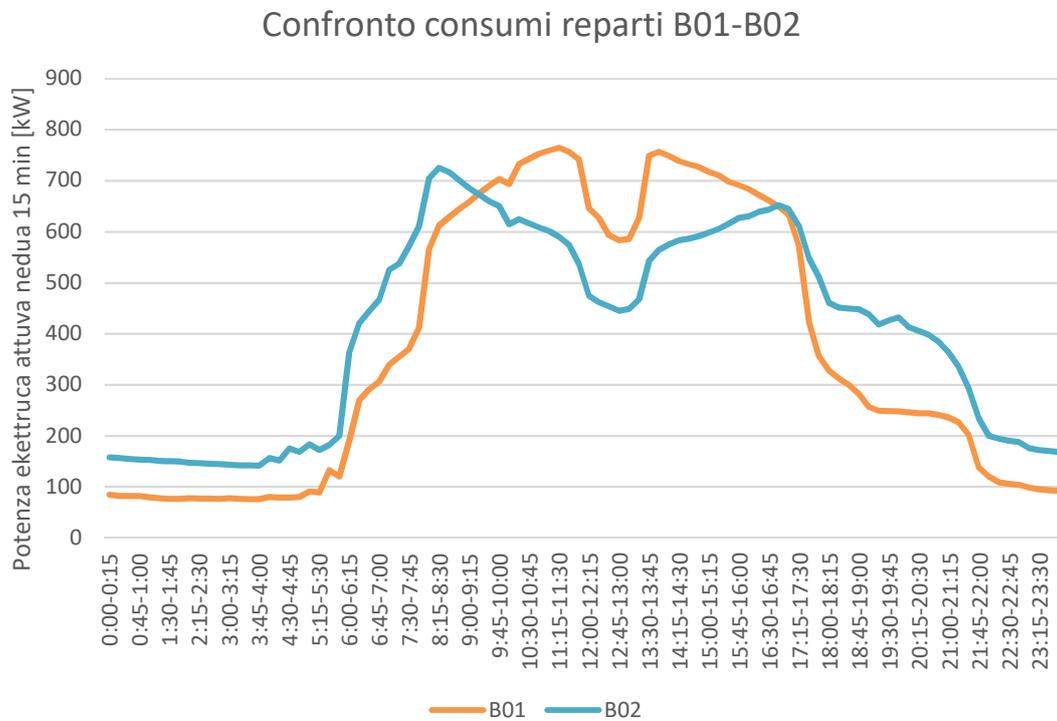
Grafico 5: Curve di carico medie annuali del reparto B02



La curva media dei consumi nei giorni lavorativi si colloca su valori massimi inferiori rispetto a quella del reparto B01, ma durante le ore notturne si hanno consumi maggiori rispetto all'altro reparto. La produzione di energia elettrica dall'impianto fotovoltaico viene completamente auto-consumata, eccetto nei giorni festivi e nella seconda parte della giornata del sabato.

Si presenta di seguito il confronto tra le curve di consumo inerenti ai giorni lavorativi dei due reparti:

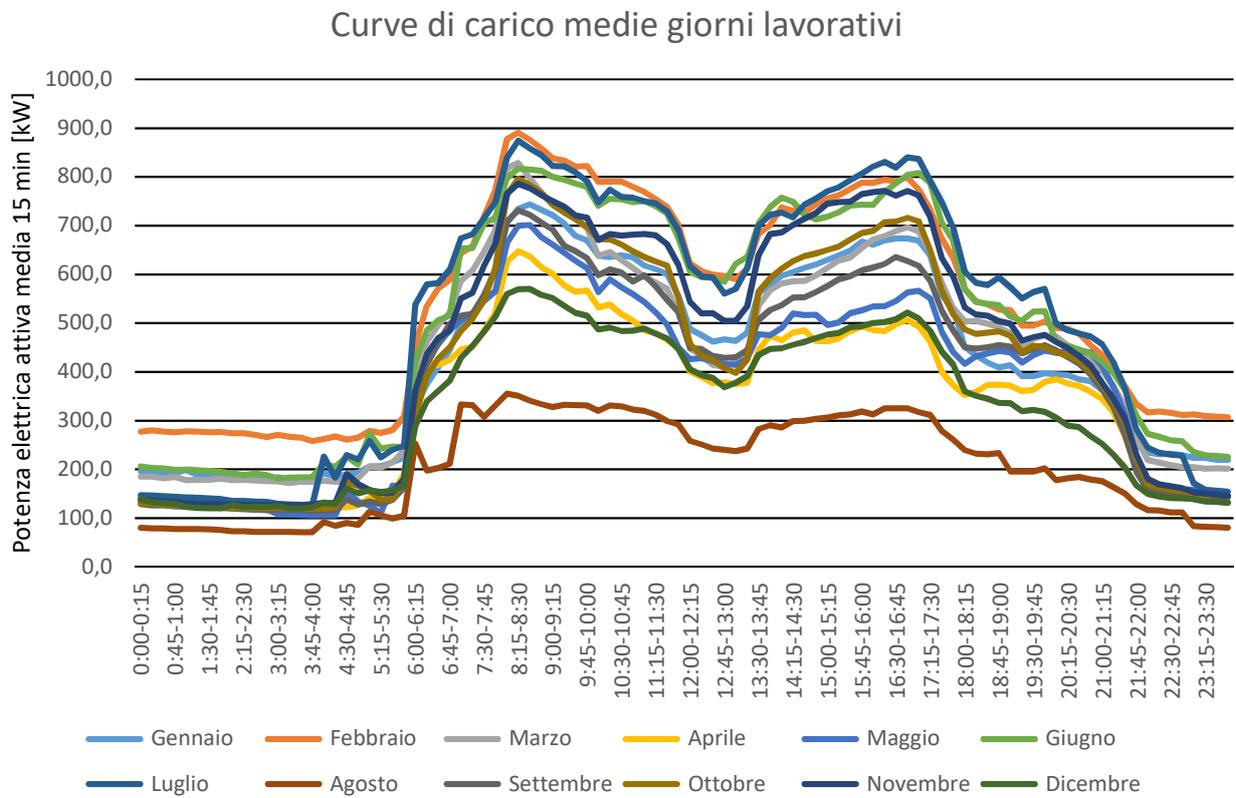
Grafico 6: Confronto tra i consumi elettrici dei reparti B01 e B02.



Dal confronto risulta evidente che il reparto B02 consuma una quantità di energia elettrica superiore al reparto B01, nonostante i picchi giornalieri risultino inferiori e nelle ore centrali si realizzi un calo considerevole dei consumi nelle ore centrali.

Curve mensili di carico nei giorni lavorativi:

Grafico 7: Curve di carico medie dei giorni lavorativi su base mensile.



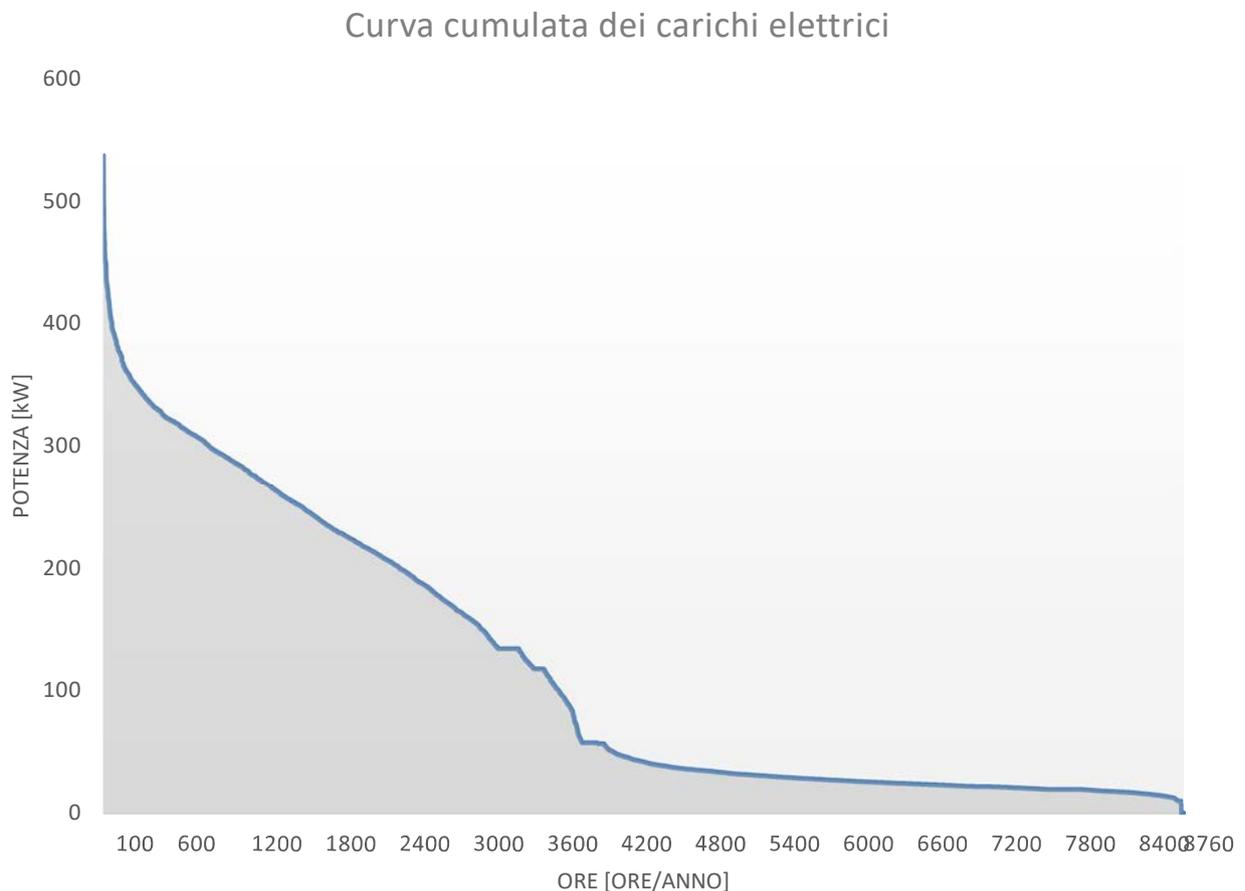
È evidente che anche questo reparto presenta una variazione dei consumi mensile, sempre a causa delle richieste del mercato.

Reparto B03:

Si presentano ora i grafici riferiti al reparto B03.

Iniziamo con la curva cumulata:

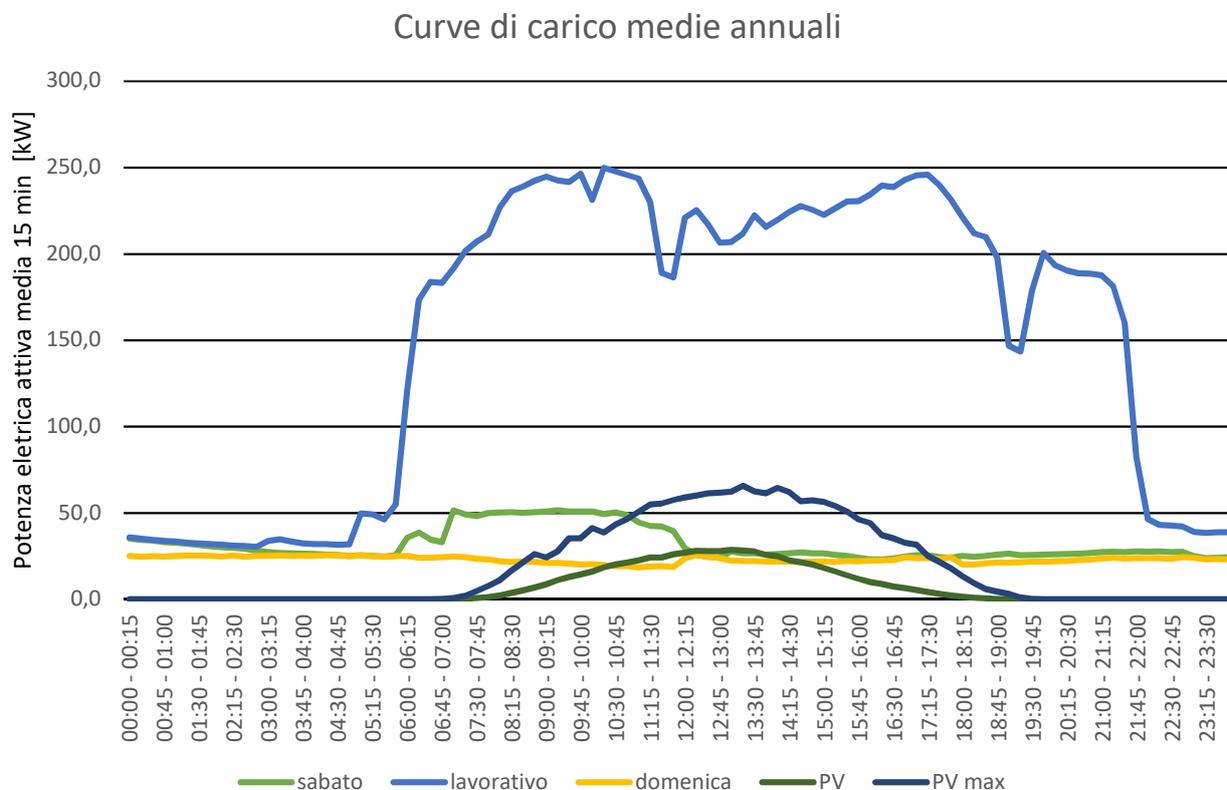
Grafico 8: Curva cumulata dei carichi elettrici presso il reparto B03



Come mostra la curva, il reparto B03 è il meno energivoro di tutti, infatti, sia il picco (valore massimo pari a 537 kW, valore minimo prossimo ad 1 kW) che l'area sottostante alla curva sono parecchio inferiori rispetto a quelli osservati in precedenza.

Curve di carico medie annuali:

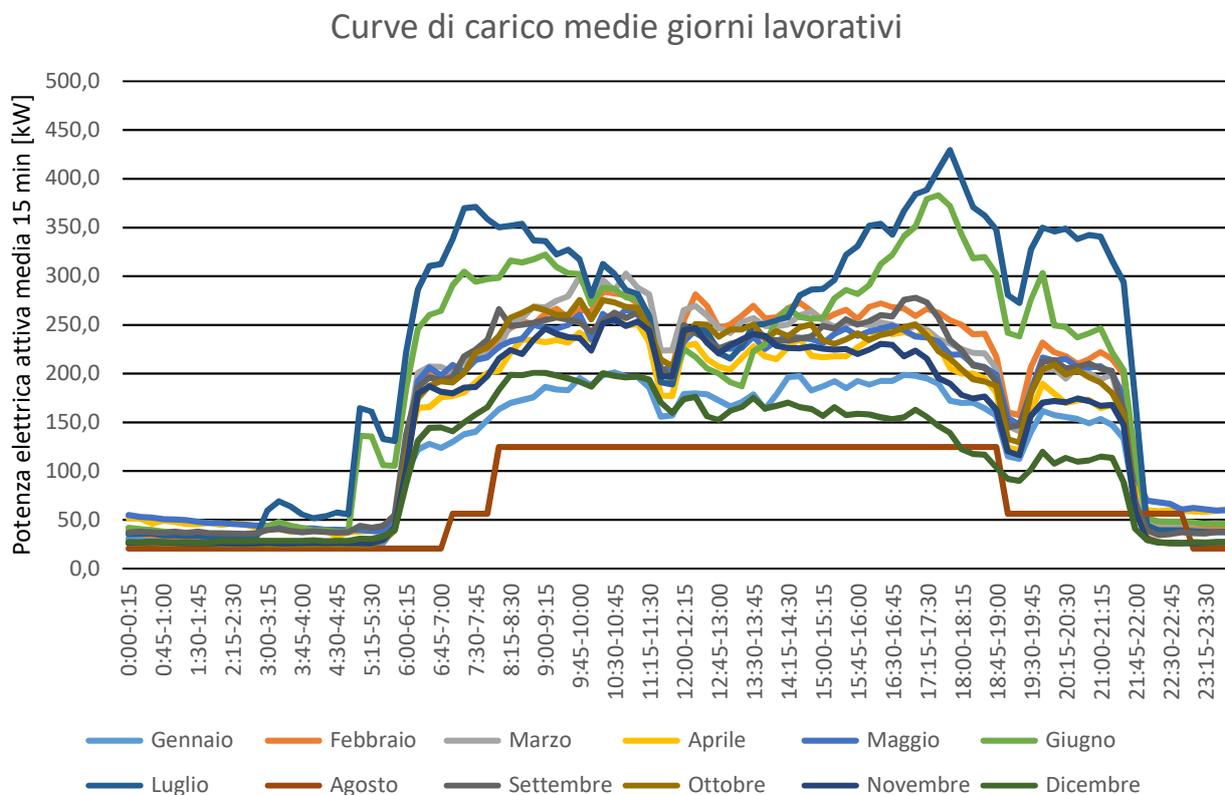
Grafico 9: Curve di carico medie annuali del reparto B03



La curva dei giorni lavorativi presenta un andamento meno altalenante rispetto ai reparti già visti. La motivazione, di tale comportamento, è da ricercare nelle macchine presenti all'interno del reparto, saldatrici e presse. Queste, infatti, lavorano autonomamente e con costanza durante i turni di lavoro. L'autoproduzione di energia elettrica, realizzata con l'impianto fotovoltaico installato sopra lo stabilimento, mediamente non soddisfa la richiesta del reparto. Questo problema sussiste anche nei giorni di chiusura, a causa del consumo di base del reparto.

Curve di carico mensili dei giorni lavorativi:

Grafico 10: Curve di carico medie dei giorni lavorativi su base mensile.



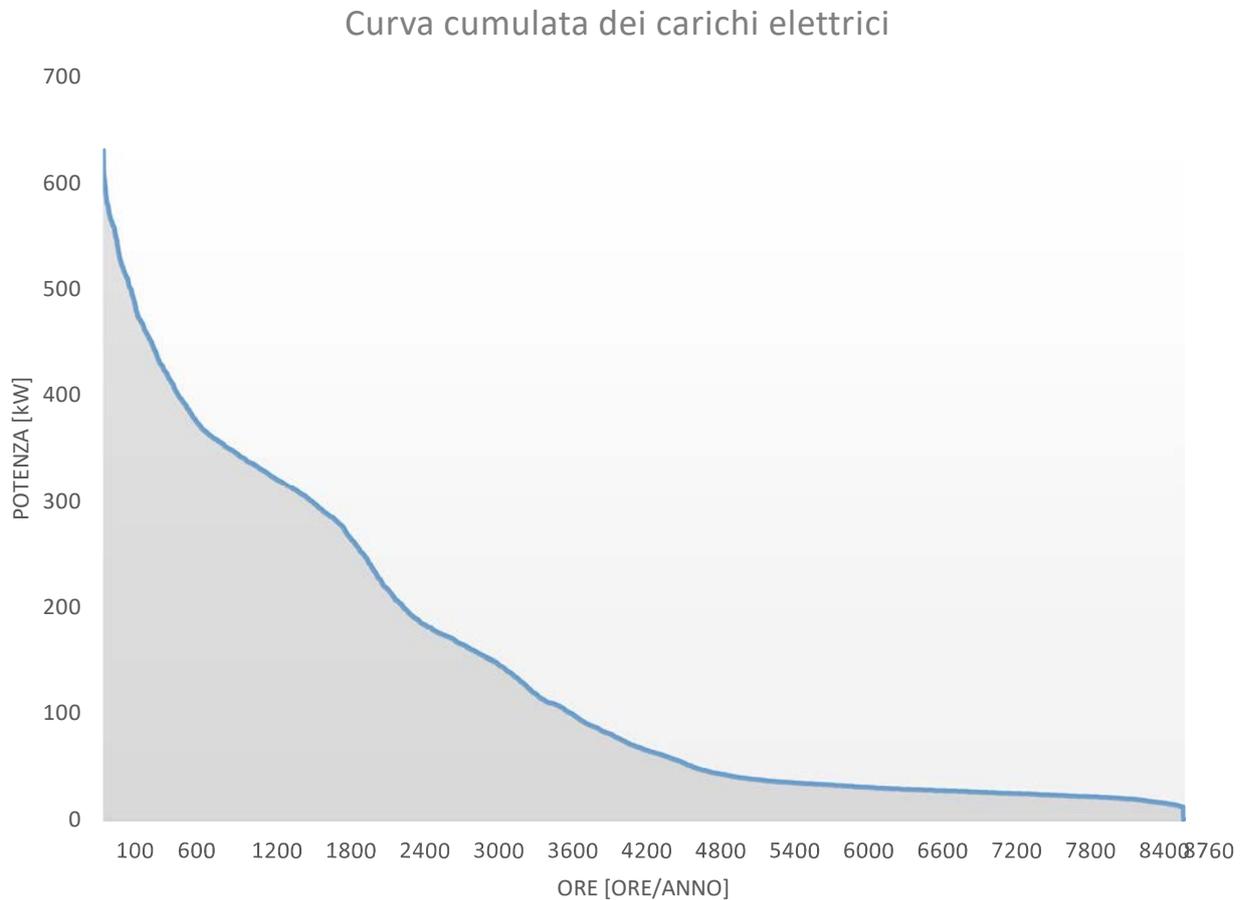
Si conferma, anche per questo reparto, l'oscillazione mensile dei consumi durante l'anno. A differenza delle precedenti, queste oscillazioni sono più contenute. Ancora una volta, la curva relativa al mese di agosto si trova nella parte bassa del grafico, sempre a causa dello stop della produzione.

