

UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Ingegneria Industriale DII

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Energetica

Relazione per la prova finale

*Efficienza energetica:
audit e investimenti in Grafica Veneta S.p.A.*

Relatore: Prof. Arturo Lorenzoni

Laureando: Campello Manuel

Matricola: 2020214

Anno Accademico 2022/2023

[pagina lasciata intenzionalmente bianca]

INDICE

INDICE	2
ABSTRACT	7
CAPITOLO 1 – Introduzione	8
1.1 – Il contesto	8
1.1.1 – Il costo dei combustibili	8
1.1.2 – La sensibilità dei consumatori.....	9
1.2 – La crisi energetica	14
1.3 – Obiettivi per il 2050	15
CAPITOLO 2 – La teoria.....	21
2.1 – Le unità di misura.....	21
2.2 – La terminologia	22
2.2.1 – Efficienza energetica	22
2.2.2 – CAR, Cogenerazione ad Alto Rendimento.....	24
2.2.3 – Certificati bianchi	25
2.2.4 – SEU, Sistemi Efficienti di Utenza	27
2.2.5 – Energy audit	28
2.2.6 – Energy performance improvement action, EPIA	29
2.3 – I professionisti in efficienza energetica	32
2.3.1 – Le ESCo	32
2.3.2 – L'energy manager.....	33
2.3.3 – L'energy auditor	34
CAPITOLO 3 – Il quadro normativo.....	36
3.1 – Le autorità	36
3.1.1 – L'unione europea e il CEN	36
3.1.2 – Lo stato italiano e l'ente UNI.....	37
3.1.3 – Le altre istituzioni	38

3.2 – Le leggi e normative più importanti.....	40
3.2.1 – La norma UNI CEI EN ISO 50001.....	40
3.2.2 – La normativa UNI EN ISO 14001.....	42
3.2.3 – La norma UNI CEI EN 16247 sulle diagnosi energetiche	43
3.2.4 – La normativa BSI PAS 2060.....	46
3.2.5 – Direttive e decreti attuativi sull'efficienza energetica	47
3.2.6 – Direttive europee sull'uso di energia da fonti rinnovabili	49
3.2.7 – Direttive sulla prestazione energetica nell'edilizia	49
3.2.8 – Certificazione FSC della Catena di Custodia.....	50
3.3 – Obblighi di legge	51
3.4 – Incentivi.....	53
3.4.1 – Incentivi per la produzione di energia in regime CAR.....	53
3.4.2 – Incentivi legati al fotovoltaico.....	54
3.4.3 – Il conto termico	55
3.4.4 – Green labeling e marketing verde.....	56
CAPITOLO 4 – Implementazione della norma EN 16247	57
4.1 – Informazioni su questo energy audit	57
4.1.1 – Chi ha svolto la diagnosi.....	59
4.1.2 – Il documento finale	60
4.2 – Incontro preliminare	61
4.3 – Metodologia di audit.....	63
CAPITOLO 5 – L’azienda.....	66
5.1 – L’identità dell’azienda	66
5.1.1 – Introduzione a Grafica Veneta	66
5.1.2 – Lo stabilimento.....	69
5.1.3 – Il processo produttivo	76
5.1.4 – Certificazioni non energetiche	82
5.2 – Come viene usata l’energia.....	87
5.2.1 – La rete dei contatori.....	88
5.2.2 – Le sorgenti dei flussi energetici.....	95

5.2.3 – I mezzi del processo produttivo	103
5.2.4 – I consumi per i servizi ausiliari	108
5.2.5 – I consumi per i servizi generali.....	111
5.3 – Profili dei consumi.....	114
5.3.1 – Consumi di energia elettrica	114
5.3.2 – Prelievo istantaneo di energia elettrica	126
5.3.3 – Consumi di gas naturale	140
5.3.4 – Flussi di energia nel trigeneratore	144
5.3.5 – Bilancio energetico per il 2021.....	150
5.4 – Le prestazioni energetiche attraverso gli indicatori	153
5.4.1 – EnPI globali di stabilimento.....	154
5.4.2 – Benchmark con il settore	165
5.4.3 – Benchmark con l’azienda stessa	174
5.5 - Le emissioni di gas serra	179
CAPITOLO 6 – Gli investimenti.....	184
6.1 – Il programma degli investimenti.....	184
6.1.1 – Il criterio di classificazione	184
6.1.2 – La graduatoria degli investimenti di Grafica Veneta.....	187
6.2 – Trigeneratore	191
6.2.1 – Calcolo del numero di certificati bianchi	192
6.2.2 – Ricavi dai Certificati Bianchi	194
6.2.3 – l’investimento a lungo termine	200
6.3 – Impianti di produzione da FER	202
6.3.1 – Impianti fotovoltaici per autoconsumo	202
6.3.2 – Impianti FER per sola vendita.....	204
6.4 – strategia di compensazione delle emissioni di CO2	206
6.5 – Investimenti consigliati	210
6.5.1 – Struttura di energy data management	210
6.5.2 – Relamping dell’impianto di illuminazione.....	217
6.5.3 – Rifasamento elettrico.....	223

6.5.4 – Valutazione delle perdite di aria compressa.....	224
6.5.5 – Nuovo cogeneratore a biomassa	225
6.5.6 – Nuovo locale server.....	230
6.5.7 – Installazione degli azionamenti a velocità variabile.....	232
6.5.8 – Programma di sensibilizzazione	233
CAPITOLO 7 – Conclusioni	236
7.1 – I risultati della diagnosi	236
7.2 – Conseguenze degli investimenti	237
7.3 – Prospettive future	239
Ringraziamenti e riconoscimenti	241
Bibliografia.....	242
Riferimenti a siti Internet	245
Indice delle figure	248
Indice delle tabelle	251

*"Well, in our country," said Alice,
still panting a little, "you'd generally
get to somewhere else—if you run
very fast for a long time, as we've
been doing."*

*"A slow sort of country!" said the
Queen. "Now, here, you see, it takes
all the running you can do, to keep
in the same place. If you want to
get somewhere else, you must run
at least twice as fast as that!"*

*(Carroll, Lewis: Through the
Looking-Glass and What Alice
Found There, Chapter 2)*

*"Be', nel nostro paese" disse Alice,
ancora un po' affannata, "di solito
si arriva da qualche altra parte –
quando si corre per tutto il tempo
che abbiamo corso noi".*

*"Ma che paese lento!" esclamò la
Regina. "Qui, invece, ti tocca
correre più forte che puoi per
restare nello stesso posto. Se vuoi
andare da qualche altra parte, devi
correre almeno due volte più forte!"*

*(Carroll, Lewis: Attraverso lo
specchio e quel che Alice vi trovò,
Capitolo 2)*

ABSTRACT

Questo documento presenta un'analisi dei consumi energetici e propone degli investimenti in tema di efficienza energetica relativamente al caso di Grafica Veneta S.p.A. Inizia introducendo il contesto del lavoro di tesi e prosegue spiegando i termini tecnici, le leggi e le normative pertinenti. Contiene un breve studio della rete di monitoraggio dei consumi, assieme ad un'analisi dei consumi energetici dello stabilimento, allo scopo di sviluppare una panoramica generale, con l'aiuto degli indicatori di prestazione energetica. È presente anche una semplice diagnosi energetica, seguita da proposte di interventi per il miglioramento dell'uso dell'energia in azienda, con valutazione della fattibilità tecnico-economica, tenendo conto degli incentivi economici. Il tema che ha ispirato questo lavoro è l'applicazione di una metodologia per valutare la sostenibilità – ambientale ed economica – degli impianti nello stabilimento, in particolare dal punto di vista dell'efficienza energetica.

CAPITOLO 1 – Introduzione

In questo capitolo vengono spiegate le dinamiche che rendono interessante un lavoro di tesi sull'efficienza energetica. Si inizia con un'osservazione del contesto economico e tecnologico, per poi parlare della crisi che ha perturbato questa situazione. Si conclude con una visione a lungo termine, nella quale il miglioramento dell'efficienza energetica è una strategia fondamentale, soprattutto per le imprese come Grafica Veneta.

1.1 – Il contesto

La citazione appena riportata è un ottimo punto di partenza per introdurre il contesto economico nel quale si svolge questo lavoro di tesi, perché – come Alice – le aziende corrono. Alcune corrono per restare allo stesso posto, alcune corrono con la speranza di arrivare da qualche altra parte. Nessuna industria resta veramente ferma, perché la competizione mette in seria difficoltà chi trascura quel processo di aggiornamento continuo che permette di rimanere al passo con i tempi. Infatti, complice l'avvento della globalizzazione, con una grande apertura a nuove idee e mercati, molte pratiche che anni fa rappresentavano lo stato dell'arte oggi sono obsolete. Di conseguenza, se un'impresa vuole restare un punto di riferimento nel suo settore – o, più semplicemente, sopravvivere alla competizione globale – deve cercare, sviluppare e implementare nuove tecnologie e nuovi comportamenti, sempre più efficaci. Deve innovare, rinnovarsi e investire. Deve correre, insomma, *“almeno due volte più forte!”*, come dice la Regina.

Entrando nello specifico settore dell'approvvigionamento energetico, due dinamiche importanti stanno cambiando il contesto in cui le aziende operano: il costo dei combustibili e la sensibilità dei consumatori per l'impatto ambientale delle attività produttive.

1.1.1 – Il costo dei combustibili

Per quanto riguarda il costo dei combustibili, si distinguono subito due tendenze importanti: quella attuale, a breve termine, e un'altra a lungo termine. La sfida rappresentata dall'attuale crisi energetica è approfondita in 1.2 – *La crisi energetica*, ma già da diverse decine di anni il prezzo dell'energia rappresenta un problema per i

consumatori, particolarmente in paesi come l'Italia. Il seguente grafico mostra la tendenza del prezzo del petrolio negli ultimi 160 anni:

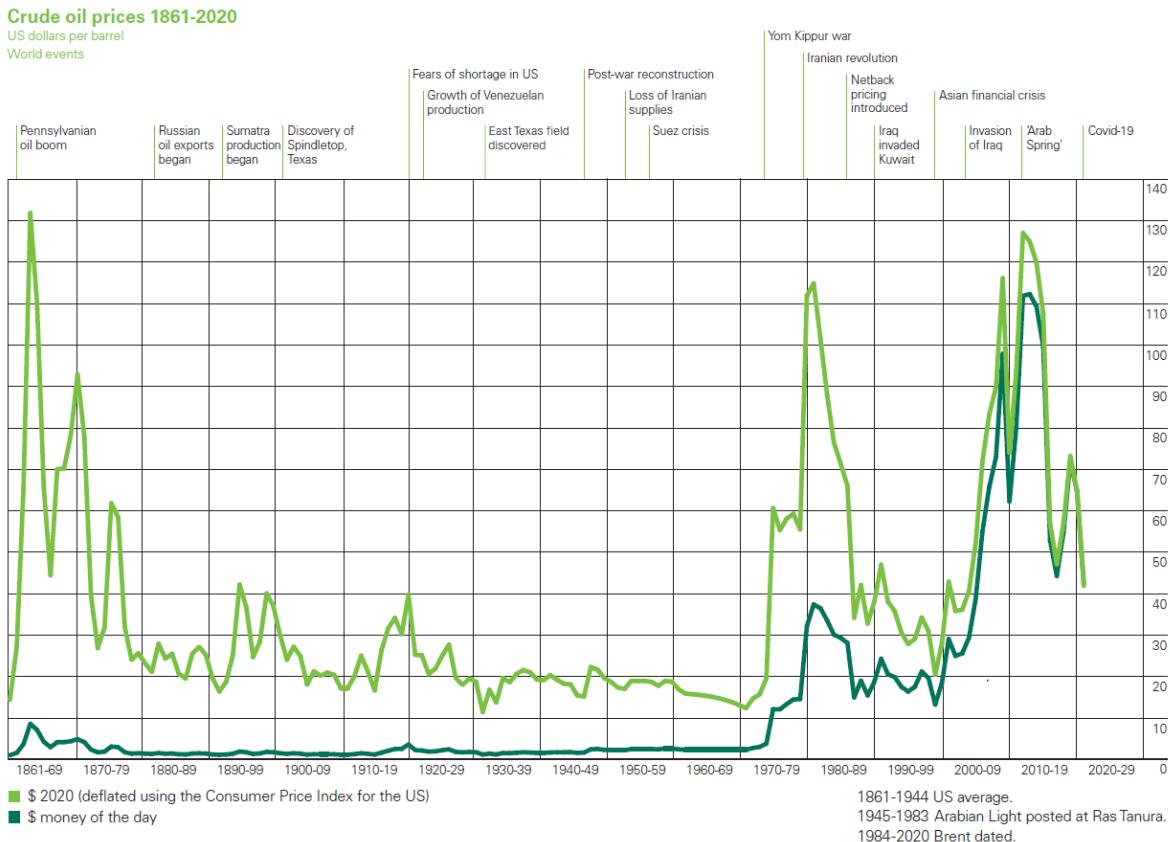


Figura 1 - Tendenza del prezzo del petrolio. Fonte: BP [1]

Si può notare che, dal 1970, il prezzo del petrolio aumenta ad un ritmo molto più sostenuto. In questo lavoro di tesi non si vuole entrare nel dettaglio delle dinamiche che determinano il prezzo dei combustibili fossili, ma il grafico mette in evidenza un'importante condizione al contorno di questa tesi: l'energia di origine fossile costa, quindi evitarne gli sprechi è fondamentale. Inoltre, il suo prezzo continua ad aumentare, quindi risparmiare energia è un investimento anche – e soprattutto – nel futuro.

1.1.2 – La sensibilità dei consumatori

Oltre al prezzo dei combustibili, un'altra tematica che le imprese stanno affrontando è la crescente sensibilità dei consumatori per l'effetto che le attività di un'azienda hanno sull'ambiente. Negli anni sono nate diverse organizzazioni atte a promuovere un uso responsabile delle risorse naturali. Una conseguenza misurabile di questa tendenza è il

numero di leggi, normative, schemi di certificazione e iniziative volontarie che le aziende stanno seguendo per usare l'energia in modo più razionale. Tra gli obiettivi di queste iniziative, nello specifico settore dell'energia, due sono particolarmente importanti: l'approvvigionamento da fonti rinnovabili e la riduzione degli sprechi di energia.

Il **primo** di questi due obiettivi si basa sul promuovere le fonti energetiche sostenibili. Secondo questa prospettiva, l'energia usata dalle aziende dovrebbe provenire il più possibile da fonti energetiche rinnovabili (FER) come il fotovoltaico o l'eolico. C'è molta varietà nelle tecnologie che possono produrre energia in modo sostenibile, ma la maggior parte degli investimenti si concentra su queste due realtà. Il grafico seguente ne dà una chiara idea:

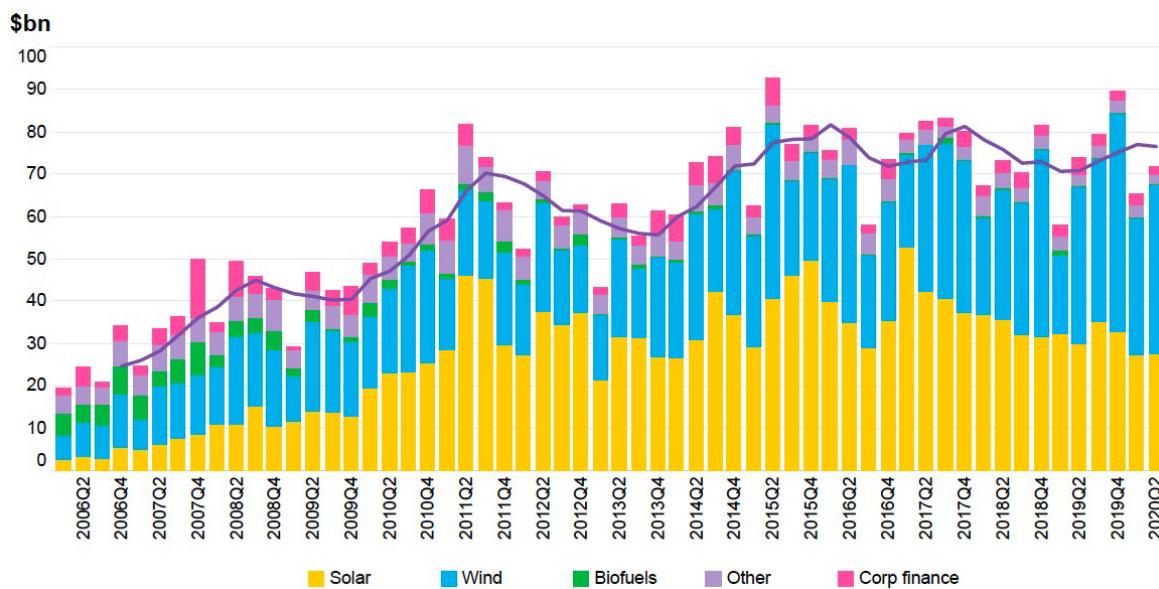


Figura 2 - Investimenti in energia pulita nel mondo, per settore, dal 2006 al 2020. Fonte: Bloomberg [2]

Si vede chiaramente che la maggior parte del denaro viene speso per finanziare impianti eolici e fotovoltaici. Se nel 2006 c'era più diversità negli investimenti, oggi queste due tecnologie si sono affermate come le più popolari, per motivi che vanno al di là di questo lavoro di tesi. La *International Energy Agency (IEA)* conferma questa tendenza, come si nota nel grafico seguente:

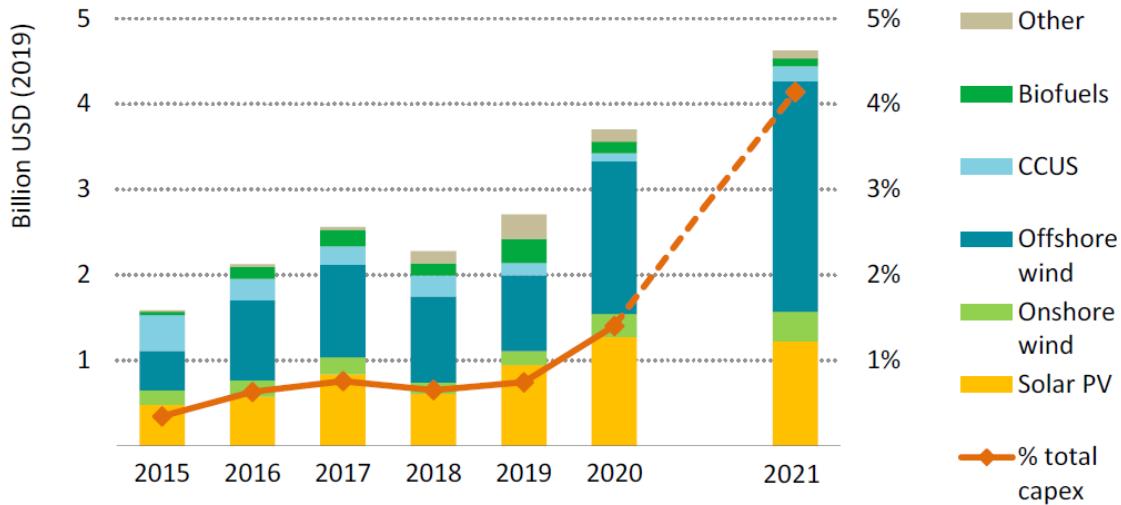


Figura 3 - Investimenti in energia pulita da parte di alcune compagnie petrolifere. Fonte: IEA [3]

Anche qui si vede che l'eolico e il fotovoltaico rappresentano la maggior parte degli investimenti, e il divario con le altre tecnologie aumenta nel tempo. Ci sarà occasione di verificare che anche Grafica Veneta, nei suoi impianti, ha preferito adottare il fotovoltaico e l'eolico rispetto alle altre tecnologie rinnovabili. Un'azienda del comparto manifatturiero può quindi soddisfare le aspettative dei consumatori installando impianti fotovoltaici per l'autoproduzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, prendendo parte a progetti d'investimento in forme di energia sostenibili e certificando il rispetto di rigorose normative sull'uso di energia. In un capitolo successivo verrà illustrato come Grafica Veneta soddisfa queste tre richieste.

Chi critica gli investimenti in impianti di energia rinnovabile sostiene che siano un modo inefficiente di spendere denaro. I più avversi oppositori sostengono che l'effetto di questi investimenti sia solo di rendere il sistema di approvvigionamento energetico più complesso, inaffidabile e costoso, quindi meno accessibile ai consumatori, particolarmente a quelli più poveri. Sostengono che il denaro speso in energia rinnovabile potrebbe essere investito con un beneficio sociale maggiore in altre cause, soprattutto di natura umanitaria. Questa resistenza – assieme all'apatia dei potenziali investitori – rallenta gli investimenti in energia rinnovabile.

Il **secondo** obiettivo menzionato, cioè la riduzione degli sprechi di energia, è l'argomento che ha ispirato questa tesi. A differenza dei classici investimenti in energie rinnovabili, che possono incontrare una ragionevole resistenza per molti motivi, gli investimenti in efficienza energetica sono convenienti anche dal punto di vista economico. Infatti, la

stessa iniziativa che riduce il consumo di combustibili fossili rappresenta un evidente e misurabile vantaggio per l'ambiente, grazie alla riduzione di emissioni di CO₂ inutili, ma anche un'invitante incentivo economico, perché il combustibile che non si usa non si compra. Questo aspetto, per quanto ovvio, aiuta a convincere anche chi resiste ai tradizionali investimenti in impianti di produzione da fonti di energia rinnovabile (FER). Di conseguenza, gli investimenti in efficienza energetica sono facilmente accettati e realizzati. Questo si può vedere nel grafico seguente:

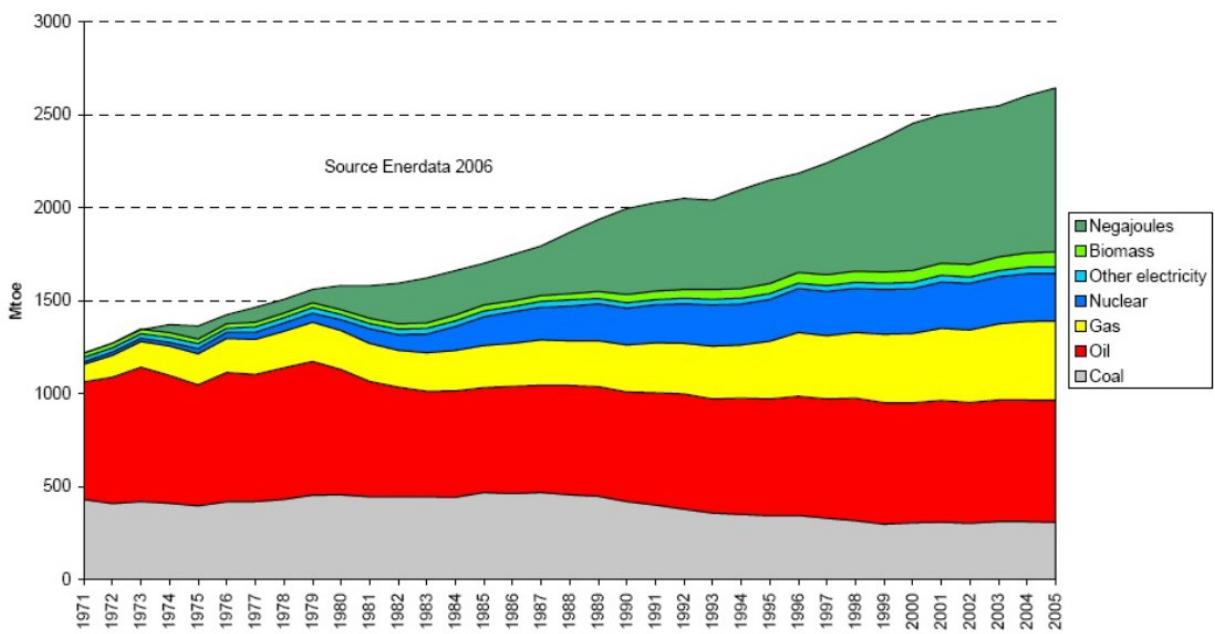


Figura 4 – sviluppo della domanda di energia primaria, con “Negajoules”. Fonte: Enerdata [4]

Questo grafico mostra lo sviluppo della domanda di energia primaria nell'Unione Europea in 35 anni, dal 1971 al 2005. Si noti la voce “Negajoules” in verde scuro, che rappresenta il risparmio di energia primaria [Mtoe] basato sull'intensità energetica del 1971. In pratica, la voce *Negajoules* rappresenta la domanda di energia primaria abbattuta dalle misure di efficienza energetica. È l'ipotetico uso aggiuntivo di energia se non ci fossero stati miglioramenti dell'efficienza energetica in quei 35 anni. Il suo impatto nella riduzione dei consumi è evidente. Investire in efficienza energetica permette di ridurre la domanda di energia primaria e migliora l'intensità energetica del paese, cioè il rapporto tra l'energia primaria totale e il prodotto interno lordo, espresso in *tep/€*. In paesi come l'Italia questo consente di ridurre le importazioni di combustibili fossili, che a sua volta aumenta la sicurezza delle forniture e contribuisce a ridurre il costo dell'energia.