Reparto B04:

Si presentano i grafici ricavati per il reparto B04.

Il primo ad essere presentato è la curva cumulata:

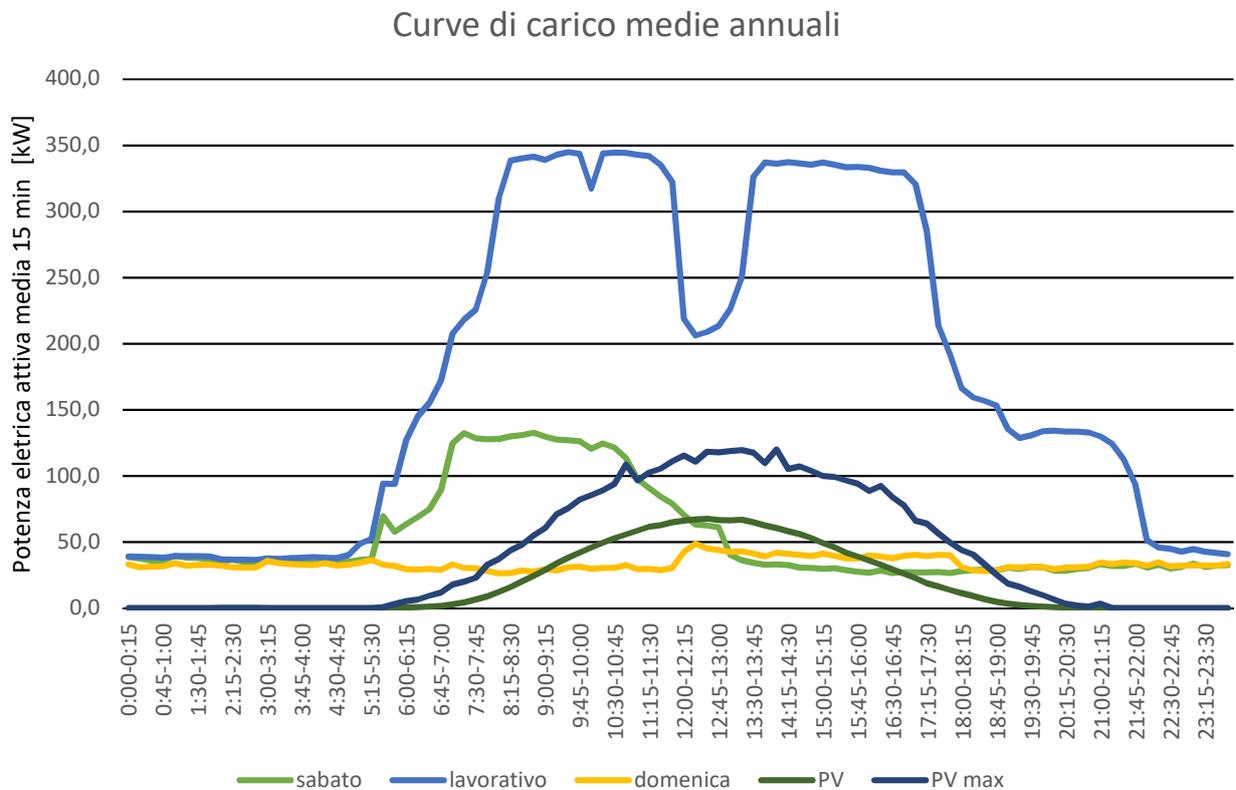
Grafico 11: Curva cumulata dei carichi elettrici presso il reparto B04



Anche il reparto B04, analogamente al B03, presenta il picco di potenza impegnata (massimo prossimo a 630 kW, minimo pari a 3 kW) e un'area sottesa, più contenuta rispetto ai primi reparti considerati.

Curve di carico medie annuali:

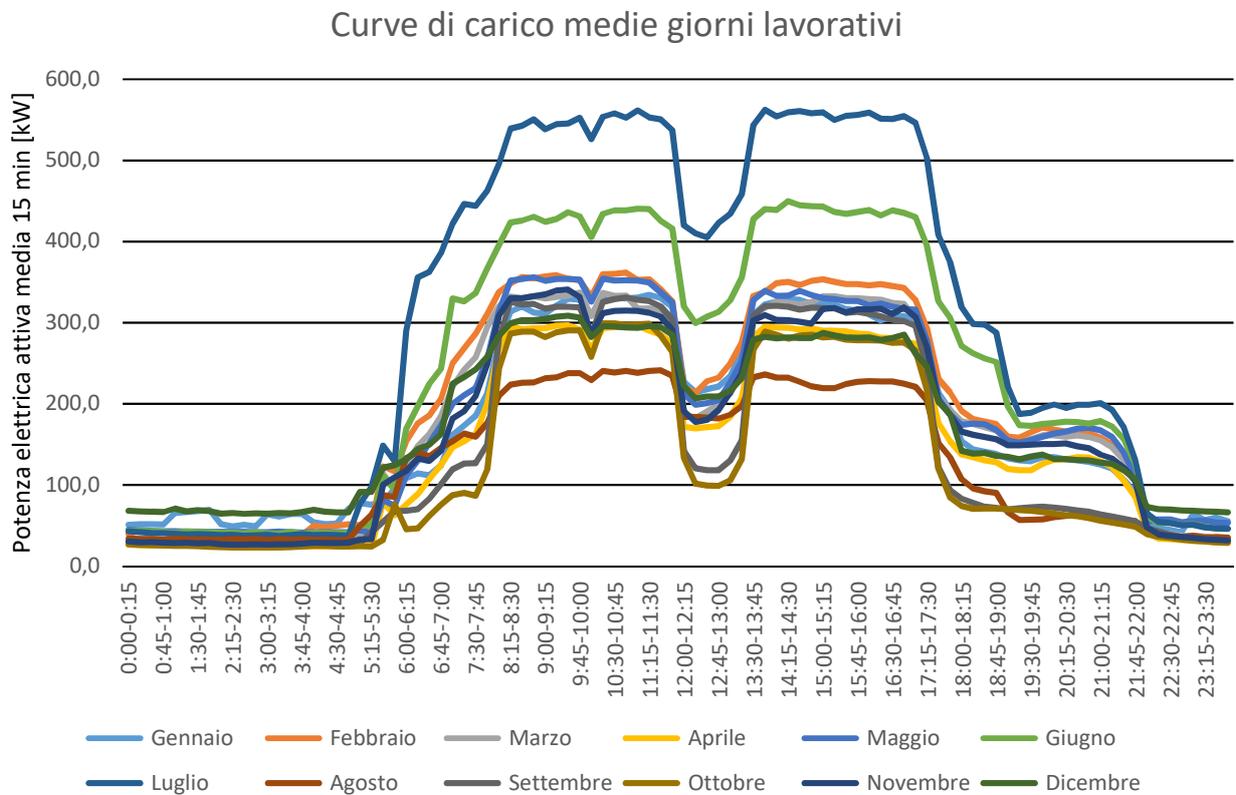
Grafico 12: Curve di carico medie annuali del reparto B04



La curva media dei consumi nei giorni lavorativi assomiglia invece a quella dei ai primi reparti, con due fasi a consumo costante in due diversi momenti della giornata. Il calo di consumo è causato dal cambio di turno. Come per gli altri reparti, l'autoproduzione di energia elettrica, da parte dell'impianto fotovoltaico, risulta insufficiente a soddisfare la richiesta del reparto.

Curve di carico mensili dei giorni lavorativi:

Grafico 13: Curve di carico medie dei giorni lavorativi su base mensile.



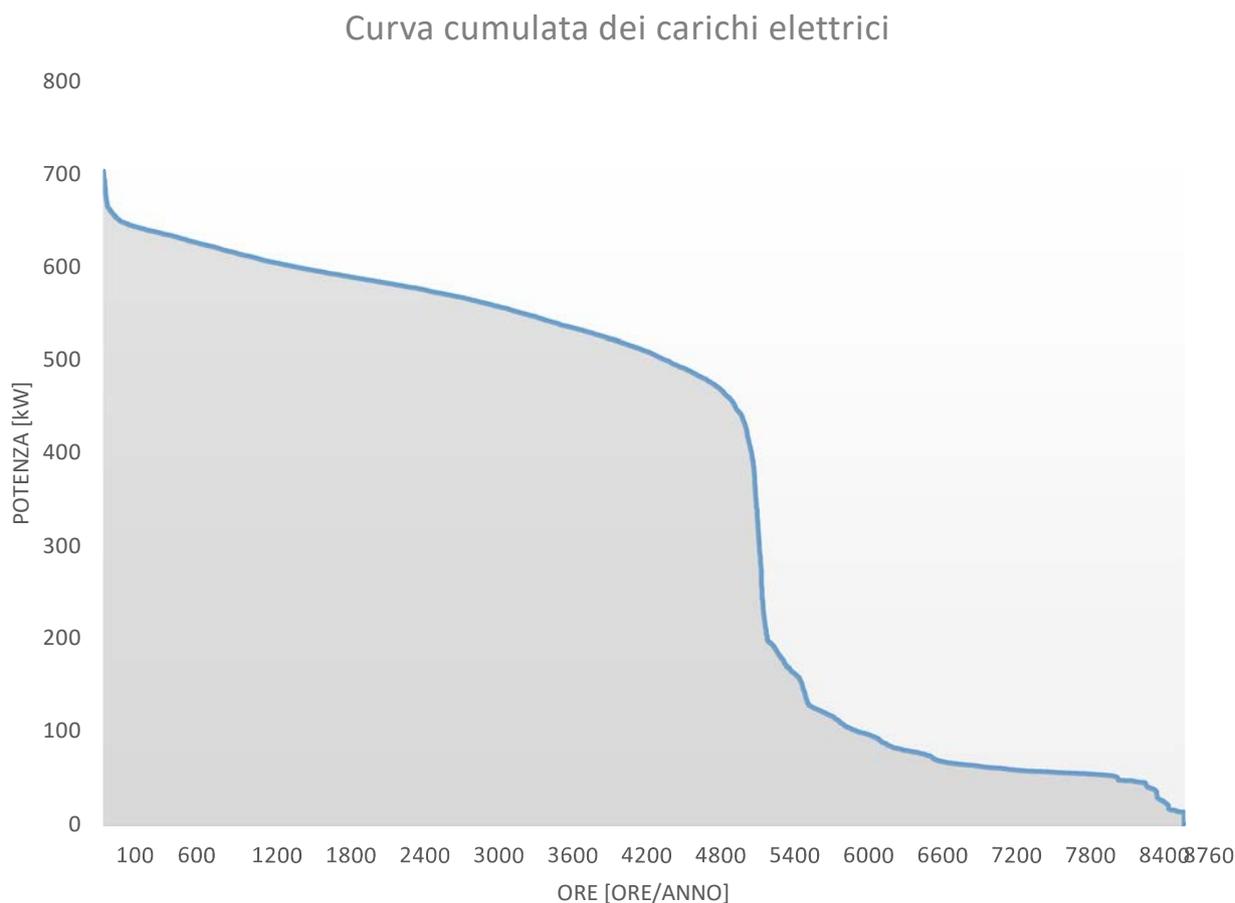
Le curve mensili presentano sempre una variazione a seconda del mese considerato, anche se la forma della curva risulta sempre la stessa.

Reparto B09:

Il reparto in questione è l'unico presente nel secondo sito, quindi i grafici che seguono valgono sia a livello di reparto sia a livello di sito.

Si presenta ora la curva cumulata:

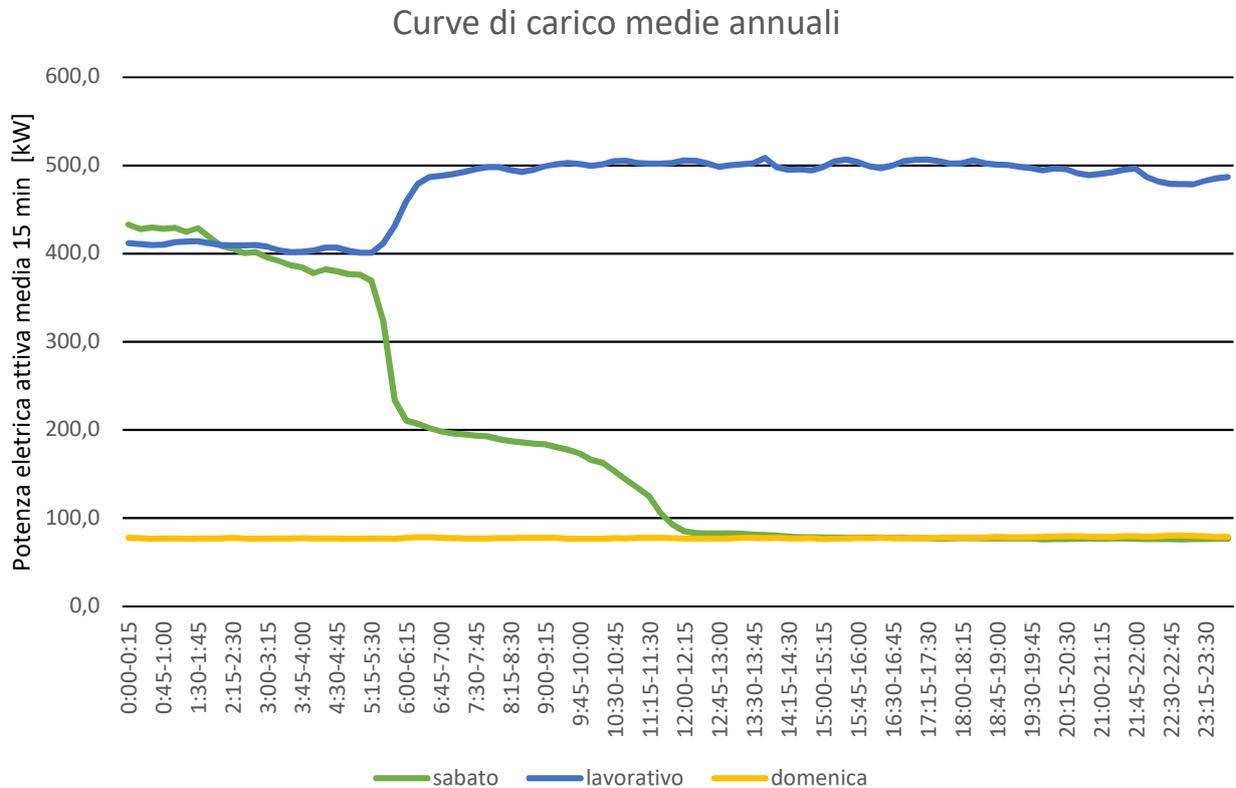
Grafico 14: Curva cumulata dei carichi elettrici presso il reparto B09



Il reparto B09 presenta una curva completamente differente rispetto a quelle osservate fino ad ora nei diversi reparti del sito 1. Questa curva, infatti, mostra come, per oltre metà dell'anno, la potenza consumata sia superiore ai 500kW nel periodo restante, invece, la quota impegnata decresce vistosamente a meno di 100 kW. Le macchine, in opera, lavorano con continuità e contemporaneità; bisogna inoltre ricordare che sono presenti tre turni di lavoro ed ogni isola di lavoro è in funzione.

Curve di carico medie annuali:

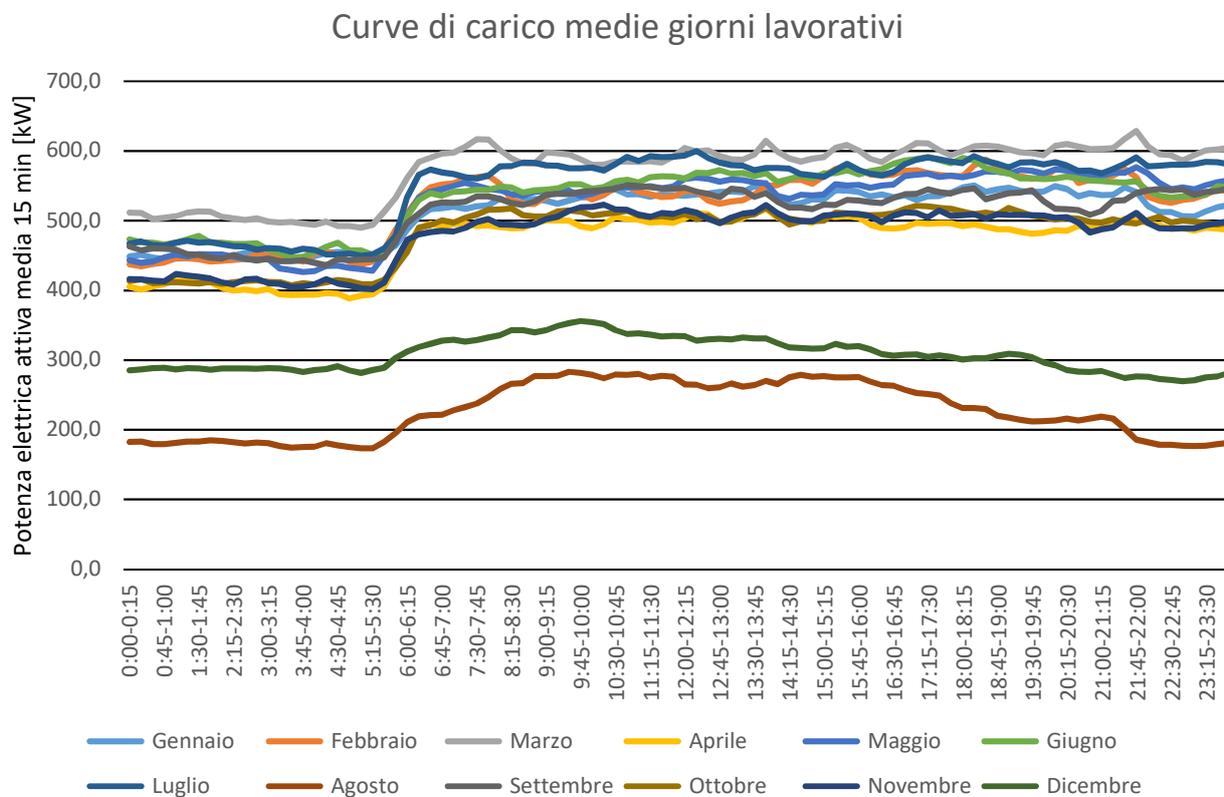
Grafico 15: Curve di carico medie annuali del reparto B09



Il grafico 15 mostra quanto appena detto nel commento alla curva cumulata, la potenza media impegnata durante i giorni lavorativi è di circa 500 kW. L'andamento della curva relativa ai giorni lavorativi presenta uno scalino nelle prime ore del giorno, dettato dal lunedì quando l'impianto deve ripartire. La curva del sabato evidenzia come l'impianto venga spento nel passaggio da un turno di lavoro all'altro, fino ad arrivare alla quota base di consumo della domenica.

Curve di carico mensili dei giorni lavorativi:

Grafico 16: Curve di carico medie dei giorni lavorativi su base mensile.



Traslando verticalmente a seconda del mese in questione, si può notare che la variazione mensile per questo reparto risulta contenuta. Fanno sempre eccezione i mesi di dicembre e di agosto; infatti, anche il sito 2 segue le stesse direttive di ferma della produzione del sito 1.

Illustrati i consumi totali dei singoli reparti, si intende ora presentare come questi vengano suddivisi tra le tre diverse categorie di consumo definite nel capitolo 2. La suddivisione prevista dalla norma avviene a livello del sito, ovvero senza valutare ogni singolo reparto. Nell'analisi condotta si è voluto, invece, descrivere i consumi separatamente per ogni singolo reparto. Questa scelta ha un'enorme utilità per la redazione del piano di monitoraggio, perché permette di individuare in quali reparti installare i misuratori in modo efficiente, ovvero, installare una quantità minima di misuratori per realizzare la copertura delle quote previste.

Per operare la divisione tra processo, servizi ausiliari e servizi generali è necessario possedere i dati relativi ad essi. Questo presuppone che i misuratori siano installati in quantità sufficiente e che essi realizzino la misura in modo adeguato. Con la dicitura "misura in modo adeguato" si intende che il misuratore deve rilevare esclusivamente i consumi relativi ad uno tra processo, servizi ausiliari, servizi generali. In caso contrario, il dato ottenuto non possiede utilità, perché risulta essere una miscela di consumi provenienti da utilizzatori diversi, non appartenenti quindi allo stesso gruppo. Questo accade se si pone un misuratore su un quadro, da cui dipartono molteplici utilizzatori differenti; per esempio: isole di lavoro insieme a illuminazione e compressori. Per la prima diagnosi era possibile ricavare i dati tramite dei modelli, impiegando i soli dati disponibili³; mentre per le successive diagnosi è richiesta la presenza di contatori dedicati³.

Nel caso preso in esame la prima diagnosi prese in esame esclusivamente il reparto B01; ne consegue ad oggi una mancata conoscenza degli altri reparti. Per redare un adeguato piano di monitoraggio, con lo scopo di raggiungere le quote proposte da ENEA (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile), è stato quindi fondamentale capire come ottenere la ripartizione dei consumi.