Va comunque ricordato che la domanda di energia non si può azzerare. Oggi, i paesi considerati sviluppati hanno un consumo di energia pro capite medio di almeno 3 tep per persona, fino a *7 tep/persona* per gli Stati Uniti. [31]

Gli scenari di sviluppo sostenibile prevedono comunque per il 2050 un uso pro capite di energia di *2 tep/persona*, in tutto il mondo. Un uso elevato di energia finale per garantire un livello superiore di comfort non è necessariamente un problema se questa energia viene prodotta, trasmessa e usata in modo efficiente e sostenibile. [29]

I consumatori stanno diventando sempre più consapevoli di questo e apprezzano gli impegni delle aziende che integrano la sostenibilità ambientale nella loro politica energetica. Implementare e comunicare i traguardi in efficienza energetica è fondamentale da questo punto di vista. Considerando invece l'aspetto economico, l'importanza degli investimenti in efficienza energetica si vede nel grafico seguente:

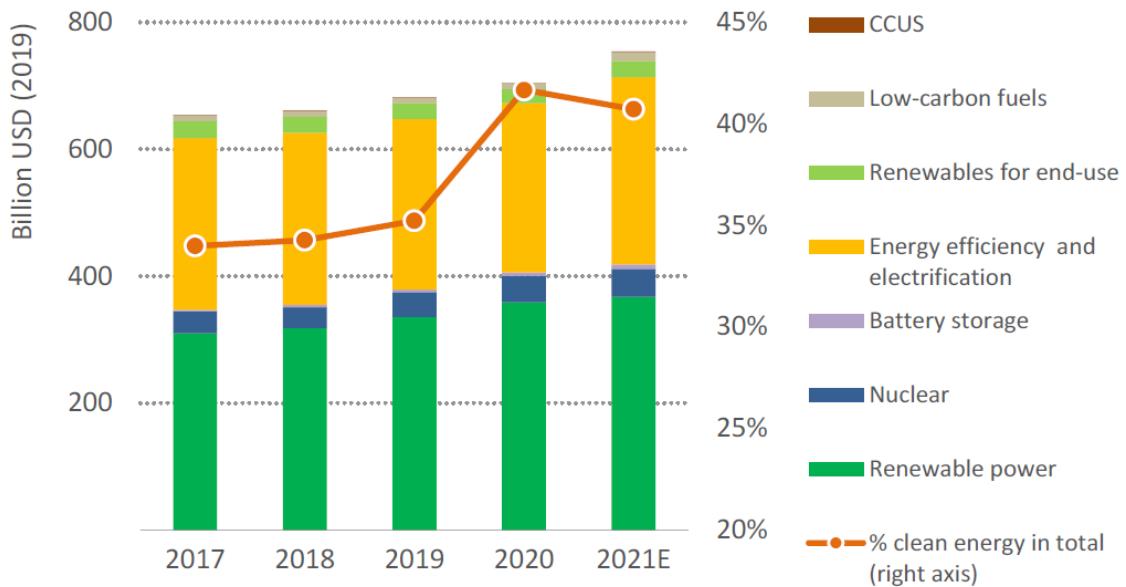


Figura 5 - Investimenti in energia pulita ed efficienza energetica nel mondo, dal 2017 al 2021.
Fonte: IEA [3]

L'efficienza energetica ispira gli investitori, e si afferma come la seconda scelta più popolare, subito dopo gli impianti a energia rinnovabile. Tale tipo di interventi, assieme all'elettrificazione degli usi finali di energia, è un'alternativa competitiva alla costruzione di impianti ad energia rinnovabile. Questi investimenti in efficienza energetica si concentrano principalmente negli edifici, come si può vedere di seguito:

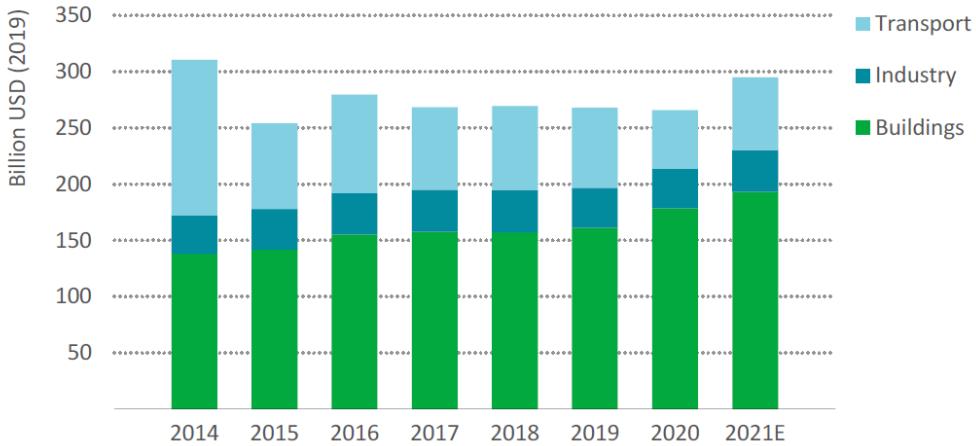


Figura 6 - Investimenti in efficienza energetica nel mondo per settore. Fonte: IEA [3]

L'acquisto di macchine che consumano energia in modo più efficiente è una forma di investimento sostenibile che può vincere la resistenza di chi non è disposto a correre i rischi legati alla costruzione di impianti di produzione di energia da fonte rinnovabile. L'efficienza energetica può convincere le imprese a investire in modo più sostenibile, senza sacrificare le prestazioni economiche. È in base a questa convinzione che ho deciso di sviluppare questo lavoro di tesi con Grafica Veneta.

1.2 – La crisi energetica

Nel momento storico in cui si svolge questo lavoro di tesi, il contesto presentato nell'introduzione è disturbato dalla cosiddetta crisi energetica. Diversi fattori hanno contribuito ad un aumento significativo dei prezzi dei combustibili fossili e di conseguenza anche del prezzo dell'energia elettrica. Una discussione dettagliata delle cause e delle dinamiche di questa crisi va al di là dell'argomento di questa tesi. Per Grafica Veneta, come per tutte le aziende del comparto manifatturiero, c'è stato un aumento della spesa nella fornitura di energia. Ad agosto 2022, in un'intervista al Gazzettino, il titolare Fabio Franceschi afferma che «Anche per noi i rincari energetici sono stati una stangata: i costi per gas ed elettricità dall'anno scorso sono passati da 1.2 milioni a 14». [W.1]

È proprio in queste circostanze che l'efficienza energetica diventa ancora più importante: la proposta di un investimento in un impianto di energia rinnovabile, magari basato su una tecnologia sì innovativa, ma sperimentale, quindi con tutti i rischi coinvolti, incontrerà più resistenze rispetto all'acquisto di un dispositivo che offre lo stesso servizio di uno esistente, ma usando meno energia. È proprio la crisi di questo periodo storico la miglior

opportunità per capire il valore, economico e sociale, dell'energia primaria risparmiata grazie all'efficienza energetica.

Le circostanze di questa crisi cambiano rapidamente nel giro di pochi mesi, con molte iniziative politiche e private che meriterebbero di essere citate. Questo lavoro di tesi è stato sviluppato a partire da luglio 2022, e si è preferito mantenere un approccio più generale, senza entrare nel dettaglio di decreti che, in ultima analisi, rappresentano solo soluzioni temporanee. I provvedimenti di legge più durevoli, invece, verranno discussi in un capitolo dedicato.

1.3 – Obiettivi per il 2050

Nel 2018, un sorprendente 81% della domanda mondiale di energia primaria è ancora coperto da combustibili fossili. [30]

Gli investimenti in efficienza energetica, riducendo la domanda di energia primaria, contribuiscono in modo concreto all'abbattimento delle emissioni inquinanti (soprattutto di CO₂) dell'insieme di impianti energetici a fonte fossile nel mondo. Questo riduce l'impatto ambientale e produce benefici immediati dal punto di vista della qualità dell'aria. Si ricorda che l'inquinamento atmosferico è responsabile ogni anno di milioni di morti premature in tutto il mondo perché diminuisce l'aspettativa di vita. Una buona qualità dell'aria rende le città più vivibili e riduce il rischio di patologie dell'apparato respiratorio.

L'efficienza energetica non è importante solo per risolvere al meglio i problemi del presente: è anche una strategia fondamentale per raggiungere gli obiettivi di sostenibilità a lungo termine. Proprio di questo si occupa la International Energy Agency (IEA), che elabora scenari di sviluppo dove l'efficienza energetica, assieme a molte altre misure, aiuta a ridurre la domanda di energia e di conseguenza anche le emissioni inquinanti.

Uno degli scenari di sviluppo elaborati da IEA è chiamato Announced Pledges Case (APC). Qui si assume che tutte le promesse annunciate dalle nazioni relativamente alla riduzione di emissioni siano mantenute completamente ed entro le scadenze temporali fissate. Si contano anche le iniziative di legge progettate per realizzare queste promesse. In particolare, l'obbligo di diagnosi energetica per le organizzazioni energivore è una delle premesse per costruire lo scenario APC. In questo scenario, per centrare gli obiettivi di abbattimento delle emissioni inquinanti, l'efficienza energetica gioca un ruolo centrale,

assieme all'elettrificazione degli usi finali e alla sostituzione del carbone con sorgenti a bassa emissione, in particolare nel periodo che va dal presente fino al 2030. [5]

Diverse nazioni e istituzioni hanno iniziato a regolamentare gli investimenti in efficienza energetica, con obblighi e incentivi che saranno approfonditi in questo lavoro di tesi, perché definiscono le linee guida per la diagnosi energetica svolta per Grafica Veneta.

L'efficienza energetica ha un ruolo ancora più importante in un altro scenario della IEA, il *Net-Zero Emissions by 2050 Scenario* (NZE), che descrive l'evoluzione della domanda e della produzione di energia in un mondo che raggiunge il traguardo delle emissioni zero (nette) entro il 2050. Questo scenario valuta anche gli investimenti necessari e le incertezze principali riguardanti le tecnologie e il comportamento dei consumatori. [5]

Qui l'efficienza energetica, assieme al solare e all'eolico, fornisce circa la metà della riduzione di emissioni entro il 2030. Poi il ruolo principale viene svolto da elettrificazione, idrogeno e Carbon Capture, fino al 2050. Questo si vede nel grafico seguente:

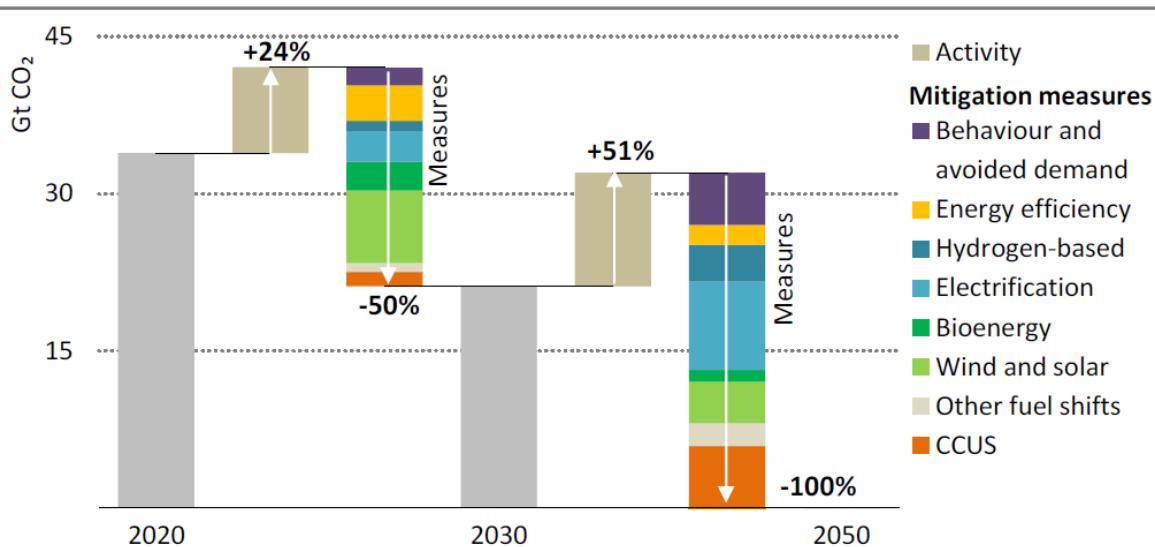


Figura 7 - Riduzione di emissioni mondiali, per misura di mitigazione, nel NZE. Fonte: IEA [5]

Il consumo finale di energia non sale mai oltre i livelli del 2019 e continua a calare fino al 2050. Secondo IEA questo si ottiene grazie alle misure di efficienza energetica, all'elettrificazione degli usi finali e ai cambiamenti nel comportamento dei consumatori, soprattutto nel periodo dal 2020 al 2030. [5]

Tra queste strategie, un vantaggio dell'efficienza energetica è che non chiede agli investitori di sacrificare le loro ambizioni e il loro stile di vita: lo scopo di questi investimenti è di garantire un livello di comfort pari, o persino superiore, alla condizione

precedente, usando allo stesso tempo una quantità minore di energia. Così si possono fare importanti passi avanti nella sostenibilità attirando l'interesse dei consumatori meno propensi a cambiare il loro comportamento. Di conseguenza, IEA prevede che le diverse misure di efficienza possano garantire una significativa riduzione delle emissioni di CO₂. Questo si può vedere nel seguente grafico:

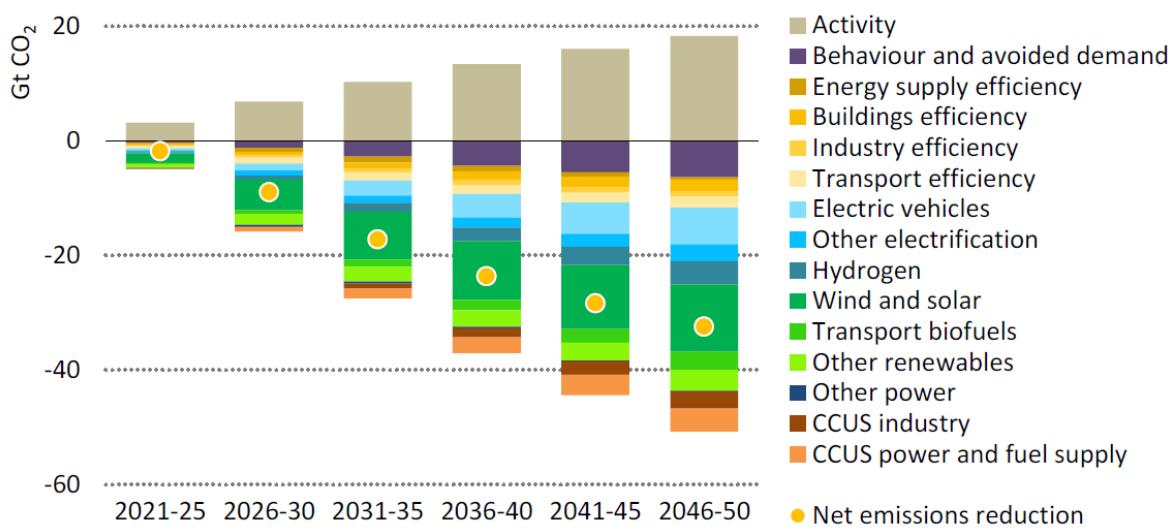


Figura 8 - Riduzioni medie annuali di CO₂ dal 2020 nello scenario NZE. Si nota il ruolo delle diverse misure di efficienza energetica, in giallo. Fonte: IEA [5]

Nello scenario NZE, ridurre la crescita della domanda di energia tramite miglioramenti in efficienza energetica ha un contributo critico. Molte misure di efficienza in industria, edifici, macchinari e trasporti possono essere messe in atto e ampliate in grande scala molto rapidamente. Di conseguenza, le misure di efficienza energetica sono al primo posto nello scenario NZE e giocano il loro ruolo più importante nella riduzione di domanda di energia (e delle relative emissioni) nel periodo che va dal 2020 fino al 2030. L'efficienza energetica continua a migliorare dopo il 2030, ma il suo contributo alla riduzione complessiva di emissioni diminuisce per via dell'espansione di altre tecnologie di mitigazione, principalmente la *Carbon Capture* e i combustibili alternativi come l'idrogeno. [5]

Il loro ruolo è evidenziato nel seguente grafico:

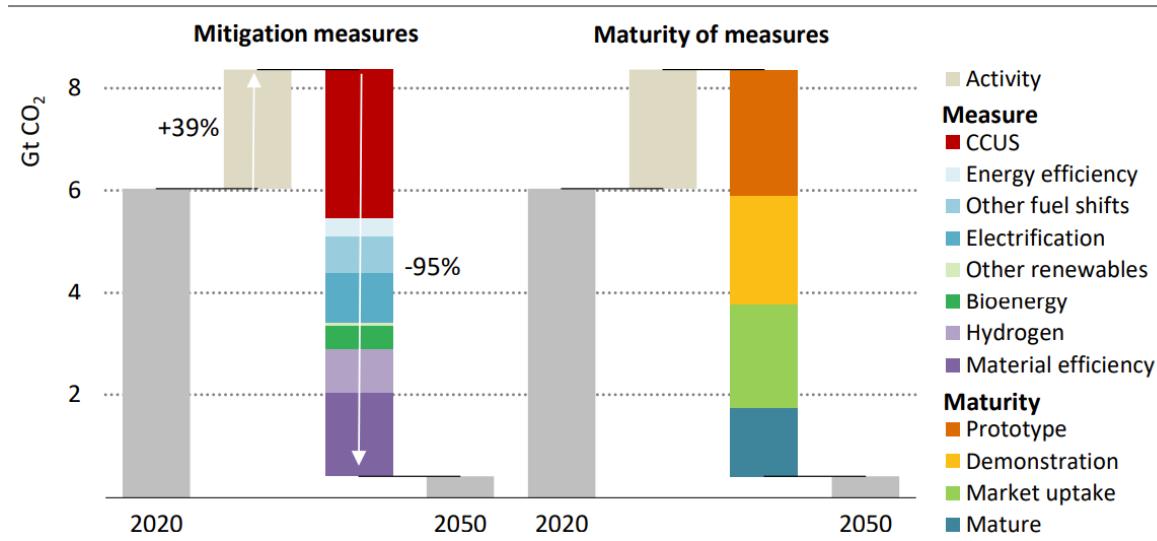
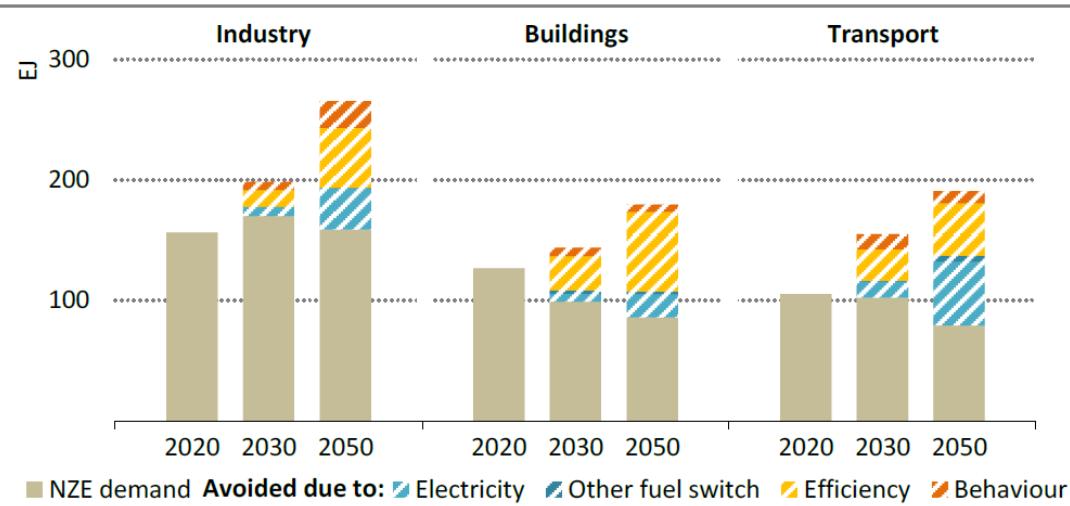


Figura 9 – Emissioni mondiali di CO₂ nell’industria pesante, riduzioni per misura di mitigazione e categoria di maturità della tecnologia nello scenario NZE. Fonte: IEA [5]

Nell’industria, dove molti macchinari sono già abbastanza efficienti, ci sono comunque opportunità di migliorare i consumi. Si può iniziare dai sistemi di gestione dell’energia, passando per l’installazione di macchinari industriali all’avanguardia come i moderni motori elettrici con azionamento a velocità variabile, fino ad arrivare all’integrazione dei processi produttivi con recupero del calore di scarto: nello scenario NZE, tutte queste possibilità sono sfruttate al loro massimo potenziale economico, fino al 2030. Dopo di che, il tasso di miglioramento dell’efficienza energetica rallenta perché molte delle tecnologie necessarie per ridurre le emissioni nell’industria nello NZE, come la produzione di idrogeno per elettrolisi o la Carbon Capture, richiedono più energia delle tecnologie convenzionali equivalenti. [5]

Complessivamente, l’efficienza energetica avrà un ruolo fondamentale nell’abbattere l’aumento del consumo di energia nel settore industriale nei prossimi 30 anni, come si vede nel grafico seguente:



*Figura 10 - Consumo finale totale e domanda evitata per misura di mitigazione nello scenario NZE.
Fonte: IEA [5]*

È evidente che l'efficienza energetica ha un ruolo fondamentale, sia nell'industria che negli edifici, dove contribuirà ad abbattere il potenziale incremento della domanda di energia da oggi al 2050. Di conseguenza, lo scenario NZE definisce dei traguardi chiave per l'efficienza energetica a livello mondiale. Per raggiungerli è necessario coinvolgere gli investitori, seguendo un programma come quello illustrato nel grafico seguente:

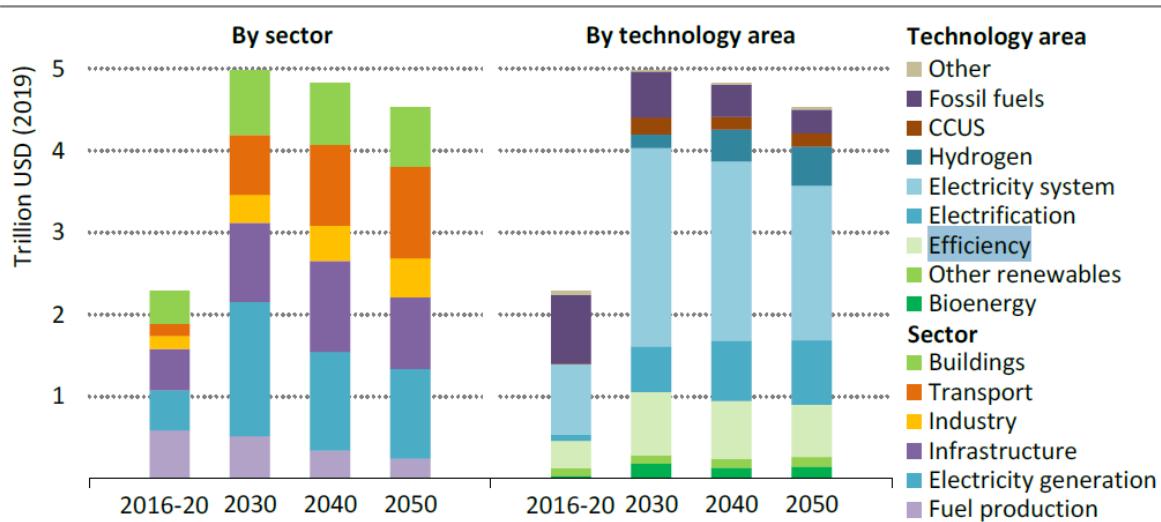


Figura 11 - Investimento medio annuale di capitale nello scenario NZE. È evidenziata la componente di efficienza energetica. Fonte: IEA [5]

In conclusione, nel mondo dell'industria gli investimenti in dispositivi che consumano l'energia in modo più razionale sono fondamentali. Consentono infatti di migliorare la

competitività dell’azienda a breve termine, permettendole di resistere meglio all’attuale crisi energetica, e garantiscono uno sviluppo più sostenibile a lungo termine. In Grafica Veneta entrambi i vantaggi sono chiari, ed è per questo che si è deciso di avviare questa collaborazione in una tesi sull’efficienza energetica.

CAPITOLO 2 – La teoria

Questo capitolo introduce la terminologia da sapere per poter seguire una discussione sull'efficienza energetica. Parte da unità di misura e convenzioni sui simboli, prosegue con i termini specifici del settore e conclude evidenziando le figure professionali che operano in questo campo. Queste conoscenze sono importanti per comprendere la parte di tesi sulla diagnosi di Grafica Veneta, dal *CAPITOLO 4 – Implementazione della norma EN 16247* in poi.

2.1 – Le unità di misura

Considerata l'entità dei flussi di energia nello stabilimento di Grafica Veneta, si è deciso di uniformare le unità di misura a:

- MWh per l'energia elettrica
- kW per le potenze nominali delle macchine
- Sm^3 (m^3 standard) per le quantità di gas naturale
- $t_{CO2,EQ}$ (tonnellate di CO₂ equivalente) per le emissioni di CO₂
- tep (tonnellate equivalenti di petrolio) per i consumi di energia primaria
- t (tonnellate) per le quantità di materie prime e prodotti dell'azienda

Il pedice X_E indica un rendimento o una potenza elettrica, mentre il pedice X_T indica un valore di energia termica. Per garantire compatibilità con la documentazione interna di Grafica Veneta, i seguenti valori sono stati adottati per le costanti:

$$PCI_{metano} = \left(\begin{array}{l} \text{potere calorifico} \\ \text{del gas naturale} \end{array} \right) = 9.58 \frac{kWh}{Sm^3}$$

$$PCS_{metano} = \left(\begin{array}{l} \text{potere calorifico} \\ \text{superiore} \end{array} \right) = 38.1 \frac{MJ}{Sm^3} = 10.58 \frac{kWh}{Sm^3}$$

Per il passaggio da Sm^3 a kWh viene utilizzato il fattore di conversione indicato nelle fatture dal fornitore del gas naturale acquistato. Si adotta il punto, non la virgola, come separatore decimale e lo spazio singolo come separatore per le migliaia (dove opportuno), sempre per consistenza con la documentazione di Grafica Veneta.

Per le analisi in termini di energia primaria sono stati considerati i fattori di conversione della circolare del MiSE del 18 dicembre 2014, riproposti in [33].

Il fattore di conversione in energia primaria, per l'energia elettrica, è:

$$f = 0.187 * 10^{-3} \frac{tep}{kWh_E}$$

Ovvero l'energia primaria corrispondente all'energia elettrica utilizzata vale $0.187/1000 [tep/kWh]$. Questo si applica sia all'energia elettrica acquistata che a quella prodotta in loco e autoconsumata. Per l'effetto frigorifero di una macchina a compressione di vapore con un dato EER il ragionamento è analogo:

$$f = \frac{1}{EER} * 0.187 * 10^{-3} = \dots \frac{tep}{kWh_F}$$

Per il gas naturale acquistato, si ottiene l'energia primaria esprimendo il PCI in tep:

$$f = PCI_{metano} = 9.58 * 860 * 10^{-7} = 8.25 * 10^{-4} \frac{tep}{Sm^3}$$

Per la benzina da autotrazione, usando la densità di $0.75 kg/litro$ recuperata da dati di rapporti ENEA e ISPRA, si può esprimere l'equivalenza energetica tra:

$$1000 kg \leftrightarrow 1333 litri \leftrightarrow 1.02 tep$$

Per il gasolio, il concetto è analogo. Si usa una densità di $0.84 kg/litro$ e, con il potere calorifico, si ottiene l'equivalenza energetica tra:

$$1000 kg \leftrightarrow 1186 litri \leftrightarrow 1.02 tep$$

In letteratura esistono altri fattori, ma quelli appena riportati sono sufficienti per trattare tutte le forme di energia usate nello stabilimento di grafica veneta.

2.2 – La terminologia

Di seguito sono spiegati i termini più importanti per comprendere la diagnosi energetica del *CAPITOLO 5 – L’azienda*. Per garantire consistenza con la terminologia internazionale, si è deciso di mantenere in inglese alcune sigle e termini specifici definiti nelle normative europee.

2.2.1 – Efficienza energetica

È giusto approfondire il concetto di *efficienza energetica* dando una definizione compatibile con le normative recenti. La norma EN 15900 definisce l'efficienza energetica come il rapporto tra un risultato (una prestazione, servizio, bene, o quantità di energia) e

una quantità di energia in ingresso. Il suo miglioramento è un aumento di efficienza energetica come risultato di cambiamenti tecnologici, comportamentali o economici. Un servizio di efficienza energetica è un'operazione concordata con lo scopo di ottenere un miglioramento di efficienza energetica o di un diverso parametro di prestazione energetica. [9] [8]

Sia la grandezza in ingresso che quella in uscita vanno chiaramente specificate e devono essere compatibili e misurabili. Gli esempi più comuni sono i rendimenti di conversione o i rapporti di energia teorica su energia effettivamente usata. [10]

Per capire l'efficienza energetica si parte dai principi della termodinamica, scrivendo questo bilancio:

$$\begin{pmatrix} \text{energia} \\ \text{primaria} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{energia} \\ \text{finale} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \text{energia} \\ \text{sprecata} \end{pmatrix}$$

Ovvero l'energia primaria che viene fornita ad una macchina non può essere completamente convertita in energia finale utile. C'è sempre una quota di energia che viene degradata in forme non utili per l'applicazione considerata. La conseguenza è che si può associare ad ogni macchina un rendimento di conversione dell'energia:

$$\eta = \frac{\text{energia finale}}{\text{energia primaria}} = 1 - \frac{\text{energia sprecata}}{\text{energia primaria}} = \dots \%$$

Diversamente dall'efficienza energetica, la prestazione energetica è un concetto più generale. Nella norma ISO 13273 viene definita come un risultato misurabile collegato all'efficienza energetica o all'uso di energia. [10]

Ad esempio, una modifica della curva di domanda dell'utente per ridurre il carico di picco è un intervento sulla prestazione energetica, ma non è necessariamente un miglioramento dell'efficienza energetica.

L'efficienza energetica è diversa anche dal risparmio di energia finale. Le iniziative di sensibilizzazione puntano a convincere le persone ad usare meno energia finale. Ad esempio, si può chiedere di spegnere le luci o abbassare la temperatura di set point del termostato in una casa, sacrificando il benessere degli abitanti. Un intervento in efficienza energetica punta invece a ridurre lo spreco, e quindi il consumo di energia primaria a monte di una macchina, garantendo un livello di comfort pari o superiore alla condizione precedente. Si tratta di investimenti, non di sacrifici. Ad esempio, si possono rimpiazzare vecchie lampadine a incandescenza con nuovi modelli a LED e garantire, assieme al minor consumo energetico, anche una maggiore qualità e copertura del servizio di illuminazione.

Si capisce che le misure di sensibilizzazione hanno uno svantaggio rispetto agli interventi in efficienza energetica, i quali possono coinvolgere gli utenti senza minacciare il loro stile di vita.

Inoltre, migliorare l'efficienza energetica non porta sempre un risparmio di energia primaria. Se dopo un intervento il costo di un servizio energetico diminuisce, gli utenti potrebbero cambiare il loro comportamento e consumare più energia per migliorare il comfort. È il caso di un'abitazione dove l'applicazione del cappotto termico riduce il costo del servizio di riscaldamento, spingendo gli abitanti ad alzare la temperatura del termostato. La misura di efficienza energetica ha portato quindi a un aumento dei consumi di energia, secondo un fenomeno definito "effetto rimbalzo". [11]

L'efficienza energetica è un valore astratto, quindi difficile da misurare. La norma ISO 50001 propone un metodo di misura basato sugli indicatori. Gli indicatori di prestazione energetica (EnPI) sono misure o unità di prestazione energetica, definite da un'organizzazione. Si possono esprimere usando un valore misurato, un rapporto di grandezze o un modello, a seconda della natura delle attività che si stanno studiando. [8]

Gli EnPI di Grafica Veneta vengono commentati in *5.4 – Le prestazioni energetiche attraverso gli indicatori*.

2.2.2 – CAR, Cogenerazione ad Alto Rendimento

La cogenerazione è la produzione combinata di energia elettrica (o meccanica) e di energia termica, ottenute in appositi impianti che usano la stessa energia primaria. La produzione combinata di energia elettrica e calore trova applicazione in ambito industriale, soprattutto nell'autoproduzione. Se un'utenza richiede contemporaneamente energia elettrica ed energia termica, anziché installare una caldaia e acquistare energia elettrica dalla rete, si può realizzare un ciclo termodinamico per produrre energia elettrica sfruttando i livelli termici più alti, cedendo il calore residuo a più bassa temperatura per soddisfare le esigenze termiche. Quindi la cogenerazione può dare un risparmio energetico, che però non è scontato: si tratta di valutare quando è davvero vantaggiosa, e rispetto a quale alternativa. Lo sfruttamento del calore utile prodotto dall'impianto di cogenerazione anche per il raffrescamento crea un sistema di trigenerazione, che permette di massimizzare lo sfruttamento dell'energia termica, rendendo conveniente un impiego dell'impianto per più ore all'anno. [14]

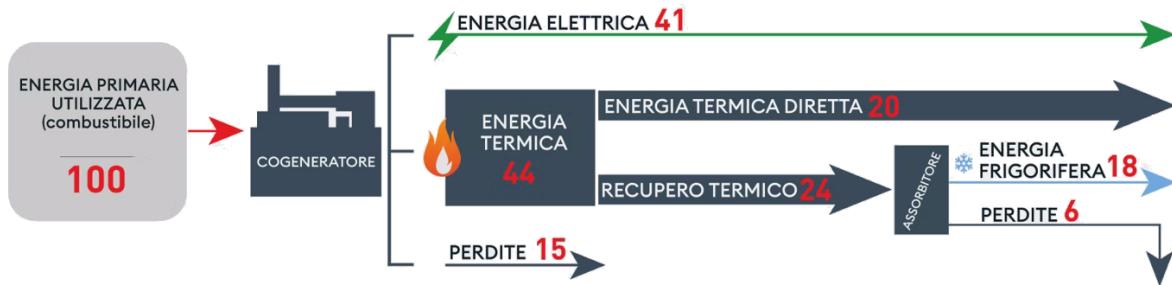


Figura 12 – flussi di energia in un trigeneratore, con rendimenti tipici in percentuale.

Fonte: Gruppo AB [W.38]

La direttiva 2004/8/CE armonizza a livello europeo la qualificazione delle tecnologie di cogenerazione introducendo la definizione di Cogenerazione ad Alto Rendimento (CAR). Per definire la CAR si usa il criterio basato sull'indice di risparmio di energia primaria (PES) conseguito, che va valutato ogni anno. In particolare, la CAR è la produzione combinata di energia elettrica e calore utile che fornisce un PES pari o superiore al 10% rispetto ai valori di riferimento per la produzione separata di elettricità e di calore, opportunamente calcolati. [14]

Per ottenere il riconoscimento del funzionamento in CAR, il cogeneratore deve conseguire un PES superiore a valori minimi prestabiliti per decreto, definiti in base alla capacità di generazione dell'unità stessa. Lo stato di CAR è riconosciuto per un cogeneratore dal Gestore dei Servizi Energetici (GSE), una società controllata dal Ministero dell'economia. Nell'ambito della Cogenerazione ad Alto Rendimento, il GSE:

- riconosce il funzionamento in CAR per le unità di cogenerazione che lo richiedono
- determina il numero di certificati bianchi a cui hanno diritto le unità CAR che presentano la richiesta di incentivo
- esegue i controlli sugli impianti incentivati per accertare la conformità dei dati trasmessi alla reale situazione, comunicando al Ministero e al produttore l'esito delle ispezioni

I benefici sono approfonditi in 3.4.1 – *Incentivi per la produzione di energia in regime CAR*.

2.2.3 – Certificati bianchi

I Titoli di Efficienza Energetica (TEE), o Certificati Bianchi, sono una forma di incentivo sviluppata in Italia. Si tratta di un meccanismo che prevede obblighi per i distributori di energia elettrica e gas naturale, assieme a benefici offerti a chi realizza interventi per

ridurre e migliorare gli usi finali di energia. Sono lo strumento principale per promuovere l'efficienza energetica in Italia. I certificati sono negoziabili ed esprimono il risparmio di energia primaria in tep (tonnellate equivalenti di petrolio) raggiunto attraverso progetti di ottimizzazione della prestazione energetica. Questi certificati vengono rilasciati in misura proporzionale al risparmio energetico conseguito: ogni titolo corrisponde a 1 *tep* di energia primaria risparmiata.

L'elenco di tipologie di interventi per l'accesso ai certificati è definito e aggiornato dal Ministero dello Sviluppo Economico. Comprende investimenti strettamente legati all'uso razionale dell'energia, come l'installazione di sistemi efficienti per l'illuminazione, ma anche interventi di tipo più generale, come l'installazione di nuovi filatoi tessili. [15]

Il riconoscimento del regime CAR garantisce al proprietario del cogeneratore l'accesso ai certificati bianchi per ciascun anno solare in cui il cogeneratore (o trigeneratore) sia riconosciuto ad alto rendimento, nel rispetto delle richieste fissate dall'apposito Decreto Ministeriale.

Ai certificati bianchi è assegnato un valore di mercato: sono presenti soggetti produttori e soggetti acquirenti dei titoli, che sono obbligati a possederli. I soggetti obbligati possono produrre i certificati autonomamente oppure acquistarli, negoziando direttamente i titoli sul mercato, o incaricando il GSE al ritiro degli stessi. Il GSE ritira i certificanti bianchi al prezzo, costante, stabilito da ARERA. Lo scambio dei titoli può avvenire all'interno di una Borsa dei Titoli di Efficienza Energetica, curata dal Gestore del Mercato Elettrico (GME), o attraverso contratti bilaterali tra privati. [W.3]

Il valore dei certificati bianchi viene definito nelle sessioni di scambio del mercato, che avvengono in una piattaforma curata dal Gestore dei Mercati Energetici (GME). A novembre 2022, decine di migliaia di certificati bianchi sono state scambiate al prezzo medio di 256 €/tep. Dieci anni fa, nella sessione di novembre 2012, il prezzo arrivava appena a 99 €/tep. I volumi di scambio sono simili nei due periodi, c'è stato solo un leggero aumento. [W.2]

Questi titoli sono un meccanismo di incentivazione del risparmio energetico negli usi finali di energia che non si rivolge direttamente a tutti i consumatori finali di energia, ma solo a specifici professionisti. Possono presentare progetti per il rilascio dei Certificati Bianchi le imprese distributrici di energia elettrica e gas (come soggetti obbligati) e le imprese dotate di un energy manager o di un sistema di gestione dell'energia. Questi certificati si possono ottenere previa la verifica e certificazione da parte del GSE dei risparmi energetici conseguiti da un determinato progetto. Il GME, a seguito della certificazione del GSE,

emette i certificati relativi al progetto e ne gestisce l'eventuale negoziazione nel mercato dedicato.

Il vantaggio di partecipare al meccanismo dei certificati bianchi, per le aziende dotate di un energy manager come Grafica Veneta, è la possibilità di richiedere i titoli per gli interventi di miglioramento di efficienza energetica realizzati. Possono così diminuire i consumi energetici e ottenere il beneficio economico derivante dalla vendita dei titoli. Quindi la diagnosi energetica, oltre che un obbligo, è anche un'opportunità per le aziende interessate, proprio grazie agli incentivi disponibili per gli interventi in efficienza energetica, come appunto questi Certificati Bianchi.

2.2.4 – SEU, Sistemi Efficienti di Utenza

L'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA) definisce il Sistema Efficiente di Utenza (SEU) come un “sistema in cui uno o più impianti di produzione di energia elettrica, con potenza complessivamente non superiore a 20 MWe e complessivamente installata sullo stesso sito, alimentati da fonti rinnovabili ovvero in assetto cogenerativo ad alto rendimento, gestiti dal medesimo produttore, eventualmente diverso dal cliente finale, sono direttamente connessi, per il tramite di un collegamento privato senza obbligo di connessione di terzi, all'unità di consumo di un solo cliente finale (persona fisica o giuridica) e sono realizzati all'interno di un'area, senza soluzione di continuità, al netto di strade, strade ferrate, corsi d'acqua e laghi, di proprietà o nella piena disponibilità del medesimo cliente e da questi, in parte, messa a disposizione del produttore o dei proprietari dei relativi impianti di produzione”.

Quindi i sistemi dove sono presenti solo impianti alimentati da fonti rinnovabili o di cogenerazione ad alto rendimento possono rientrare nella categoria SEU. I SEU sono una tipologia di *Sistemi Semplici di Produzione e Consumo* (SSPC). Gli SSPC sono sistemi elettrici connessi alla rete pubblica, caratterizzati dalla presenza di almeno un impianto di produzione di energia elettrica e di un'unità di consumo (come una fabbrica) direttamente collegati tra loro, in cui il trasporto di energia elettrica non si configura come attività di trasmissione o distribuzione, ma come attività di autoapprovvigionamento energetico. In questo sistema ci sono un unico produttore e un unico cliente finale, che coincide con la singola unità immobiliare in cui l'energia viene consumata. [W.15]

Nel mercato dell'elettricità, sempre meno centralizzato, stanno entrando molti piccoli produttori indipendenti. Concetti come SEU, SSPC e tutte le loro sfumature rispondono

alla necessità di regolamentare anche questi piccoli produttori di energia, per bilanciare la rete ed evitare disservizi.

Il conseguimento della qualifica SEU prevede per gli operatori l'esonero parziale dal versamento di alcune componenti tariffarie applicate sull'energia elettrica consumata all'interno del Sistema e non prelevata dalla rete elettrica. Per trarre vantaggio dal regime CAR bisogna ottenere dal GSE il riconoscimento come SEU. In 6.2 – *Trigeneratore* viene presentata la qualifica SEU che Grafica Veneta ha ottenuto per il trigeneratore.

2.2.5 – Energy audit

La diagnosi energetica, o *energy audit*, è una procedura sistematica di ispezione ed analisi degli usi di energia di un sistema, un sito, un edificio o un'organizzazione sotto il profilo costi-benefici. Ha lo scopo di identificare e quantificare i flussi di energia e le opportunità di migliorare l'efficienza energetica. [9] [27]

Un audit energetico è un passo importante per un'azienda (di qualunque dimensione o tipologia) che vuole migliorare strutturalmente e sistematicamente la propria efficienza energetica, ridurre il proprio consumo energetico e ottenere i relativi benefici economici e ambientali. [13]

Le normative della serie EN 16247 approfondiscono i requisiti di una diagnosi energetica e forniscono utili linee guida. Molto semplicemente, durante un audit si analizza il fabbisogno energetico delle aziende per rilevare uno o più profili di consumo. Spesso la diagnosi si basa sulla collaborazione tra un'azienda e un energy auditor esterno ad essa, come nel caso di questa tesi. [12]

Il decreto legislativo n° 102/2014 definisce i requisiti di legge per le diagnosi energetiche. Introduce, per le grandi aziende energivore, il dovere di fare un audit regolarmente. Describe i controlli di legge per il rispetto di tale obbligo e le sanzioni per le aziende che lo violano. Il decreto riporta anche i criteri minimi degli audit di qualità:

- sono basati su dati relativi al consumo di energia aggiornati, misurati e tracciabili
- comprendono un esame dettagliato del profilo di consumo energetico di edifici, attività o impianti industriali
- si basano sull'analisi del costo del ciclo di vita, invece che su semplici periodi di ammortamento, in modo da tener conto dei risparmi a lungo termine
- sono proporzionati e sufficientemente rappresentativi

Gli audit energetici consentono calcoli dettagliati e convalidati per le misure di efficienza energetica proposte, in modo da fornire informazioni chiare sui potenziali risparmi. [27]

Infatti, un audit fatto bene fornisce basi solide per valutare gli investimenti per il miglioramento delle prestazioni energetiche dell'azienda, individuare le opportunità di risparmio o di integrazione con le nuove tecnologie e sviluppare un piano di azione lungimirante, documentato, sicuro e sistematico.

2.2.6 – Energy performance improvement action, EPIA

La norma ISO 50015 definisce un'azione per il miglioramento delle prestazioni energetiche (EPIA) come uno o più provvedimenti implementati o pianificati nell'intento di ottenere un miglioramento della prestazione energetica attraverso cambiamenti di natura tecnologia, gestionale, operativa, comportamentale, economica o di altro tipo. L'EPIA è l'unità di azione elementare. Un esempio sono gli investimenti fatti per risparmiare energia primaria, ma una EPIA può anche avere lo scopo di ridurre i carichi di picco di un'utenza elettrica. Le EPIA possono essere generali o studiate su misura per un consumatore. [6] [12]

Per distinguere i vantaggi di una EPIA si possono paragonare due condizioni, tipicamente lo stato di un sistema prima e dopo un intervento. Per fare questo confronto si usa la *energy baseline*. La norma ISO 50001 definisce la baseline come un punto di riferimento quantitativo che fornisce una base per paragonare le prestazioni energetiche e che riflette uno specifico periodo di tempo. È abitudine normalizzare la baseline usando variabili che influenzano l'uso di energia, come la quantità di prodotti finiti dell'azienda o la temperatura esterna. [8]

Un esempio molto semplice consiste nell'usare la bolletta del gas dell'anno precedente come *baseline* per dimostrare che l'acquisto di una nuova caldaia ha ridotto il consumo di gas naturale. Il principio si vede nel seguente grafico, che mostra il risparmio di energia primaria come area tratteggiata tra la baseline (corretta) e il consumo di energia durante il periodo studiato:

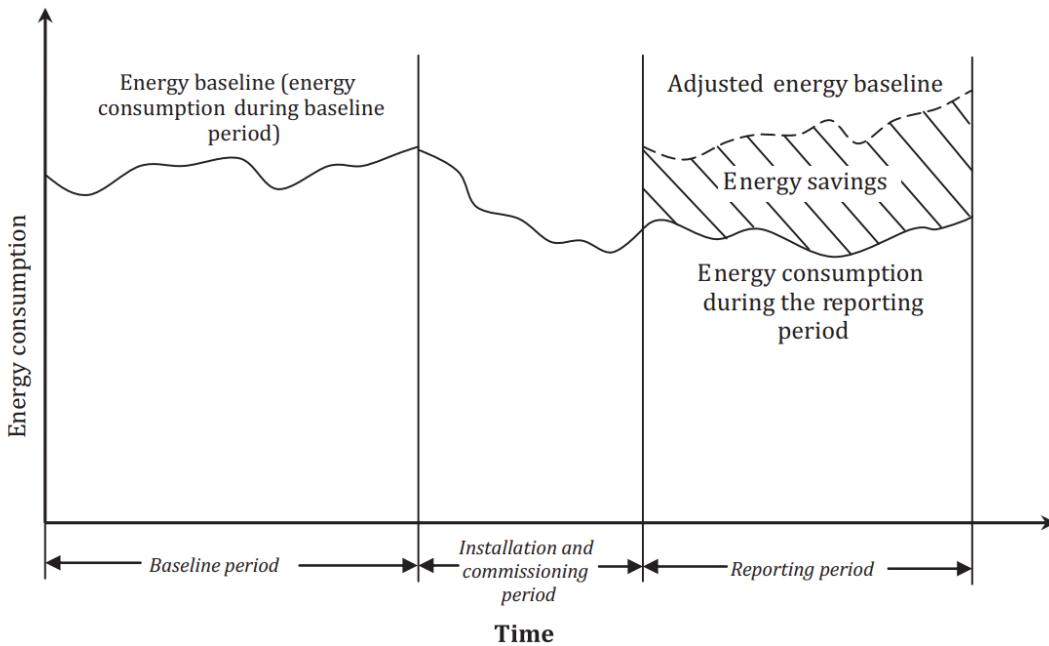


Figura 13 – Il principio dei progetti di risparmio energetico. Fonte: ISO [7]

Una misura di miglioramento dell'efficienza energetica può essere un'azione fisica, organizzativa o comportamentale intrapresa presso il sito di un utente finale (o edificio, attrezzatura, ecc.) che migliora l'efficienza energetica delle strutture o delle macchine di quell'utente, risparmiando così energia primaria. Può anche essere una “misura di facilitazione”, cioè un servizio energetico o un programma di miglioramento dell'efficienza energetica offerto all'utente finale da un'azienda o da un ente pubblico distinti da questo utente, con l'obiettivo di sostenerlo nel compiere una determinata azione fisica, organizzativa o comportamentale. [11]

Nella norma europea viene fatta una distinzione tra quei due tipi di intervento in efficienza energetica. Le “azioni dell'utente finale” sono misure di miglioramento dell'efficienza energetica attuate, appunto, da un utente finale. Invece, le “misure di facilitazione” come la regolamentazione, i regimi di sovvenzione o gli accordi volontari, stimolano le azioni degli utenti finali, ma non si traducono direttamente in risparmi energetici. Al contrario, sono mirate all'attuazione di azioni dell'utente finale che non avrebbero avuto luogo senza quelle misure di agevolazione. [11]

Questo lavoro si concentra sugli interventi del primo tipo, ovvero quelli legati a ottenere direttamente un miglioramento dell'efficienza energetica nello stabilimento di Grafica Veneta. Una discussione sugli strumenti politici per promuovere l'efficienza energetica va al di là dell'argomento di questa tesi.

Le azioni degli utenti finali possono essere il risultato di misure di facilitazione, ma possono anche essere causate da altri fattori come costi energetici elevati, progresso autonomo, forze di mercato o politiche governative non energetiche. Ad esempio, i risparmi complessivi calcolati per le nuove abitazioni possono derivare da isolamento, caldaie ad alta efficienza, standard di prestazione energetica, sovvenzioni per i pannelli solari termici o accordi volontari con le imprese di costruzione. [11]

Allora ci si può chiedere se e quanto le misure di efficienza energetica siano efficaci per ridurre il fabbisogno di energia primaria. Le critiche più comuni alle politiche e ai programmi di efficienza energetica possono essere riassunte nelle seguenti idee:

- L'effetto rimbalzo eroderà i risparmi energetici, perché i consumatori e le imprese aumenteranno la loro domanda di servizi energetici al diminuire del costo.
- La maggior parte dei risparmi energetici avverrebbe comunque grazie ai continui progressi tecnologici o all'aumento dei prezzi dell'energia.
- I tassi di sconto utilizzati per giustificare le politiche e i programmi di efficienza energetica sono troppo bassi. In genere si utilizza un tasso di sconto reale del 4-8%, ma alcuni critici sostengono che l'irreversibilità degli interventi in efficienza energetica e l'eterogeneità del mercato giustifichino l'uso di tassi di sconto molto più elevati, tra il 20% e il 35%. Di conseguenza, il tempo di recupero di questi investimenti è troppo lungo.
- I programmi di efficienza energetica finanziati dai contribuenti sono un sussidio ingiusto che provoca distorsioni nel mercato e danneggia i non partecipanti e le famiglie a basso reddito.
- I fallimenti del mercato spesso utilizzati per giustificare le politiche e i programmi di efficienza energetica sono per lo più un mito.
- I risparmi energetici sono impossibili da misurare e stimarli con precisione è troppo difficile o costoso.
- Ogni recente investimento in efficienza energetica è stato un fallimento perché negli ultimi anni il consumo di energia è aumentato nei Paesi OCSE, trascurando l'effetto del lockdown per COVID-19.
- Questi investimenti riducono la domanda nel mercato energetico, mettendo in difficoltà le imprese che producono e vendono energia, a vantaggio di altre aziende, come le ESCo, che invece offrono servizi energetici. Per i produttori di energia è difficile ristrutturare l'azienda e passare alla fornitura di servizi

energetici. Nel caso peggiore, questa transizione si traduce in perdita di competenze specifiche e di posti di lavoro.

Al di là delle critiche e delle opinioni, magari anche valide, è bene ricordare che, quando si propone una EPIA come conseguenza di una diagnosi energetica dell'azienda, i suoi amministratori possono sollevare una serie di dubbi legittimi.

È un dovere dell'energy auditor giustificare e saper difendere le sue scelte in merito agli investimenti proposti, facendo riferimento a calcoli rigorosi e ben documentati, come richiesto anche dalla norma EN 16247. [13]

2.3 – I professionisti in efficienza energetica

A seguire vengono illustrati i ruoli e le caratteristiche professionali degli individui e delle istituzioni che si occupano di efficienza energetica, con lo scopo di spiegare il modo in cui il lavoro di diagnosi energetica viene suddiviso.

2.3.1 – Le ESCo

Il D.lgs. n° 115/2008 definisce una ESCo come una "persona fisica o giuridica che fornisce servizi energetici ovvero altre misure di miglioramento dell'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. [16]

La Energy Service Company (ESCo) è un'impresa che finanzia, sviluppa e installa progetti rivolti a migliorare l'efficienza energetica e a gestire i costi relativi alle attrezzature installate a tal scopo. L'impresa viene compensata, in base ai risultati, con i risparmi conseguiti. Nella definizione fornita dal decreto, una ESCo deve accettare, in una certa misura, sia i rischi tecnici che i rischi finanziari legati ai servizi che offre.

Il lavoro delle ESCo si basa sul regime di Energy Performance Contracting (EPC), che è un accordo contrattuale tra il beneficiario e il fornitore di una misura di miglioramento dell'efficienza energetica, verificata e monitorata durante l'intera durata del contratto, dove gli investimenti realizzati sono pagati in funzione del livello di miglioramento

dell'efficienza energetica stabilito contrattualmente o di altri criteri di prestazione energetica concordati. [27]

Quindi le ESCo stipulano contratti di natura associativa per fornire servizi che aumentano il livello di efficienza energetica del loro cliente. Il successo dei loro progetti si basa sull'efficacia degli interventi di risparmio, perché le ESCo vengono ripagate in proporzione alla quantità di energia primaria risparmiata. Per loro il rischio è sia sul profitto mancato che sul ritorno del capitale che hanno investito nel progetto.

La norma UNI CEI 11352 "Gestione dell'energia - Società che forniscono servizi energetici (ESCo)" stabilisce i requisiti minimi per le società che vogliono svolgere il ruolo di Energy Service Company (ESCo). Secondo la norma, una ESCo svolge il suo lavoro effettuando un audit energetico preliminare, definendo le azioni da svolgere per l'efficientamento ed infine verificando l'esito di queste azioni. Una ESCo deve possedere la capacità di realizzare e mantenere aggiornato un sistema di gestione dell'energia conforme alla norma ISO 50001. Le ESCo sono quindi organizzazioni fondamentali che detengono le competenze professionali per svolgere le diagnosi energetiche.

Per quanto riguarda i certificati bianchi, le ESCo rappresentano il principale legame tra il comune cittadino (o le piccole aziende) e il meccanismo incentivante, perché consentono a operatori non esperti di accedere alle agevolazioni previste dal sistema dei certificati bianchi, facendo da tramite tra il cliente finale e GSE.

2.3.2 – L'energy manager

Secondo la legge italiana, esistono due figure di riferimento che si occupano dell'efficienza energetica nelle aziende.

La prima è quella dell'Energy Manager, introdotta dalla legge n° 10/1991 e obbligatoria per le imprese energivore. È il tecnico responsabile per la conservazione e l'uso razionale dell'energia. Si occupa della gestione e dell'uso efficiente dell'energia all'interno (o per conto) di un'azienda. Individua azioni, interventi, procedure e quanto necessario per promuovere l'uso razionale dell'energia. Assicura la predisposizione di bilanci energetici, raccoglie e controlla i dati energetici, anche al fine di elaborare piani di ottimizzazione. È il responsabile del sistema di gestione dell'energia. L'energy manager è un soggetto che supporta il decisore in merito al miglior utilizzo dell'energia nella struttura di sua competenza, quindi dovrebbe un'autorità equivalente a quella di un direttore. La legge non prevede obblighi particolari per quanto riguarda i requisiti o le certificazioni di un

energy manager, ma le aziende con elevati consumi energetici annuali hanno l'obbligo di nominare un energy manager. [17]

In Grafica Veneta l'Energy Manager è Antonio Dicensi, che ha partecipato ai lavori di diagnosi come referente, fornendo dati e pareri sull'azienda e sulle sue priorità.