Essendo il processo industriale la fonte di consumo più difficile da modellizzare a causa della variabilità data da macchine che non lavorano a carico costante e una produzione che varia nell'arco dell'anno, si è preferito individuare i consumi complessivi di servizi ausiliari e generali. Questi risultano di più facile modellazione. Per i servizi ausiliari si dispone invece di misuratori dedicati.

Modellazione consumi:

Si intende ora fornire una panoramica delle tre fonti di consumo, spiegando come sono stati ricavati i risultati relativi ai vari servizi ausiliari e generali.

PROCESSO:

I dati che si possiedono per il processo provengono da misuratori a bordo macchina di alcune isole di lavoro, insufficienti a coprire le quote proposte da ENEA. Non avendo modo di poter modellizzare questi consumi si è agito come segue: sono stati valutati i consumi totali dei servizi ausiliari e generali mentre il valore del processo si è ottenuto come differenza tra il valore di consumo riportato nella bolletta e i consumi dei diversi servizi.

SERVIZI AUSILIARI:

I servizi ausiliari sono costituiti da: aria compressa, aspirazione e muletti elettrici. A differenza del processo, per questa fonte di consumo vengono ora presentati dei dati certi perché misurati.

L'aria compressa viene generata nel sito 1 da tre diverse sale compressori, nel sito 2 è presente solo una sala compressori. Ogni sala è costituita da un compressore KAESER DSDX 245 SFC a vite che genera l'aria necessaria ai processi; ad esso vengono affiancati altri compressori (uno o due a seconda della sala) per permettere continuità al servizio di aria compressa durante i periodi di manutenzione o malfunzionamento del compressore principale. Per ogni sala compressori è predisposto un misuratore LOVATO DMED310 T2 il quale memorizza i dati di consumo della sala. Questi possono essere banalmente ricondotti al singolo compressore visto che le ore di manutenzione nell'anno sono ridotte. Tramite il software Synergy, scaricabile dal sito della Lovato electric, è stato possibile connettersi al misuratore e scaricare i dati, grazie alla presenza dei moduli di storage e connessione USB EXM1030 e EXM1010. I dati di cui ero in possesso erano quarto-orari di tutti i giorni dell'anno.

I ventilatori, presenti esclusivamente nel reparto B09, hanno in dotazione dei misuratori LOVATO da cui sono stati estratti i dati in modo analogo a quanto descritto per i compressori. In questo caso i dati a disposizione erano mensili, comprendenti tutte le mensilità dell'anno.

I muletti vengono ricaricati presso le isole di ricarica presenti in ogni reparto; per ognuno dei muletti viene annotata l'energia consumata. Impiegando le tabelle di consumo generale e andando ad individuare la locazione dei muletti nei reparti, è stato possibile conoscere il consumo di ogni reparto.

SERVIZI GENERALI:

I consumi dei servizi generali non sono monitorati ma possono essere più facilmente ipotizzati rispetto al processo. Nei servizi generali sono stati considerati: uffici, illuminazione, climatizzazione per gli uffici, climatizzazione estiva dei reparti (quella invernale viene realizzata tramite caldaia, quindi a gas).

Il consumo elettrico degli uffici è stato calcolato grazie a una formula maturata per esperienza all'interno di Encore e tra gli operatori di settore, dove si ipotizza una potenza media di 300 W per postazione e un totale di ore di funzionamento pari a 2.500. Il valore del consumo è dato dal prodotto delle quantità elencate per il numero delle postazioni presenti.

$$\text{Consumo uffici} = n.\text{postazioni} \cdot \overbrace{300}^{\text{potenza media}} \cdot \overbrace{2500}^{\text{ore funzionamento}}$$

Per quanto riguarda l'illuminazione, è stato necessario conteggiare le lampade installate nei vari reparti ed ambienti e individuare la potenza dei vari modelli presenti. La gestione dell'illuminazione all'interno dei vari reparti non prevede nessun accorgimento riguardante l'apporto dalla luce ambiente esterna, dato che le luci rimangono accese per tutta la durata dei

turni, sia di sera che di giorno. Nel conteggio è stata inserita anche la quota consumata dall'illuminazione esterna essendo questa non trascurabile; si tratta di lampade di potenza medio-alta che restano accese per otto ore tutti i giorni dell'anno.

I consumi della climatizzazione degli uffici rientrano completamente fra i consumi elettrici dato che i dispositivi installati per la climatizzazione, sia invernale che estiva, sono delle pompe di calore. Per il calcolo del fabbisogno estivo sono stati presi in considerazione due elementi: la superficie degli uffici e un fattore di moltiplicazione, maturato dall'esperienza in Encore e tra gli operatori di settore. Il fabbisogno invernale ha tenuto conto dei gradi giorno della stagione di riscaldamento (ponendo attenzione alle date di inizio e fine), ottenuti tramite il sito degreedays.net. Questi sono stati moltiplicati per la superficie degli uffici come nel caso della climatizzazione estiva, e per un fattore di moltiplicazione adeguato, ottenuto sempre dall'esperienza maturata in Encore e presente tra gli operatori di settore.

La climatizzazione estiva dei reparti rientra fra i consumi elettrici; essa infatti viene realizzata tramite gruppi frigo predisposti per ogni reparto. La climatizzazione invernale, invece, è stata attribuita ai consumi di gas, essendo questa resa possibile grazie alla presenza di caldaie. Per valutare l'apporto frigorifero, sono stati impiegati i coefficienti di prestazione energetica contenuti negli Attestati di prestazione energetica (A.P.E.). In questi documenti vengono riportati i consumi specifici dei reparti, i quali ricadono prevalentemente in classe A. È infatti interesse dell'azienda curare il comfort dei propri dipendenti.

I successivi grafici presentano i consumi di energia elettrica nel sito 1, contenente i reparti B01, 02, 03 e 04, dati ottenuti grazie alle procedure appena descritte:

Grafico 17: Ripartizione consumi del reparto B01 tra processo, servizi ausiliari e servizi generali.

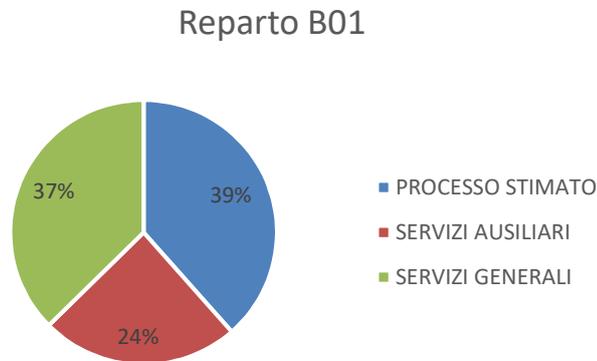


Grafico 18: Ripartizione consumi del reparto B02 tra processo, servizi ausiliari e servizi generali.

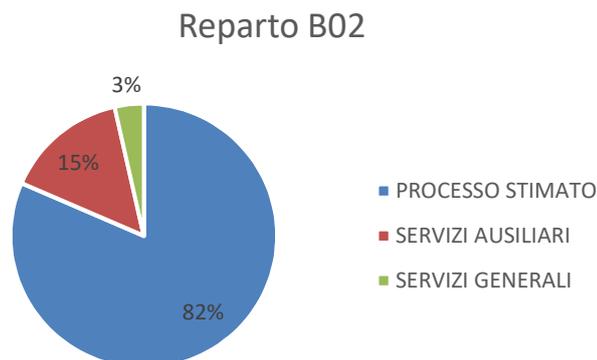


Grafico 19: Ripartizione consumi del reparto B03 tra processo, servizi ausiliari e servizi generali.

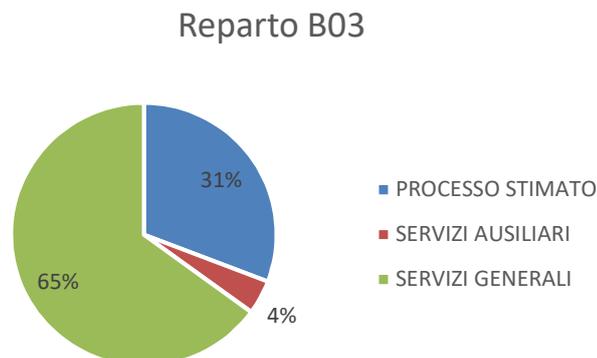
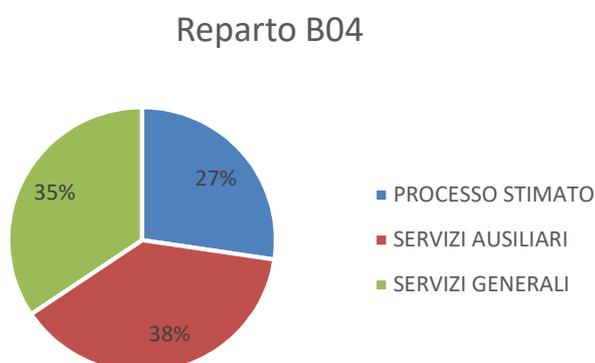


Grafico 20: Ripartizione consumi del reparto B04 tra processo, servizi ausiliari e servizi generali.



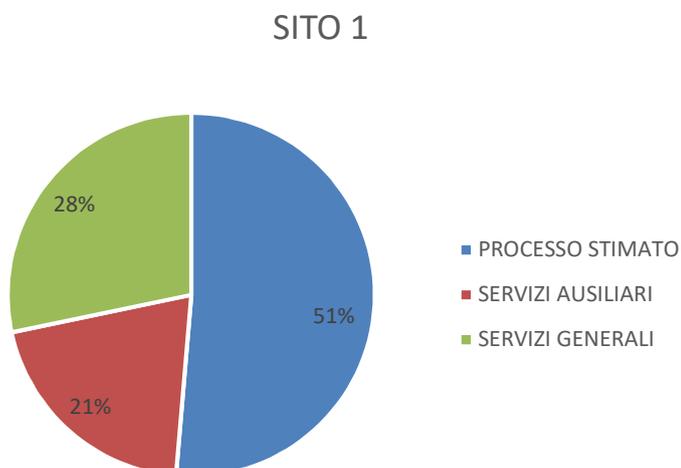
Nella legenda dei grafici si legge la voce “processo stimato”; questo perché la percentuale di consumo è stata ottenuta sottraendo i valori dei servizi, ausiliari e generali, ai valori contenuti nelle bollette.

Come si può notare, i grafici sono molto diversi fra loro. Bisogna dunque considerare che:

- nel reparto B01 sono presenti quasi la totalità degli uffici del sito 1;
- la climatizzazione del reparto B02 è fornita da gruppi frigo allacciati al POD del reparto B03, questo spiega il ridotto contributo dei servizi generali nel reparto B02 (3%) e l’elevato consumo di essi nel reparto B03 (65%);
- nel reparto B03 non è presente una sala compressori, motivo del ridotto consumo dei servizi ausiliari (4%).

Complessivamente la situazione aziendale per il sito 1 è rappresentata dal seguente grafico:

Grafico 21: Ripartizione consumi del sito 1 tra processo, servizi ausiliari e servizi generali.



Al fine di individuare quali reparti incidono maggiormente sulle tre voci di consumo (processo, servizi ausiliari, servizi generali) sono stati combinati i valori sopra ottenuti con quelli contenuti nella Tabella 3. Viene presentata la tabella riepilogativa sottostante per affrontare al meglio i grafici che seguiranno:

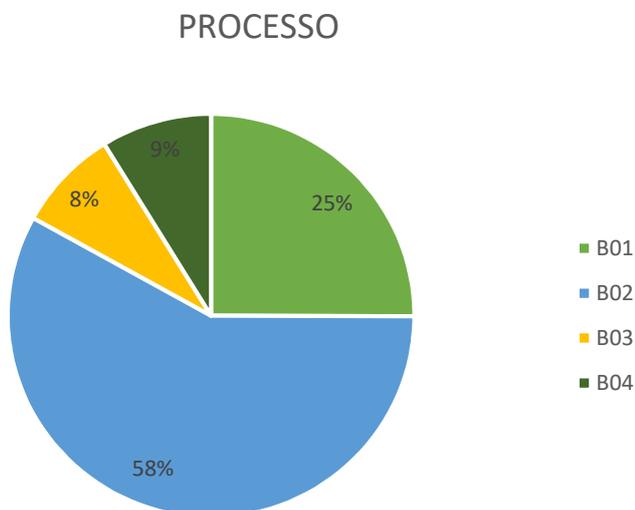
Tabella 7: Quote percentuali di consumo, sia riferite al totale del sito sia riferite alle tre diverse fonti di consumo nel singolo reparto.

Reparto	B01	B02	B03	B04
Quota percentuale di energia elettrica consumata sul totale	34%	37%	13%	17%
Percentuale consumata dal processo nel reparto	39%	82%	31%	27%
Percentuale consumata dai servizi ausiliari nel reparto	24%	15%	4%	38%
Percentuale consumata dai servizi generali nel reparto	37%	3%	65%	35%

Grazie a questi dati è possibile realizzare i seguenti grafici e quindi individuare i reparti di maggior consumo per le tre voci. Questo passaggio è fondamentale per il piano di monitoraggio; infatti, non potendo misurare il consumo di tutti i macchinari, sia perché sarebbe economicamente insostenibile sia per la natura mutevole dell'azienda in termini di macchinari impiegati e sostituiti, è essenziale capire dove porre i nuovi misuratori, al fine di ottimizzare l'investimento nel rispetto delle linee guida fornite da ENEA.

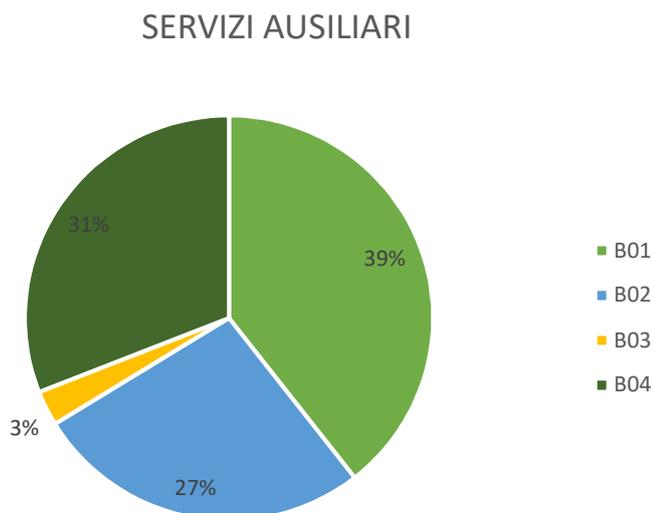
I grafici che seguono mostrano come i consumi delle tre fonti (processo, servizi ausiliari, servizi generali) siano ripartiti tra i vari reparti del sito 1:

Grafico 22: Spartizione del processo tra i reparti del sito 1.



Dato che per il sito 1 la quota minima di monitoraggio proposta da ENEA per il processo produttivo è del 45% (vedi Tabella 6), basterebbe porre completamente sotto monitoraggio il reparto B02 per soddisfare tale quota minima. Ma non essendo economicamente conveniente installare un misuratore per ogni utenza, si proporrà un differente piano di monitoraggio, comprendente più reparti.

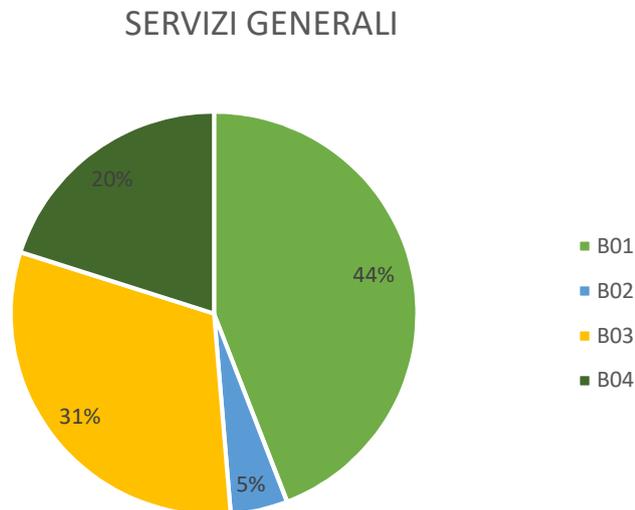
Grafico 23: Spartizione dei servizi ausiliari tra i reparti del sito 1.



I servizi ausiliari rispecchiano, all'incirca, il consumo dei compressori. Questo perché la quota di energia elettrica consumata dai muletti è irrisoria rispetto al consumo associato alla produzione

dell'aria compressa. La quota minima proposta da ENEA è pari al 10% (vedi Tabella 6), ma, avendo a disposizione le misure raccolte dai contatori Lovato, questa viene ampiamente soddisfatta; infatti, più del 70% del consumo dei servizi ausiliari risulta scoperto.

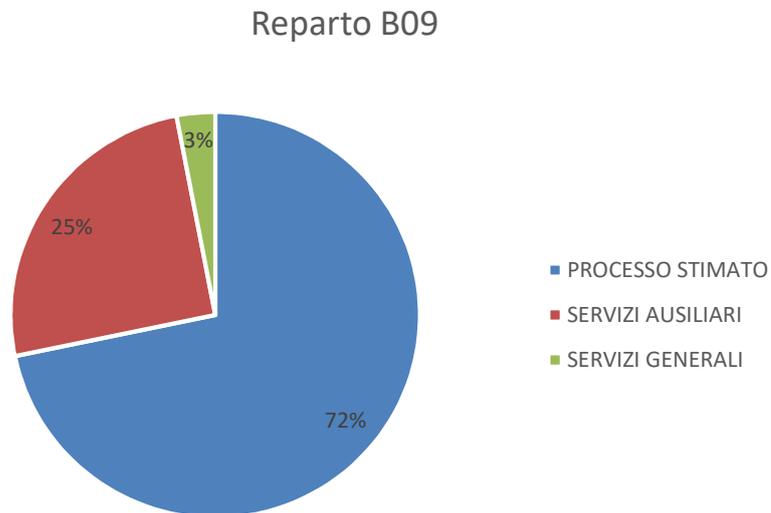
Grafico 24: Spartizione dei servizi generali tra i reparti del sito 1.



I reparti B01 e B03 contribuiscono in quota maggiore al consumo dei servizi generali; questo perché nel primo reparto sono presenti quasi la totalità degli uffici. Inoltre esso presenta la maggiore superficie coperta. Nel reparto B03 viene invece realizzata la climatizzazione anche del reparto B02, motivo per cui la quota del reparto B02 è così ridotta (solo 5%).

Rifacendosi ai metodi di elaborazione dati visti precedentemente si presenta ora il sito 2, il quale coincide con il reparto B09. Essendoci coincidenza tra sito e reparto, le considerazioni sul reparto vanno estese anche al sito:

Grafico 25: Ripartizione consumi del reparto B09 tra processo, servizi ausiliari e servizi generali



Il processo produttivo nel sito è compiuto da poche isole di lavoro, rendendo così di facile realizzazione l'opera di monitoraggio di questa fonte di consumo. Inoltre, non sarà necessaria la copertura totale degli utilizzatori essendo la quota minima di monitoraggio proposta da ENEA pari al 40% del processo (vedi Tabella 6).

I servizi ausiliari risultano per l'intero monitorati, essendo presenti misuratori sia per i compressori sia per i ventilatori si può affermare che la quota coperta per i servizi ausiliari è del 100% a fronte di una richiesta minima da parte di ENEA del 5%.

I servizi generali risultano coprire solo il 3% dell'energia elettrica consumata. Si ritiene, quindi, di escludere i servizi generali dal monitoraggio perché inferiori alla quota minima di interesse del 5%, come indicato anche da ENEA⁷.

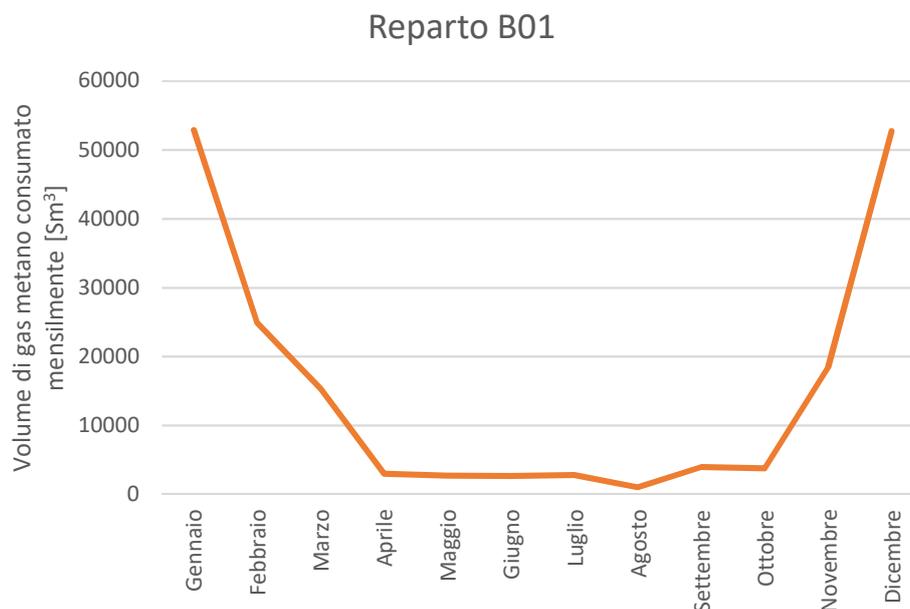
6.1.2 Energia termica: vettore metano

Le elaborazioni che seguono sono state ricavate grazie ai dati mensili inerenti ai vari PDR dei singoli reparti, eccezione fatta per il reparto B09 che presenta due differenti PDR visto l'uso che ne viene fatto internamente.