La seconda figura è l'EGE, Esperto in Gestione dell'Energia, una qualifica introdotta in Italia dalla norma UNI CEI 11339 e dal D.lgs. 115/2008 per identificare un professionista dotato di conoscenza ed esperienza nel campo dell'energia. L'EGE ha le necessarie competenze tecniche, ambientali, economiche, finanziarie e gestionali, sa operare nel mercato liberalizzato dell'energia ed è consapevole degli obiettivi ambientali al centro delle politiche energetiche pubbliche. Anche il D.lgs. n° 102/2014 si occupa dei requisiti e dei privilegi dell'EGE. I requisiti si concentrano sul titolo di studio e sugli anni di esperienza lavorativa. Un EGE certificato secondo la UNI CEI 11339 deve avere competenze specifiche sull'efficienza energetica e può effettuare la Diagnosi energetica presso le imprese soggette all'obbligo di audit. Altre mansioni tipiche degli EGE sono l'elaborazione di pratiche per l'ottenimento di certificati bianchi, la progettazione impiantistica, l'elaborazione di studi di fattibilità, la diagnosi energetica in impianti industriali, la gestione della contabilità energetica e il mantenimento del sistema di gestione dell'energia secondo quanto indicato dalla ISO 50001. [W.4]

Una differenza importante tra questi due ruoli è nei requisiti che, pur essendo simili, nell'EGE sono più specifici e devono soddisfare gli standard richiesti dalla normativa, superando l'esame di certificazione, che agli energy manager non è richiesto. Quindi un Energy Manager può essere anche, ma non necessariamente, un EGE.

2.3.3 – L'energy auditor

La norma EN 16247 definisce l'energy auditor come un individuo o un'organizzazione che svolge una diagnosi energetica, inclusi eventuali subappaltatori. [12]

Nella normativa italiana lo si chiama Referente della Diagnosi Energetica (REDE).

La fiducia nel processo di audit energetico dipende dalla competenza dell'auditor. La parte 5 della EN 16247 definisce in modo dettagliato questa figura professionale. Specifica le competenze di cui l'energy auditor ha bisogno per implementare efficacemente i requisiti della EN 16247. L'obiettivo della norma è di armonizzare la formazione, le competenze e l'esperienza necessarie agli energy auditor per garantire una qualità adeguata ai servizi di diagnosi energetica.

Le capacità, l'esperienza e gli attributi dell'auditor energetico sono individuali. Tuttavia, i siti più grandi e le organizzazioni più complesse richiedono le competenze di una varietà di esperti tecnici che lavorano insieme. I requisiti inclusi nella normativa vogliono definire un auditor energetico in grado di comprendere gli obiettivi, le esigenze e le aspettative dell'organizzazione in merito all'audit energetico. [13]

In particolare, i requisiti riguardano le caratteristiche personali e le conoscenze. Le caratteristiche personali richieste all'energy auditor sono espresse sulle abilità comunicative e professionali, sui principi etici e sulla capacità di gestire l'intero processo di diagnosi energetica. All'energy auditor è richiesta una conoscenza sufficientemente approfondita delle leggi e normative pertinenti al lavoro, delle nozioni tecniche (come i principi della termodinamica), delle informazioni sull'organizzazione soggetta all'audit (come i vettori energetici effettivamente utilizzati), del metodo con cui redigere e presentare un audit (ad es. saper quantificare ed analizzare gli usi di energia) e delle nozioni economiche per valutare gli investimenti. La normativa pone anche dei requisiti sull'esperienza educativa e lavorativa dell'energy auditor. [13]

L'energy auditor svolge le diagnosi energetiche applicando le indicazioni delineate nelle leggi e normative presentate nel prossimo capitolo.

CAPITOLO 3 – Il quadro normativo

Gli audit energetici sono procedure regolamentate da diverse misure. Alcune di queste sono obblighi di legge, provenienti da enti locali o persino internazionali, altre sono normative che regolano iniziative di carattere facoltativo. Il rispetto delle linee guida è fondamentale per fare una buona analisi. Questo capitolo contiene una breve spiegazione di leggi e norme consultate in questo lavoro di diagnosi. Mette in evidenza gli obblighi e gli incentivi che interessano, in particolare, le aziende del comparto manifatturiero come Grafica Veneta.

La stessa norma EN 16247 indica che l'energy auditor deve avere un'adeguata conoscenza delle leggi, provvedimenti, regole e normative che governano i lavori nel paese in cui si sta facendo l'audit. [13]

3.1 – Le autorità

A seguire si fornisce una prospettiva sui legislatori e le istituzioni che regolano il settore economico degli investimenti in efficienza energetica. Se l'azienda si rivolge all'energy auditor, poi questo comunica con le seguenti istituzioni per aggiornarsi sugli obblighi e richiedere gli incentivi. I livelli di responsabilità dei decisori pubblici sono tre: unione europea, stato italiano ed enti locali. In Italia, la riforma del titolo V della costituzione ha reso l'energia una materia condivisa tra stato e regioni.

3.1.1 – L'unione europea e il CEN

Con l'ingresso nell'Unione Europea, molte scelte strategiche sono ora imposte su scala internazionale. Le normative tecniche e le politiche per l'ambiente (sviluppo delle fonti rinnovabili, riduzione delle emissioni di CO₂, risparmio energetico, ...) sono gli esempi più rilevanti. La competenza nazionale si applica a valle delle decisioni già prese a livello europeo.

L'unione europea regola le procedure di energy audit con direttive europee che fissano requisiti per le aziende energivore. Fissa, inoltre, obiettivi legati alle prestazioni energetiche e all'ecosostenibilità a lungo termine. Questi includono target e piani di sviluppo legati all'efficienza energetica. Ad esempio, con la direttiva 2018/2002/UE è stato stabilito un obiettivo (minimo) di efficienza energetica per il 2030 del 32.5%

(successivamente aumentato al 39%) rispetto all'uso di energia previsto per quell'anno nelle proiezioni. Questo si traduce in un consumo di energia finale di 956 Mtoe, o 1273 Mtoe di energia primaria nell'unione europea nel 2030. [18]

Questi obiettivi vengono aggiornati nel tempo. Vengono trattati in 3.2.5 – *Direttive e decreti attuativi sull'efficienza energetica*. In questo lavoro di tesi, le normative europee rivestono un'importanza maggiore. Infatti, le linee guida per le diagnosi energetiche e gli investimenti in efficienza energetica sono, per la maggior parte, armonizzate a livello internazionale. Di questo si occupa il CEN.

Il Comitato europeo di normazione (CEN) è un ente normativo che ha lo scopo produrre norme tecniche europee (*european norms*, EN) in collaborazione con enti normativi nazionali e internazionali come l'ISO. Il CEN lavora in accordo alle politiche dell'Unione europea e dell'associazione europea di libero scambio (EFTA). È responsabile della normalizzazione in tutti i settori eccetto quello elettronico e quello delle telecomunicazioni. L'attività del CEN ha lo scopo di facilitare il commercio tra paesi membri, armonizzando le rispettive norme nazionali e cooperando con le organizzazioni europee politiche, economiche e scientifiche interessate alla normalizzazione. Gli standard europei prodotti dal CEN sono implementati dai singoli paesi che li accolgono. In Italia, questo lavoro è svolto dall'UNI.

3.1.2 – Lo stato italiano e l'ente UNI

Sulle aziende gravano numerosi obblighi legati all'uso dell'energia. Alcuni sono definiti dall'unione europea sotto forma di linee guida, che vengono poi implementate dagli stati membri. Lo stato italiano rimane competente e sovrano nelle scelte strategiche in tema di energia. Ad esempio, decide la struttura dei mercati e delle aziende energetiche, applica tasse sui combustibili fossili e gestisce gli investimenti nelle centrali e nelle infrastrutture energetiche più grandi. Fa da mediatore tra le comunità locali per consentire investimenti utili su scala nazionale ma inopportuni se ci si limita all'analisi costi-benefici su scala locale, come i rigassificatori.

In Italia sono il Ministero dello sviluppo economico e il Ministero dell'ambiente, anche attraverso le organizzazioni da loro controllate, le autorità di riferimento per gli energy auditor. Gestiscono i controlli per garantire il rispetto degli obblighi trattati in 3.3 – *Obblighi di legge* e si occupano dell'erogazione degli incentivi presentati in 3.4 – *Incentivi*,

sono quindi gli interlocutori pubblici con cui i professionisti in efficienza energetica interagiscono.

Invece, l'ente italiano di normazione (UNI) è un'associazione privata che svolge attività di normazione tecnica. Opera in tutti i settori industriali, escluso quello elettrotecnico ed elettronico. Rappresenta l'Italia nelle attività di sviluppo, recepimento, traduzione e pubblicazione delle norme degli organismi internazionali ISO e CEN. Pubblica anche rapporti tecnici che rappresentano utili linee guida nell'applicazione delle norme europee alla realtà italiana. L'UNI si serve di enti federati per campi specifici di competenza, che sono particolarmente importanti per il settore energia. Uno è il Comitato termotecnico italiano (CTI) che si occupa degli ambiti della termotecnica, della produzione e dell'uso di energia termica. Un altro è il Comitato italiano gas (CIG) che si occupa dell'attività di normazione del settore gas.

3.1.3 – Le altre istituzioni

Un'azienda italiana che vuole rispettare i moderni standard di efficienza energetica e sostenibilità dovrà sicuramente interfacciarsi, anche attraverso un esperto esterno, con l'unione europea, lo stato italiano e le norme di UNI e CEN. Noterà che i provvedimenti di legge sui consumi energetici hanno seri limiti. Sono emanati da decisori politici che sono sempre tentati di intervenire per fini propri, diversi dalla regolazione ottimale del settore.

Inoltre, le leggi in materia di energia devono essere molto specifiche, sia nelle definizioni che nell'ambito di applicazione. Si deve fare riferimento a quantità numeriche e prevedere eccezioni per i casi particolari. Questo richiede competenza, attenzione e un sostanzioso flusso di informazioni. Non sempre il decisore pubblico è in possesso di una quantità di dati sufficiente ad elaborare misure di legge dettagliate ed efficaci.

Come se non bastasse, i legislatori si affidano a figure competenti e consulenti esterni che spesso arrivano dalle stesse aziende del settore energetico che si sta cercando di regolamentare. Avranno quindi l'interesse ad influenzare la legge a loro favore, cosa che potrebbe non coincidere con il massimo beneficio sociale complessivo.

Un ultimo limite è sull'attenzione del legislatore. Il consumo di energia è solo una delle tante questioni di carattere politico, sociale o diplomatico alle quali il decisore pubblico è interessato. Lo stesso ministero dell'ambiente, al di là delle competenze in materia di energia, ha funzioni anche in tema di ambiente, ecosistema, tutela del patrimonio marino e atmosferico, valutazione di impatto ambientale, tutela del suolo dalla desertificazione e

del patrimonio idrogeologico. È chiaro che, in queste condizioni, il ministero non può dedicare tutte le risorse e l'attenzione allo studio di leggi in materia di energia.

Tutti questi fattori interagiscono tra loro, introducendo distorsioni importanti nell'effetto che i provvedimenti di legge hanno sulle industrie interessate. Tuttavia, essendo il tema dell'uso di energia molto attuale, numerose organizzazioni non governative hanno redatto standard che le aziende possono rispettare per migliorare, tra le altre cose, anche le loro prestazioni energetiche. Nel caso di Grafica Veneta è importante fare riferimento alle norme ISO, ai PAS di BSI e alle certificazioni di FSC e PEFC, che attestano la qualità delle misure intraprese dall'azienda per usare in modo responsabile l'energia e le materie prime nel processo produttivo.

L'Organizzazione internazionale per la normazione (ISO) è la più importante organizzazione a livello mondiale per la definizione di norme tecniche. I suoi membri sono gli organismi nazionali di standardizzazione di 164 paesi. L'ISO pubblica diversi documenti, tra cui le normative, le specifiche disponibili pubblicamente (PAS) e le guide. [W.5] Grafica Veneta ha certificato il rispetto di diverse norme ISO, in particolare la ISO 14001 *"Sistemi di gestione ambientale - Requisiti e guida per l'uso"*, descritta in 3.2.2 – *La normativa UNI EN ISO 14001*.

La British Standards Institution (BSI) è l'istituzione del Regno Unito che si occupa di redigere e pubblicare normative. Produce specifiche tecniche su un'ampia gamma di prodotti e servizi, e certifica il rispetto di numerose normative ISO e BSI stesse. Come l'UNI, anche BSI recepisce le normative europee, che vengono pubblicate sotto il nome BS EN. Come l'ISO, anche BSI produce normative PAS disponibili pubblicamente. Questi documenti definiscono le pratiche di un buon prodotto, servizio o processo, e permettono di confermare la validità di un approccio innovativo. E questo, per le misure di efficienza energetica e riduzione delle emissioni, è particolarmente importante.

Il Forest Stewardship Council (FSC) è un'organizzazione senza scopo di lucro che ha creato un sistema di certificazione forestale riconosciuto a livello internazionale, con lo scopo di garantire la gestione corretta delle foreste e la tracciabilità dei prodotti derivati. A questi prodotti si applica il logo FSC, per indicare che sono stati realizzati con materie prime derivanti da foreste correttamente amministrate secondo i principi della gestione forestale e della catena di custodia. La certificazione FSC è indipendente ed effettuata da enti terzi, a loro volta accreditati dall'ente internazionale ASI. In Italia FSC è rappresentato da FSC Italia. [W.6]

Anche il *Programme for the Endorsement of Forest Certification* (PEFC), come FSC, è un'organizzazione internazionale, ad ombrello, che promuove un sistema di certificazione forestale di terze parti, sviluppato con un processo decisionale che coinvolge diversi stakeholder. [W.7]

FSC e PEFC hanno quindi un ruolo simile a istituzioni come ISO e CEN, con la differenza che gli standard di FSC e PEFC sono ristretti ad un ambito molto specifico. Inoltre, gli obiettivi di ISO e FSC sono molto diversi.

3.2 – Le leggi e normative più importanti

Di seguito sono elencate e spiegate le normative e le leggi che incidono maggiormente nell'ambito di una diagnosi energetica. Molte di queste sono generali e valide per organizzazioni di diverso tipo e dimensione, ma in questo lavoro di tesi l'analisi si concentra sugli aspetti più importanti per imprese come Grafica Veneta.

3.2.1 – La norma UNI CEI EN ISO 50001

La norma UNI CEI EN ISO 50001 “Sistemi di gestione dell'energia - Requisiti e linee guida per l'uso” consente alle aziende di ottimizzare, tramite un processo di miglioramento continuo, l'utilizzo di energia e l'efficienza energetica. La norma specifica i requisiti per creare, avviare, mantenere e migliorare un sistema di gestione dell'energia (EnMS) per l'azienda. [8]

Un EnMS è un insieme di elementi che interagiscono all'interno di un piano che stabilisce un obiettivo di efficienza energetica e una strategia atta a conseguirlo. [27]

Integrare nelle pratiche aziendali un EnMS certificato ISO 50001 contribuisce a migliorarne le prestazioni energetiche, a ridurre i consumi energetici e i relativi costi, aumentando il profitto e il vantaggio competitivo dell'azienda. Inoltre, l'implementazione della norma permette di comunicare ai clienti che l'azienda sta lavorando per raggiungere gli obiettivi generali di mitigazione del cambiamento climatico, riducendo le emissioni di gas serra e gli altri impatti ambientali legati all'approvvigionamento energetico. [8]

Lo sviluppo e l'implementazione di un EnMS richiede una politica energetica, obiettivi e piani d'azione relativi all'efficienza e all'uso dell'energia, nel rispetto dei requisiti di legge. La norma fornisce i requisiti per definire un processo sistematico, trasparente, basato sui

dati e incentrato sul miglioramento continuo delle prestazioni energetiche.

La prestazione energetica è un elemento chiave per garantire risultati efficaci e misurabili nel tempo. È correlata all'efficienza energetica e all'utilizzo dell'energia. La norma prevede l'uso degli indicatori di prestazione energetica (EnPI) e delle baseline (EnB), già presentate in 2.2 – *La terminologia*, per dimostrare il miglioramento delle prestazioni energetiche dell'azienda. [8]

Gli EnMS compatibili con questa norma si basano sulla strategia di miglioramento continuo Plan-Do-Check-Act (PDCA) e prevedono di incorporare la gestione dell'energia nelle pratiche organizzative già esistenti in azienda. L'approccio PDCA per gli EnMS si divide in 4 fasi:

- Plan: in questa fase si deve comprendere la struttura aziendale, stabilire una politica energetica e un team di responsabili, condurre una diagnosi energetica, identificare gli usi energetici significativi, stabilire indicatori di prestazione energetica, baseline, obiettivi e piani d'azione per fornire risultati che miglioreranno le prestazioni energetiche. Tale fase ricalca esattamente l'ambito di questo lavoro di tesi
- Do: consiste nell'attuare i piani d'azione, rispettando il lavoro fatto nella fase precedente. Ovviamente in questa tesi non c'è il potere decisionale di imporre all'azienda le raccomandazioni di investimento elaborate
- Check: si deve monitorare, misurare, analizzare, valutare e controllare la gestione delle prestazioni energetiche e dell'EnMS
- Act: affrontare gli imprevisti e migliorare continuamente le prestazioni energetiche dell'azienda e il suo EnMS

Due aziende che svolgono operazioni simili, ma con prestazioni energetiche diverse, possono essere entrambe conformi ai requisiti della ISO 50001. Infatti, questa norma richiede “la dimostrazione del miglioramento continuo delle prestazioni energetiche”, ma non definisce i livelli di miglioramento delle prestazioni energetiche da raggiungere. [8]

La norma contiene i requisiti utilizzati per valutare la conformità dell'EnMS di un'azienda. Per dimostrare la conformità alla norma, un'azienda può fare un'autovalutazione o far certificare il suo EnMS da un'organizzazione esterna. [8]

3.2.2 – La normativa UNI EN ISO 14001

L'equilibrio sostenibile tra ambiente, società ed economia è essenziale per soddisfare i bisogni del presente senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare i propri. Le aspettative del pubblico in merito si sono evolute e le leggi sono sempre più stringenti. Questo spinge le aziende a adottare un approccio sistematico alla gestione ambientale. La ISO 14001 “Sistemi di gestione ambientale – Requisiti e guida per l’uso” è una norma che fissa i requisiti di un sistema di gestione ambientale per un’azienda. Anche questa si ispira al modello Plan-Do-Check-Act (PDCA). In Italia si applica la versione UNI EN ISO 14001. Un’azienda può utilizzare questa norma per migliorare le proprie prestazioni ambientali e raggiungere i risultati attesi, in modo da fornire valore per l’ambiente e per tutte le parti interessate, inclusa l’azienda stessa. Coerentemente con la politica ambientale dell’impresa, i risultati previsti di un sistema di gestione ambientale includono il miglioramento delle prestazioni ambientali e l’adempimento degli obblighi di legge. [19]

Questa norma si applica (anche) ad aziende di qualsiasi dimensione, tipo e natura, agli aspetti ambientali delle loro attività, ai prodotti e servizi con un impatto ambientale degno di attenzione. La ISO 14001 non propone una certificazione di prodotto come i marchi ecologici, piuttosto una certificazione di processo. Si tratta infatti di uno standard certificabile: contiene i requisiti usati per valutare la conformità di un’azienda. Questo si può fare attraverso una semplice autovalutazione, oppure ottenendo una certificazione del proprio sistema di gestione ambientale da parte di un ente accreditato esterno. Questo non è obbligatorio, ma è frutto della scelta volontaria dell’azienda che decide di stabilire, attuare, mantenere attivo e migliorare sistematicamente il proprio sistema di gestione ambientale. Come per le altre norme di carattere volontario, le dichiarazioni di conformità a questa norma sono accettabili solo se tutti i suoi requisiti sono incorporati nel sistema di gestione ambientale dell’azienda, senza esclusioni. [19]

Lo scopo della norma è fornire alle organizzazioni un approccio sistematico per rispondere alle mutevoli condizioni ambientali, in equilibrio con le necessità sociali ed economiche. A questo fine specifica i requisiti che consentono ad un’azienda di raggiungere i risultati previsti per il suo sistema di gestione ambientale, come:

- prevenire o attenuare gli impatti ambientali negativi
- mitigare l’effetto negativo delle condizioni ambientali sull’azienda
- progettare e vendere i prodotti senza che gli impatti ambientali vengano spostati involontariamente altrove all’interno del loro ciclo di vita

- comunicare informazioni ambientali alle parti interessate, curando l'immagine

La corretta implementazione della norma garantisce agli interessati che esiste un efficace sistema di gestione ambientale in azienda. Tuttavia, una certificazione ISO 14001 non assicura di per sé prestazioni ambientali di qualità, né dimostra un basso impatto ambientale, perché la norma non stabilisce specifici criteri di prestazione ambientale. [19]

Dimostra invece che l'organizzazione certificata ha un sistema di gestione adeguato e tiene sotto controllo gli impatti ambientali delle proprie attività, cerca di migliorarli in modo coerente, efficace e sostenibile. Infatti, due aziende con diversi obblighi di conformità, impegni nella loro politica ambientale, tecnologie e obiettivi di prestazione ambientale possono entrambe conformarsi ai requisiti di questa norma. Il livello di dettaglio e la complessità del sistema di gestione ambientale variano a seconda dell'azienda. [19]

I requisiti del sistema di gestione ambientale previsti nella norma sono del tutto generali, applicabili a qualsiasi tipo di organizzazione e descrivibili con il modello del miglioramento continuo del ciclo PDCA. Questo consiste nello stabilire gli obiettivi e processi ambientali necessari (*Plan*), implementare i processi come pianificato (*Do*), monitorarli riportando i risultati (*Check*) e intraprendere azioni per migliorarli (*Act*). La politica ambientale è il punto di riferimento per impostare le attività e definire gli obiettivi ambientali dell'azienda. Rappresenta l'impegno formale che l'alta direzione assume nei confronti del miglioramento continuo del sistema di gestione ambientale. [19]

3.2.3 – La norma UNI CEI EN 16247 sulle diagnosi energetiche

Una diagnosi energetica è un passo importante per un'azienda desiderosa di migliorare le sue prestazioni energetiche e ridurre il consumo di energia per ottenere i conseguenti benefici ambientali e di altro tipo. La norma UNI CEI EN 16247 specifica i criteri relativi alle Diagnosi energetiche. È stata aggiornata proprio nel 2022 e si può applicare a tutte le aziende e forme di energia. Armonizza gli aspetti comuni dell'audit energetico per fornire più chiarezza e trasparenza al mercato dei servizi di diagnosi energetica, mantenendo la consapevolezza delle differenze nell'approccio a seconda di portata, obiettivi e completezza per le diverse aziende. Questa norma si applica (anche) alle imprese come Grafica Veneta, ma non si occupa delle proprietà dello schema di audit energetico come l'amministrazione, la formazione degli auditor, i problemi di controllo della qualità o gli strumenti degli auditor. La norma EN 16247 è divisa in 5 parti.

La parte 1 “requisiti generali” copre i requisiti, la metodologia comune e i risultati per le diagnosi energetiche. Esprime requisiti su:

- la qualità e le caratteristiche del processo di audit e della relazione risultante
- la competenza, oggettività e trasparenza dell'auditor stesso, approfondite in [13] e in 2.3.3 – *L'energy auditor*
- le fasi del processo di audit. Questa parte considera l'incontro preliminare, la fase di raccolta e revisione dei dati disponibili, il metodo di misura, le visite in sito, l'analisi degli indicatori di prestazione energetica, la composizione dei bilanci energetici, la valutazione degli investimenti e la struttura della relazione finale

Il processo di audit delineato in questa parte della normativa segue la struttura mostrata nella prossima figura. Come si vede, la diagnosi energetica si può fare secondo una semplice sequenza cronologica, ma questo non proibisce comunque di ripetere alcuni passaggi in modo iterativo.

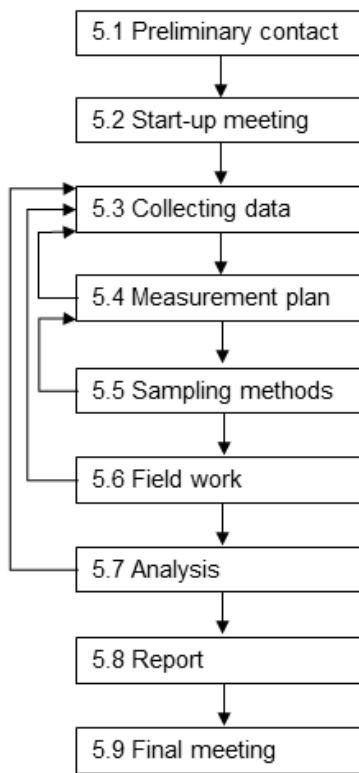


Figura 14 – Scaletta per l'esecuzione di un energy audit. Fonte: EN 16247 [12]

L'uso e il funzionamento degli edifici e degli apparecchi in essi contenuti richiede la fornitura di servizi energetici. Questo rende vantaggiosa l'adozione di un Energy Management System (EnMS). Un audit energetico può far parte di un EnMS a livello del

sito di produzione dell'azienda. A questo proposito, la parte 2 “Edifici” specifica i requisiti, la metodologia e i risultati di un audit energetico in un edificio o un gruppo di edifici. È applicata assieme alla EN 16247-1 e fornisce requisiti aggiuntivi. Gli audit energetici coperti da questo standard non coincidono necessariamente con gli attestati di prestazione energetica (e il resto della documentazione richiesta per legge) degli edifici analizzati. La struttura della seconda parte di norma coincide con quella della parte 1, ma in questo caso si spiega meglio come applicare il metodo di diagnosi agli edifici in particolare, anche con esempi di indicatori di prestazione energetica adatti a descrivere e confrontare edifici. [20]

Esistono vari settori economici con differenze importanti nei processi produttivi e quindi nel loro uso di energia. La parte 3 della normativa definisce le caratteristiche, i requisiti, la metodologia e i risultati di un buon audit energetico per un processo industriale. Si applica, in aggiunta ai requisiti generali della EN 16247-1, a siti o parti di siti in cui una parte significativa del consumo di energia è dovuta a processi. Un processo può includere una o più linee di produzione o servizi, uffici, laboratori, centri di ricerca e magazzini. [21]

A causa della mobilità dei mezzi di trasporto, l'audit energetico in questo settore è particolarmente impegnativo: le riunioni sono più difficili da organizzare e le macchine sono più difficili da ispezionare. La parte 4, “Trasporti”, specifica i requisiti, la metodologia e i risultati specifici degli audit energetici di risorse mobili come camion, treni, navi, aeromobili e impianti mobili in generale. È utilizzata in combinazione con la EN 16247-1 per la quale fornisce requisiti aggiuntivi che si applicano alle diverse modalità di trasporto (stradale, ferroviario, marittimo e aereo) e a ciò che viene trasportato (merci e persone). Affronta in particolare le difficoltà di svolgere le misure sui veicoli in movimento senza disturbare gli utenti. Definisce e consiglia indicatori di prestazione energetica ottimizzati per i trasporti. [22]

La parte 5, “competenze degli energy auditor”, come già visto in 2.3.3 – *L'energy auditor*, descrive le caratteristiche degli esperti che fanno le diagnosi energetiche.

Un valido aiuto per l'applicazione della norma UNI CEI EN 16247-2 nello svolgimento degli audit arriva dal Rapporto Tecnico UNI TR 11775:2020 “Diagnosi Energetiche – Linee guida per le diagnosi energetiche degli edifici” a cura del CTI. Il documento fornisce linee guida per applicare la norma alle diagnosi energetiche degli edifici ad uso residenziale, terziario o assimilabile. Descrive i requisiti dell'auditor, le caratteristiche fondamentali di un audit energetico e le fasi della procedura, punto per punto, fornendo all'auditor indicazioni e procedure operative. Grazie a queste, l'auditor potrà raccogliere e analizzare i costi

energetici, i servizi energetici e la documentazione tecnica disponibile, costruendo quindi l'inventario energetico. Potrà eseguire le verifiche e le ispezioni necessarie. Potrà individuare le azioni di miglioramento dell'efficienza energetica, fare l'analisi costi-benefici e valutare la priorità degli interventi. [32]

L'applicazione della norma EN 16247 alla realtà di Grafica Veneta è parte fondamentale di questo lavoro di tesi. Si fa riferimento al *CAPITOLO 4 – Implementazione della norma EN 16247*.

3.2.4 – La normativa BSI PAS 2060

Implementare in modo efficace un sistema di gestione delle emissioni di carbonio è fondamentale contrastare i cambiamenti climatici. Lo si fa con diversi obiettivi. Il più ambizioso di questi è il raggiungimento della neutralità carbonica, cioè di un equilibrio tra le emissioni e l'assorbimento di CO₂. Si parla di quel momento in cui l'azienda smetterà di aggiungere ulteriore gas serra nell'atmosfera. In alcuni mercati la “neutralità carbonica” è un indicatore importante per i consumatori che desiderano scegliere prodotti e servizi più ecologici. In questi settori il BSI ha fornito definizioni comuni ed un metodo di convalida che ha contribuito a dare credibilità al concetto di *carbon neutrality*. La norma BSI PAS 2060 è uno standard riconosciuto a livello internazionale che consente alle aziende di dimostrare la neutralità delle emissioni di CO₂ in conformità ai più rigorosi requisiti ambientali. Fornisce un mezzo credibile per determinare e dimostrare la *carbon neutrality*. Applicare questa norma consente di identificare le aree critiche e gli ambiti di miglioramento delle emissioni inquinanti, e contribuisce alla buona immagine aziendale in termini di sostenibilità. Se si rispettano i principi fondamentali di trasparenza e responsabilità in merito alle dichiarazioni di *carbon neutrality* si può costruire un rapporto di fiducia e sicurezza con i consumatori, che potranno fare scelte informate e sostenere le aziende che adottano i comportamenti più virtuosi. [23]

Questa specifica prevede una delle due forme di dichiarazione seguenti:

- la dichiarazione di **impegno** alla neutralità carbonica, che richiede all'azienda di quantificare la sua impronta carbonica e di documentare un piano per gestirla e per descrivere come si intende raggiungere la neutralità
- la dichiarazione di **raggiungimento** della neutralità carbonica, che richiede che l'azienda abbia ottenuto riduzioni dell'impronta carbonica e abbia compensato le emissioni residue di gas serra

Ciascuna dichiarazione si applica solo all'ambito e al periodo certificato: se l'azienda intende estenderla a periodi futuri, sarà necessaria un'ulteriore verifica. La normativa definisce la metodologia per quantificare l'impronta carbonica, considerando sia le emissioni dirette che quelle indirette. Inoltre, raggiungere la *neutralità* esclusivamente attraverso la riduzione diretta delle emissioni di gas serra è proibitivo nella maggior parte dei casi, quindi solitamente anche i provvedimenti indiretti (cioè di compensazione) svolgono un loro ruolo. La norma definisce anche le caratteristiche della documentazione obbligatoria, tra cui i requisiti per la “dichiarazione esplicativa qualificante” (QES) che l'azienda deve produrre a sostegno della dichiarazione di impegno per la neutralità carbonica. [23]

Grafica Veneta, che già da tempo ha scelto di alimentarsi tramite energia solare, ha ottenuto la certificazione di *carbon neutrality* per il processo di stampa e legatoria seguendo questa norma e producendo sia la Dichiarazione di impegno (commitment) che la Dichiarazione di raggiungimento (achievement) della neutralità carbonica. Questo si deve principalmente all'impianto fotovoltaico installato sul tetto dello stabilimento di 100 000 m². [W.8]

3.2.5 – Direttive e decreti attuativi sull'efficienza energetica

Utilizzare l'energia in modo più efficiente permette di consumarne meno, ridurre le bollette energetiche, proteggere l'ambiente, mitigare i cambiamenti climatici, ridurre la dipendenza dai paesi fornitori di combustibili fossili e promuovere la crescita sostenibile dell'economia. Per ottenere questi vantaggi bisogna migliorare l'efficienza energetica lungo tutta la filiera, dalla produzione al consumo finale, in modo che i benefici del risparmio energetico superino i costi, come quelli dei lavori di ristrutturazione. [W.10]

Come evidenziato in 3.1.1 – *L'unione europea e il CEN*, le direttive europee sono tra gli strumenti più importanti per quanto riguarda l'efficienza energetica. Le direttive principali su questo tema sono:

- 2004/8/CE recepita dal D.lgs. n° 20/2007, non più in vigore
- 2006/32/CE recepita dal D.lgs. n° 115/2008, non più in vigore
- 2012/27/UE recepita dal D.lgs. n° 102/2014
- 2018/2002/UE recepita dal D.lgs. n° 73/2020

Si possono consultare tramite l'archivio online. [W.9]

Queste pongono come obiettivo l'efficienza energetica negli usi finali di energia e nei servizi energetici. Le direttive puntano ad allineare le leggi dell'UE agli obiettivi del 2030 per il clima e l'energia, con l'intento di ridurre la dipendenza dell'Europa dalle importazioni di energia, ridurre le emissioni, promuovere l'occupazione e la crescita, rafforzare i diritti dei consumatori e alleviare la povertà energetica. La direttiva del 2012, modificata nel 2018, stabilisce obblighi e obiettivi di efficienza energetica dell'UE:

- tra gli obiettivi chiave per il 2020, fissati nel 2007 dai governi dell'UE, spicca il miglioramento del 20% dell'efficienza energetica
- per il 2030 è stato posto un obiettivo di efficienza energetica nell'UE del 32.5% (poi aumentato al 39%) rispetto alle proiezioni dell'uso di energia previsto nel 2030. Nel *Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima 2030* si lavora per una riduzione dei consumi di energia primaria del 43% in Italia
- tra gli obblighi si ricorda quello, per le aziende energivore, di completare una diagnosi energetica ogni 4 anni a partire dal 2015

Il D.lgs. n° 102/2014, che implementa la direttiva in Italia, è anche un punto di riferimento per le diagnosi energetiche. Stabilisce che per adempiere all'obbligo di diagnosi si possono usare le analisi energetiche presenti all'interno di un sistema di gestione ISO 14001, a condizione che rispettino i requisiti del decreto stesso. [27]

Il principio è di prevedere delle agevolazioni per chi implementa uno dei sistemi di gestione volontari conformi alle normative. Si cerca di convincere le imprese ad investire, ad esempio, in un sistema di gestione conforme alla ISO 14001, che può essere usato anche come fonte di dati per facilitare il lavoro di diagnosi reso obbligatorio da questo decreto.

Un altro tema fondamentale di queste direttive è il "principio dell'efficienza energetica al primo posto", che consiste nel favorire le migliori misure di efficienza energetica (in termini di costi) nella definizione della politica energetica e nell'adozione delle decisioni di investimento conseguenti. Nelle direttive, l'efficienza energetica è considerata uno dei pilastri fondamentali per raggiungere gli obiettivi climatici e per ridurre la dipendenza dai combustibili fossili provenienti dall'estero, aumentando la sicurezza dell'approvvigionamento. Il principio punta a trattare l'efficienza energetica come una fonte di energia a sé stante in cui investire prima di altre fonti energetiche più complesse o costose. Si vuole dare la priorità a queste "soluzioni dal lato della domanda" quando sono più convenienti rispetto agli investimenti nelle infrastrutture energetiche. La riduzione della domanda di energia riduce a sua volta gli investimenti necessari per la

transizione verso le energie rinnovabili e promuove un uso più razionale delle risorse limitate, aumentando la resilienza del sistema energetico. [W.10]

3.2.6 – Direttive europee sull'uso di energia da fonti rinnovabili

Il settore energetico è responsabile di oltre il 75% delle emissioni di gas serra nei paesi dell'UE. Aumentare la quota di energia rinnovabile prodotta è quindi un elemento fondamentale per raggiungere gli obiettivi energetici e climatici imposti dall'UE. Tra le direttive principali sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili è doveroso citare:

- 2009/28/CE recepita dal D.lgs. n° 28/2011 e non più in vigore
- 2018/2001/UE, detta "RED II", recepita dal D.lgs. n° 199/2021

Il loro scopo è di fornire il quadro giuridico vincolante per lo sviluppo delle energie rinnovabili nei settori dell'economia dell'UE. La direttiva RED II stabilisce l'obiettivo europeo generale per le energie rinnovabili e include norme per garantire la loro adozione in diversi settori e regole comuni per i regimi di sostegno alle energie rinnovabili. Delinea i diritti di produrre e consumare energia rinnovabile, anche nelle comunità energetiche. Stabilisce anche norme per rimuovere le barriere e stimolare gli investimenti da parte di cittadini e imprese. Dal 2018, la direttiva è stata rivista diverse volte, aumentando la portata degli obiettivi al 2030. [24]

Il decreto n° 199/2021 contiene disposizioni in tema di energia da fonti rinnovabili, in coerenza con gli obiettivi europei di decarbonizzazione del sistema energetico al 2030. A questi fini il decreto definisce strumenti, meccanismi, incentivi e obblighi necessari per il raggiungimento degli obiettivi di incremento della quota di energia da fonti rinnovabili al 2030. Attua la direttiva 2018/2001/UE in modo compatibile al Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) e al Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC). [28]

Gli incentivi di queste misure di legge spingono imprese come Grafica Veneta a investire in fonti energetiche rinnovabili (FER) per coprire il proprio fabbisogno energetico.

3.2.7 – Direttive sulla prestazione energetica nell'edilizia

L'efficienza energetica negli edifici è stata affrontata nella direttiva 2002/91/CE, poi sostituita dalla 2010/31/UE, recepita dal D.lgs. n° 63/2013, che ne approfondisce alcuni

aspetti per il mercato italiano.

La Direttiva promuove il miglioramento della prestazione energetica degli edifici all'interno dell'UE, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, dei requisiti relativi al comfort interno e dell'efficacia economica. Stabilisce un quadro generale comune e una metodologia per il calcolo della prestazione energetica degli edifici. I principali aspetti innovativi della direttiva, e del decreto che la implementa, sono:

- la valutazione del livello di prestazione energetica degli edifici in relazione ai costi, che viene eseguita con una metodologia comune a livello nazionale
- una strategia per aumentare il numero di *edifici a energia quasi zero*, che la direttiva definisce come edifici ad altissima prestazione energetica, il cui fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo è coperto in misura significativa da energia da fonti rinnovabili, prodotta all'interno del perimetro del sistema
- l'obbligo per gli edifici nuovi e quelli sottoposti a ristrutturazioni importanti di avere un attestato di prestazione energetica al termine dei lavori. Questo deve includere i dati relativi all'efficienza energetica dell'edificio, per permettere ai cittadini di valutare e confrontare i diversi edifici

[W.11]

Nei capitoli successivi ci sarà modo di capire che, per Grafica Veneta, le prestazioni energetiche dell'edificio rivestono un ruolo meno importante rispetto all'efficienza dei sistemi di produzione di energia e dei macchinari che la usano.

3.2.8 – Certificazione FSC della Catena di Custodia

Come spiegato in 3.1.3 – *Le altre istituzioni*, FSC e PEFC promuovono standard sull'uso di materie prime provenienti da foreste gestite in modo controllato, capaci di garantire il rispetto delle foreste. Grafica Veneta ha scelto di rispettare questi standard, in particolare quelli sulla catena di custodia. Informazioni dettagliate sul caso di Grafica Veneta si trovano in 5.1.4 – *Certificazioni non energetiche*.

La certificazione Chain of Custody di FSC, identificata come FSC-STD-40-004, garantisce la tracciabilità dei materiali provenienti da foreste certificate FSC. Un'azienda può garantire al mercato l'origine del legno o della carta utilizzati per i propri prodotti e quindi dimostrare il contributo alla gestione responsabile delle foreste in modo trasparente e controllato. La certificazione FSC è volontaria e si riferisce a prodotti di origine forestale, quindi al legno e ai suoi derivati, come la carta, ma anche a prodotti forestali non legnosi

come resine e sughero. La catena di custodia FSC è il percorso dei prodotti a partire dalla foresta (o dal riciclo) fino a quando il prodotto viene finito. Comprende le fasi di approvvigionamento, lavorazione, commercio e distribuzione dove il passaggio alla fase successiva della filiera implichi un cambio nelle proprietà del prodotto. Questi cambi richiedono l'istituzione di sistemi di gestione in azienda e la verifica di questi sistemi da parte di un ente di certificazione accreditato FSC. Questo per garantire che i prodotti con marchio FSC originino da foreste gestite bene, da fonti controllate o da materiali di recupero, e che qualsiasi dichiarazione associata sia legittima e accurata. [25]

Anche PEFC ha un suo standard di Catena di Custodia dei prodotti forestali. Grafica Veneta ha confermato il rispetto della versione PEFC ST 1002:2013, entrata in vigore a maggio 2013. Il principio è del tutto analogo a quello del sistema di FSC.

L'obiettivo della catena di custodia regolamentata in questo standard è di fornire ai consumatori di prodotti di origine forestale informazioni precise e verificabili sul contenuto del materiale proveniente da foreste certificate PEFC gestite in modo sostenibile, da materiale riciclato o da altre fonti controllate. [26]

3.3 – Obblighi di legge

Le normative e le leggi descritte in questo capitolo impongono ad aziende come Grafica Veneta degli obblighi da rispettare. Una richiesta comune a più norme impone all'azienda di creare e mantenere un sistema di gestione ad hoc, dedicando tempo e attenzione allo specifico aspetto trattato in quella particolare normativa. Questo è il caso degli standard per il rispetto dell'ambiente come PAS 2060, ISO 14001 e le catene di custodia FSC e PEFC. Doveri analoghi sono delineati nelle norme ISO 9001 “Sistemi di gestione per la qualità – Requisiti” e ISO 45001 “Sistemi di gestione per la salute e sicurezza sul lavoro – Requisiti e guida per l'uso” che Grafica Veneta rispetta tenendo aggiornati i suoi sistemi di gestione, rispettivamente, della qualità e della sicurezza sul luogo lavoro.

Anche se alcuni degli standard citati si certificano su iniziativa volontaria dell'azienda, una volta che Grafica Veneta dichiara di rispettarli, i requisiti delineati al loro interno diventano dei doveri. L'amministrazione aziendale deve quindi considerarli con la stessa dignità e importanza degli obblighi di legge, pena la perdita della certificazione e, di conseguenza, un danno al rapporto di fiducia con gli stakeholder.

Considerando invece i provvedimenti di legge rilevanti per questo lavoro di tesi, si riconoscono due obiettivi importanti dei legislatori: promuovere un uso razionale di energia da parte delle aziende e ridurre le loro emissioni inquinanti. I legislatori, nel giustificare le loro iniziative, sostengono che le soluzioni private non sempre funzionino. Effettivamente, un accordo volontario tra un'azienda e la comunità può fallire per diversi motivi. Ad esempio, quando si considera l'enorme numero di aziende e di stakeholder collegati, diventa difficilissimo coordinarli tutti, per via dei costi di transazione che le parti sostengono per portare a termine un accordo. La soluzione dei legislatori consiste nell'imporre agli inquinatori degli obblighi di riduzione delle emissioni. Questi provvedimenti devono tenere conto del fatto che le imprese hanno costi diversi di riduzione dell'inquinamento. Devono fare in modo che le imprese con le spese di abbattimento più basse riducano maggiormente l'inquinamento, minimizzando il costo (economico) complessivo. Tra i provvedimenti a disposizione dei legislatori si distinguono:

- le tasse sulle emissioni, basate sulla quantità o sulla pericolosità dell'inquinante. Un esempio è la **carbon tax** sulla CO₂. È un'imposta su un'unità di emissione di CO₂ che, in un certo senso, stabilisce un prezzo per l'inquinamento. In questo modo le aziende con bassi costi di abbattimento, tipicamente i maggiori inquinatori, ridurranno l'inquinamento per ridurre l'onere fiscale, mentre le altre aziende sceglieranno di pagare la tassa
- gli **standard ambientali**, che obbligano le aziende ad usare certe tecnologie o processi e ne vietano altri, al fine di promuovere tecnologie più efficienti. Esistono gli standard tecnologici, che definiscono quale tecnologia può essere utilizzata, e gli standard di emissione, che stabiliscono un limite massimo alle emissioni
- le soglie di massimo o minimo per la composizione del mix energetico di input, che obbligano le aziende a usare certe materie prime, o ne vietano altre. Ad esempio, si possono obbligare i consumatori ad usare almeno una certa quota di energia da fonte rinnovabile e limitare ad un valore massimo la quota da combustibili fossili
- gli oneri di non conformità, ovvero pagamenti proporzionali al danno ambientale o al profitto economico, richiesti agli inquinatori o agli utilizzatori delle risorse a titolo di risarcimento per il danno causato dalle loro attività

Ovviamente, Grafica Veneta è sottoposta anche a doveri non strettamente legati al controllo delle emissioni e dell'uso di energia. Ad esempio, per prevenire incendi nello stabilimento il personale è costretto a tenere aperte grandi varchi in più punti dell'edificio. In inverno, questo comporta importanti perdite di calore per ventilazione. Queste

incidono sui consumi di energia per il riscaldamento dello stabilimento, ma si tratta degli obblighi di sicurezza che l'azienda non può trascurare, nemmeno nell'ottica di ridurre gli sprechi di energia. Questo lavoro di tesi non si sofferma sulle leggi legate alla sicurezza sul posto di lavoro, un argomento troppo lontano dal tema principale. Ci si concentra invece sugli investimenti ad iniziativa volontaria di Grafica Veneta e sugli incentivi collegati.

3.4 – Incentivi

Di seguito sono presentati i vantaggi previsti dalla legge per le aziende che migliorano la loro prestazione energetica. Si pone attenzione in particolare alle agevolazioni che Grafica Veneta ha ottenuto o sta pianificando di ottenere nei suoi prossimi investimenti. Queste politiche di sussidio cercano di incoraggiare i privati a risolvere i loro problemi di inquinamento da soli. Tra le più importanti si distinguono:

- i **sussidi per l'abbattimento delle emissioni** e per la gestione delle risorse, cioè pagamenti finanziari per indurre le aziende a ridurre le emissioni dannose o conservare le risorse scarse. Si possono erogare sotto forma di detrazioni fiscali
- i **permessi di emissione negoziabili**, basati sui crediti di riduzione delle emissioni oppure sul sistema cap-and-trade. Questi programmi creano una specie di mercato dell'inquinamento, assegnando titoli che possono essere scambiati tra i soggetti che inquinano. In Europa è attivo dal 2005 il sistema Emission Trading Scheme per lo scambio di permessi per le emissioni di CO₂
- il **conto termico**: un rimborso, totale o parziale, del pagamento sostenuto all'acquisto di un prodotto o servizio che rispetti gli obiettivi energetici e ambientali posti dal legislatore. Discusso in 3.4.3 – *Il conto termico*

Nel 2020 è stato introdotto anche il cosiddetto Superbonus 110%. Consiste in una serie di meccanismi d'agevolazione, detrazioni e rimborsi previsti per alcuni interventi in edifici e infrastrutture, con lo scopo di migliorarne l'efficienza energetica. È stato un tema importante nel dibattito pubblico nel 2022, ma non si applica alle aziende, quindi non ha giocato alcun ruolo nell'analisi degli investimenti per Grafica Veneta.

3.4.1 – Incentivi per la produzione di energia in regime CAR

La legge italiana tratta il tema della cogenerazione ad alto rendimento in diversi decreti, come il D.lgs. n° 20/2007 che riceve la direttiva 2004/8/CE sulla promozione della

cogenerazione e il DM 5 settembre 2011 che definisce il regime di sostegno per la CAR. Grazie anche a questi provvedimenti, le aziende che usano un cogeneratore (o un trigeneratore) per l'autoproduzione di energia possono ottenere dal GSE il riconoscimento come SEU operanti in regime CAR, con i seguenti benefici:

- priorità di dispacciamento dell'energia elettrica prodotta dal cogeneratore, che finisce subito dopo le fonti rinnovabili, e prima delle fonti convenzionali (fossili)
- emissione di certificati bianchi, in numero proporzionale al risparmio energetico conseguito, calcolato come previsto dal DM 5 settembre 2011
- condizioni tariffarie agevolate, con l'esenzione delle accise sul gas naturale acquistato per il cogeneratore e sull'energia elettrica auto-consumata e non prelevata dalla rete elettrica

L'accesso ai benefici è valido solo per gli anni in cui viene riconosciuto il funzionamento dell'unità come CAR a seguito della presentazione della relativa richiesta. [14]

È quindi necessario creare e mantenere un sistema di misura per controllare i parametri di lavoro del cogeneratore, assicurandosi che produca in modo efficiente durante tutta la sua vita. Grafica Veneta ha implementato questo sistema e i dati raccolti verranno analizzati nel *CAPITOLO 5 – L'azienda*.

3.4.2 – Incentivi legati al fotovoltaico

L'energia solare svolge un ruolo fondamentale nella transizione verso l'energia pulita: è economica, modulare e flessibile. Il costo dell'energia solare è diminuito dell'82% nell'ultimo decennio, portandola tra le fonti di elettricità più competitive. Il solare è la fonte di energia che sta crescendo al ritmo più elevato nell'UE. Esiste un'iniziativa dell'unione europea per i tetti solari, che mira a sfruttare il potenziale dei tetti per la produzione di energia. Include una proposta per introdurre gradualmente l'obbligo di installare l'energia solare in diversi tipi di edifici pubblici, commerciali e residenziali.

[W.12]

Grafica Veneta ha installato un impianto fotovoltaico sul tetto del suo stabilimento. Se ne parla in 5.2.2 – *Le sorgenti dei flussi energetici*. In Italia, le aziende che si servono di impianti fotovoltaici possono chiedere incentivi in diverse forme.

Il **credito d'imposta** è un beneficio al quale tutte le imprese possono accedere. Le aziende che intendono installare un impianto fotovoltaico possono beneficiare di un credito

d'imposta nei confronti dello stato pari al 6%. Questo sgravio fiscale per il fotovoltaico è rivolto alle imprese che intendono acquistare beni strumentali per aggiornare il proprio arsenale tecnologico.

Il **reverse charge** è un beneficio che si può applicare all'installazione degli impianti fotovoltaici. Consiste in un regime di agevolazione fiscale che prevede l'inversione dell'onere dell'IVA. In questo modo l'aliquota non ricade più sul cliente che acquista i pannelli, ma sul fornitore. Grazie a questa misura, le aziende hanno la possibilità di avere tempi più lunghi e accomodanti per versare l'IVA dovuta.

Lo **scambio sul posto** consente di compensare l'energia elettrica prodotta in eccesso (e quindi immessa in rete) in un determinato momento con quella prelevata e consumata in un momento diverso. [W.13]

Nello scambio sul posto, il sistema elettrico viene usato come strumento per lo stoccaggio virtuale dell'elettricità prodotta ma non immediatamente autoconsumata. Questo consente all'azienda di vendere l'energia in eccesso, derivata da autoproduzione, inutilizzata e accumulata, al GSE. La vendita prevede un conguaglio applicato in bolletta.

3.4.3 – Il conto termico

Il conto termico (CT) è un meccanismo di sostegno a beneficio anche delle imprese definito nel DM 28 dicembre 2012 e aggiornato nel decreto 16 febbraio 2016. Si concentra sugli edifici. È un incentivo per gli interventi d'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili, come l'installazione di pompe di calore o caldaie a biomassa e molti altri interventi elencati nel decreto. È uno strumento di finanziamento in conto capitale, cioè rimborsa una parte delle spese rendicontabili sostenute per gli interventi che rispettano i requisiti tecnico-amministrativi previsti dal decreto. Le quote vanno dal 40% al 65% della spesa sostenuta e variano a seconda della natura dell'intervento, per favorire maggiormente le tecnologie più sostenibili.

In particolare, il sussidio finanzia il 50% dei costi per l'Audit Energetico e per l'Attestato di Prestazione Energetica (APE) per i privati. L'accesso all'incentivo può essere richiesto al GSE direttamente dalle aziende o attraverso una ESCO certificata UNI CEI 11352, ma in questo caso si deve sottoscrivere un contratto di servizio energetico (EPC). Gli incentivi sono erogati dal GSE sotto forma di rate annuali costanti, oppure in un'unica soluzione. [W.14]

3.4.4 – Green labeling e marketing verde

Come dimostrato in 3.3 – *Obblighi di legge*, ci sono molti mezzi che i legislatori possono usare per imporre alle aziende l’obbligo di ridurre le emissioni e il consumo di energia. Sono state descritte anche normative ambientali che le imprese rispettano per iniziativa volontaria, ad esempio in 3.2.4 – *La normativa BSI PAS 2060*. Rispettare queste norme migliora l’immagine e il rapporto di fiducia che l’impresa costruisce con fornitori, clienti e tutti gli stakeholder. Alla strategia di marketing si possono aggiungere quindi la comunicazione ambientale, cioè l’attuazione di pratiche di comunicazione relative all’ambiente, e il *green marketing*, una forma di pubblicità che punta ad evidenziare le caratteristiche di sostenibilità del prodotto e del processo produttivo.

Un serio limite di questo approccio è che i consumatori spesso non sono esperti, e potrebbero non capire i termini che l’azienda usa per comunicare il suo impegno verso l’ambiente. Ad esempio, la certificazione FSC per la catena di approvvigionamento perde efficacia se i consumatori non sanno il significato del marchio FSC sui prodotti dell’azienda.

Capita anche che alcuni attori approfittino di questa confusione e facciano di proposito affermazioni false, fuorvianti o esagerate. I critici chiamano questa pratica *greenwashing*. Questo termine si riferisce a tutte le aziende che simulano atti esteriormente “verdi” per ingannare i consumatori. È un fenomeno che danneggia sia i consumatori, sia le imprese che investono veramente nel loro sistema di gestione ambientale. Se un consumatore pensa che una dichiarazione ambientale sia disonesta, avrà un atteggiamento negativo verso i prodotti dell’azienda. Per risolvere questo problema, esistono organizzazioni indipendenti che garantiscono i messaggi sui benefici ambientali dei prodotti attraverso i loro sistemi di etichettatura. Si cerca di uniformare le informazioni per aumentare la fiducia del consumatore nei benefici ambientali dei prodotti di un’azienda, nella speranza che questo influisca positivamente sull’intenzione di acquisto.

Certificare con un ente accreditato l’impegno dell’impresa per l’ambiente dà credibilità e protegge dalle accuse di greenwashing: la presenza di un sistema di gestione ambientale con prestazioni misurabili permette di dimostrare che l’azienda lavora veramente nel rispetto dell’ambiente. Le norme della serie ISO 14000 sono fondamentali in questo processo, ma il primo passo è la raccolta di dati e la valutazione dello stato dell’azienda, e in questo la norma EN 16247 è di fondamentale importanza.