Reparto B01:

Il consumo di gas metano nel reparto B01 presenta il seguente andamento annuale:

Grafico 26: Andamento annuale del consumo di gas metano nel reparto B01.



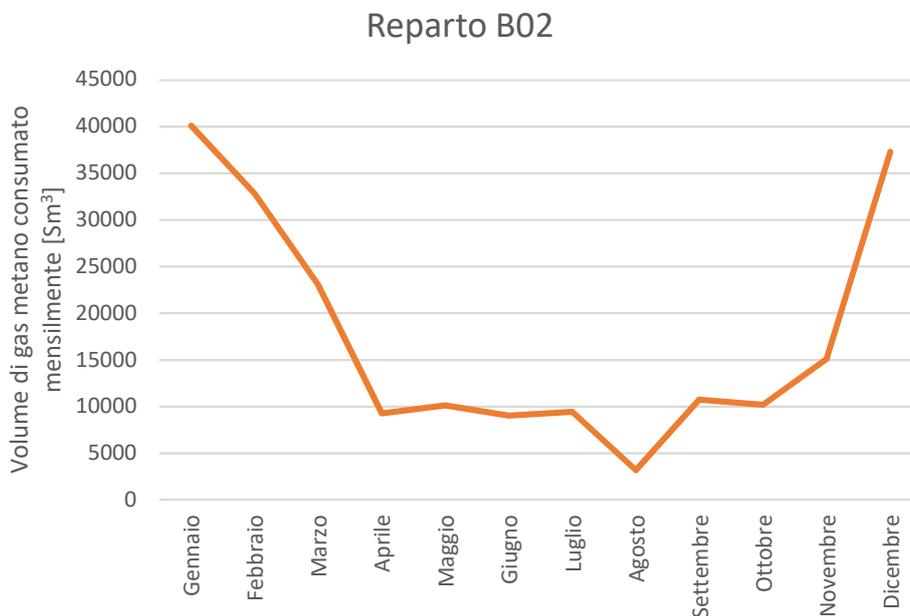
Dal grafico si evince che la climatizzazione invernale ha un peso rilevante sui consumi, raggiungendo i valori di picco nei mesi invernali di gennaio e dicembre. Questo è legato alla politica aziendale di fornire ai propri dipendenti un ambiente confortevole dove lavorare, anche nei capannoni industriali.

Durante i mesi privi di riscaldamento è presente un consumo che si attesta sopra i 3.000 Sm³. Questo è dovuto alla presenza di tunnel di lavaggio e forni di verniciatura all'interno del reparto. Nella valutazione è stato escluso il mese di agosto perché, essendo un mese di chiusura del reparto, il calo di consumo è rilevante.

Reparto B02:

Il consumo di gas metano nel reparto B02 ha il seguente andamento annuale:

Grafico 27: Andamento annuale del consumo di gas metano nel reparto B02.



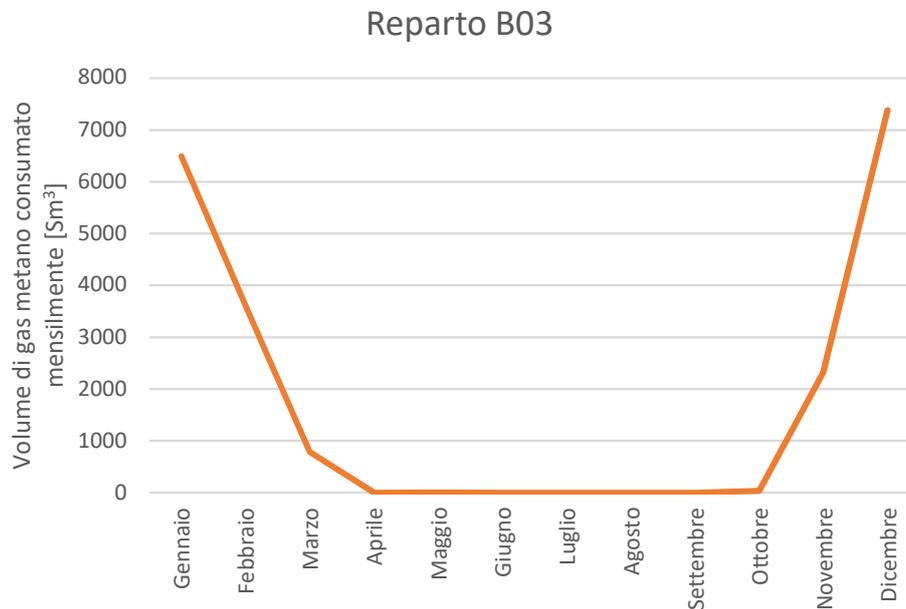
Il consumo di gas del reparto B02 risente della stagionalità. Il PDR in esame realizza la fornitura del gas sia per il reparto B02 sia per il reparto B03.

Osservando i mesi privi di riscaldamento si nota come il consumo medio si aggira attorno ai 10.000 Sm³. È ancora una volta necessario ricordare che nella valutazione viene escluso il mese di agosto essendo periodo di chiusura del reparto. I consumi nel periodo di non riscaldamento sono sempre da imputare alla presenza di tunnel di lavaggio, forni di verniciatura e di forni di impregnazione.

Reparto B03:

Il consumo di gas metano nel reparto B03 ha il seguente andamento annuale:

Grafico 28:Andamento annuale del consumo di gas metano nel reparto B03.

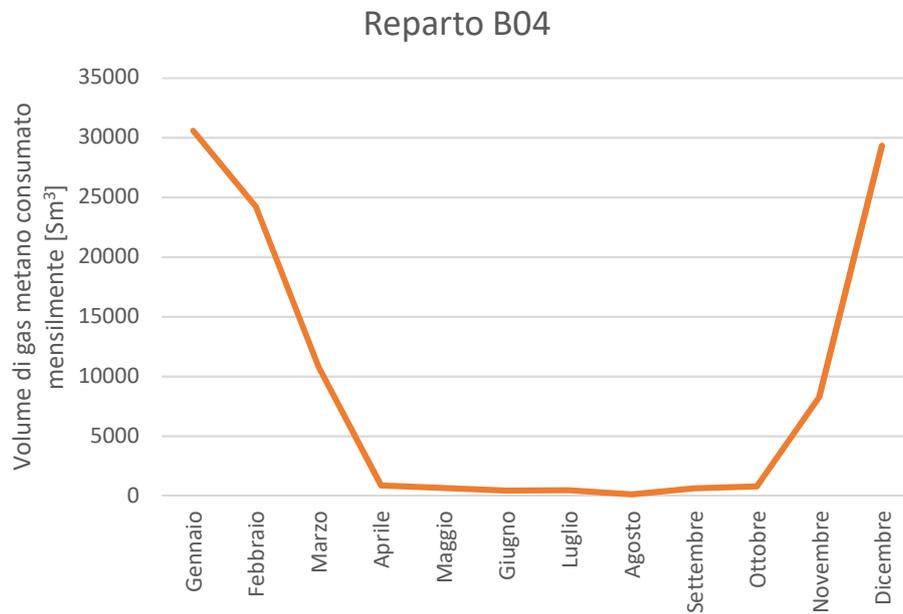


Il gas consumato dal reparto B03, necessario al riscaldamento ed al processo produttivo, proviene dal PDR situato ed associato al B02. Il metano consumato attraverso il PDR associato al reparto ha un andamento tipicamente stagionale, l'utilizzo che ne viene fatto, infatti, consiste nel riscaldamento di ambienti adibiti a foresteria situati in edifici limitrofi.

Reparto B04:

Il consumo di gas metano nel reparto B04 ha il seguente andamento annuale:

Grafico 29: Andamento annuale del consumo di gas metano nel reparto B04.

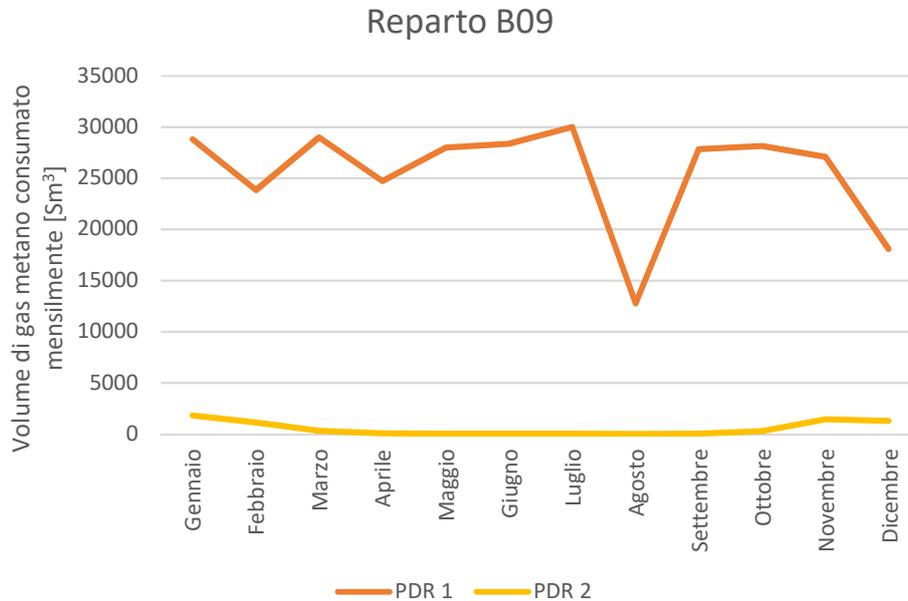


Il reparto B04, come quelli precedentemente visti, possiede un consumo prettamente stagionale, i consumi nel periodo di non riscaldamento sono da ricondurre ad un forno di verniciatura che lavora saltuariamente nel reparto.

Reparto B09:

Il consumo di gas metano nel reparto B09 è legato a due differenti PDR, uno dei quali è riservato ai consumi del forno fusorio presente nel sito. L'andamento annuale dei consumi è il seguente:

Grafico 30: Andamento annuale del consumo di gas metano nel reparto B09.



Nel grafico 30 sono riportati i consumi per entrambi i PDR presenti nel secondo sito, dove è situato il reparto B09.

Il PDR 1 è associato al forno fusorio e non presenta andamenti stagionali. L'apporto energetico dipende dalla produzione, la quale si arresta per alcune settimane in agosto e in dicembre. In realtà allo stesso PDR sono associati anche alcuni elementi radianti utili al riscaldamento ambiente, i quali necessitano di alimentazione diretta di gas combustibile. I loro consumi sono comunque irrisori rispetto al consumo del forno fusorio. Oltre a questi è presente un allacciamento ad una caldaia, che ha lo scopo di supportare il funzionamento di un evaporatore sottovuoto che a sua volta presenta consumi molto bassi. Si può quindi ritenere che questi consumi sono pressoché simili ai consumi del forno.

Il secondo PDR è collegato alla caldaia necessaria a fornire ACS (acqua calda sanitaria); la lettura del contatore, quindi, corrisponde ad una misura esatta di servizi generali.

Modellazione consumi:

I consumi qui valutati sono esclusivamente quelli riguardanti il riscaldamento invernale degli ambienti; per farlo sono stati impiegati i valori di consumo estratti dalle bollette. Al consumo di processo mensile è stato assegnato il valore medio registrato nei mesi privi di riscaldamento, escludendo il mese di agosto durante il quale l'impianto rimane chiuso. Moltiplicando tale valore per i 12 mesi dell'anno si determina la quantità di consumo associata al processo. Sottraendo tale

valore alla quota consumata indicata in bolletta si ottiene quanti metri cubi di metano vengono consumati per eseguire il riscaldamento. Si sottolinea inoltre la mancanza di servizi ausiliari associati al consumo di gas.

I risultati ottenuti sono i seguenti:

Grafico 31: Ripartizione consumi di gas metano del reparto B01 tra processo, servizi ausiliari e servizi generali.

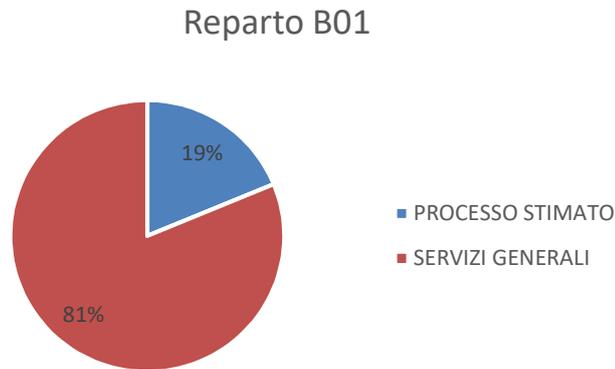


Grafico 32: Ripartizione consumi di gas metano del reparto B02 tra processo, servizi ausiliari e servizi generali.

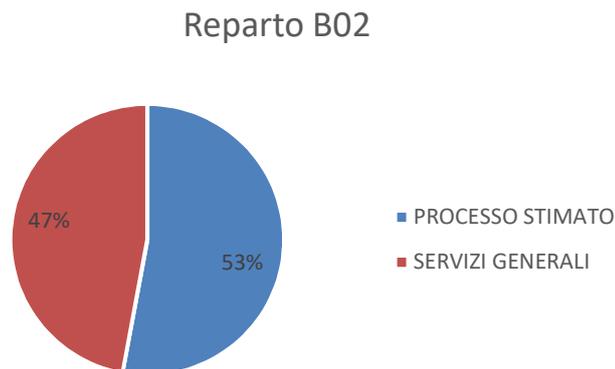


Grafico 33: Ripartizione consumi di gas metano del reparto B03 tra processo, servizi ausiliari e servizi generali.

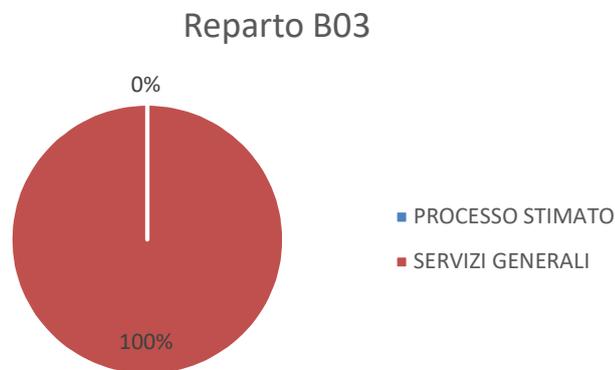
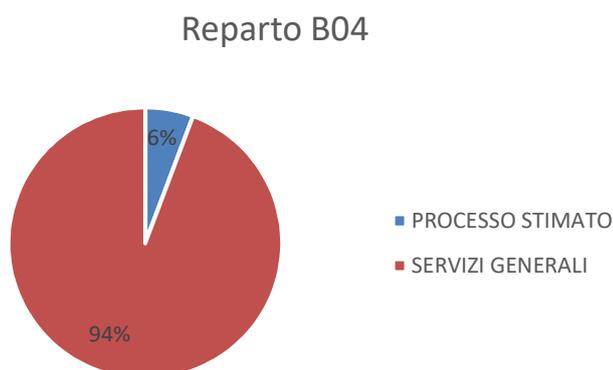


Grafico 34: Ripartizione consumi di gas metano del reparto B04 tra processo, servizi ausiliari e servizi generali.



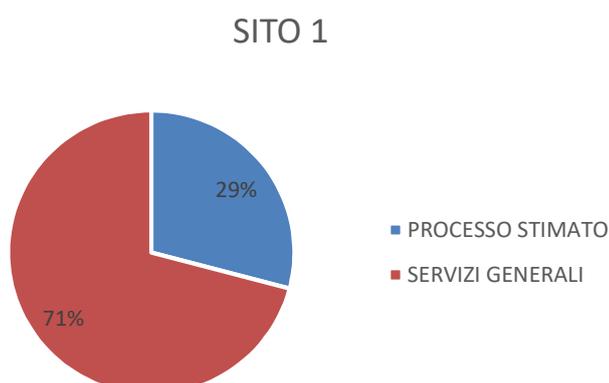
In modo analogo a quanto fatto per i consumi di energia elettrica, anche per il gas, si presenta una quota di processo stimata. Il motivo risiede nella mancanza di contatori dedicati all'interno del sito 1, una mancanza che rende peraltro necessaria la modellazione dei consumi.

A questo punto bisogna però fare alcune precisazioni relativamente ai consumi e alla ripartizione di ogni PDR:

- il reparto B01 spende poco gas ai fini del processo essendoci presente solo un tunnel di lavaggio e una cabina di verniciatura;
- il PDR associato al reparto B02 fornisce il gas necessario sia al processo che ai servizi generali dei reparti B02 e B03, i quali presentano al loro interno tunnel di lavaggio, forni di verniciatura e di impregnazione;
- il consumo individuato per il reparto B03 è legato al riscaldamento esclusivo di ambienti dedicati a foresteria;
- il reparto B04 consuma quasi esclusivamente per effettuare il riscaldamento invernale, nel reparto è presente solo un forno di verniciatura.

Complessivamente la situazione che si ha complessivamente nel sito 1 è descritta dal diagramma sottostante:

Grafico 35: Ripartizione consumi del sito 1 tra processo, servizi ausiliari e servizi generali.



Come per l'energia elettrica, volendo individuare i reparti che maggiormente incidono sulle tre voci di consumo (processo, servizi ausiliari, servizi generali), sono stati combinati i valori ottenuti e sopra indicati, con quelli contenuti nella Tabella 3. Viene ora presentata la tabella riepilogativa per leggere correttamente i grafici che seguiranno:

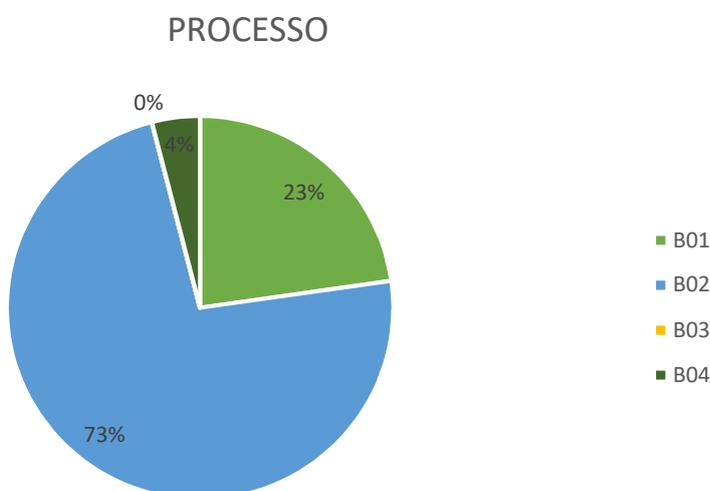
Tabella 8: Quote percentuali di consumo, sia riferite al totale del sito sia riferite alle tre diverse fonti di consumo nel singolo reparto.

Reparto	B01	B02	B03	B04
Quota percentuale di gas consumato sul totale	35%	40%	4%	21%
Percentuale consumata dal processo nel reparto	19%	53%	0%	6%
Percentuale consumata dai servizi generali nel reparto	81%	47%	100%	94%

Grazie ai dati contenuti nella tabella 8, è possibile individuare quali reparti dovranno essere oggetto di misurazione. I grafici seguenti hanno lo scopo di evidenziare quanto emerso, come per l'energia elettrica, questo è un passaggio fondamentale al fine del monitoraggio. Esso infatti permette di concentrarsi solo su alcuni reparti, riducendo, così, la quantità di misuratori da installare. È rilevante far notare che la difficoltà di installazione dei contatori del gas è assai maggiore rispetto a quella dei contatori elettrici. È necessario, infatti, posizionarsi a sufficiente distanza dalle curve per poi procedere alla sezionatura della condotta, opera non sempre agevole da realizzare.

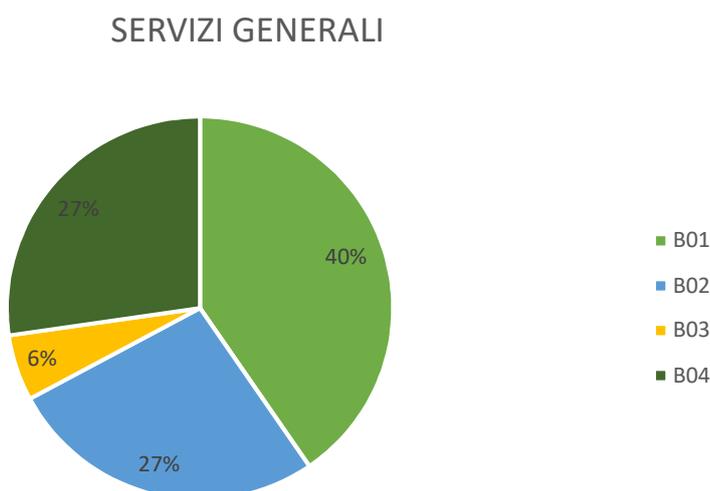
Il processo presente nel sito 1, alimentato a gas, presenta la seguente distribuzione tra reparti:

Grafico 36: Spartizione del processo tra i reparti del sito 1.