CAPITOLO 4 – Implementazione della norma EN 16247

Il tema fondamentale di questo lavoro di tesi è l'applicazione della normativa EN 16247 per svolgere una semplice diagnosi energetica di Grafica Veneta che permetta di proporre investimenti adatti alle necessità attuali. In Italia vige la UNI CEI EN 16247, tuttavia è stato possibile consultare solo la versione inglese BS EN 16247. L'intento è di fare un lavoro compatibile con i requisiti del D.lgs. n° 102/2014, che è un importante punto di riferimento per le diagnosi energetiche in Italia. Con questo capitolo inizia la parte relativa alla procedura di diagnosi secondo le indicazioni della norma e del decreto. Vengono illustrati i vari passaggi fatti nel lavoro di stage, coerenti con la procedura di diagnosi.

4.1 – Informazioni su questo energy audit

Si può fornire una breve **descrizione** di questa diagnosi energetica come un progetto di stage per un lavoro di tesi che si concentra sullo stabilimento produttivo di Grafica Veneta S.p.A. di Trebaseleghe. L'audit si svolge nel **contesto** di un accordo volontario tra l'azienda e il laureando e non è legato né a programmi pubblici di incentivazione, né ad una certificazione energetica ISO 50001. L'**ambito** è limitato allo stabilimento di Trebaseleghe e ai processi produttivi più energivori tra quelli misurabili, con una visione ampia e complessiva dei dati, anche a livello aggregato. Le fasi della vita del prodotto che si svolgono fuori dai cancelli dello stabilimento, come l'uso e lo smaltimento, non riguardano questa diagnosi.

La **necessità** di Grafica Veneta, com'è comprensibile nel contesto attuale (si veda 1.2 – *La crisi energetica*), è di trovare possibili soluzioni per risparmiare nell'approvvigionamento energetico. La priorità, sia nell'analisi che nelle proposte di investimenti, consiste nell'individuare i punti critici di inefficienza e nel ridurre gli sprechi. Questo spiega la particolare attenzione all'efficienza energetica e ai costi economici. In questo lavoro non è stata data importanza prioritaria agli aspetti legati all'impatto ambientale e alle emissioni. Questo sia per tenere l'ambito del lavoro di tesi ragionevolmente ristretto e mirato, sia perché Grafica Veneta ha già certificato la neutralità carbonica secondo lo standard PAS 2060 di BSI e nel rispetto della norma ISO 14001. Seguire gli obblighi di legge e gli impegni volontari di Grafica Veneta, anche se sottinteso, è comunque una necessità in questa diagnosi.

L'**obiettivo** di questo lavoro è di costruire uno schema dei flussi energetici e di quantificarli ad un livello di dettaglio compatibile con la disponibilità dei dati misurati. Sulla base di questa semplice diagnosi energetica, si cerca poi di proporre e analizzare in modo critico alcune possibilità di investimenti, preferendo quelli conciliabili con le strategie e le necessità dell'azienda. Questo lavoro di diagnosi energetica deve essere visto come una piccola parte di un impegno più ampio, cioè quello di elaborare e applicare una metodologia per valutare la sostenibilità, ambientale ed economica, degli impianti nello stabilimento, in particolare dal punto di vista dell'efficienza energetica. Ovviamente per raggiungere questo traguardo sarà necessario affiancare all'audit energetico anche un sistema di gestione dell'energia conforme alla normativa. Non avendo l'autorità per dichiarare la conformità dell'azienda ad una norma, in questo lavoro ci si limiterà a proporre un possibile sistema di gestione dell'energia, in *6.5.1 – Struttura di energy data management*. Infatti, l'accordo di stage con Grafica Veneta si basa sul fatto che le **aspettative** in merito a questo audit sono compatibili con un progetto di tesi universitaria, non con il lavoro di un EGE professionista o di una ESCo con anni di esperienza.

La norma EN 16247 definisce 3 **livelli di dettaglio** per una diagnosi energetica. [12]

Per questo lavoro è stato scelto il livello 1, quello di un audit standardizzato nel rispetto dei requisiti della EN 16247. È il livello di dettaglio più basso, prevede analisi più semplici e consente l'uso di modelli al posto delle misure sul campo. Come ulteriore semplificazione, nell'elaborare le proposte di investimento non è stato considerato il costo sull'intero ciclo di vita (metodo LCA). Queste scelte sono compatibili con il tempo, il budget e l'attenzione che l'azienda ha deciso di dedicare a questo lavoro.

L'**intervallo di tempo** concordato per l'esecuzione di questo audit, dalla visita preliminare alla consegna della relazione finale, è di 4 mesi a partire da lunedì 10 ottobre 2022.

Riguardo al **periodo di riferimento**, la diagnosi sviluppata in questa tesi considera i dati rilevati nell'anno 2021, perché all'inizio dei lavori non erano disponibili dati completi per il 2022.

I **limiti** dell'oggetto di diagnosi sono stati delineati in modo da includere tutte le attività dello stabilimento di Trebaseleghe per le quali l'azienda è in grado di fornire dati storici sui consumi. Quando un elemento viene escluso dall'analisi, questo è chiaramente segnalato. Ad esempio, si è scelto di non considerare gli impianti installati fuori dal sito produttivo di Trebaseleghe, perché non sono connessi allo stabilimento principale e vendono l'energia prodotta in modo autonomo.

Il processo di diagnosi secondo la EN 16247 si può dividere nei seguenti punti chiave:

- Contatto preliminare e riunione iniziale: qui l'auditor e l'azienda raggiungono un accordo sulle caratteristiche della diagnosi appena presentate. Viene approfondito in *4.2 – Incontro preliminare*
- Raccolta dei fattori di aggiustamento e dei dati sui consumi, con un sopralluogo fisico e recuperando i valori registrati nella banca dati aziendale
- Analisi dei dati raccolti per costruire un bilancio energetico. Questa fase costituisce il momento più complesso a livello tecnico. I risultati sono presentati in *5.2 – Come viene usata l'energia*
- Valutazione degli indicatori di prestazione energetica, teorici ed effettivi, seguita dal confronto con gli indici di prestazione di riferimento dell'azienda o del settore. Si veda *5.4 – Le prestazioni energetiche attraverso gli indicatori*
- Definizione degli scenari di intervento, per creare una graduatoria delle proposte di investimento tramite l'analisi costi-benefici. Si veda il *CAPITOLO 6 – Gli investimenti*
- Redazione del rapporto di diagnosi, che viene consegnato e spiegato durante un incontro finale con i responsabili in azienda

Nella parte rimanente di questo capitolo si entra nel dettaglio riguardo le scelte metodologiche e le dinamiche di questa diagnosi energetica.

4.1.1 – Chi ha svolto la diagnosi

Grafica Veneta ha commissionato l'esecuzione della diagnosi energetica al laureando Campello Manuel, da ora in poi “auditor”, che ha ricoperto il ruolo di responsabile della conduzione della diagnosi. Lo si può considerare un ruolo interno all'azienda, perché si tratta di una posizione di stagista. Lo stage coincide con il lavoro di diagnosi per questa tesi.

Per quanto riguarda le **capacità dell'auditor**, ovvero del laureando Campello Manuel, si tratta di uno studente universitario che non possiede la qualifica di Esperto in Gestione dell'Energia secondo la UNI CEI 11339, né fa parte di una ESCo certificata secondo la UNI CEI 11352. Tecnicamente, non può produrre relazioni di diagnosi energetiche nel pieno rispetto dei vincoli di legge, secondo i quali solo un EGE o una ESCo certificati possono fare gli audit.

Inoltre, non soddisfa completamente i requisiti della EN 16247-5 in merito alle competenze degli energy auditor, poiché mancano una “esperienza lavorativa in una posizione tecnica, manageriale o professionale pertinente”, una “esperienza in audit energetici acquisita sotto la supervisione di un auditor energetico con competenze adeguate nella stessa disciplina o settore”, “un’adeguata esperienza professionale nel settore (o nei settori) dell’edilizia, dei processi o dei trasporti” o “rapporti campione di audit energetici eseguiti nel passato recente per dimostrare la propria esperienza professionale”. [13]

L’auditor ha svolto il lavoro di diagnosi da solo: non è stato affiancato da altri studenti, da ESCo o da consulenti esterni. Tuttavia, trattandosi di una collaborazione con un’impresa, c’è stata ovviamente una ricca comunicazione con il personale aziendale per lo scambio di dati. Il ruolo di referente aziendale per Grafica Veneta è stato coperto da Antonio Dicensi, della Divisione Energie Rinnovabili nella segreteria di presidenza per gli affari generali. Ha seguito l’auditor nelle ispezioni in sito e fornito la consulenza, i dati sui consumi e tutte le informazioni sull’azienda che sono state usate per portare a termine la diagnosi energetica. C’è stata la collaborazione di Elisa Cavinato, che ha gestito la comunicazione dei dati richiesti e, in generale, le pratiche per lo stage. Questi sono i soggetti coinvolti nell’audit, ovvero gli interlocutori che hanno seguito i lavori di diagnosi per conto dell’azienda, non dal punto di vista tecnico, ma fornendo all’auditor gli strumenti per condurre la diagnosi, che sono poi stati applicati al caso specifico dello stabilimento produttivo.

4.1.2 – Il documento finale

Il passo finale della diagnosi consiste nel produrre una relazione per l’azienda o per ENEA, l’ente pubblico che raccoglie la documentazione e verifica il rispetto del D.lgs. n° 102/2014. Questa tesi contiene tutti gli elementi che la norma EN 16247 e le linee guida ENEA consigliano di includere nella relazione finale della diagnosi energetica:

- una descrizione generale degli audit energetici, in *2.2.5 – Energy audit*
- il contesto dell’audit energetico, in *1.1 – Il contesto*
- norme e regolamenti pertinenti, in *3.2 – Le leggi e normative più importanti*
- la descrizione del particolare audit energetico: ambito, finalità e completezza, tempi e confini, in *4.1 – Informazioni su questo energy audit*
- brevi note su chi ha redatto l’audit, in *4.1.1 – Chi ha svolto la diagnosi*

- informazioni generali sull'azienda sottoposta ad audit, in *5.1.1 – Introduzione a Grafica Veneta*
- dati del sito produttivo, in *5.1.2 – Lo stabilimento*
- le unità e i valori di riferimento adottati, in *2.1 – Le unità di misura*
- l'analisi dei consumi energetici reali con costruzione dell'inventario energetico, in *5.2 – Come viene usata l'energia*
- l'elenco di materie prime, sottoprocessi e prodotti, in *5.1.3 – Il processo produttivo*
- informazioni sul metodo di raccolta dati, in *4.3 – Metodologia di audit*
- i dati raccolti, in *5.3 – Profili dei consumi*
- alcuni indicatori (EnPI), in *5.4 – Le prestazioni energetiche attraverso gli indicatori*
- una sintesi degli EPIA, in *6.1 – Il programma degli investimenti*
- i dettagli degli investimenti (EPIA), in tutto il *CAPITOLO 6 – Gli investimenti*
- informazioni sui sussidi applicabili, in *3.4 – Incentivi*
- le conclusioni, nel *CAPITOLO 7 – Conclusioni*

La versione definitiva del documento viene presentata ai referenti dell'azienda nell'incontro finale, allo scopo di fornire loro informazioni quanto più complete e aggiornate possibile. L'alta dirigenza userà questi dati per pianificare i futuri investimenti dell'azienda, sulla base delle proposte sviluppate nella diagnosi stessa.

4.2 – Incontro preliminare

Il 16 marzo 2022 è stato svolto un incontro di **contatto preliminare**, come richiesto dalla norma EN 16247. [20]

In questa sede è stata confermata la disponibilità di Grafica Veneta a collaborare nel lavoro di diagnosi energetica di questa tesi. È stato nominato il responsabile aziendale con cui l'auditor si è interfacciato durante i lavori. È stato raggiunto un accordo tra l'auditor e il rappresentante dell'azienda riguardo la natura dell'audit, i limiti, le aspettative e gli obiettivi presentati in *4.1 – Informazioni su questo energy audit*. Il responsabile dell'azienda ha espresso la volontà di lavorare in modo da limitare il livello di coinvolgimento dei dipendenti, per non disturbare né interrompere i lavori, evitando costi aggiuntivi per l'azienda in termini di tempo, denaro e attenzione. È stato quindi deciso di:

- fare una semplice diagnosi energetica, per poter poi suggerire miglioramenti e valutare se gli investimenti in efficienza energetica sono convenienti o meno

- limitare le visite nel sito, in numero e durata, preferendo, per la fase di elaborazione dati da parte dell'auditor, la modalità di lavoro da remoto e la comunicazione tramite posta elettronica
- creare un canale di comunicazione per ricevere i valori storici dei consumi misurati e la documentazione aziendale pertinente al lavoro di diagnosi
- evitare l'installazione di ulteriori strumenti di misura, su richiesta dell'azienda. Nel 2022 sono stati riorganizzati i reparti dello stabilimento e la strumentazione di misura è stata montata solo dopo la data dell'incontro preliminare. I dati raccolti durante il lavoro di stage hanno comunque permesso di delineare i profili di consumo presentati in 5.3 – *Profili dei consumi*
- concentrare l'attenzione più sul trigeneratore e sui pannelli fotovoltaici dell'azienda, meno sull'involucro dell'edificio
- considerare la possibilità di creare sistemi di gestione conformi a normative che l'azienda non rispetta ancora. Un esempio è sviluppato in 6.5.1 – *Struttura di energy data management*. Questi si collocherebbero assieme alle normative che l'azienda rispetta già, presentate in 5.1.4 – *Certificazioni non energetiche*

Lo *start-up meeting* per l'inizio dei lavori di diagnosi è stato programmato per il 10 ottobre 2022. In questa data è stato svolto anche il sopralluogo dello stabilimento dell'azienda. Il referente aziendale ha mostrato e descritto i reparti dell'impianto, ha poi elencato le tipologie di dati disponibili, sia in merito ai consumi energetici che alle certificazioni ottenute dall'azienda, con la documentazione correlata.

A seguito del sopralluogo non sono state riscontrate anomalie: nessuno dei macchinari osservati aveva difetti di manutenzione, guasti o malfunzionamenti ripristinabili con interventi di manutenzione ordinaria. La principale limitazione riscontrata è sul livello di dettaglio dei consumi misurati: siccome l'ambiente di lavoro è dinamico, le macchine di stampa vengono spostate di frequente, per rispondere alle esigenze della clientela in un particolare periodo. L'azienda reputa troppo costoso costruire e tenere aggiornato un impianto di misura per ottenere dati dettagliati su ogni macchina o reparto. Sono quindi disponibili solo dati aggregati. Questi coprono comunque l'intero consumo di energia nello stabilimento e permettono di fornire una panoramica complessiva dell'azienda.

Durante lo *start-up meeting* sono state pianificate le attività legate alla procedura di diagnosi. Come consigliato dalla norma EN 16247-2, in questa fase si è discusso di:

- quali sistemi di gestione sono implementati nell'azienda. In particolare, non c'è ancora un sistema di gestione dell'energia conforme alla norma ISO 50001

- le priorità, le opinioni e i vincoli dell'amministrazione aziendale in merito a quali investimenti (EPIA) considerare e quali invece sono già stati scartati
- gli indicatori (EnPI) da usare. Per questa diagnosi l'azienda non ha imposto l'uso di indicatori particolari, ha lasciato libertà all'auditor nella scelta dei parametri
- i vettori energetici usati nello stabilimento
- la planimetria dell'edificio e i cambiamenti alla struttura che sono stati fatti negli ultimi 3 anni
- i principali macchinari che usano energia all'interno del sito produttivo. L'ufficio e il magazzino hanno ricevuto minori attenzioni
- tutte le condizioni insolite, la manutenzione ordinaria e le altre attività pianificate durante il lavoro di diagnosi che avrebbero potuto rappresentare degli ostacoli per le operazioni di raccolta dati o per la continuità della comunicazione tra l'auditor e il referente aziendale
- gli impegni e le responsabilità del rappresentante aziendale e dell'auditor

Durante l'incontro è stato concordato un piano di misurazione dei dati necessari per l'audit energetico, seguendo le indicazioni della norma EN 17267. Il piano non entra nel dettaglio sui punti di misurazione rilevanti, sui processi associati e sulle apparecchiature di misurazione da utilizzare. Si concentra invece sui valori misurati dei consumi nel sistema di raccolta dati dell'azienda, inviati dal rappresentante di Grafica Veneta dopo l'incontro. Non è stato necessario modificare il piano di misurazione, neanche a seguito dell'analisi dei dati ricevuti. [35]

4.3 – Metodologia di audit

Questa sezione fornisce informazioni sulla raccolta di dati e spiega la metodologia usata per analizzarli. Non presenta l'elenco di dati misurati o i criteri per la classificazione degli investimenti. Per quelli si rimanda ai capitoli successivi.

È l'auditor che definisce le misurazioni da effettuare e il loro livello di precisione. [21]

Per questa diagnosi l'auditor ha deciso di usare i valori misurati dei consumi energetici raccolti dai contatori installati nello stabilimento, che sono definiti in 5.2.1 – *La rete dei contatori*. I dati sulla produzione sono stati comunicati dal responsabile aziendale tramite e-mail e in persona durante il sopralluogo. Questi dati provengono da bollette, fatture, contatori dedicati, misurazioni in campo (automatiche e manuali) e rilevazione da sistemi di monitoraggio già presenti.

Per la valutazione delle emissioni sono stati utilizzati sia dati primari che dati secondari. I dati necessari sono stati richiesti all’azienda tramite e-mail, telefonate e riunioni. Tutti gli aspetti ambientali associati alle diverse fasi del ciclo di vita derivano da dati primari direttamente gestiti da Grafica Veneta. Si intendono, in particolare, tutte le informazioni relative alla produzione di materiali e rifiuti, al consumo di energia e gas, all’acquisto di materie prime (ricavato da bolle d’acquisto) e al consumo di combustibili legato a fonti mobili. Quando i dati primari non erano disponibili, sono state consultate le banche dati online di istituzioni pertinenti. Queste sono sempre state citate.

Per portare a termine la raccolta dati non sono stati installati nuovi strumenti di misura, né temporanei né permanenti. L’azienda ha reso disponibili le misure dei consumi di ogni vettore energetico raccolti tramite il contatore di stabilimento per tutto l’anno 2021.

Considerato che i lavori di diagnosi sono cominciati a ottobre 2022, si nota che non sono stati usati dati provenienti da misure sul campo fatte manualmente durante la diagnosi, perché avrebbero fornito valori estranei all’intervallo di tempo considerato per l’audit.

La diagnosi è comunque utile per capire la situazione dell’azienda anche nel 2022, perché è compatibile con i requisiti di legge in merito alle diagnosi energetiche obbligatorie, dove si specifica che l’audit che assolve all’obbligo di uno specifico anno può usare i dati dei consumi dell’anno precedente. [33]

I certificati di taratura degli strumenti di misura, richiesti dalla norma EN 16247, non sono stati allegati al presente documento perché si ritiene che siano superflui, considerato il livello di dettaglio di questo lavoro di tesi.

Produrre un report di diagnosi conforme alla norma EN 16247 richiede una numerosa quantità di dati. I valori riportati in questo documento sono tutti riconducibili a una fonte ben definita e affidabile. Per alcune grandezze, purtroppo, non è stato possibile trovare una fonte di qualità sufficiente, e si è dovuto ricorrere a stime o assunzioni. Si è cercato comunque di basare queste stime su indicazioni tratte dalla documentazione di Grafica Veneta o dalla letteratura pertinente. Quando nemmeno queste indicazioni erano disponibili, la trattazione o la parte richiesta dalla normativa è rimossa dal report di questo lavoro di tesi. L’intento è di produrre un’analisi solida e basata su dati oggettivi, fattuali e rintracciabili. Si ritiene che l’aggiunta di considerazioni basate su stime infondate avrebbe solo peggiorato la qualità del lavoro. Quando l’insufficienza di dati ha costretto ad escludere dal report una delle parti richieste dalla normativa, questo è stato scritto esplicitamente in questo stesso documento.

Considerata la quantità di dati disponibili, per costruire il modello dei flussi energetici non è stata usata una metodologia di campionamento, sono stati usati tutti i valori disponibili. Inoltre, non è stato possibile costruire un inventario dei singoli utilizzatori di energia con il livello di dettaglio consigliato dalla norma EN 17267. [35]

Per i calcoli tecnici sono state usate le unità e le costati di riferimento già presentate in 2.1 – *Le unità di misura*, mentre per i calcoli economici si è deciso di ignorare l'inflazione.

Questa scelta, che nel 2022 può sembrare inappropriata, è stata fatta nell'intento di semplificare i calcoli. Allo stesso scopo è stato deciso di trascurare il calcolo probabilistico dell'esito degli investimenti. Viene proposto un solo risultato, assunto probabile al 100%. Una volta scelti da parte dell'azienda gli investimenti da sviluppare, si dovrà procedere ad un calcolo più dettagliato, considerando anche la gestione e la mitigazione dei rischi economici e operativi. Queste scelte sono consistenti con il fatto che questo lavoro elenca solo proposte di investimento, non piani dettagliati per la loro implementazione.

Dato che l'azienda ha un solo stabilimento produttivo, non è stato necessario usare strategie di clustering o di selezione degli edifici di proprietà dell'azienda. È stato considerato l'unico stabilimento di Grafica Veneta, a Trebaseleghe. Altri temi sui quali si è deciso di sorvolare in questa diagnosi sono:

- il consumo di acqua e altri fattori di impatto ambientale. Si considera principalmente l'uso di energia elettrica e di combustibili fossili
- i processi esterni alla sede di Trebaseleghe, come i servizi affidati ad aziende terze e sui quali Grafica Veneta comunque non può fornire dati sufficientemente significativi
- la simulazione del sistema edificio-impianto in un modello dettagliato come EnergyPlus o OpenStudio, con suddivisione dei locali in zone termiche. Come verrà spiegato in seguito, l'azienda preferisce concentrare la sua attenzione su aspetti diversi dall'involucro dell'edificio

Il principale limite è stata la mancanza di dati sufficientemente accurati per affrontare quelle tematiche. Per svolgere la diagnosi e strutturare questa relazione sono state seguite le indicazioni della guida operativa messa a disposizione da ENEA. [W.16]

CAPITOLO 5 – L’azienda

Questo capitolo presenta Grafica Veneta S.p.A. e fornisce una prospettiva dettagliata sul modo in cui l’azienda usa l’energia. Verranno descritti i consumi significativi di energia e gli indicatori di prestazione energetica, come richiesto dalla norma EN 16247.

5.1 – L’identità dell’azienda

Grafica Veneta è, molto semplicemente, un’impresa manifatturiera che analizza soluzioni per risparmiare sulle bollette. Questo capitolo offre una panoramica sull’azienda, sulle sue attività energivore e sulle certificazioni che ha ottenuto.

5.1.1 – Introduzione a Grafica Veneta

Grafica Veneta S.p.A. è un’impresa italiana riconosciuta a livello internazionale. Le sue attività principali sono la stampa di libri e i servizi connessi alla stampa. L’azienda è specializzata nella realizzazione di libri e prodotti stampati di qualsiasi tipo: cartonati, cuciti a filo refe, serigrafati, brossurati e cataloghi.



Figura 15 – il logo di Grafica Veneta. Fonte: [W.17]

La storia di Grafica Veneta inizia negli anni Sessanta, con la fondazione a Loreggia (PD) di un laboratorio di prestampa da parte dei fratelli Franceschi. I Franceschi diventano stampatori nel 1982, ma la crescita dell’azienda conosce una forte accelerazione a partire dal 2000, con la gestione di Fabio Franceschi. È in questo periodo che l’attenzione si sposta al mercato editoriale. [W.22]

Nel 2021 l’impresa ha stampato 119 milioni di volumi in totale.

Grafica Veneta si occupa della stampa di riviste e periodici, libri e opuscoli, atlanti e manifesti, cataloghi ed altro materiale prodotto tramite stampa offset, a bobina, a foglio e digitale. Offre servizi collegati alla stampa inclusi rilegatura, brossura, confezionatura, plastificazione e serigrafia. La sede di Trebaseleghe è un centro tipografico di grandi dimensioni, che realizza prodotti stampati di qualsiasi tipologia, dal best seller stampato in milioni di copie fino al volume d'arte a tiratura limitata, passando per magazine e brochure. Offre i suoi servizi a gruppi editoriali, testate giornalistiche nazionali e internazionali, editori di piccole dimensioni, università, aziende ed enti pubblici. [W.18]



Figura 16 - La stampa di libri è l'attività principale di Grafica Veneta. Fonte: [W.17]

L'azienda non può essere considerata un'impresa a forte consumo di energia perché non appare nell'elenco delle aziende energivore del 2021, l'anno di riferimento per l'analisi dei dati, redatto dalla Cassa per i servizi energetici e ambientali (CSEA). [W.20]

In questo lavoro non si entra nel dettaglio sull'organizzazione aziendale e sui ruoli del personale, un aspetto della normativa EN 16247 ritenuto superfluo relativamente all'ambito e alle richieste della presente tesi. Ci si limita a riportare che Fabio Franceschi è il presidente di Grafica Veneta e Antonio Dicensi, della Divisione Energie Rinnovabili, l'ha rappresentata durante i lavori di diagnosi. Ulteriori dettagli sull'azienda sono disponibili nella tabella seguente:

Tabella 1 – dati identificativi dell'azienda

Nome	Grafica Veneta	
Forma societaria	S.p.A. a Socio Unico	
Partita Iva	01077550281	
Data di fondazione	12 novembre 1982	
Indirizzo sito oggetto di diagnosi (e sede legale)	Via Malcantone n° 2 35010 Trebaseleghe (PD)	
Attività produttiva prevalente	Stampa di libri e riviste	
Codice Ateco 2007	18.12.00	
Descrizione codice Ateco	Altra stampa	
Certificazioni	PAS 2060:2014, FSC-STD-40-004 V3-0, PEFC ITA 1002:2003, ISO 14001:2015, IMPRIMVERT 2021, ISO 9001:2015, EN ISO 45001:2018	
Referente per la diagnosi	Antonio Dicensi	
Tipo Azienda		
Energivora – anno rif.	Non energivora – 2021. Fonte: [W.20]	
Grande impresa – anno	Affermativo – 2021	
Multi-sito – anno	Negativo - 2021	
	unità	Dati 2021. Fonte: [W.23]
FATTURATO	€	80 573 551
DIPENDENTI	n°	380
UTILE	€	5 006 189
CAPITALE SOCIALE	€	15 000 000

L'indirizzo fornito nella tabella è la sede legale, l'unico sito produttivo, il sito amministrativo e l'indirizzo dell'oggetto di diagnosi: tutti questi coincidono. Il D.Lgs. n° 102/2014 obbliga le grandi imprese e le imprese energivore a fare una diagnosi energetica ogni 4 anni a partire dal 2015. Visto che l'impresa occupa più di 250 persone e presenta un fatturato superiore a 50 milioni di euro, questa si classifica come *Grande Impresa* secondo le linee guida del MiSE. [27]

Questo lavoro di tesi può quindi sembrare superfluo, considerato che è già stato prodotto un report di diagnosi energetica per l'azienda, datato 20/11/2019. È bene ricordare che quel report è stato compilato in base ai dati del 2018. In un capitolo successivo verrà spiegato che il trigeneratore è stato attivato a settembre 2018, quindi ha potuto lavorare solo negli ultimi 4 mesi dell'anno. Nel 2021, invece, il trigeneratore ha lavorato per 8546 ore su un totale di 8760 (è il 97.6%). Si capisce che il mix energetico dell'azienda è

cambiato in modo importante tra il 2018 e il 2021. Il recente aumento del prezzo del gas naturale è un altro fattore da considerare, senza contare l'effetto sulle attività dell'azienda delle misure di contrasto al COVID-19. Questi sono solo i più evidenti di una serie di fattori che contribuiscono a rendere la realtà del 2021 significativamente diversa da quella del 2018. Alla luce di questo, il presente lavoro di tesi punta ad offrire a Grafica Veneta un'istantanea più aggiornata e consapevole dei traguardi raggiunti dopo il 2018.