Il reparto B02 contiene il maggior numero di utilizzatori di gas metano; inoltre, esso fornisce all'adiacente reparto il gas utile al processo. Sarà, quindi, fondamentale individuare le condotte che adducono alle singole macchine per ottenere una misura "pulita", cioè priva di altre utenze; si fornisce così all'azienda non un valore generale di processo ma il valore specifico per ogni singola macchina.

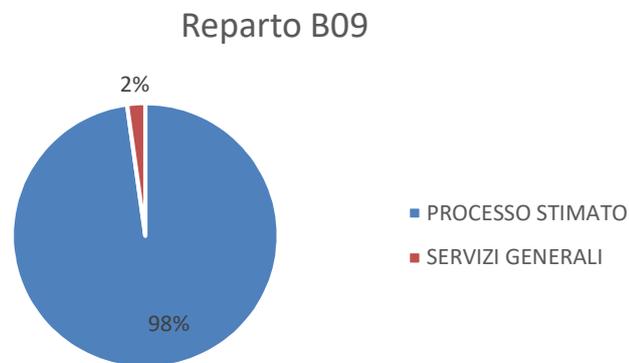
Grafico 37: Spartizione dei servizi generali tra i reparti del sito 1.



I servizi generali hanno come consumatore principale il reparto B01, il quale possiede la superficie più estesa rispetto agli altri stabilimenti. Avendo, però, l'obbligo di eseguire una copertura minima del 5%, sarebbe sufficiente per raggiungere tale quota la misura del PDR presente al reparto B03, a titolo cautelativo si procederà a monitorare il gas su un altro reparto.

Il sito 2 presenta un solo reparto; sono però presenti due PDR differenti i quali sono stati qui accorpati per presentare un unico diagramma rappresentativo dei consumi di gas metano nel reparto B09:

Grafico 38: Ripartizione consumi di gas metano del reparto B09 tra processo, servizi ausiliari e servizi generali.



È facile capire che il processo va a coprire quasi la totalità dei consumi del reparto, e quindi del sito. Infatti, come mostravano i grafici relativi all'andamento dei consumi mensili, il consumo si attestasse mediamente sulle decine di migliaia di standard metri cubi di metano.

Il monitoraggio dovrà prevedere il controllo del consumo effettivo del forno fusorio, essendo la lettura del PDR "sporcata" della presenza di elementi radianti e della caldaia con servizio ausiliario. Apporto, comunque, insignificante o irrilevante essendo inferiore al 5% del totale⁷. Un'altra caldaia collegata al PDR 2, che produce ACS (acqua calda sanitaria), fornisce una misura sicura dei servizi generali.

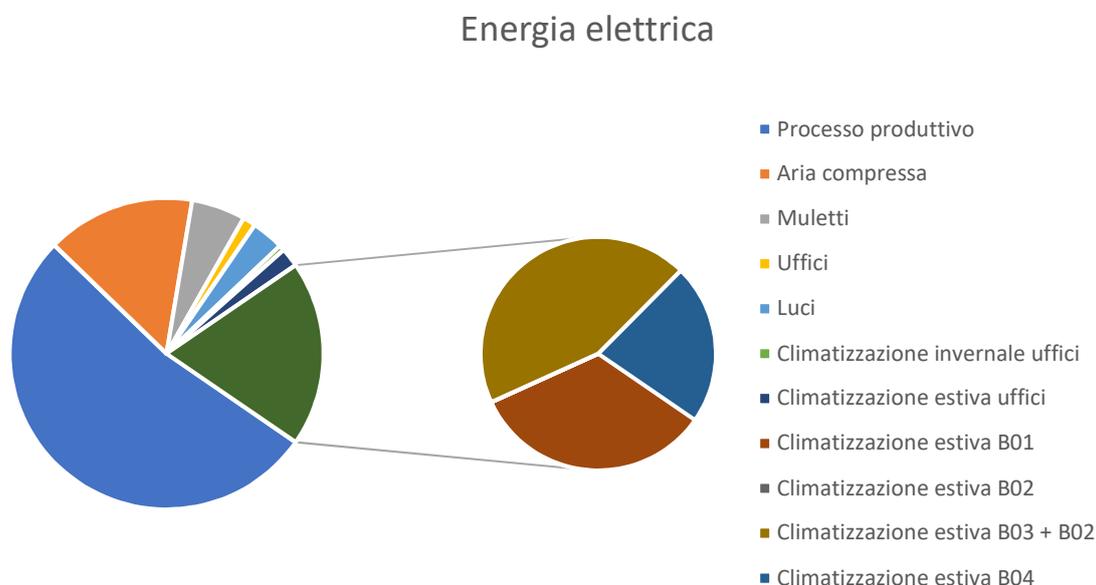
7 Piano di monitoraggio

Il piano di monitoraggio, come indicato nel d. lgs. 102/2014, serve per “*tener sotto controllo continuo i dati significativi del contesto aziendale, che per acquisire informazioni utili al processo gestionale e dare il giusto peso energetico allo specifico prodotto realizzato o al servizio erogato.*”². per quanto riguarda il caso preso in esame, esso deve essere presentato sia per il sito 1 che per il sito 2, valutando entrambi i vettori energetici considerati. Alla luce di quanto illustrato finora, sono state operate le seguenti scelte.

7.1 Sito 1

L'energia elettrica è così spartita:

Grafico 39: Scomposizione dell'energia elettrica presso il sito 1.



Processo produttivo

Per ottenere le misure significative della voce “processo produttivo” e per soddisfare almeno la quota minima consigliata da ENEA si è scelto di proporre l’installazione di misuratori presso i seguenti settori:

- Reparto B01: gli strumenti verranno installati presso i quadri dove sono presenti le blindo di alimentazione delle macchine. I misuratori da installare sono pari al numero delle blindo contate, ovvero, 11. Questo dovrebbe portare alla copertura di almeno il 70% dei consumi.
- Reparto B02: gli strumenti, anche questa volta, verranno installati presso i quadri dove sono presenti le blindo di alimentazione delle macchine. I misuratori necessari saranno 8, corrispondenti al numero di blindo individuate nel quadro. A titolo cautelativo si suppone

una copertura dei consumi di reparto del 50%. Questo perché l'azienda stessa non considerava il reparto energivoro, a differenza di quanto riscontrato. Si vuole quindi proporre un valore cautelativo.

- Reparto B03: gli strumenti verranno installati presso gli interruttori delle macchine principali del reparto, presse e saldatrici, le quali presentano un contatore dedicato. Il totale di contatori da installare sarà di 9 dispositivi. Essendo queste le macchine principali del reparto si ritiene di arrivare ad una copertura del reparto pari al 70%.

Impiegando i valori sopra ipotizzati e quelli presenti nel grafico 22, si ottiene che la copertura ipotetica realizzata per il processo produttivo sarà di poco superiore al 50%. Così facendo si avrà anche un certo margine di errore rispetto al valore minimo previsto dalle linee guida di ENEA, pari al 45%.

Servizi Ausiliari:

La misurazione di questi è già stata realizzata dai contatori installati presso le sale compressori. È quindi previsto l'impiego dei dati forniti dai misuratori già esistenti. Partendo dai valori ottenuti per gli anni precedenti si ipotizza il raggiungimento di una copertura pari al 73%. Il valore è di molto superiore a quello consigliato da ENEA, ovvero il 10%. Si suggerisce, però, l'installazione di misuratori per la valutazione delle portate generate. Il consumo, infatti, risulta parecchio elevato.

Servizi generali:

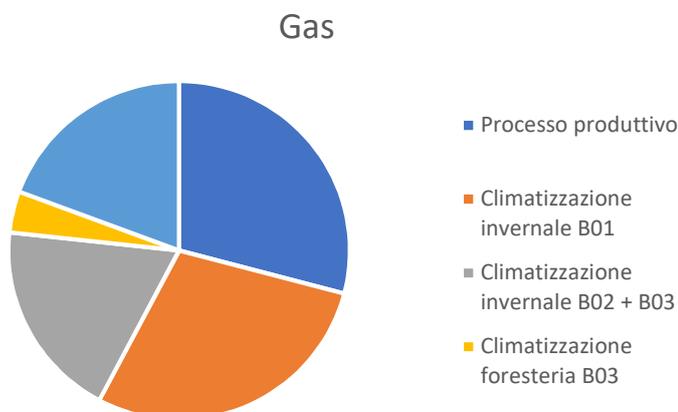
Si è voluto individuare una fonte di consumo la cui misura sia utile all'azienda; si è deciso di misurare i consumi dei gruppi frigoriferi. Questo perché l'azienda che pone tra le proprie priorità il comfort dei dipendenti spende, secondo i modelli realizzati, una quantità notevole di energia. I misuratori andranno installati presso:

- Reparto B01: gli strumenti verranno collocati in corrispondenza dei singoli interruttori dedicati ai gruppi frigoriferi. Sono stati individuati i due interruttori a cui sono associati i gruppi frigoriferi del reparto.
- Reparto B04: gli strumenti saranno installati in corrispondenza dei singoli interruttori dedicati ai gruppi frigoriferi. Sono stati individuati i due interruttori a cui sono associati i gruppi frigoriferi.

Misurando, così, la totalità dei consumi del reparto B01 e B04 per la climatizzazione estiva si dovrebbe coprire una quota del 30%, comunque superiore al valore consigliato (5%).

Il gas è così spartito:

Grafico 40: Scomposizione del gas metano presso il sito 1.



Processo produttivo:

Il grafico 36 mostra chiaramente l'incidenza del reparto B02 nei consumi complessivi di processo. È, quindi, d'obbligo attuare una misurazione puntuale dei consumi per ogni macchina di processo. Vista la difficoltà di installare dei misuratori, si rimanda all'installatore il compito di individuare dove collocarli, al fine di ottenere una misurazione più precisa.

Servizi ausiliari:

Non sono stati individuati utilizzatori ausiliari. Qualora venisse riscontrata la loro presenza, si ipotizza che il loro consumo sia inferiore al 5%. Questo renderebbe la misurazione non necessaria⁷.

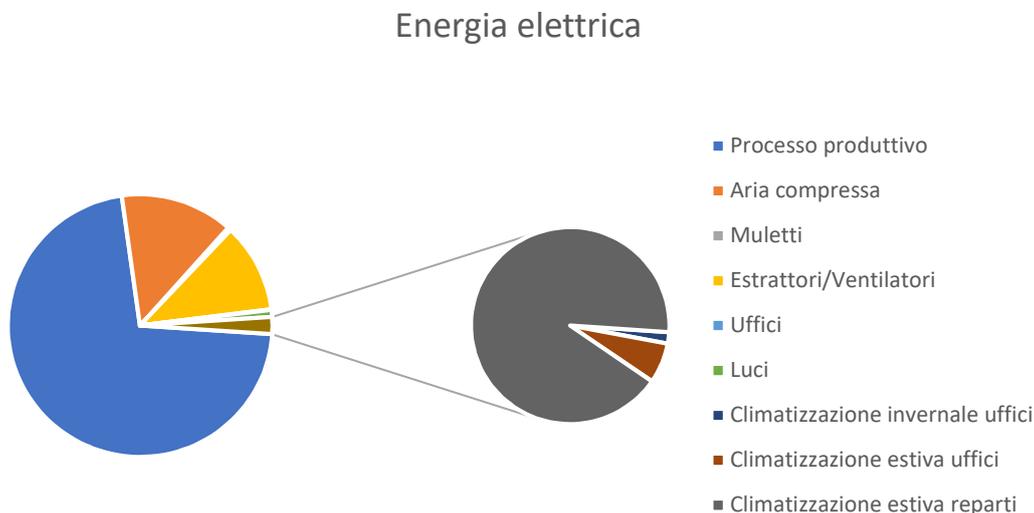
Servizi generali:

Sarà necessaria la misurazione dei gruppi caldaia presenti negli stabilimenti. Vista la necessità di misurare quanto consumato nel reparto B02 per il processo produttivo, si propone di realizzare sempre nello stesso reparto la misura. Questo anche al fine di ottenere un numero di misuratori, e di conseguenza un costo, inferiore. Sarà inoltre possibile scegliere il posizionamento dei contatori per ottenere valori per differenza, risparmiando così ulteriori misuratori. La possibilità nasce dal fatto che le condotte del gas sono tutte derivate dalla stessa condotta principale.

7.2 Sito 2

L'energia elettrica è così spartita:

Grafico 41: Scomposizione dell'energia elettrica presso il sito 2.



Processo produttivo

Il processo in questo sito si realizza presso le sei isole di lavoro e le sabbiatrici installate nel reparto B09. All'azienda si propone di monitorare solo alcune delle isole, al fine di contenere i costi di installazione dei misuratori. In particolare, si suggerisce di misurare:

- Isola di lavoro 1: identica all'isola 2 con cui essa lavora simultaneamente: questo determinerà il valore di due macchine con un solo misuratore;
- Isola di lavoro 3: qui è installata la macchina più vecchia presente in tutto il sito; sarà quindi interessante possedere i dati di consumo al fine di valutare un eventuale sostituzione;
- Isola di lavoro 6: è l'isola di taglia maggiore presente nel sito.

Con i misuratori installati si coprirà almeno il 50% dei consumi, avendo a disposizione un margine sulla richiesta minima di monitoraggio (40%).

È però nell'interesse dell'azienda misurare il consumo in tutte e sei le isole. È possibile ricavare così dall'installazione il valore puntuale di ogni macchina. Anche se questo intervento comporterebbe il raddoppio dei misuratori, esso permetterebbe copertura pressoché totale dei consumi.

Servizi ausiliari:

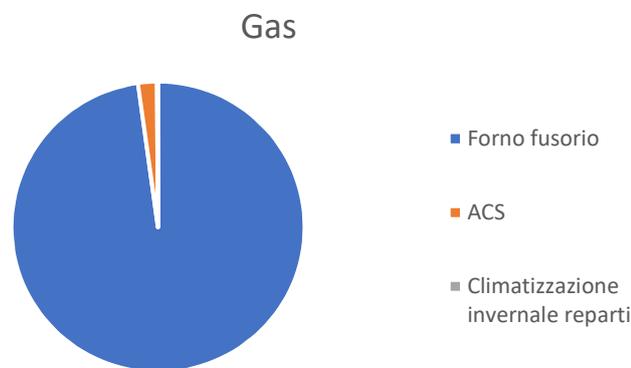
La misurazione di questi è già stata realizzata tramite i contatori installati presso i compressori e i ventilatori; rimarrebbero esclusi solamente i consumi dei muletti. I valori di cui siamo in possesso indicano che questi utilizzatori realizzano il 98%. Il valore è quasi pari al consumo totale. Visto che ENEA propone una misura del 5%, sarà sufficiente impiegare i contatori preesistenti.

Servizi generali:

Questi incidono per meno del 5% sui consumi totali, è quindi possibile evitare il monitoraggio⁷.

Il gas è così spartito:

Grafico 42: Scomposizione del gas metano presso il sito 2.



Processo produttivo:

La misurazione da realizzare è sicuramente quella relativa al consumo del forno fusorio. È quindi necessario conoscere prima il valore rilevato dal PDR esistente e collegato. Ma a quel PDR risultano allacciati in cascata: una caldaia ausiliaria, utilizzata per integrare l'apporto termico recuperato dai compressori, e degli elementi radianti. Ai fini dell'intervento si propone di installare un misuratore dedicato per monitorare il consumo del forno.

Servizi ausiliari:

L'unico ausiliario presente è la caldaia di sostegno, precedentemente descritta. Si suggerisce di installare un contatore dedicato ad essa. Si ottiene, così, anche il valore del consumo degli elementi radianti, sottraendo ai valori del PDR quelli misurati.

Servizi generali:

Sono inferiori al 5% e non necessitano quindi di monitoraggio⁷. Avendo la lettura del PDR collegato esclusivamente alla caldaia dedicata alla produzione di ACS (acqua calda sanitaria), si ha a disposizione anche una lettura sicura di tale valore. Non viene quindi proposto di installare dei misuratori specifici.

8 Proposte per il miglioramento dell'efficienza energetica

Nella diagnosi energetica, oltre alla presentazione dei consumi di energia, vengono fornite al soggetto obbligato o volenteroso (nel caso decida di redigere la diagnosi di sua spontanea volontà) delle proposte di efficienza energetica. Solo in questo modo la diagnosi può effettivamente raggiungere il suo scopo, ovvero, l'efficientamento energetico. Si ricorda, infatti, che lo strumento della diagnosi energetica nasce dalla direttiva europea 2012/27/UE25 con il fine ultimo di incrementare l'efficienza energetica nei vari settori di produzione e terziario.

Gli investimenti per l'efficienza energetica, considerati su base nazionale nell'anno 2017, realizzati nel reparto industriale ammontano ad un totale di € 2.2 Mld²¹. Questo equivale ad un incremento del 12% rispetto al 2016²¹. Confrontando tali valori con le previsioni di mercato, emerge una situazione reale intermedia tra lo scenario "as is" e quello ottimistico²¹. Il primo scenario prevede l'assenza di consistenti variazioni delle condizioni al contorno, mentre, il secondo ipotizza un aumento del volume d'affari; il mercato si sta quindi espandendo²¹. Nonostante questo impegno, risultano ancora presenti molti "low hanging fruit", ovvero, investimenti che presentano tempi di ritorno brevissimi e che permetterebbero di generare risparmi elevati²².

Le aziende che scelgono di attuare investimenti, al fine di migliorare la propria efficienza energetica, sono mosse principalmente dai seguenti fattori²¹: azioni di marketing per il mercato, sostituzione impianti/macchinari per obsolescenza, riduzione dei consumi energetici. Quest'ultimo risulta essere il driver decisionale di maggiore importanza, sia per il passato 2017 che per il 2018²¹.

Valutando il trend di investimenti in efficienza energetica tra gli anni 2016 e 2017 sono possibili le seguenti considerazioni²¹:

- Trend in crescita per interventi riguardanti: pompe di calore, illuminazione, aria compressa, SGE (Sistemi di Gestione Energetica), ed altri²¹;
- Trend in calo per interventi relativi a: motori elettrici, solare termico, inverter e refrigerazione²¹.

Inquadrata la situazione italiana relativa agli investimenti sul piano dell'efficientamento energetico, si è cercato di individuare quali fossero i "low hanging fruit" presenti nella realtà analizzata. Il tentativo di indentificarli è stato dettato dalla volontà di sostituire impianti/macchinari per obsolescenza e di ridurre i consumi. Questi, come visto precedentemente, corrispondono ai driver decisionali di maggiore rilievo tra le aziende italiane²¹. Gli interventi individuati ricadono sia in categorie di investimento che presentano trend in crescita sia in calo.

Si sono voluti, inoltre, tenere in considerazione due differenti meccanismi di incentivo, ovvero, i Certificati Bianchi ed il Conto Termico. Questo perché il primo incentivo, nell'ambito industriale, risulta essere quello preponderante²³, mentre, il Conto Termico negli anni scorsi (2017) ha ispirato maggiore fiducia nelle aziende con la sua nuova versione²⁴. Si ritiene, quindi, di aver valutato gli incentivi di maggiore impiego per le aziende italiane.

Oltre a presentare i possibili interventi, è necessario fornire al soggetto una valutazione di carattere economico, al fine di individuare i vantaggi o gli svantaggi dell'operazione. Fondamentale è la valutazione dell'investimento che il soggetto deve realizzare e quali sono i vantaggi ottenibili sia in termini economici che ambientali.

Per valutare gli interventi dal punto di vista economico, sono stati utilizzati i seguenti metodi geometrici: valore attuale netto (VAN), indice di profittabilità (IP), tasso interno di redditività (TIR). La scelta si restringe a questi metodi perché essi permettono di pesare il fattore tempo; a causa dell'inflazione, infatti, il potere d'acquisto della moneta si riduce con il trascorrere del tempo. Andiamo ora a conoscerli meglio.

- Valore attuale netto:

Il valore attuale netto (VAN) è la sommatoria dei flussi di cassa futuri, positivi e negativi, che il soggetto realizza. A causa dell'inflazione, il valore del denaro decresce nel tempo ed è quindi necessario attualizzare i flussi futuri al valore della moneta odierna. Per fare ciò è necessario impiegare la seguente equazione:

$$DCF = FV_n / (1 + k)^n$$

Dove:

- DCF, discounted cash flow: è il flusso di cassa dell'anno n-esimo attualizzato. Questo significa che il valore viene scontato per tenere conto del valore del tempo;
- FV, future value: è il valore futuro della somma di denaro ricavata o utilizzata; successivamente essa corrisponderà al valore degli incentivi o alla somma di denaro risparmiata grazie all'efficientamento;
- k, tasso di attualizzazione: è il fattore da impiegare per riportare il flusso di cassa dell'anno n-esimo all'anno zero;
- n, anno n-esimo: è l'anno in cui si realizza il flusso di cassa

Con l'equazione sopra descritta è possibile riportare tutti i flussi futuri di cassa all'anno in cui si realizza l'investimento. Dalla sommatoria di tutti questi flussi di cassa realizzabili, si ottiene il valore attuale netto, VAN (oppure NPV, Net Present Value):

$$VAN \equiv NPV = \sum_{n=1}^i DCF_n = \sum_{n=1}^i FV_n / (1 + k)^n$$

- Indice di profittabilità:

Tra i risultati ottenuti, verrà indicato anche il rapporto tra il VAN e il valore dell'investimento iniziale (I_0 , pari al flusso di cassa iniziale), ovvero, l'indice di profittabilità. Quest'ultimo può essere ricavato dalla seguente:

$$IP = \frac{VAN}{I_0} = \frac{\sum_{n=1}^i FV_n \cdot (1 + k)^{-n}}{I_0} = \frac{\sum_{n=1}^i FV_n \cdot (1 + k)^{-n}}{I_0} - 1$$

Questo parametro permette il confronto di iniziative con investimenti di entità differente.