Oltre alla sede in Veneto, nel 2021 Grafica Veneta ha acquisito la quota di maggioranza dell'azienda americana Lake Book Manufacturing Inc. di Melrose Park in Illinois. Si tratta di un'azienda storica totalmente integrata nel processo di produzione di libri, sia in bianco e nero che a colori. L'azienda serve editori di libri specializzati in narrativa, saggistica, libri per bambini e libri fotografici. [W.21]

In quest'analisi è stato considerato solo il sito produttivo di Trebaseleghe di Grafica Veneta, per circoscrivere l'ambito del lavoro e perché l'azienda americana è sottoposta a dinamiche e obblighi di legge molto diversi da quelli della controparte italiana. Quindi il totale di 380 dipendenti in Tabella 1 non conta quelli di *Lake Book Manufacturing*. Inoltre, il D.Lgs. n° 102/2014 specifica che la dimensione dell'azienda include solo i siti nel territorio italiano. Quindi, ai fini di questa diagnosi, Grafica Veneta non è stata considerata come organizzazione multi-sito. Nell'ambito delle richieste del D.Lgs. n° 102/2014, i dati della Tabella 1 riguardano sia l'intera azienda, sia lo stabilimento di Trebaseleghe in particolare.

5.1.2 – Lo stabilimento

Grafica Veneta possiede un unico stabilimento, dove si concentrano sia le attività produttive che gli uffici. L'edificio è situato in Via Malcantone 2, nella zona industriale del comune Trebaseleghe, in provincia di Padova. Copre complessivamente una superficie di quasi 100 000 m² ed è connesso alle reti stradale, elettrica e del gas naturale. Non è raggiunto da servizi di teleriscaldamento o teleraffreddamento.



Figura 17 – lo stabilimento di Grafica Veneta, con l’impianto fotovoltaico sul tetto. Fonte: [W.18]

Durante il sopralluogo sono stati ispezionati gli impianti del sito produttivo di Trebaseleghe. Durante la visita il referente aziendale ha mostrato e descritto la rete ad aria compressa, i trasformatori, l’impianto a pavimento per il riscaldamento degli ambienti interni, le unità di trattamento aria, la centrale termica, le macchine per la stampa, il magazzino, le macchine per la rilegatura, il trigeneratore e altri punti d’interesse nello stabilimento.

Per costruire il modello energetico del sito di Grafica Veneta, si deve prima capire la struttura del sistema di monitoraggio dei consumi. Non essendoci abbastanza contatori, non è stato possibile implementare una strategia di monitoraggio particolarmente elaborata. Infatti, non si può parlare di un albero dei contatori, in quanto i flussi misurati riguardano solo gli impianti principali di produzione e uso dell’energia. Per gli usi, non c’è una suddivisione a livello di reparti dentro lo stabilimento: sono disponibili solo dati aggregati. I contatori misurano il flusso di energia elettrica con una precisione di 15 minuti, ma questo livello di dettaglio non è disponibile per i consumi di gas naturale.

La planimetria del sito è riportata di seguito:



Figura 18 – planimetria dello stabilimento di Trebaseleghe. Fonte: Grafica Veneta

Il seguente dettaglio mostra la divisione dell’edificio in 11 aree funzionali, compatibili con l’organizzazione delle attività nel 2021. Questa è una richiesta del D.Lgs. n° 102/2014. [27]

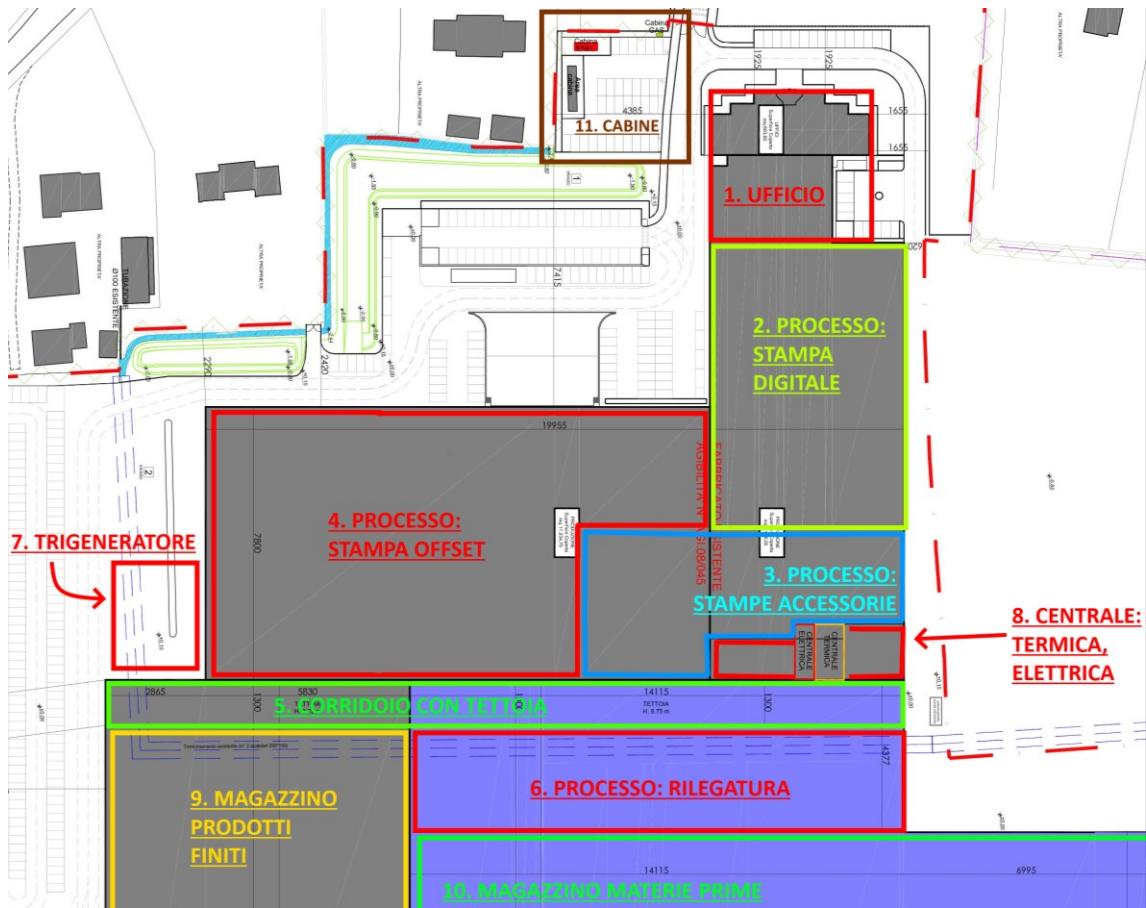


Figura 19 - divisione dello stabilimento in aree funzionali

Una diagnosi conforme alle richieste del D.Lgs. n° 102/2014 deve riportare la caratterizzazione della destinazione d'uso di ogni specifica area funzionale. Ci sono tre categorie: attività principali, servizi ausiliari e servizi generali. [34]

Le **attività principali** sono quelle relative alla produzione di un impianto specifico, come le macchine di stampa per aziende che producono volumi stampati. Le aree funzionali inerenti a questa categoria sono definite in modo da coincidere con la suddivisione nei vari reparti di produzione.

Rientrano nei **servizi ausiliari** tutte le attività secondarie a supporto di quelle principali, come il sistema di produzione di aria compressa, le centrali termiche, i gruppi frigoriferi, i sistemi di aspirazione, i sistemi di movimentazione dei materiali, ecc. Analizzare questa parte dell'attività è difficile perché non c'è sempre una correlazione diretta tra queste attività di supporto e le specifiche tipologie di prodotti o le diverse aree funzionali del sito. Il lavoro è quindi finalizzato a individuare la destinazione d'uso più appropriata dei vari servizi.

La categoria dei **servizi generali** comprende tutte le attività in qualche modo legate al processo produttivo principale, come l'illuminazione, il riscaldamento, la climatizzazione, gli uffici, ecc. Anche questa parte dell'attività è importante. Occorre definire adeguatamente le specifiche destinazioni d'uso (livello di luminosità, temperatura di set point, ...) in funzione delle condizioni d'uso delle specifiche aree. [39] [33]

Le zone evidenziate in Figura 19 si dividono in 3 categorie.

Zone generali:

- area 1: ingresso, reception, uffici. Qui il consumo di energia è minimo, ed è dovuto solo all'impianto HVAC, all'illuminazione e ai carichi delle prese elettriche
- area 11: cabine. Qui ci sono la cabina ENEL e la cabina del gas

Zone di processo:

- area 2: stampa digitale delle pagine dei libri. Qui le macchine dell'azienda consumano solo energia elettrica. È il cuore del processo e una quota molto importante dei consumi di energia elettrica
- area 3: stampe accessorie. Qui si stampano le copertine dei libri. Anche qui le macchine consumano solo energia elettrica
- area 4: stampa con tecnologia offset. Le bobine di carta vengono caricate sulle macchine per poi procedere alla stampa. I consumi in quest'area sono di energia elettrica per muovere gli attuatori e di gas naturale per alimentare i fornì di asciugatura dell'inchiostro
- area 6: rilegatura e lavorazioni finali. Qui viene ultimata la produzione del libro, che viene poi spostato nel magazzino

Zone ausiliarie:

- area 5: un ampio corridoio per la movimentazione di merci. Collega il magazzino alle aree produttive. In prossimità del trigeneratore c'è l'ingresso per il carico e lo scarico dai camion. Non è un ambiente riscaldato e presenta ampi varchi. Questi fanno da aperture di smaltimento di fumo e calore d'emergenza, e devono restare aperti per contrastare gli incendi
- area 7: trigeneratore. È installato all'esterno dello stabilimento. Usa gas naturale per fornire energia elettrica, calore e freddo all'azienda per autoconsumo e, nel caso dell'energia elettrica, eventualmente anche vendita alla rete

- area 8: centrale termica. L'edificio ha una centrale termica e due cabine elettriche. La centrale termica conta due caldaie a gas naturale, che non sono state accese nel 2021
- area 9: magazzino prodotti finiti. Qui vengono conservati i libri non ancora spediti ai clienti. Il consumo di energia di quest'area è minore e di secondaria importanza rispetto ai reparti produttivi
- area 10: magazzino di materie prime. È stato aggiunto nel 2012 a seguito di un'espansione dello stabilimento. Questo ambiente non è riscaldato

Durante il sopralluogo è stata sottolineata la possibilità di aggiungere un ulteriore strato di isolante termico all'edificio, per ridurre i consumi energetici per il riscaldamento degli ambienti interni. Questa proposta ha incontrato un ostacolo dato dal modo in cui l'edificio viene usato. Si consideri ad esempio l'area funzionale n° 5 (il corridoio). Questo è un disimpegno areato: alle estremità est e ovest sono presenti due grandi varchi. Sono aperture di smaltimento a parete, che devono restare aperte per garantire una buona ventilazione e un ricambio d'aria sufficiente.

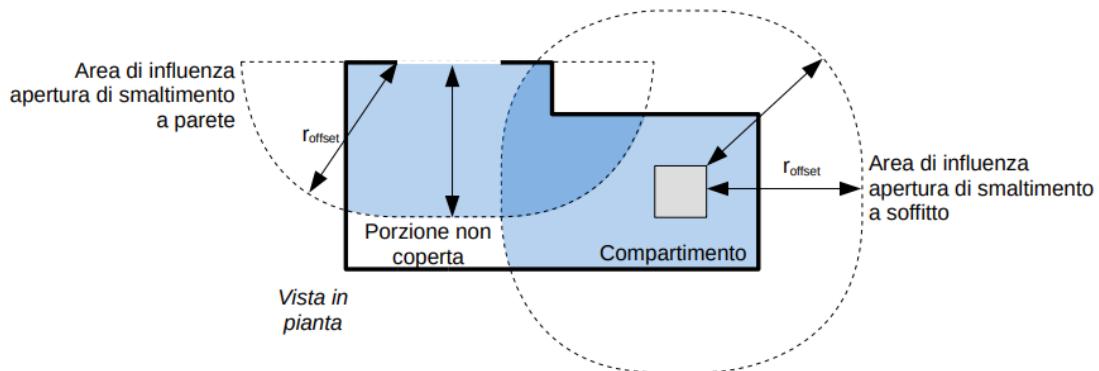


Figura 20 – distribuzione uniforme in pianta delle aperture di smaltimento. Fonte: [41]

Questa è una richiesta dei vigili del fuoco per la prevenzione di incendi nello stabilimento, quindi per la sicurezza sul posto di lavoro in generale. Premesso che la conformità alle buone pratiche di sicurezza non è negoziabile, si osserva comunque che in inverno questo provoca importanti perdite di calore per ventilazione, incidendo sul bilancio energetico dell'azienda. Alla luce di questo vincolo, i direttori considerano l'isolamento termico dell'edificio un aspetto di importanza secondaria. Stimano che andrebbe a ridurre la quota minore delle perdite di calore per trasmissione attraverso l'involucro dell'edificio: la conduzione termica e non la ventilazione. Si è quindi scelto di non procedere con

un'analisi dettagliata del sistema edificio-impianto con software come OpenStudio o EnergyPlus.

Nell'edificio non è implementata una tecnologia di *building automation and control system* (BACS) ai sensi della relativa norma UNI EN ISO 52120 e non è disponibile un *building information model* (BIM). Comunque, la planimetria rappresenta lo stato attuale dell'edificio come costruito. Non ci sono state modifiche significative né alla sua forma fisica né alla composizione del suo involucro negli ultimi 3 anni.

L'ultima modifica strutturale è avvenuta nel 2012. Da quel momento l'azienda può contare su circa 80 000 m² coperti, a seguito di un ulteriore ampliamento a sud est. In quella zona è stata predisposta una nuova area di magazzino per lo stoccaggio materie prime in accettazione. È accompagnata anche da una nuova area di produzione. L'obiettivo era di rivedere lay-out per migliorare il flusso produttivo e le condizioni di sicurezza dei lavoratori attraverso una riduzione del rischio di movimentazione meccanica e del rumore. [37]

Per quanto riguarda la presenza del personale nell'edificio, l'azienda adotta uno schema usuale, senza particolarità da evidenziare. L'attività lavorativa della mattina si svolge dalle 8:00 alle 12:00, seguita da una pausa, per poi riprendere nel pomeriggio alle 14:00, fino alle 18:00. Questo dal lunedì al venerdì. Per sabato e domenica è prevista la chiusura. In questa tesi si sorvola sulla descrizione dei periodi festivi e feriali.

Per calcolare gli indici di prestazione energetica normalizzati, si può usare la superficie dell'edificio, che nella planimetria viene suddivisa in macroaree, come si vede nella prossima tabella.

Tabella 2 - valori di riferimento per gli indicatori di prestazione energetica dell'edificio

Destinazione	Aree funzionali di Figura 19	Superficie [m ²]
Uffici	1	694
Produzione	2, 3, 8	7 670
Produzione	4	11 235
Magazzino prodotti finiti	9	15 858
Magazzino materie prime	10	35 442

Queste, unite agli ambienti esterni (cabine, trigeneratori, parcheggi, ...), portano lo stabilimento ad una superficie totale di circa 100 000 m². L'edificio non ha un attestato di prestazione energetica (APE) o una qualsiasi certificazione comparabile.

5.1.3 – Il processo produttivo

Di seguito si entra nel dettaglio riguardo l'organizzazione dell'attività aziendale. La produzione del 2021 si può suddividere in due categorie: la stampa di testi e la creazione di mascherine. Il processo produttivo più importante è sicuramente la stampa di libri, e su questo si concentra la diagnosi. Le attività di Grafica Veneta sono finalizzate alla produzione, mediante stampa industriale e rilegatura, di libri cartonati, fresati o cuciti a filo refe, brossurati e pubblicazioni di vario tipo.

Esistono diverse tecnologie di stampa. Le principali in uso in Grafica Veneta sono due: la stampa offset e la stampa digitale. La stampa offset è un procedimento indiretto che si basa sul principio secondo il quale acqua e olio non si mescolano. Per sfruttarlo è necessario preparare una matrice iniziale il cui contenuto verrà poi impresso sulla carta. Nella stampa digitale invece un file viene rielaborato dalla stampante e impresso direttamente su carta per ogni copia, senza dover ricreare un supporto intermedio ogni volta.

Un aspetto cruciale di questo elaborato processo è la velocità, almeno potenziale, con cui viene compiuto. In 24 ore Grafica Veneta è infatti in grado di stampare, confezionare e consegnare al cliente volumi per una tiratura fino a 10 000 copie. [W.25]

Le differenze più importanti tra questi due processi sono sul costo per unità di prodotto, sulla velocità e sul livello di personalizzazione. La tecnologia offset permette di stampare grandi tirature, ma senza possibilità di personalizzazione. La stampa digitale, invece, permette di stampare anche una sola copia del manoscritto e di applicare modifiche all'istante, senza dover ricostruire il supporto.

Il costo per la stampa offset è inversamente proporzionale al numero di copie stampate: l'alto costo di partenza è dovuto alla preparazione della matrice iniziale. La stampa digitale invece mantiene il costo della singola copia elevato, ma la si preferisce per stampare in quantità limitate e in tempi brevi.

MATERIE PRIME

Per sostenere la sua attività produttiva, Grafica Veneta deve acquistare una grande quantità di materie prime. Nella prossima tabella sono riportati i quantitativi totali di materie prime acquistate da Grafica Veneta nel 2020, trascurando quelle banali come la cancelleria.

Tabella 3 – le materie prime principali. Fonte: [36]

Tipologia	Quantità [t]
Carta	44 913
Inchiostro	286
Alluminio laminato	270

Ovviamente in questo lavoro di tesi non si entra nel dettaglio su paese di provenienza e il nome commerciale di ogni singolo tipo di inchiostro acquistato dall'azienda. Le materie prime consegnate allo stabilimento provengono da diverse aree, sia italiane che internazionali. Il trasporto si svolge con mezzi che non sono né di proprietà dell'azienda né sotto il suo diretto controllo. Questo rende difficile valutare i consumi energetici per la fase di approvvigionamento del materiale.

L'alluminio viene usato per imprimere le lastre per la stampa offset, mentre la carta e l'inchiostro servono ovviamente per la produzione di libri stampati. Quelle sono le 3 materie prime fondamentali, le più utilizzate. L'azienda durante le attività di lavorazione e manutenzione dei macchinari utilizza anche i prodotti nella prossima tabella, per un totale di 60 tonnellate.

Tabella 4 - materiali utilizzati per lavorazioni e manutenzione macchinari. Fonte: [36]

Tipologia prodotto	Denominazione	Quantità [t]
alcool, isopropanolo	ISO 800	10
diluente, glicole propilenico liquido	REMOVE PW71	2
lavacaucciù, solvente organico	FORMENWASHMITTLE	5
lavacaucciù, solvente organico	EUROSTAR 65	6
soluzione di bagnatura, isopropanolo	WASSERTOP	5
soluzione di bagnatura, isopropanolo	DYNACOL AC330	20
lubrificante (olio e grasso)		12

La soluzione di bagnatura è un liquido usato nel processo di stampa offset. Contiene isopropanolo, che è praticamente la quarta materia prima per quantità acquistata in Grafica Veneta. La carta è chiaramente la materia prima più abbondante del processo di stampa. La seguente tabella mostra un bilancio di ingressi e uscite dal punto di vista della carta. La valutazione è stata fatta sulla base dei dati storici forniti da Grafica Veneta tramite le bolle di acquisto (D.D.T.).

Tabella 5 - scarto tra la materia prima e il prodotto finito. Fonte: [36]

Grandezza	Unità	Dato 2016	2017	2018	2019	2020	2021
bobine di carta	t	44963	52387	43275	46651	44913	52584
libri, riviste, pubblicazioni	t	32460	38645	30432	33900	32249	38912
scarto	%	28%	26%	30%	27%	28%	26%

Non tutta la materia prima finisce nel libro venduto: una parte non trascurabile diventa uno scarto di lavorazione. Il quantitativo di prodotto finito risulta essere all'incirca il 27% in meno rispetto al quantitativo di materia prima acquistata, con andamento abbastanza regolare negli anni.

La produzione di materie prime, ed in particolar modo la carta, sono le principali fonti di emissioni di gas serra di Grafica Veneta. Nel 2020, produrre e portare allo stabilimento la carta acquistata dall'azienda ha causato emissioni pari a 60346 tonnellate di CO₂ equivalente. Si tratta del 73.8% delle emissioni totali provocate dall'attività dell'azienda nel 2020. [36]

PROCESSO DI STAMPA OFFSET

I libri sono assemblaggi di parti distinte. I passaggi fondamentali della loro produzione sono illustrati di seguito, facendo riferimento alle aree individuate nella Figura 19:

- I fornitori consegnano le materie prime, che vengono portate in magazzino (area 10). Il trasporto avviene quasi totalmente con camion, o per nave in qualche tratto, a seconda del paese dal quale l'azienda importa la carta. [36]
- Il materiale viene portato dal magazzino alle macchine della zona di produzione (aree 2 e 4)

- A questo punto l'editore e l'autore si sono già accordati in modo definitivo sui testi (tutti, anche quelli delle alette o della quarta di copertina). L'editore invia tramite l'ufficio tecnico tutti i file a Grafica Veneta per la stampa
- **Progettazione grafica.** A partire dai file forniti, il progettista grafico crea e sviluppa il design dettagliato e definitivo, pronto per la stampa, sul quale il cliente e il progettista devono giungere ad un accordo. In questa fase vengono stabiliti tutti i criteri grafici e tecnici da adottare: margini, colonne, carattere, tipo di carta, tipo di rilegature e colori del prodotto stampato. Qui Grafica Veneta offre consulenza professionale e può decidere in merito ad aspetti che il cliente non ritiene fondamentali, magari la grammatura della carta. Dato che questo è sostanzialmente un lavoro di progettazione, qui c'è ben poco margine di ottimizzazione dei consumi energetici. È un lavoro d'ufficio (area 1).
- **Prestampa.** Partendo dai documenti originali (testo e immagini) si procede all'impaginazione, alla prova colore, all'incisione. È il computer a dare il comando per incidere le lastre, che sono di metallo ma ricoperte da un polimero gommoso. Su questo strato vengono incisi i segni da stampare.
- **Stampa** (aree 2 e 4). I rotoli di carta vengono caricati sulle stampanti che producono le pagine raggruppate in multipli di 16, ancora non tagliate. Tipicamente, la stampa è in bianco e nero per i libri, mentre per le riviste e i cataloghi è a colori. Alcune macchine forniscono un prodotto già finito, come nel caso dei quotidiani, ma il più delle volte vengono stampati solo i fogli, che andranno poi allestiti.
- Viene stampata la copertina, nel reparto delle stampe accessorie (area 3).
- Alla fine della stampa si verifica la corrispondenza tra il progetto iniziale di impaginazione e il risultato di stampa, in particolare per i colori delle immagini, che devono essere uguali all'originale.
- **Rilegatura.** Questa fase si svolge nel reparto legatoria (area 6), dove i fogli precedentemente stampati vengono piegati e tagliati. Attraverso la macchina brossuratrice vengono poi messi in ordine, cuciti o cosparsi di colla lungo il dorso per finire la legatura
- **Allestimento.** Dopo la rilegatura il prodotto viene rifinito e completato, fino a giungere al suo aspetto definitivo. In questa fase 3 lame tagliano testa, piede e controdorso del libro in modo da pareggiare le pagine, togliendo sbordi e irregolarità. Per l'allestimento si possono usare sia le macchine automatiche

disponibili (taglierine, cucitrici, fustellatrici, piegatrici, raccoglitrici), sia il lavoro manuale dell'operatore per tagliare, piegare o incollare le pagine.

- Tutti gli elementi (testi, immagini, carta, cartone e colla) ora formano un unico oggetto: il libro. Gli stampati vengono messi ad asciugare in un forno per una giornata.
- I libri vengono spostati nel magazzino prodotti finiti (area 9) per poi procedere alla distribuzione nelle librerie. I prodotti finiti vengono trasportati su pallet in legno avvolti con film plastico e protetti all'occorrenza da scatole, angolari e divisori in cartone. Il quantitativo trasportato per singolo pallet, dichiarato dall'azienda, è pari a 0.5 tonnellate. [36]

Una volta fuori dai cancelli dello stabilimento, il libro prodotto appartiene al cliente, non a Grafica Veneta. L'utilizzatore finale al termine del suo impiego lo destina totalmente al ciclo di raccolta della carta come rifiuto urbano da avviare obbligatoriamente al riutilizzo. Ogni prodotto di Grafica Veneta è totalmente riciclabile, essendo composto sostanzialmente di carta e cartone. Le stesse materie prime impiegate sono totalmente riutilizzabili: si tratta di carta, cartone, metalli e imballaggi (in legno e plastica). Durante il ciclo di produzione non vengono impiegate sostanze classificate come SvHc (Substances of Very High Concern) o CMR (Cancerogene, mutagene, tossiche per la riproduzione). [36]

La produzione di libri avviene in una linea di processo di stampa a ciclo continuo 24 ore su 24 per circa 270 giorni all'anno. [36]

La natura dei processi elementari in questa catena produttiva è suddivisibile in:

- Processi che usano energia elettrica: nelle stampanti e nelle macchine di rilegatura. Il vettore elettrico aziona la maggior parte delle macchine nello stabilimento
- Processi che usano energia termica: il consumo è dovuto quasi totalmente a 8 macchine rotative dotate di forni per l'asciugatura delle bobine di fogli di stampa, alimentati da gas metano, della potenza complessiva di 6800 kW [36]

A questi si aggiungono i servizi generali di riscaldamento degli ambienti interni, illuminazione, ecc. Vengono approfonditi in 5.2.5 – *I consumi per i servizi generali*.

PRODOTTI

Si possono dividere i prodotti dell'azienda in tre categorie: principali, secondari e rifiuti. Iniziando dai prodotti **principali** si sottolinea che, oltre ai classici romanzi, Grafica Veneta si occupa di un'ampia gamma di prodotti stampati, come gli opuscoli e i cataloghi.

Un opuscolo, o brochure, è uno stampato composto da una decina di pagine. È destinato a presentare un'attività commerciale o a fornire informazioni generali e pratiche. Ha l'aspetto di un piccolo catalogo. Di solito viene utilizzato da vendori o rappresentanti per illustrare l'azienda. Lo si lascia al cliente al termine di un colloquio introattivo. Essendo composto da poche pagine, si tende a impostarlo graficamente per trasmettere un messaggio emozionale e per sottolineare i valori dell'azienda. In questa forma di comunicazione vengono tralasciate le informazioni tecniche più dettagliate.

Il catalogo rappresenta invece il massimo delle informazioni che un'impresa può offrire al cliente. Descrive dettagliatamente l'azienda e i prodotti o servizi che fornisce. Include le schede tecniche e a volte anche i prezzi. Il catalogo è molto tecnico e per questo non è destinato al grande pubblico. Viene utilizzato dai clienti che devono effettuare ordini sulla base di informazioni e specifiche tecniche ben definite.