Tasso interno di redditività:

Il tasso interno di redditività (TIR) è il valore del tasso di attualizzazione che renderebbe il valore attuale netto (VAN) pari a zero. Possiamo quindi formalizzarlo come segue:

$$TIR = k \text{ con } k \text{ t. c. } VAN = \sum_{n=1}^i \frac{FV_n}{(1+k)^n} = 0$$

A livello grafico il rapporto esistente tra il VAN e il TIR è così rappresentabile:

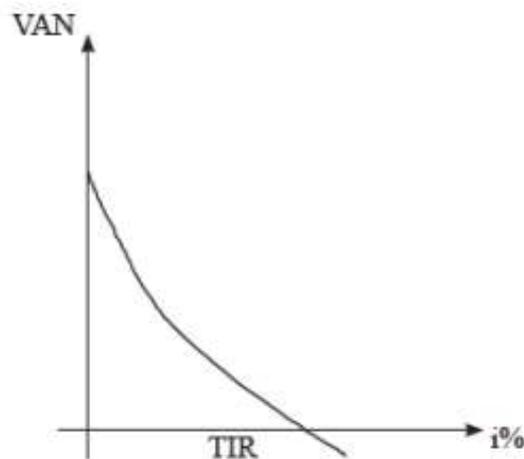


Figura 7: Rappresentazione grafica del rapporto tra VAN e tasso di attualizzazione.

Nota: il TIR è individuato dall'intersezione tra la curva e l'asse delle ascisse, ovvero quando il VAN è pari a zero.

Ovviamente, valori elevati del tasso corrispondono a investimenti di maggiore profittabilità.

Per presentare una valutazione dell'impatto ambientale che genera l'intervento, si presenteranno anche i chilogrammi equivalenti di anidride carbonica evitata annualmente ($CO_{2,eq}$). Il calcolo di questa quantità ha seguito la seguente equazione:

$$kg_{CO_{2,eq}} = 0,0208446 \cdot kWh_{risparmiati} + 0,3182 \cdot Nm^3_{risparmiati}^{17,18}$$

I fattori di moltiplicazione sono stati ricavati dai seguenti documenti: dal DGR 771 della regione Veneto del 29 maggio 2017 per il fattore del gas, e dal rapporto Ispra 280/2018 per individuare il fattore da impiegare assieme all'energia elettrica consumata.

8.1 Interventi proposti

Premettendo che il soggetto in esame ha l'obbligo di presentare la diagnosi energetica entro il 5 dicembre 2019, si propongono i seguenti interventi; i quali saranno integrati e discussi nei mesi futuri.

8.1.1 Impianto solare termico

La proposta nasce dalla volontà aziendale di realizzare un nuovo capannone, in posizione limitrofa ai reparti B01 e B02. In questi reparti sono presenti, tra le altre macchine di processo, i tunnel di lavaggio e i forni di verniciatura. I primi permettono di realizzare la pulizia e il trattamento superficiale dei componenti meccanici prodotti dall'azienda¹⁴. A seguito delle lavorazioni operate sui singoli pezzi, infatti, si rende necessario eseguire un lavaggio dei componenti. I prodotti vengono posizionati su un trasportatore, percorrono un tunnel dove vengono investiti da getti d'acqua addizionata con specifici prodotti chimici¹⁵. Successivamente raggiungono il forno di asciugatura per infine raggiungere l'uscita¹⁵. I forni di verniciatura sono, invece, adibiti al completamento delle operazioni di verniciatura. I particolari semilavorati o pezzi finiti, infatti, vengono sottoposti a verniciatura presso le cabine dedicate; a seguito di questo processo deve essere assicurata una corretta e sicura asciugatura del film di sostanze sovrapposte.

Per il loro funzionamento le macchine necessitano di una portata di gas. Questa viene impiegata per riscaldare acqua necessaria al processo, tramite dei bruciatori con portata massima di 40 Nm³/h corrispondenti a 292-440 kW termici per ogni ora di lavoro. La richiesta potrebbe essere soddisfatta con l'impiego di acqua ad una temperatura di 80/90°C; proprio da qui nasce l'idea di installare un impianto solare termico.

La proposta consiste nell'installazione un impianto solare termico sopra un nuovo capannone, che provveda all'integrazione del calore necessario ai macchinari. Ovviamente non si riuscirà a sopperire alla totale richiesta di gas metano, ma si ridurrà sicuramente il consumo del vettore energetico. Il progetto, inoltre, è beneficiario dell'incentivazione proveniente dal conto termico.

Dati di progetto

Il progetto è caratterizzato dai seguenti dati e scelte:

- Superficie disponibile: pari a 600m²;
- Orientamento dei collettori solari perfettamente a sud;
- Collettore solare: collettori solari a tubi sottovuoto modello Zefyr 48 della AVALEN (l'azienda in analisi ha scelto questo modello in comune accordo con il suo fornitore).

La scelta di impiegare dei collettori sottovuoto è dovuta alla presenza di acqua a elevata temperatura e alla posizione geografica del sito in esame. Il collettore sottovuoto, infatti, permette di ridurre fortemente i meccanismi di scambio termico per convezione e conduzione, ottenendo, così, una minore dispersione di calore verso l'esterno. Per poter valutare le prestazioni delle differenti tecnologie si presenta l'immagine che segue:

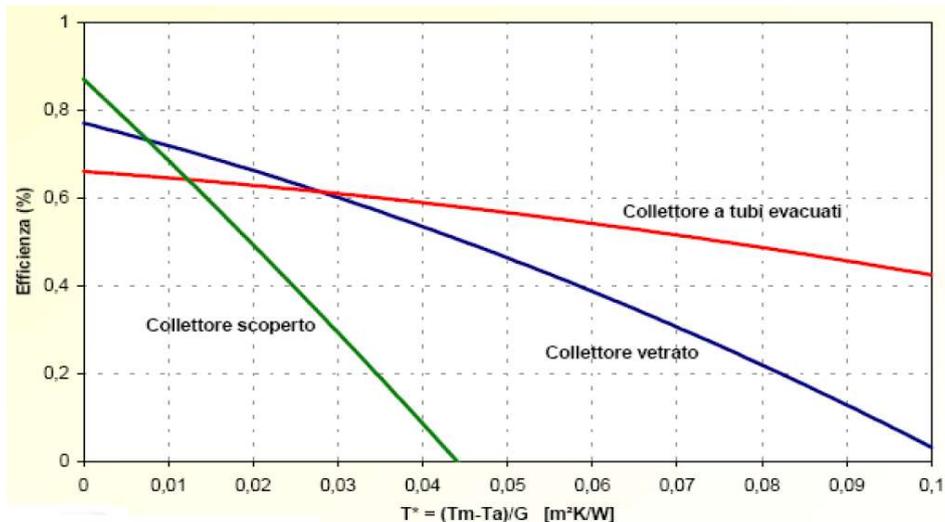


Figura 8: Andamento dell'efficienza di differenti tecnologie di collettori solari al variare della temperatura media ridotta T^* ^{20,26}.

Si ricorda che la temperatura media ridotta, T^* , è ottenuta dalla seguente equazione:

$$T^* = \frac{(T_m - T_{amb})}{G}$$

Le variabili sono:

- T_m : temperatura media nel collettore, espressa in °C;
- T_{amb} : temperatura ambiente, espressa in °C;
- G : irradianza, espressa in W/m^2 .

Osservando le curve presenti nella fig. 8 possiamo affermare che a parità di irradianza il vantaggio dei collettori a tubi evacuati si concretizza per valori maggiori della temperatura media ridotta. Avendo fissato il valore dell'irradianza questo vantaggio si realizza in corrispondenza di una maggiore differenza tra le temperature. La temperatura all'interno del collettore sarà elevata essendo richiesta acqua a temperatura di circa 90 °C, ci troviamo, quindi, ad avere valori di temperatura media ridotta elevati, dove la scelta migliore in termini di rendimento risulta essere il collettore a tubi evacuati.

I dati relativi al pannello in esame sono i seguenti:

Tabella 9: Dati tecnici relativi al pannello considerato.

DATI TECNICI	
Area lorda	4.72 m ²
Efficienza a temperatura ridotta nulla, η_0	70.3 %
Coefficiente lineare di perdita di calore, a_1	0,730 W/(m ² K)
Coefficiente quadratico di perdita di calore, a_2	0,003W/(m ² K ²)
Incidence Angle Modifier, IAM (50°)	0.96

Con i dati tecnici sopraelencati è possibile calcolare il rendimento di funzionamento dell'impianto, per poi ottenere la producibilità annua.

L'equazione con cui viene calcolato il rendimento nelle condizioni effettive di funzionamento è la seguente, espressa dalla norma europea EN 12975-2006:

$$\eta = \eta_0 - \frac{a_1(T_m - T_{amb})}{G} - \frac{a_2(T_m - T_{amb})^2}{G}$$

Dove l'uso delle variabili coincide con quanto esposto fino ad ora.

Prima di presentare la producibilità annua dell'impianto è doveroso tenere conto delle seguenti osservazioni:

- I pannelli non sono posti in posizione ortogonale al raggio solare; sarà quindi necessario impiegare il fattore IAM;
- L'irraggiamento solare globale sul collettore varia;
- La posizione del sole cambia durante l'arco della giornata.

La posizione del pannello presenta un angolo di inclinazione di 35°, rispetto all'asse orizzontale. Consapevoli di ciò è stata impiegata un'applicazione online per ricavare i dati di irraggiamento sul pannello su base mensile¹⁶, definendo così il parametro G dell'equazione.

La temperatura media del fluido è stata posta a 90°C, come richiesto dall'azienda per il corretto funzionamento dei tunnel di lavaggio e dei forni di verniciatura.

La temperatura ambiente è stata valutata su base mensile per le sole ore di funzionamento dell'impianto, impiegando la stessa soluzione dell'irraggiamento¹⁶.

Per definire l'angolo di incidenza (i) del raggio solare sul collettore rispetto alla sua normale è stato necessario individuare l'angolo presente tra l'orizzonte e il sole. Per fare ciò si è scelto di utilizzare una banca dati, con cui si è poi definito un valore medio mensile.

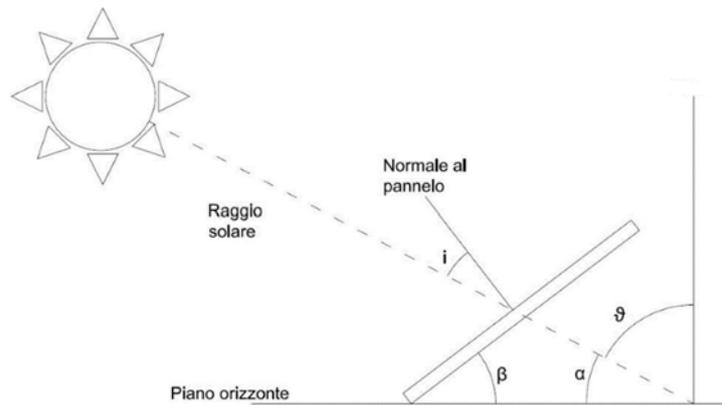


Figura 9: Rappresentazione grafica degli angoli.

Definito l'angolo di incidenza è ora fondamentale trovare il relativo IAM, da impiegare nella valutazione del rendimento. Per fare ciò, si impiega il valore fornito dal costruttore (IAM per un angolo di incidenza pari a 50°) e l'equazione di Souka e Safwat²⁰:

$$IAM(\theta) = 1 - b_0 \left(\frac{1}{\cos(\theta)} - 1 \right)$$

Grazie all'espressione di Souka e Safwat è possibile ricavare il parametro b_0 dall'IAM (50°), ed impiegarlo per ottenere il modificatore d'angolo di incidenza per ogni angolo desiderato.

Ottenuti i valori del modificatore per ogni mese si è poi proceduto ad ottenere il rendimento con temperatura ridotta nulla (η_0) per ogni mese, a seconda dell'angolo, infatti:

$$\eta_0(\theta) = \eta_0 \cdot IAM(\theta)$$

Quindi complessivamente l'equazione utilizzata per ottenere il rendimento mensile è la seguente:

$$\eta = \eta_0 \cdot IAM(\theta) - \frac{a_1(T_m - T_{amb})}{G} - \frac{a_2(T_m - T_{amb})^2}{G}$$

Deve ora essere valutata la superficie effettivamente utile, ovvero quella ricoperta dai pannelli. Ovviamente, essa non potrà essere pari alla superficie totale disponibile, essendo i pannelli inclinati (si ricorda un'inclinazione di 35°). L'area effettiva coperta dal singolo pannello è ottenibile dalla seguente:

$$Area_{effettiva} = Area_{pannello} \left(\cos(\alpha) + \frac{\sin(\alpha)}{\tan(\beta)} \right)$$

Valutando l'inclinazione del pannello pari a 35° e l'angolo 30° tra l'orizzonte e il sol, si ottiene che il pannello di area lorda 4,72 m² occupa un'area effettiva di 8,56 m². Dividendo la superficie disponibile per tale valore, si ricava il numero di pannelli da installare, pari a 70 collettori (ovviamente si tratta di una cifra arrotondata). La superficie effettiva utilizzata risulta essere di 330.4 m², poco più della metà di quella disponibile; questo per evitare l'ombreggiamento reciproco dei pannelli.

Avendo tutti i dati a disposizione si può ricavare la quota di energia termica prodotta e i relativi normal metri cubi risparmiati. L'energia solare prodotta è di poco inferiore ai 220 MWh annui. Impiegando i rendimenti della caldaia, dello scambiatore di calore e il potere calorifico si ottiene la quota di metano risparmiata. Quest'ultima è leggermente inferiore ai 22.000 Nm³.

Le assunzioni per ottenere tali dati sono:

- Rendimento dello scambiatore a tubi lisci pari a 88%;
- Rendimento dei bruciatori impiegati pari a 92% (media dei bruciatori esistenti);
- Potere calorifico inferiore del metano pari a 9,59 kWh/Nm³.

Analisi economico - ambientale

L'analisi economica dell'intervento fa riferimento a quanto proposto dal fornitore, per quello che concerne i costi, e a quanto riferito dal GSE (Gestore dei Servizi Energetici) per la valutazione degli incentivi.

L'investimento previsto per l'intervento è stato incrementato del 30%, per tenere conto dei costi non inseriti nell'offerta; si ottiene così un valore di 114.400 €.

Il prezzo del gas metano pagato dall'azienda al fornitore è di 0,3603 €/Sm³, un valore molto basso che allunga i tempi necessari per pareggiare i conti. In assenza degli incentivi il flusso di cassa cumulato intersecherebbe l'asse delle annualità il quattordicesimo anno.

Analizziamo, quindi, la possibilità di richiedere l'incentivo del Conto Termico.

In questo caso, in primis, vanno verificati i requisiti tecnici per accedere all'incentivo:

- I collettori solari devono possedere la certificazione Solar Keymark;
- La producibilità specifica dei collettori a tubi evacuati, espressa in termini di energia solare annua prodotta per unità di superficie lorda, ha un valore di 666 kWh_t/m² anno, valore valido per la località di Würzburg con una temperatura media di funzionamento di 50°C. Il valore è maggiore ai 400 kWh_t/m² richiesti dal GSE.

Per calcolare l'incentivo ci si rifà a quanto espresso nel capitolo 2.4, dove è riportata la seguente equazione:

$$I_{a\ tot} = C_i \cdot Q_u \cdot S_{lorda}$$

La superficie lorda è data dal numero di pannelli moltiplicato per la corrispettiva area lorda del singolo; si ottiene così un valore di 330,4 m². Entrando con questo valore nella tabella 17 del decreto (qui tabella 9), è possibile ottenere il coefficiente di valorizzazione dell'energia termica prodotta¹²:

Tabella 10: Coefficiente di valorizzazione dell'energia termica prodotta, corrispondente alla Tabella 17 del DM 16.02.16¹²

Tipologia di intervento	C _i incentivo annuo €/kWh _t in funzione della superficie S _i del campo solare espressa in m ²				
	S _i ≤ 12	12 < S _i ≤ 50	50 < S _i ≤ 200	200 < S _i ≤ 500	S _i ≥ 500
Impianti solari termici per produzione di ACS.	0,35	0,32	0,10	0,09	0,08
Impianti solari termici per la produzione di ACS e riscaldamento ambiente anche per la produzione di calore di processo a bassa temperatura o asserviti a reti di teleriscaldamento	0,36	0,33	0,11	0,10	0,09
Impianti solari termici con sistema di solar cooling	0,43	0,39	0,13	0,12	0,11
Impianti solari termici a concentrazione anche per la produzione di calore di processo o asserviti a reti di teleriscaldamento	0,38	0,35	0,12	0,11	0,10
Impianti solari termici a concentrazione con sistema di solar cooling	0,43	0,40	0,15	0,13	0,12

Il coefficiente da considerare è quello cerchiato in rosso, questo perché la superficie del campo solare ha un'estensione di circa 330 m².

L'unico termine mancante è l'energia termica prodotta per unità di superficie lorda, individuabile nella scheda tecnica dei pannelli. Ogni pannello possiede i valori di energia termica prodotta per tre differenti temperature medie di funzionamento (25°C, 50°C, 75°C), in quattro differenti siti (Atene, Davos, Stoccolma e Würzburg). Nelle regole applicative, il GSE (Gestore dei Servizi Energetici) dice di utilizzare il valore per la località di Würzburg, scegliendo la temperatura media di funzionamento del collettore in base al tipo di applicazione¹². Il valore per il collettore in questione è pari a 570 kWh_t/m².

L'incentivo che si ottiene dal Conto Termico avrà una durata di 5 anni, essendo la superficie totale lorda superiore ai 50 m² ¹². Ma il valore totale dell'incentivo totale percepito però non dovrà superare il 65% delle spese sostenute ammissibili¹².

I dati e i risultati ottenuti per l'incentivo del Conto Termico sono contenuti nella tabella seguente:

Tabella 11: Riepilogo dei valori impiegati per il calcolo dell'incentivo del Conto Termico.

Descrizione	Valore
Coefficiente di valorizzazione dell'energia termica prodotta, C_i	0.10 €/kWh _t
Superficie solare lorda dell'impianto, S_l	330.4 m ²
Energia termica prodotta per unità di superficie lorda solare, Q_u	570 kWh _t /m ²
Anni di incentivo previsto	5
Incentivo annuo percepibile, $I_{a\ tot}$	€ 18.832
Incentivo totale percepito, I_{tot}	€ 74.360
Investimento previsto	€ 114.400

Prima di presentare l'analisi economica scaturita dai dati fino ad ora presentati, è necessario volgere un commento alla tabella 9.

Come si può notare, il valore totale percepito non corrisponde al quintuplo dell'incentivo annuo percepibile, questo perché tale valore eccede il 65% delle spese totali ammissibili, equivalenti all'investimento previsto. Si è scelto, quindi, di considerare un incentivo totale percepito pari al 65%, spalmato sui 5 anni previsti, ottenendo un valore annuo percepibile pari a € 14.872.

L'andamento del flusso di cassa nei vari anni è riportato nella tabella, è stato scelto di valutare l'investimento per una durata di dieci anni:

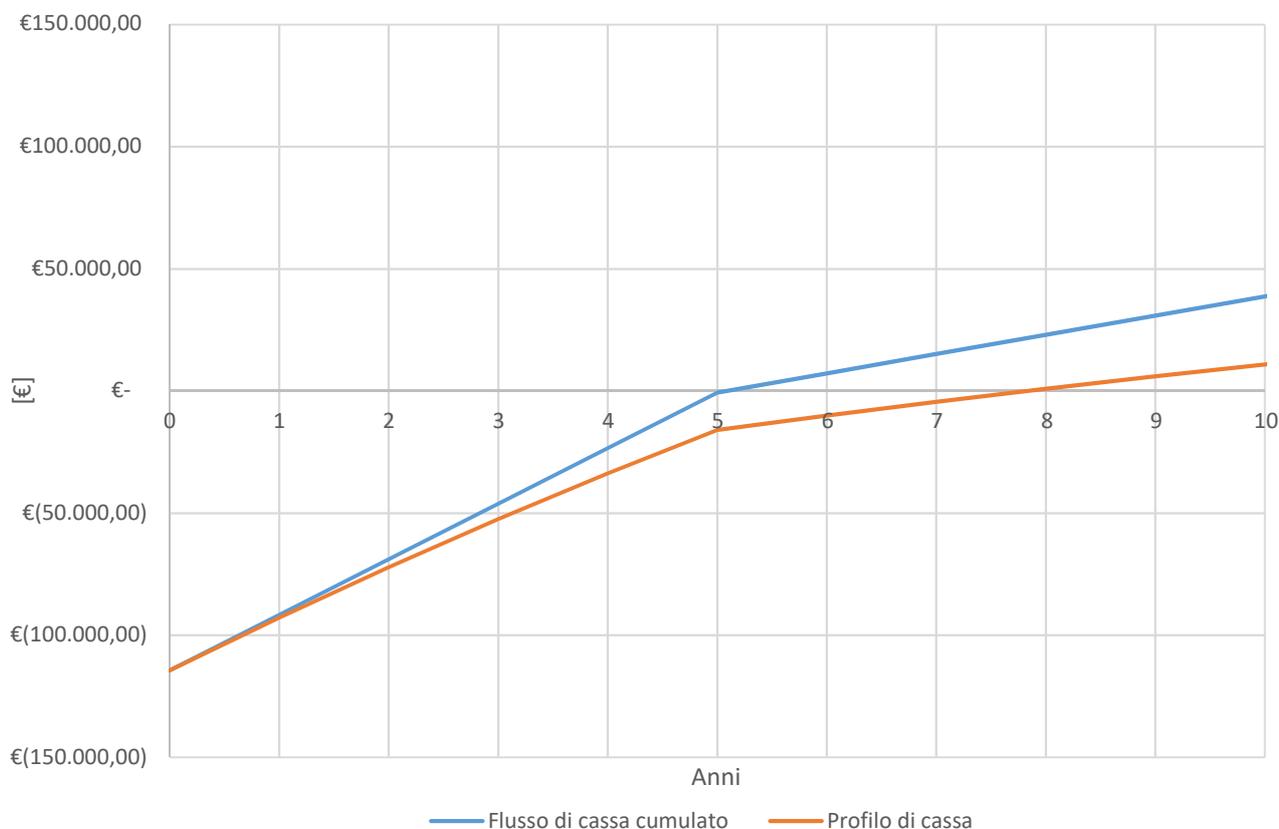
Tabella 12: Presentazione dei risultati ottenuti per il progetto in esame.

Anno	Conto termico	Risparmio economico	Flusso di cassa netto	Flusso di cassa cumulato	Flusso di cassa attualizzato	Profilo di cassa
0	€ -	€ -	€ - 114.400,00	€ - 114.400,00	€ - 114.400,00	€ - 114.400,00
1	€ 14.872,00	€ 7.879,80	€ 22.751,80	€ - 91.648,20	€ 21.668,38	€ - 92.731,62
2	€ 14.872,00	€ 7.879,80	€ 22.751,80	€ - 68.896,40	€ 20.636,55	€ - 72.095,07
3	€ 14.872,00	€ 7.879,80	€ 22.751,80	€ - 46.144,60	€ 19.653,86	€ - 52.441,21
4	€ 14.872,00	€ 7.879,80	€ 22.751,80	€ - 23.392,80	€ 18.717,96	€ - 33.723,25
5	€ 14.872,00	€ 7.879,80	€ 22.751,80	€ - 641,00	€ 17.826,63	€ - 15.896,62
6	€ -	€ 7.879,80	€ 7.879,80	€ 7.238,80	€ 5.880,03	€ - 10.016,59
7	€ -	€ 7.879,80	€ 7.879,80	€ 15.118,60	€ 5.600,03	€ - 4.416,56
8	€ -	€ 7.879,80	€ 7.879,80	€ 22.998,39	€ 5.333,36	€ 916,80
9	€ -	€ 7.879,80	€ 7.879,80	€ 30.878,19	€ 5.079,39	€ 5.996,19
10	€ -	€ 7.879,80	€ 7.879,80	€ 38.757,99	€ 4.837,51	€ 10.833,70

Dunque, l'incentivo del Conto Termico viene percepito per 5 anni. Il risparmio, invece, sarà una costante perché corrisponde al gas metano non impiegato nei tunnel di lavaggio.

Graficamente l'andamento del flusso di cassa risulta essere:

Grafico 43: Andamento temporale del flusso di cassa cumulato e del profilo di cassa.



Nel grafico si è deciso di riportare sia il flusso attualizzato che l'andamento della cassa priva di attualizzazione. Dal grafico 43 si può ricavare il tempo di ritorno semplice (TR), il quale appartiene ai metodi matematici, che sono privi della valutazione del tempo. Tale valore è pari a 5 anni. Ciò significa che il flusso generato dai risparmi e dall'incentivo del Conto Termico permettono di coprire interamente le spese dell'investimento. Questo, però, è possibile solo se non vengono considerati il tempo e l'effetto del tasso di attualizzazione; considerandoli invece si descrive la curva del profilo di cassa, che corrisponde al flusso di cassa cumulato a cui è stata attuata l'attualizzazione.

Complessivamente l'intervento presenta i valori esposti in tabella 10. Vediamo quali sono i risultati ottenuti per i metodi geometrici:

Tabella 13: Valutazione economica tramite i metodi geometrici, comprensiva dell'energia risparmiata.

Investimento	TIR	VAN	IP	Energia risparmiata	
€ 114.400	7%	€ 10.833,70	0,09	209712 kWh/anno	18 tep/anno

Infine, la quantità di anidride carbonica equivalente risparmiata annualmente grazie all'intervento è pari a: 456 kg/anno.

8.1.2 Recuperatore di calore

Il forno fusorio installato nel reparto B09, come illustrato nei grafici precedenti, presenta dei consumi di gas metano molto elevati. Tale consumo è legato alla fusione dell'alluminio, metallo impiegato presso le isole di lavoro del sito per realizzare i pezzi grezzi. Questi verranno poi lavorati nei reparti del sito 1.

A seguito della combustione, a valle del forno si genera un'elevata portata di fumi che presentano una temperatura di circa 200°C. Questi fumi presentano una potenzialità energetica da sfruttare. Si è quindi pensato di installare un economizzatore, ottenendo, in questo modo, la produzione di acqua calda. Questa potrà essere impiegata per realizzare il riscaldamento del reparto B09, anziché consumare ulteriore gas, oppure per eseguire il preriscaldamento degli stampi, operazione necessaria in ogni isola. L'acqua calda prodotta, quindi, verrà per intero sfruttata.

Dati di progetto:

Il fornitore propone di installare uno scambiatore fumi/acqua. La tipologia di scambiatore di calore proposto è a tubi alettati, è previsto l'impiego di tubi lisci. Si ritiene che questa scelta sia motivata dalla presenza esterna di fumi i quali sporcherebbero velocemente le alette riducendone l'efficienza e quindi i benefici dello scambiatore. Questo verrà installato internamente nella condotta di fuoriuscita dei fumi, sezionando la medesima.

I valori relativi ai fumi generati dal forno fusorio sono i seguenti:

Tabella 14: Valori di progetto lato fumi.

Descrizione	Valore
Portata fumi all'uscita del forno	20.000 m ³ /h
Temperatura fumi all'ingresso	180 °C
Temperatura fumi all'uscita	149,5 °C

I valori di progetto desiderati per il lato acqua sono qui riportati:

Tabella 15: Valori di progetto lato acqua.

Descrizione	Valore
Portata acqua	4,758 m ³ /h
Temperatura acqua all'ingresso	20 °C
Temperatura acqua all'uscita	45 °C

Con i dati della tabella 15 è possibile calcolare la potenza nominale dell'economizzatore. Per fare questo è necessario impiegare la seguente:

$$\dot{Q} = m_{acqua} \cdot c_s \cdot \Delta T$$

Dove:

- m_{acqua} è la portata massiva dell'acqua, espressa in kg/s. Per calcolarla si è assunta una densità dell'acqua pari a: 997 kg/m³;
- c_s è il calore specifico dell'acqua, il cui valore è di 4,186 J/(kg*°C)
- ΔT è la differenza di temperatura che si ottiene per merito dell'economizzatore attraverso l'uso dei fumi.

La potenza nominale che si ottiene è di 137 kW.

Per tenere conto delle perdite causate dall'accumulo di sporco trasportato dai fumi, si ipotizza un funzionamento intorno al 80% del nominale. Impiegando il potere calorifico inferiore del metano, pari a 9,59 kWh/Nm³, si ricava il volume di gas risparmiato.

Si presenta ora il valore ottenuto su base annua, considerando che il forno fusorio lavora per 24 ore durante i primi cinque giorni della settimana; il sabato invece è attivo solo mezza giornata.

$$\text{Gas risparmiato [Nm}^3\text{]} = P_n \cdot \overset{\text{funzionamento}}{0,8} \cdot \overset{\text{giorni di lavoro}}{5,5} \cdot \overset{\text{settimane di lavoro}}{45} \cdot 24 \cdot PCI_{CH_4}$$

Il valore annuo che si ottiene è di circa 68.000 Nm³; questi, tradotti in tep impiegando il fattore fornito da ENEA, sono quasi 56 tep annue.

Analisi economico - ambientale:

L'analisi economica dell'intervento partirà dai costi proposti dal fornitore per l'economizzatore. L'investimento previsto per l'intervento è stato incrementato del 30%, considerato che ci sono ulteriori costi non valutati nell'offerta; si ottiene così un valore di € 45.410.

Il prezzo del gas metano pagato dall'azienda è stato ricavato dalle bollette del 2017. Per il PDR 1 del reparto B09 il prezzo è di 0.29 €/Sm³; valore inferiore a quello considerato per l'intervento precedente.

L'andamento del flusso di cassa negli anni è riportato nella tabella. È deciso di valutare l'investimento su una durata di 10 anni, anche se il ritorno avviene in tempi brevi:

Tabella 16: Presentazione dei risultati ottenuti per il progetto in esame.

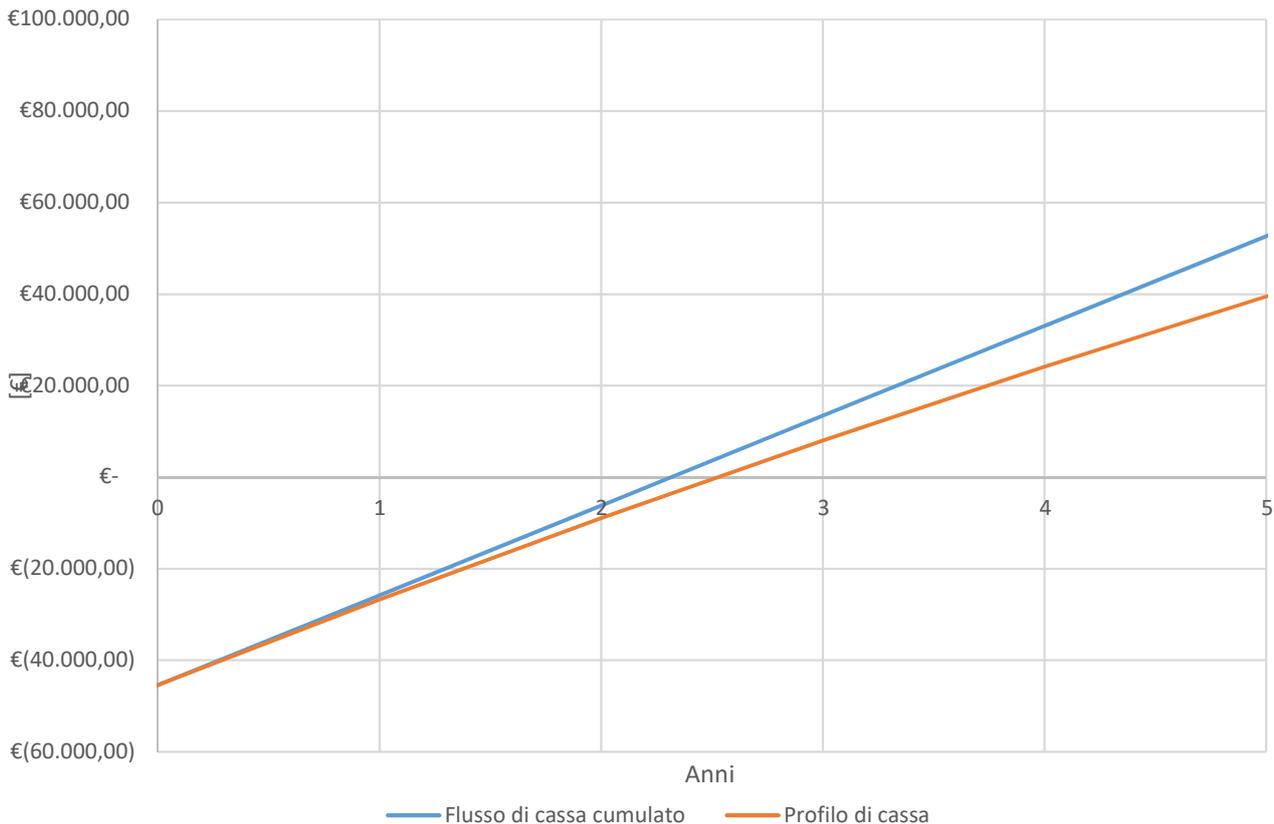
Anno	Risparmio economico	Flusso di cassa netto	Flusso di cassa cumulato	Flusso di cassa attualizzato	Profilo di cassa
0	€ -	€ - 45.410,00	€ - 45.410,00	€ - 45.410,00	-€ 45.410,00
1	€ 19.617,63	€ 19.617,63	€ - 25.792,37	€ 18.683,46	-€ 26.726,54
2	€ 19.617,63	€ 19.617,63	€ - 6.174,74	€ 17.793,77	-€ 8.932,77
3	€ 19.617,63	€ 19.617,63	€ 13.442,89	€ 16.946,45	€ 8.013,67
4	€ 19.617,63	€ 19.617,63	€ 33.060,52	€ 16.139,47	€ 24.153,14

Anno	Risparmio economico	Flusso di cassa netto	Flusso di cassa cumulato	Flusso di cassa attualizzato	Profilo di cassa
5	€ 19.617,63	€ 19.617,63	€ 52.678,15	€ 15.370,93	€ 39.524,07
6	€ 19.617,63	€ 19.617,63	€ 72.295,78	€ 14.638,98	€ 54.163,05
7	€ 19.617,63	€ 19.617,63	€ 91.913,41	€ 13.941,88	€ 68.104,93
8	€ 19.617,63	€ 19.617,63	€ 111.531,04	€ 13.277,98	€ 81.382,92
9	€ 19.617,63	€ 19.617,63	€ 131.148,67	€ 12.645,70	€ 94.028,62
10	€ 19.617,63	€ 19.617,63	€ 150.766,30	€ 12.043,52	€ 106.072,14

Il risparmio costante di una quota così importante di gas permette di compensare le spese dell'investimento in tempi relativamente brevi (nonostante il prezzo della materia prima sia comunque basso).

L'andamento del flusso di cassa, relativo solo ai primi cinque anni, è così graficamente rappresentato:

Grafico 44: Andamento temporale del flusso di cassa cumulato e del profilo di cassa.



Si è scelto di mostrare nel grafico solo i primi cinque anni. Si vede come il tempo di ritorno semplice, dato dall'intersezione tra la retta azzurra e l'asse delle ascisse sia poco superiore ai 2 anni. Osservando invece il profilo di cassa, si può affermare che sono necessari ulteriori mesi per arrivare al pareggio.

Complessivamente l'intervento può essere sintetizzato con quanto esposto nella tabella 15. Vediamo ora quali sono i risultati ottenuti per i metodi geometrici:

Tabella 17: Valutazione economica tramite i metodi geometrici, comprensiva dell'energia risparmiata.

Investimento	TIR	VAN	IP	Energia risparmiata	
€ 45.410	33%	€ 106.072,14	2,34	648.735 kWh/anno	55,8 tep/anno

La quantità di anidride carbonica equivalente risparmiata annualmente grazie all'intervento nel sito 2 è pari a: 1.410 kg/anno.

8.1.3 Sostituzione compressore

Presso la sala compressori risulta installato un compressore, acquistato nel 2009 ed incapace di interfacciarsi con la nuova centralina adibita alla gestione unificata delle sale. Dovendolo, quindi, sostituire, si coglie l'occasione per incrementare l'efficienza associata alla produzione dell'aria compressa. Si può inoltre considerare la possibilità di richiedere i certificati bianchi per promuovere installazione del nuovo modello.

Il modello nuovo che verrà installato sarà un compressore a vite, versione più aggiornata rispetto a quella del 2009, installata nella sala del reparto B04.

Dati di progetto:

Per valutare i risparmi e la possibilità di accedere ai certificati bianchi sono necessari i dati di consumo e di produzione della sala. Purtroppo, non sono ancora disponibili i dati di un anno intero relativi al nuovo compressore. Sono stati, quindi, assunti come valori di riferimento quelli misurati per un mese di riferimento.

Per calcolare i risparmi si impiega l'equazione descritta nel paragrafo 3.1.2. Per il significato delle variabili si rimanda invece al suddetto:

$$REA_{CRI} = \left\{ CS_{baseline(P)} * \left(\frac{\ln \beta_{post}}{\ln \beta_{ante}} \right) - CS_{post} \right\} * (P_{post} - P_{fughe})$$

Si presentano ora i valori considerati e il risultato ottenuto:

Tabella 18: Valori impiegati per il calcolo del risparmio energetico addizionale.

Descrizione	Valore
Consumo specifico di riferimento, $CS_{baseline}$	0,099118 kWh/Nm ³
Consumo specifico post, CS_{post}	0,099112 kWh/Nm ³
Rapporto di compressione post, β_{post}	7,5
Rapporto di compressione ante, β_{ante}	7,5
Portata prodotta post, P_{post}	Inferiore a 4.000.000 Nm ³
Perdite di aria compressa, P_{fughe}	25% del valore prodotto*

Nota: in assenza delle misure per le perdite di aria compressa si è deciso di utilizzare un valore gravoso, tale valore è riscontrato non raramente dai misuratori.

L'energia risparmiata grazie ai valori sopra riportati è pari a: 16 tep/anno. Siccome la quota minima di risparmio prevista per i progetti standardizzati è pari a 5 tep, è possibile richiedere i certificati bianchi per l'intervento di efficientamento energetico.

Analisi economico - ambientale:

L'analisi economica prende in considerazione il prezzo del nuovo compressore, indicato dal fornitore € 60.000. Anche questa volta il prezzo è stato incrementato del 30%; è stato poi arrotondato per eccesso ottenendo una cifra di € 80.000.

Il costo dell'energia elettrica, utilizzato nelle prossime valutazioni, è stato estratto dalle bollette del reparto in questione. Il prezzo unitario della bolletta vale mediamente 0,1454 €/kWh.

I certificati bianchi verranno corrisposti per un arco di tempo pari a 5 anni. Rifacendosi al prezzo medio riscontrabile sul mercato, si pone che ogni certificato valga € 100.

Nella tabella 18 è riportato l'andamento del flusso di cassa negli anni; si è deciso di valutare l'investimento sulla durata di 10 anni. La sostituzione è obbligatoria, ma dall'analisi risulta essere un intervento non privo di interesse per i consumi e l'economia dell'azienda:

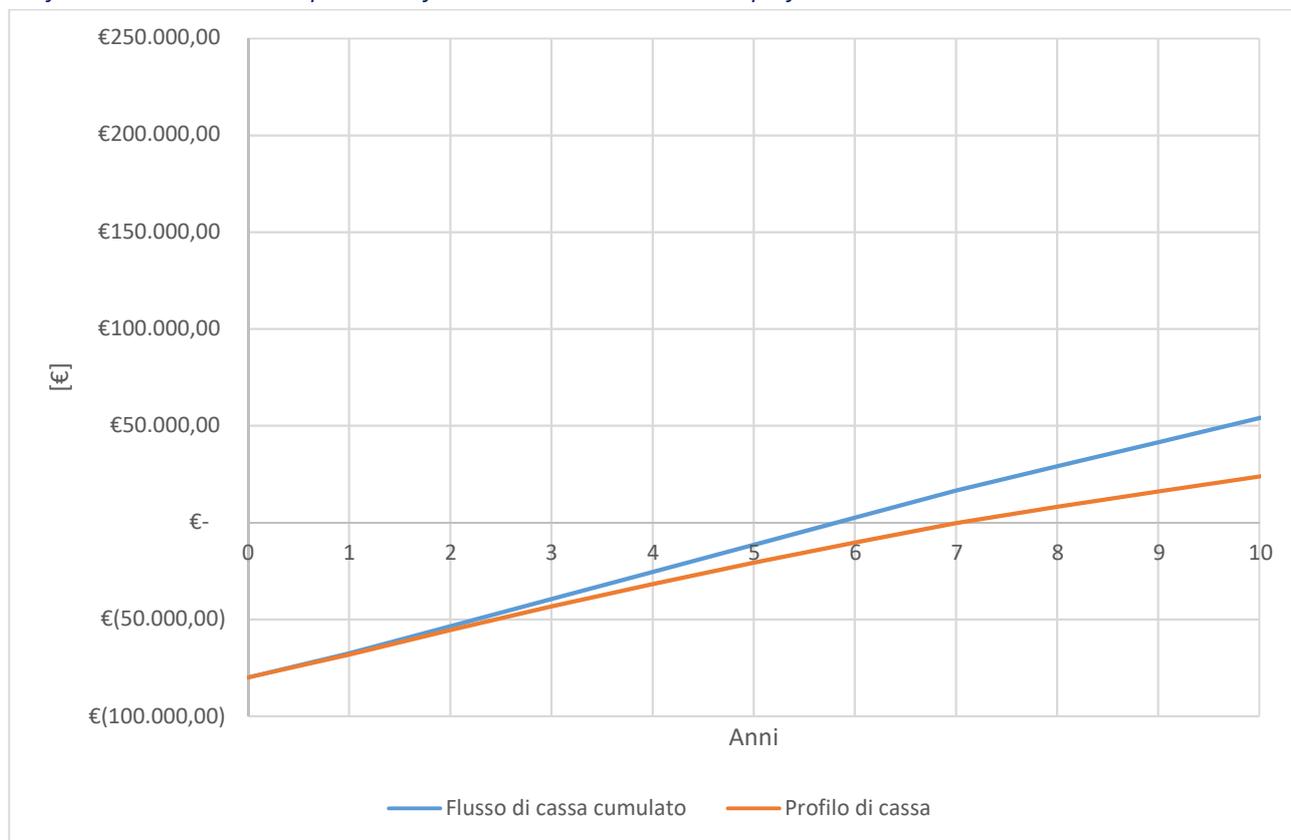
Tabella 19: Presentazione dei risultati ottenuti per il progetto in esame.

Anno	Certificati Bianchi	Risparmio economico	Flusso di cassa netto	Flusso di cassa cumulato	Flusso di cassa attualizzato	Profilo di cassa
0	€ -	€ -	€ - 80.000,00	€ - 80.000,00	€ - 80.000,00	€ - 80.000,00
1	€ -	€ 12.440,64	€ 12.440,64	€ - 67.559,36	€ 11.848,23	€ - 68.151,77
2	€ 1.600,00	€ 12.440,64	€ 14.040,64	€ - 53.518,72	€ 12.735,28	€ - 55.416,49
3	€ 1.600,00	€ 12.440,64	€ 14.040,64	€ - 39.478,07	€ 12.128,83	€ - 43.287,66
4	€ 1.600,00	€ 12.440,64	€ 14.040,64	€ - 25.437,43	€ 11.551,27	€ - 31.736,39
5	€ 1.600,00	€ 12.440,64	€ 14.040,64	€ - 11.396,79	€ 11.001,21	€ - 20.735,18
6	€ 1.600,00	€ 12.440,64	€ 14.040,64	€ 2.643,85	€ 10.477,34	€ - 10.257,84
7	€ 1.600,00	€ 12.440,64	€ 14.040,64	€ 16.684,49	€ 9.978,42	€ - 279,41
8	€ -	€ 12.440,64	€ 12.440,64	€ 29.125,13	€ 8.420,32	€ 8.140,90
9	€ -	€ 12.440,64	€ 12.440,64	€ 41.565,78	€ 8.019,35	€ 16.160,25
10	€ -	€ 12.440,64	€ 12.440,64	€ 54.006,42	€ 7.637,47	€ 23.797,73

Dai dati riportati in tabella, risulta chiaro che il progetto riesce a ripagarsi entro i 10 anni. La presenza dei certificati bianchi ha permesso di coprire interamente i costi dell'investimento più rapidamente; si sarebbero altrimenti sforati i 20 anni.

Graficamente l'andamento del flusso di cassa, rappresentato per dieci anni, risulta:

Grafico 45: Andamento temporale del flusso di cassa cumulato e del profilo di cassa.



Nel grafico si nota come la presenza dei certificati bianchi incrementi la pendenza di entrambe le rette. I certificati iniziano a dare il loro contributo dopo il primo anno, questo perché è necessario al GSE (Gestore dei Servizi Energetici) trovare riscontro del valore precedentemente calcolato tramite opportune misurazioni. La differenza tra il tempo di ritorno semplice e quello comprensivo del fattore di attualizzazione è di circa un anno; infatti, si passa dai 5 ai 7 anni di tempo.

Vediamo ora quali sono i risultati ottenuti per i metodi geometrici:

Tabella 20: Valutazione economica tramite i metodi geometrici, comprensiva dell'energia risparmiata.

Investimento	TIR	VAN	IP	Energia risparmiata	
€ 80.000	11%	€ 13.797,73	0,30	85561 kWh/anno	16 tep/anno

Tramite l'intervento di sostituzione del compressore si evita un quantitativo di anidride carbonica equivalente di: 28.150 kg/anno.

8.1.4 Relamping LED

Il reparto B04 è l'unico in cui non sono stati eseguiti interventi di efficientamento riguardanti l'illuminazione interna. Negli altri reparti, infatti, si è provveduto negli anni passati a sostituire le lampade a fluorescenza con tecnologia LED. Si propone, quindi, di proseguire anche in questo reparto il percorso virtuoso che è stato intrapreso presso gli altri reparti.

Inoltre, se dovesse risultare un risparmio di energia maggiore o uguale alle 5 tep, sarà possibile fare richiesta per ottenere dei certificati bianchi tramite progetto standardizzato, come esposto nel paragrafo 3.1.1.

Nell'analisi economica non verranno considerati i certificati bianchi nei flussi di cassa. Questo è dovuto alla mancanza di dati per la valutazione dell'efficienza luminosa delle lampade; inoltre, il progetto, come si vedrà, è capace di ripagarsi interamente in tempi ragionevoli solo con i risparmi.

Dati di progetto:

Tutte le lampade preesistenti funzionano a fluorescenza, in sito risultano installati due differenti modelli di potenze differenti. Il loro funzionamento, come detto, non risente dell'apporto di luce esterna ma solo degli orari di lavoro; restano accese, quindi, per tutte le sedici ore di lavoro giornaliere. Si presenta ora la seguente tabella per illustrare la situazione:

Tabella 21: Descrizione illuminazione esistente nel reparto B04.

Utilizzatori	Potenza elettrica nominale	Elementi installati	Potenza elettrica totale assorbita	Ore di lavoro giornaliere	Giorni di lavoro annui	Energia totale consumata
Fluorescente 2x58 W	0,12 W	164	19,02 W	16	248	75.335 kWh
Fluorescente 2x80 W	0,16 W	50	8,00 W	16	248	31.680 kWh

Il consumo totale dovuto all'illuminazione interna è di 107.015 kWh annui.

Si propone ora la sostituzione puntuale delle lampade con quanto riportato in tabella:

Tabella 22: Descrizione illuminazione sostitutiva proposta.

Utilizzatori	Potenza elettrica nominale	Elementi installati	Potenza elettrica totale assorbita	Ore di lavoro giornaliere	Giorni di lavoro annui	Energia totale consumata
LED 1x63 W	0,063 W	214	13,48 W	16	248	53.389 kWh

È evidente che si potrebbe così dimezzare la spesa annua di energia elettrica per l'illuminazione. Il valore di risparmio conseguibile è di circa 10 tep; sarebbe, quindi, possibile richiedere i certificati bianchi per il seguente progetto di efficientamento energetico.

Analisi economico - ambientale:

Il costo dell'energia elettrica è stato estratto ancora una volta dalla bolletta e, come per il compressore, esso vale 0,1454 €/kWh.

Il prezzo delle lampade a LED è stato cautelativamente posto uguale a € 100; questo valore è stato così fissato, valutando prima il prezzo di componenti simili a quelli installati negli altri reparti.

Avendo a disposizione una tecnologia di maggiore affidabilità, sono stati valutati anche i costi evitati, relativi alla manutenzione. Per fare ciò è stato stimato il numero di possibili sostituzioni necessarie per il singolo pezzo nell'arco di tempo valutato:

$$Sostituzioni = \text{Anni valutati} \cdot \frac{\overbrace{3.900}^{\text{ore di accensione medie}}}{\underbrace{10.000}_{\text{vita utile media}}} - 1$$

Ne deriva che, nei 5 anni in cui si è considerato l'intervento, è stata evitata una sostituzione, la quale avrebbe obbligato ad una spesa di circa € 1.400.

La valutazione dell'investimento è stata fatta su 5 anni, questo perché l'intervento è capace di ripagarsi in tempi brevi. La tabella riporta i flussi di cassa ottenuti:

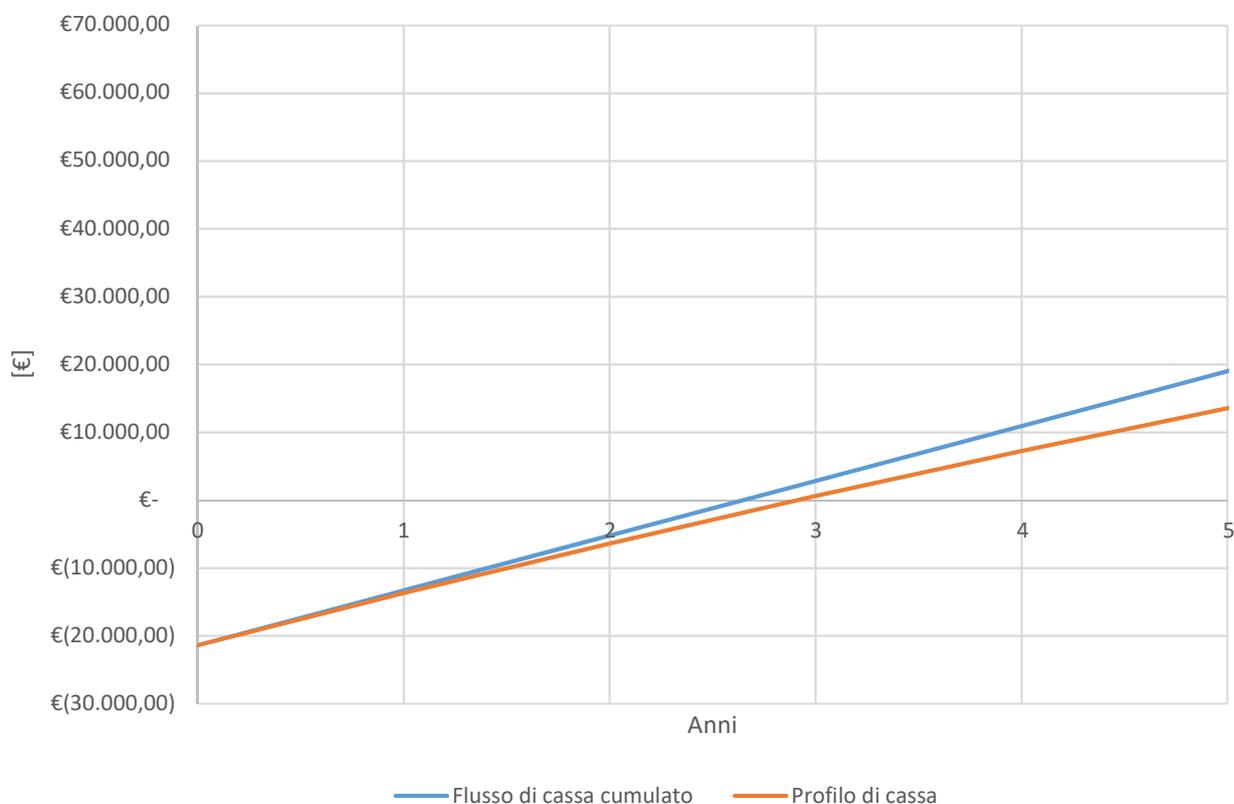
Tabella 23: Presentazione dei risultati ottenuti per il progetto in esame.

Anno	Risparmio economico	Flusso di cassa netto	Flusso di cassa cumulato	Flusso di cassa attualizzato	Profilo di cassa
0	€ -	€ - 21.400,00	€ - 21.400,00	€ - 21.400,00	€ - 21.400,00
1	€ 8.081,76	€ 8.081,76	€ - 13.318,24	€ 7.696,92	€ - 13.703,08
2	€ 8.081,76	€ 8.081,76	€ - 5.236,47	€ 7.330,40	€ - 6.372,68
3	€ 8.081,76	€ 8.081,76	€ 2.845,29	€ 6.981,33	€ 608,65
4	€ 8.081,76	€ 8.081,76	€ 10.927,06	€ 6.648,89	€ 7.257,54
5	€ 8.081,76	€ 8.081,76	€ 19.008,82	€ 6.332,27	€ 13.589,81

Come già ripetuto, il progetto si ripaga in tempi molto brevi; qualora poi venissero considerati anche i certificati bianchi, questo comporterebbe il pareggio dei conti in poco più di un anno, rendendo, così, l'intervento ancora più interessante dal punto di vista economico.

Con i dati della tabella 22 si ottiene il grafico seguente, che evidenzia ancora di più la velocità del pareggio:

Grafico 46: Andamento temporale del flusso di cassa cumulato e del profilo di cassa.



Dal grafico risulta palese come il tempo di ritorno semplice sia antecedente ai tre anni, periodo in cui si realizza il ritorno dei flussi attualizzati. Se immaginiamo di inserire i certificati bianchi del valore di € 100 ciascuno per ogni tep (se ne erano calcolate 10), dovremmo traslare le rette verso l'alto di un valore di € 10.000 a partire dal primo anno. Questo porterebbe al pareggio in un tempo inferiore ai due anni.

Vediamo ora quali sono i risultati ottenuti per i metodi geometrici:

Tabella 24: Valutazione economica tramite i metodi geometrici, comprensiva dell'energia risparmiata.

Investimento	TIR	VAN	IP	Energia risparmiata	
€ 21.400	26%	€ 13.589,81	0,64	53626 kWh/anno	10 tep/anno

L'intervento di relamping presso il reparto B04 permetterebbe di evitare annualmente la produzione di 17.643 kg/anno di anidride carbonica equivalente.

9 Conclusioni

Il lavoro svolto, oggetto della tesi, è frutto dello stage presso la ESCo certificata Encore s.r.l., e consiste nella redazione dell'analisi di un soggetto obbligato ai sensi del d. lgs. 102/2014.

Inizialmente si è provveduto a presentare il quadro normativo e legislativo, che inquadrano la diagnosi energetica, fornendo, poi, una descrizione di alcuni possibili incentivi (Certificati Bianchi, Conto Termico). Questi, nel proseguo, sono stati impiegati nelle valutazioni economiche dei progetti di efficientamento energetico. Dopo aver fornito una panoramica sulle linee guida che si sono impiegate, corrispondenti a quelle promulgate da ENEA, si è proceduto a presentare il soggetto.

Il soggetto in analisi risulta essere leader del proprio settore industriale, quindi, punto di riferimento sia per la produzione che per i consumi. A seguito di sopralluoghi svolti sul campo si è resa palese la necessità di sviluppare un adeguato piano di monitoraggio, risultava, infatti, misurata un'esigua parte dei consumi energetici. Per riuscire a strutturare un'efficace piano di monitoraggio è fondamentale possedere, o generare, un modello realistico del soggetto. A tal fine sono stati impiegati i dati energetici (letture POD, PDR) dell'anno 2017, essendo quelli del 2018 mancanti nella loro interezza. La linea guida scelta (ENEA) prevede la suddivisione dei consumi tra processo produttivo, servizi ausiliari e generali, ma, trovandosi a fronteggiare una realtà molto estesa, complessa e priva di sufficienti misuratori è stato necessario generare dei modelli di consumo. È stato, così, possibile attuare la ripartizione suggerita da ENEA.

Questa operazione, dall'esperienza maturata, non risulta essere una novità; infatti, il monitoraggio appare nuovo a tutti i grandi soggetti obbligati. La situazione reale risulta, quindi, essere molto distante da quella desiderata dal decreto italiano e dalla direttiva europea. I soggetti obbligati, infatti, mancano di sistemi di monitoraggio all'altezza, in parte dovuto alla recente classificazione di tali soggetti e in parte alla mancanza di conoscenze specifiche per operare scelte mirate ed efficienti. A ragione di ciò risulta evidente la necessità di soggetti qualificati e certificati come le ESCo, capaci di guidare i soggetti obbligati verso la direzione corretta.

Con i dati reperiti presso i misuratori e generati dai modelli è stato generato il modello di consumo dell'azienda, tramite il quale è stato possibile definire il piano di monitoraggio. Questo servirà alla redazione di ogni diagnosi energetica futura, oltre a fornire i reali valori che al momento risultano solamente ipotizzati tramite i modelli.

Infine, come previsto dal d. lgs. 102/2014, si è proceduto a descrivere alcuni interventi di efficientamento energetico, attraverso i quali realizzare un processo virtuoso per l'azienda. Le proposte riportate riguardano entrambi i consumi energetici principali, inoltre, per alcuni di essi è stata prevista la richiesta degli incentivi descritti.

Ogni progetto ha richiesto di essere valutato sul piano sia progettuale che economico, per questo si è provveduto a descrivere i metodi geometrici impiegati. Per ogni progetto, inoltre, si è descritto l'algoritmo di calcolo impiegato per valutare i risparmi conseguibili. Sono stati riportati gli importi

di cassa, attualizzati e non, generati dagli interventi; descrivendoli con uso di grafici. Volendo presentare anche un impatto ambientale, generato dagli interventi, si sono fornite le quantità di anidride carbonica equivalente evitata.

Da quanto è stato sperimentato durante la redazione di questa tesi sono seguite le seguenti valutazioni, relative alle opere di monitoraggio e alla diagnosi energetica stessa.

Come si è visto, la presenza dei misuratori ha una rilevanza fondamentale per l'azienda. Questo perché essi permettono di conoscere appieno e con dati certi la propria realtà. Purtroppo la mancanza di strumenti utili all'analisi costringe ad avanzare ipotesi che, una volta sul campo, possono rivelarsi errate. L'esperienza di Encore lo insegna. Il motivo è da ricercarsi nella raccolta dati operata tramite il personale aziendale, soggetto che presenta spesso una visione distorta dei consumi presenti all'interno della propria realtà industriale. Inoltre, prime diagnosi svolte in mancanza di dati hanno portato a generare piani di monitoraggio insufficienti. Condannando, così, ad una penuria di consumo misurati. Ne consegue che il monitoraggio deve essere una priorità per le aziende, per poter fronteggiare al meglio la stesura della diagnosi energetica. Ma questa non deve e non è l'unica motivazione; oltre l'obbligo imposto dal d. lgs. 102/2014 sono presenti elevate opportunità di efficientamento energetico, le quali necessitano di dati per essere colte.

La diagnosi energetica è uno strumento utile ed efficace per sopperire alle mancanze di cui sopra. Consente, infatti, di diffondere presso tutti i soggetti obbligati la consapevolezza dei propri consumi, inoltre, fornisce metodi concreti per migliorarsi. Il miglioramento passa attraverso le proposte di efficientamento energetico.

Facendo riferimento a quanto descritto, sono possibili ancora interventi che rientrano in tempi inferiori ai 5 anni, arco di tempo non eccessivamente lungo. Non stiamo quindi parlando di operazioni economiche infruttuose, anzi sono dotate di tempi di ritorno ragionevoli.

L'efficientamento energetico e la riduzione dei consumi passano attraverso questo mezzo, promosso dalla comunità europea, che se utilizzato correttamente può sicuramente contribuire a raggiungere gli obiettivi prefissati negli accordi di Parigi.

10 Bibliografia e sitografia

1. ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_it;
2. Decreto legislativo 102/2014;
3. Ministero dello sviluppo economico, “Chiarimenti in materia di diagnosi energetica nelle imprese ai sensi dell’articolo 8 del decreto legislativo n.102 del 2014, novembre 2016;
4. Decreto legislativo 115/2008;
5. Decreto 10/05/2018;
6. Direttiva europea 2012/27/UE25;
7. ENEA, Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l’energia e lo sviluppo economico sostenibile, “Linee guida per il monitoraggio nel settore industriale per le diagnosi energetiche ex art. 8 del decreto legislativo 102/2014”;
8. ENEA, Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l’energia e lo sviluppo economico sostenibile, “Elementi su come elaborare la documentazione necessaria al rispetto degli obblighi previsti nell’art. 8 del decreto legislativo 102/2014 in tema di diagnosi energetica”;
9. Gse.it/servizi-per-te/efficienza-energetica/certificati-bianchi;
10. <https://www.gse.it/servizi-per-te/efficienza-energetica/conto-termico>
11. https://www.gse.it/documenti_site/Documenti%20GSE/Servizi%20per%20te/CONTO%20TERMICO/REGOLE%20APPLICATIVE/REGOLE_APPLICATIONE_CT.pdf;
12. https://www.gse.it/servizi-per-te_site/efficienza-energetica_site/conto-termico_site/interventi-incentivabili_site/Documents/Il%20SOLARE%20TERMICO%20%282C%29%20nelle%20REGOLE%20APPLICATIVE.pdf;
13. “Energy management – Dispositivi e soluzioni per l’efficienza energetica”, PD065 luglio 2018, Lovato electric;
14. <https://www.tecnofirma.com/lavaggio>;
15. <https://www.tecnofirma.com/lavaggio/impianto/tunnel>;
16. <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#>;

17. DGR 771 del 29-5-2017, Veneto;
18. Rapporto Ispra, “Fattori di emissione atmosferica di gas a effetto serra e altri gas nel settore elettrico”, 280/2018;
19. <https://www.iea.org/statistics/resources/unitconverter>;
20. “Solar Engineering of Thermal Processes”, John A. Duffie, William A. Beckman, aprile 2013;
21. “Energy efficiency report 2018”, Politecnico di Milano, 5 giugno 2018;
22. “Diagnosi energetiche ed energivori: ancora tanto da risparmiare”, Qualenergia.it, 13 luglio 2017;
23. <http://fire-italia.org/efficienza-energetica-nellindustria>;
24. “Indagini FIRE sugli Energy Manager”, Stefano D’Ambrosio, Atti convegno Energymanagement 21 novembre 2017;
25. “efficienze energetica nelle aziende, l’importanza di monitoraggi e misure”, Giuseppe Caruso, Qualenergia.it, 2 luglio 2018;
26. AAVV, “Planning and Installing Solar Thermal System”, Ed EARTHSCAN.