Nel 2021, Grafica Veneta ha stampato 119 018 980 *volumi* in totale. L'azienda non vende semilavorati: i suoi prodotti sono tutti destinati al consumatore finale.

Per quanto riguarda i prodotti **secondari**, escludendo quindi la stampa di documenti, si ricorda la produzione di schermi filtranti in "tessuto non tessuto". Si tratta di mascherine di comunità, create per rispondere alle immediate necessità nell'ambito della pandemia di COVID-19. L'iniziativa si è poi evoluta in un progetto per produrre mascherine chirurgiche con marchio CE, quindi conformi alla norma UNI EN 14683:2019. [W.24]



Figura 21 - gli schermi filtranti. Fonte: Grafica Veneta

La produzione di mascherine, essendo un'attività secondaria, non è stata presa in considerazione in questa diagnosi energetica.

Si conclude con i **rifiuti**. Nonostante siano indesiderati, sono anch'essi un prodotto dell'attività dell'azienda. Li si considera soprattutto nell'ottica di mitigare il danno ambientale provocato dal loro smaltimento improprio.

Grafica Veneta gestisce il fine vita dei rifiuti prodotti nelle attività lavorative in 4 modi:

- Incenerimento, per gli scarti di inchiostro che non contengono sostanze pericolose
- Recupero, per toner esauriti e imballaggi in legno
- Smaltimento, per le soluzioni di sviluppo per lastre offset a base acquosa
- Riciclo, per oli esausti, imballaggi, alluminio, ferro, acciaio, carta, cartone

Durante il sopralluogo e l'analisi dei dati non sono stati individuati impatti ambientali significativi per quanto riguarda la gestione dei rifiuti. [36]

Tuttavia, si segnala la presenza di sostanze in soluzione nell'acqua di lavaggio degli inchiostri di stampa, che deve quindi essere gestita come rifiuto speciale. Infatti, c'è un'azienda specializzata che si occupa dello smaltimento. I rifiuti cartacei vengono suddivisi in contenitori diversi a seconda che siano stampati o meno. Sono stati predisposti dei bacini di contenimento per evitare lo spargimento dell'olio lubrificante dei macchinari dovuto al normale allentamento di giunti e guarnizioni durante l'attività produttiva. Le colle utilizzate nella fase di confezionamento sono di due tipi: una in granuli contenuta in sacchetti di PET, l'altra di tipo vinilico. Le vasche esaurite, i contenitori dei solventi usati e i sacchi vuoti vengono raccolti in appositi contenitori e concentrati in un punto di stoccaggio esterno allo stabilimento. [36]

5.1.4 – Certificazioni non energetiche

Grafica Veneta ha una posizione di rilievo nella produzione di libri a livello internazionale. Viene gestita con consapevolezza del concetto di responsabilità sociale. Si impegna con la propria attività a divulgare la cultura nel mondo attraverso la produzione di libri, nel rispetto dell'ambiente, utilizzando materie prime da foreste razionalmente gestite, riducendo l'incidenza dei costi sociali grazie all'energia rinnovabile, riducendo gli scarti industriali di lavorazione, razionalizzando l'utilizzo della carta come materia prima di processo. Tutto questo mantenendo comunque alta la qualità del prodotto e l'efficienza

dei processi produttivi, impegnandosi per la riduzione dei rischi lavorativi e per migliorare le condizioni di igiene e sicurezza sul lavoro dei propri collaboratori. [38]

Per quanto riguarda le certificazioni e le iniziative volontarie, l'azienda investe continuamente in ricerca e sviluppo: i suoi sistemi di gestione rispettano diverse certificazioni di carattere volontario, come riportato di seguito.

Certificate Detail	
Certificate Code	CSQA-COC-039872
Former Certificate Code	SGSCH-COC-003543
Licence Code	FSC-C021883
MAIN ADDRESS	
Name	Grafica Veneta SPA
Local Name	
Address	Via Malcantone, 2 35010 Trebaseleghe PD ITALY
Website	www.graficaveneta.com
CERTIFICATE DATA	
Status	Valid
First Issue Date	2007-08-14
Last Issue Date	2020-06-05
Expiry Date	2025-11-05
Suspension	
Date	FSC-STD-40-004 V3-1
Standard	- - -

Figura 22 - Adesione al marchio FSC. Fonte: motore di ricerca di FSC [W.27]

Il certificato del marchio FSC, che identifica i prodotti contenenti legno proveniente da foreste gestite responsabilmente, è consultabile al pubblico all'indirizzo web: [W.8]

È stato rilasciato da CSQA nel 2015 e riguarda l'acquisto di carta, cartoncino, carta da giornale e carta traslucida FSC 100%, FSC misto, FSC Riciclato, FSC Legno Controllato. Riguarda anche il processo di stampa di libri, riviste, materiale pubblicitario, calendari, diari e agende FSC 100%, FSC misto, FSC riciclato, anche per conto terzi. [W.28]

Grafica Veneta dichiara di non essere coinvolta, né direttamente né indirettamente, in attività che risultano in contrasto con i valori della politica FSC e PEFC, come disboscamenti illegali o conversione di foreste in piantagioni. Secondo la politica di sostenibilità ambientale di Grafica Veneta, le azioni chiave intraprese in questo ambito sono:

- Mantenere attivo in azienda un adeguato Sistema di Gestione e Controllo orientato alla stampa ecosostenibile, per assicurare la corretta implementazione della Catena di Custodia dei prodotti realizzati ed etichettati in riferimento agli schemi FSC e PEFC
- Usare solo materie prime certificate e non provenienti da fonti controverse
- Collaborare con Fornitori di materie prime di origine forestale che abbiano ottenuto certificazioni forestali riconosciute
- Impegnarsi a ridurre l'emissione di gas ad effetto serra in atmosfera

bsi.



Certificate of Registration

SISTEMA DI GESTIONE AMBIENTALE - ISO 14001:2015

Figura 23 – dettaglio della certificazione ambientale ISO 14001 dell’azienda. Fonte: [W.8]

Grafica Veneta ha ottenuto da BSI la certificazione per un sistema di gestione che tiene sotto controllo gli impatti ambientali delle attività e ne ricerca il miglioramento efficace e sostenibile. Riguarda le attività di produzione di libri e prodotti da stampa su commessa mediante processi di prestampa, incisione lastre, stampa offset o digitale, legatoria e finissaggio. Fonte: Accredia [W.30]



Figura 24 - certificazione del Sistema Qualità ISO 9001. Fonte: [W.8]

La *politica per la qualità* di Grafica Veneta prevede il potenziamento del sistema qualità ai sensi della UNI EN ISO 9001:2015. L’azienda si impegna quindi a seguire una serie di principi fondamentali:

- rispetto completo delle norme pertinenti, dei sistemi e delle regole alle quali l'azienda volontariamente dichiara di aderire
- analisi dei contesti in cui opera l'azienda, in modo da gestire i rischi
- applicazione al sistema produttivo di procedure che permettano di monitorare costantemente e quindi di garantire puntualmente la qualità del prodotto e del servizio reso ai clienti

Con la conformità a questa norma, Grafica Veneta garantisce l'indirizzamento di tutti i processi aziendali al miglioramento dell'efficienza (intesa in senso generale, non solo energetico), oltre che alla soddisfazione del cliente. [36]

La certificazione riguarda la produzione di libri e prodotti per l'editoria su commessa. Comprende anche la produzione di mascherine chirurgiche, che quindi entra a tutto diritto tra le attività di interesse dell'azienda. [W.31]

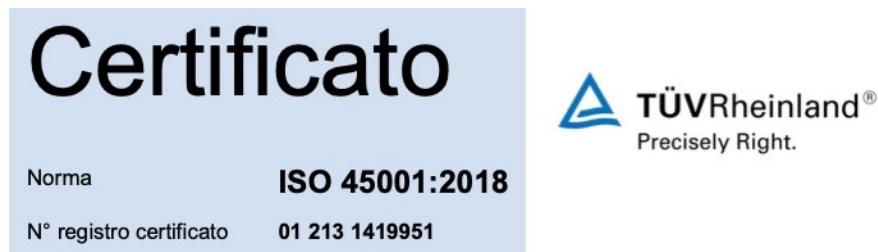


Figura 25 - Certificazione ISO 45001. Fonte: [W.8]

La norma ISO 45001 è uno standard volontario per i sistemi di gestione della salute e della sicurezza sul lavoro. Implementare in modo coerente questo sistema di gestione, aggiornarlo e sorveglierlo periodicamente, aiuta le organizzazioni a controllare e ridurre al minimo i rischi per la salute e la sicurezza sul lavoro. Con questa normativa si certifica l'indirizzamento di tutti i processi aziendali alla tutela dei lavoratori negli ambienti di lavoro. Per *processi* si intendono la produzione di libri e prodotti per l'editoria su commessa e la produzione di mascherine chirurgiche. [W.32]



Figura 26 - Certificazione PEFC ITA 1002. Fonte: Grafica Veneta [W.8]

Anche la certificazione PEFC garantisce la qualità la catena di custodia dei prodotti di origine forestale. L'attestato è stato rilasciato da CSQA Certificazioni S.r.l. ed è riconosciuto dallo stesso PEFC. Copre l'attività di stampa di libri, brochure e cataloghi certificati PEFC. È consultabile in [W.26] e [W.29]



Figura 27 - Certificazione IMPRIMVERT 2021 di Grafica Veneta. Fonte: [W.8]

La certificazione IMPRIMVERT Garantisce che l'intera filiera è strutturata in modo ecocompatibile, dagli acquisti alla produzione, dalla gestione energetica alla sensibilizzazione dei collaboratori.



Figura 28 - Certificazione PAS 2060 della neutralità carbonica. Fonte: [W.8]

Per favorire il miglioramento continuo del sistema integrato *qualità-ambiente-sicurezza*, Grafica Veneta ha deciso di compensare il 100% delle emissioni nette di CO₂ equivalente e raggiungere a fine 2021 la certificazione Carbon Neutral, come ribadisce nella Dichiarazione esplicativa (*Qualifying Explanatory Statement*, "QES"). L'azienda dichiara di aver raggiunto la *neutralità carbonica* delle attività di ufficio e di stampa in accordo con la specifica PAS 2060 a dicembre 2021, per tutto l'anno 2020, con impegno a mantenerla fino al 31 dicembre 2022, il tutto certificato da CSQA Certificazioni s.r.l. [37]

L'azienda intende raggiungere la decarbonizzazione totale del proprio mix energetico attraverso l'acquisto di energia verde certificata. Si cerca quindi di ridurre l'impatto ambientale dovuto al mix energetico usato mediante l'acquisto di energia rinnovabile direttamente da distributori di energia elettrica certificata proveniente da fonti rinnovabili. A questo fine, l'azienda procede all'identificazione della migliore offerta sul mercato per l'utilizzo di energia verde certificata fino a coprire il 100% dell'energia acquistata dalla rete. [37]

Si sottolinea il fatto che, per rispettare i requisiti della PAS 2060, l'azienda ha dovuto applicare importanti cambiamenti alla sua politica energetica e all'organizzazione interna in generale. Si ripete quindi l'importanza di questo lavoro di diagnosi, che vuole offrire una panoramica della nuova struttura aziendale, ben diversa da quella fotografata nella diagnosi del 2019. Qui si conclude l'elenco esaustivo, aggiornato a gennaio 2023, delle attestazioni relative alle prestazioni energetiche.

5.2 – Come viene usata l'energia

Questo capitolo è riservato all'analisi dei dati raccolti. Sono commentati tutti i dati disponibili sui consumi dei vettori energetici usati da Grafica Veneta. La descrizione segue uno schema di bilancio che mostra i flussi di energia che entrano in azienda e dove vanno a finire. Qui viene costruito il **modello energetico**, prima descrivendo i contatori disponibili, poi tramite un vero e proprio **inventario energetico**. Si tratta di un'analisi dettagliata degli impianti che usano l'energia: le macchine di stampa, i mezzi di trasporto e i servizi ausiliari.

I valori utilizzati derivano dalle varie fatture, principalmente quelle del gas metano e dell'energia elettrica. I consumi sono stati estrapolati anche dai dati di monitoraggio ambientale che l'azienda registra nell'ambito del suo sistema di gestione ambientale ISO 14001. La principale difficoltà riscontrata nel recuperare i dati è che l'azienda non ha una

struttura di energy data management conforme alla norma ISO 50001. Una possibile implementazione è presentata tra le azioni per il miglioramento delle prestazioni energetiche, in *6.5.1 – Struttura di energy data management*.

5.2.1 – La rete dei contatori

Di seguito è riportata la schematizzazione generale dei flussi energetici come indicato nelle linee guida ENEA per l'esecuzione delle diagnosi energetiche nelle imprese ai sensi del D.Lgs. n° 102/2014. Il modello energetico generale può descrivere lo stabilimento di Grafica Veneta nel modo più semplice. Appare nella prossima figura.

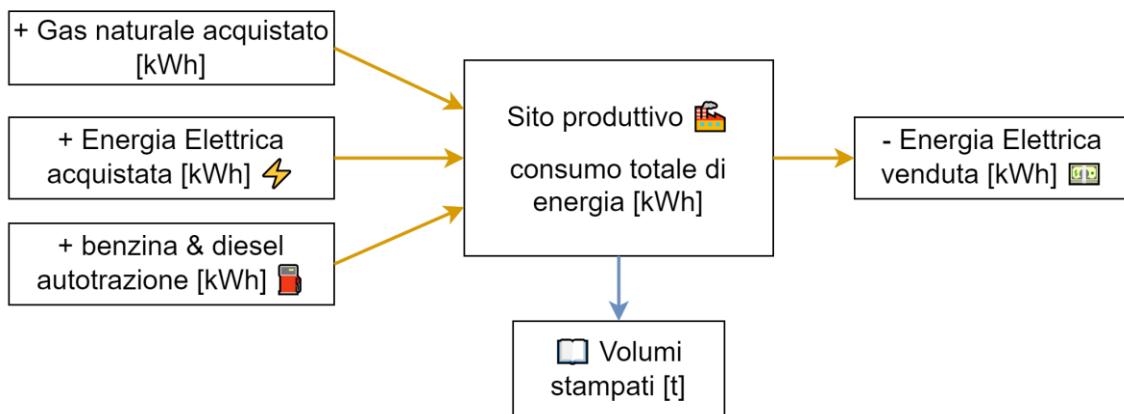


Figura 29 - flussi energetici di stabilimento, schema generale

Si può già notare che l'azienda non si affida ad una grandissima varietà di vettori energetici. I consumi di benzina e diesel per autotrazione sono ovvie necessità, quindi è più interessante capire come l'energia elettrica e il gas naturale vengono utilizzati nello stabilimento. In *5.2.2 – Le sorgenti dei flussi energetici* vengono presentati gli impianti di produzione energetica che l'azienda usa per soddisfare parte del suo fabbisogno energetico interno e per vendere energia elettrica alla rete nazionale. Come si vede nella Figura 29, nello stabilimento vero e proprio non si usano altri combustibili oltre al gas naturale: attualmente l'azienda non si serve di sistemi a gasolio, pellet, biocombustibili, carbone, GPL, ecc.

La quantità di libri stampati, misurata in numero di unità o in tonnellate, è il risultato principale dell'attività produttiva, da considerare nel calcolo degli indici di prestazione energetica. In questa analisi si ignorano la produzione di mascherine (un'attività

secondaria per la quale non sono stati comunicati dati di produzione) e il trattamento dei rifiuti, che non si possono considerare un output utile dell'azienda.

Si prosegue la trattazione entrando più nel dettaglio sui flussi energetici dello stabilimento. Si propone il seguente schema della struttura energetica dell'azienda, che evidenzia tutti gli impianti di produzione di energia per autoconsumo. La sigla "E.E." indica l'Energia Elettrica.

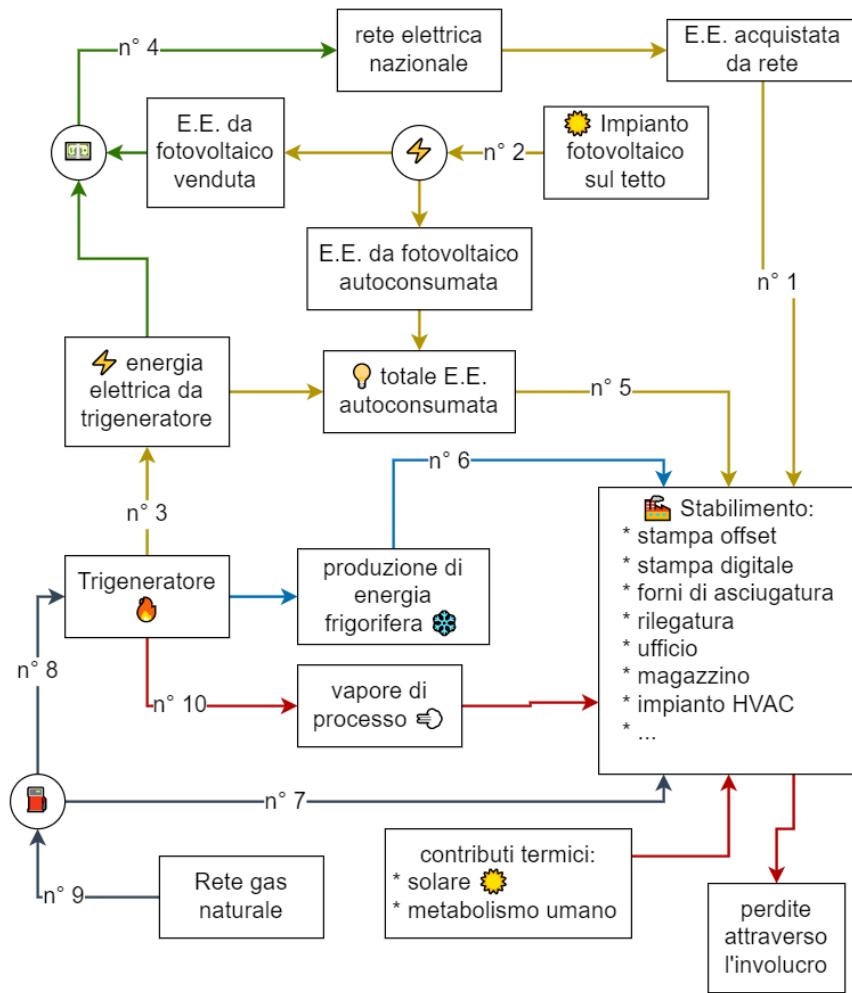


Figura 30 - diagramma dei flussi energetici in azienda, con numero identificativo

Il blocco "stabilimento" si può poi dividere nelle 11 aree funzionali mostrate in Figura 19. La seguente tabella mostra i contatori che l'azienda monitora, descritti con la stessa terminologia di Grafica Veneta. Il numero identificativo è lo stesso mostrato nella figura precedente.

Tabella 6 - i contatori e i flussi misurati

n° identificativo del contatore	Vettore energetico	Flusso misurato	Riferimento	Tipo misura	Unità di misura
1	elettrico	acquistata	fattura	fiscale	kWh
2	elettrico	prodotta da fotovoltaico con autoconsumo	registro dogane	da contatore impianto	kWh
3	elettrico	prodotta da trigeneratore	registro trigeneratore	da contatore impianto	kWh
4	elettrico	immessa	registro dogane	da contatore impianto	kWh
5	elettrico	Autoconsumata		calcolata	kWh
6	elettrico	risparmiata con produzione di energia frigorifera da trigeneratore	registro trigeneratore	calcolata	kWh
7	gas	consumo stabilimento	fattura	Calcolata	Sm ³
8	gas	consumo trigeneratore	registro trigeneratore	da sistema di misura del trigeneratore	Sm ³
9	gas	consumo totale	fattura	Fiscale	Sm ³
10	gas	risparmiato con produzione di Energia Termica dal trigeneratore	registro trigeneratore	calcolata	Sm ³

Il **contatore 1** fornisce un dato di energia elettrica acquistata, letto dalla fattura.

Il **contatore 2** misura l'energia elettrica totale prodotta dal solo impianto fotovoltaico multi-sezione di 3004 kWp posizionato sul tetto di Grafica Veneta. Il dato include la quota di autoconsumo.

Il **contatore 4** misura l'energia elettrica venduta alla rete. Comprende due contributi: quella prodotta dal trigeneratore e quella prodotta dall'impianto fotovoltaico.

Il **contatore 6** restituisce il valore di energia elettrica risparmiata grazie all'effetto frigorifero fornito dal trigeneratore. Il trigeneratore di Grafica Veneta consiste in un cogenerator Ecomax collegato ad un gruppo frigorifero ad assorbimento, che produce un effetto frigorifero. Questo effetto frigorifero normalmente viene realizzato prelevando energia elettrica per l'uso in un ciclo inverso in una macchina a compressione di vapore. L'azienda sceglie quindi di misurare non l'effetto frigorifero prodotto dal trigeneratore, ma il risparmio di energia elettrica che si ottiene nelle macchine frigorifere che vengono alleggerite del carico spostato sul trigeneratore. L'energia elettrica risparmiata si quantifica convertendo l'effetto frigorifero prodotto dal trigeneratore con un *energy efficiency ratio* (EER) di riferimento, usando la formula:

$$\text{risparmio di E. E. dal trigeneratore} = \frac{E_F}{EER} = \dots \text{ kWh}$$

(contatore n° 6)

Dove:

- E_F = effetto frigorifero sviluppato dal trigeneratore = ... kWh
- $EER = 3.5$ che l'azienda considera il livello di prestazione di riferimento di una macchina frigorifera alternativa al trigeneratore. Si nota che 3.5 è un EER che ci si può aspettare da un ciclo inverso a compressione di vapore, mentre il trigeneratore produce freddo con un ciclo ad assorbimento. Una descrizione di questa macchina è fornita in 5.2.2 – Le sorgenti dei flussi energetici.

Il **contatore 7** riporta il consumo di gas naturale nello stabilimento. Si tratta del consumo sostanzialmente delle rotative, che hanno forni di asciugatura a gas. C'è una centrale termica con due caldaie a gas, ma sono modelli obsoleti che non sono entrati in funzione nel 2021.

Il **contatore 10** fornisce un'informazione sul risparmio di gas ottenuto con la produzione di energia termica nel trigeneratore. Si tratta della quantità, in Sm^3 , di gas naturale risparmiato usando il trigeneratore rispetto alla modalità di produzione di energia termica che si adoperava prima del trigeneratore, cioè con caldaie standard. Si tratta solo delle misure termiche: questo valore non è una somma di calore + effetto frigorifero. Per il calcolo di questa energia, fissato un certo intervallo di tempo, una formula utilizzata più spesso è:

$$\Delta H = c_p * m * \Delta T = \dots \text{ kJ}$$

L'azienda invece esprime questo calore in Sm^3 di gas equivalenti. I valori sono sempre positivi, o uguali a zero nel periodo luglio-settembre. La definizione di *gas risparmiato* può

confondere. Questo contatore misura la quantità di gas naturale che non è stato usato nelle caldaie tradizionali grazie al funzionamento del trigeneratore. Quindi non si calcola una differenza tra il consumo del trigeneratore e il consumo ipotetico della caldaia. Per quantificare il gas risparmiato, l'azienda calcola l'energia termica prodotta dal trigeneratore al netto di quella consumata dall'assorbitore. Si tratta dell'energia termica utile inviata allo stabilimento. Viene poi divisa per i fabbisogni η e PCI_{metano} secondo la formula seguente:

$$\text{risparmio gas con trigeneratore} = \frac{\left(E_{TH} - \frac{E_F}{EER_{ABS}} \right)}{\eta * PCI_{metano}} = \dots Sm^3$$

(contatore n° 10)

Dove:

E_{TH} [kWh] = energia termica complessiva dal cogenerator. Comprende il calore utile e il freddo prodotti dal trigeneratore

E_F [kWh] = effetto frigorifero sviluppato dal trigeneratore

$PCI_{metano} = 9.58 \frac{kWh}{Sm^3}$ come in 2.1 – Le unità di misura

$$EER_{ABS} = 0.65 = \text{EER del gruppo frigorifero ad assorbimento} = \frac{\dot{Q}_{EVAPORATORE}}{\dot{Q}_{GENERATORE}}$$

$\eta = 0.98$ = rendimento di conversione, stabilito da Grafica Veneta. Esprime il concetto che, rispetto al trigeneratore, la caldaia impiega una quantità maggiore di gas naturale per produrre la stessa quantità di energia termica utile.

Quindi il **calore utile** del trigeneratore effettivamente destinato alla produzione di vapore di processo è:

$$E_{VAPORE} = E_{TH} - \frac{E_F}{EER_{ABS}} = \dots kWh$$

Questi 10 contatori sono la principale fonte di dati sui flussi energetici nello stabilimento di Grafica Veneta. Si nota quindi che l'azienda non misura i flussi energetici legati ai vettori: aria compressa, acqua calda sanitaria, vapore di processo, fluidi refrigeranti.

Inoltre, lo stabilimento possiede solo contatori generali, non ci sono dati specifici dedicati ad un reparto, una linea produttiva o una delle aree funzionali evidenziate in Figura 19.

Nella pratica, alcuni auditor cercano di sopperire all'assenza di dati dettagliati stimando il consumo di energia del reparto, o almeno la sua quota sul totale. Cercano di dedurlo da dati come il volume d'aria prodotto dai compressori (o le ore di marcia) e dai quantitativi

di materie prime che possano determinare, al loro variare, una corrispondente variazione del consumo energetico dell'area. [W.19]

Le linee guida ASSOCARTA consigliano di eseguire una stima dei consumi a partire dalla potenza installata e dalle ore di funzionamento all'anno, con la formula seguente:

$$E_{CONSUMATA} = P_{INSTALLATA} * h_G * g_A * f$$

Dove:

$E_{CONSUMATA}$ = energia (ad es. elettrica) consumata annualmente [kWh/anno]

$P_{INSTALLATA}$ = potenza nominale installata [kW]

h_G = ore di funzionamento giornaliero [h/giorno]

g_A = giorni di funzionamento all'anno [giorni/anno]

f = fattore di carico che tiene conto del reale assorbimento di macchina

Tali dati sono utili anche per stimare il consumo dell'area individuata qualora per la prima diagnosi non siano disponibili misuratori dedicati. [40]

In questo lavoro di tesi, invece, si è scelto di evitare interpretazioni fantasiose dei dati disponibili, per non riportare informazioni false o non rintracciabili, e per non confondere casi di mera correlazione con fenomeni di causalità. I dati presentati in questo capitolo sono rintracciabili e provengono principalmente dalla documentazione di Grafica Veneta. Non sono stati né stimati né modellizzati. Si accetta il fatto che i dati descrivono i flussi energetici a livello aggregato. Per avere a disposizione una suddivisione più dettagliata dei consumi, che tenga conto del singolo reparto, l'azienda dovrà investire in un sistema di misura dell'energia come quello proposto in *6.5.1 – Struttura di energy data management*.

Per ora si procede descrivendo la struttura del sistema energetico aziendale. La trattazione dei valori numerici dei consumi di energia è, ad esempio, in Tabella 21, dove si associano i dati misurati allo schema mostrato in Tabella 6.

Con i dati raccolti è comunque possibile costruire un modello complessivo che descrive l'intero consumo di energia nello stabilimento. Si consideri il seguente **modello energetico**, che include i blocchi “trigeneratore” e “stabilimento” mostrati in Figura 30, con un maggior livello di dettaglio:

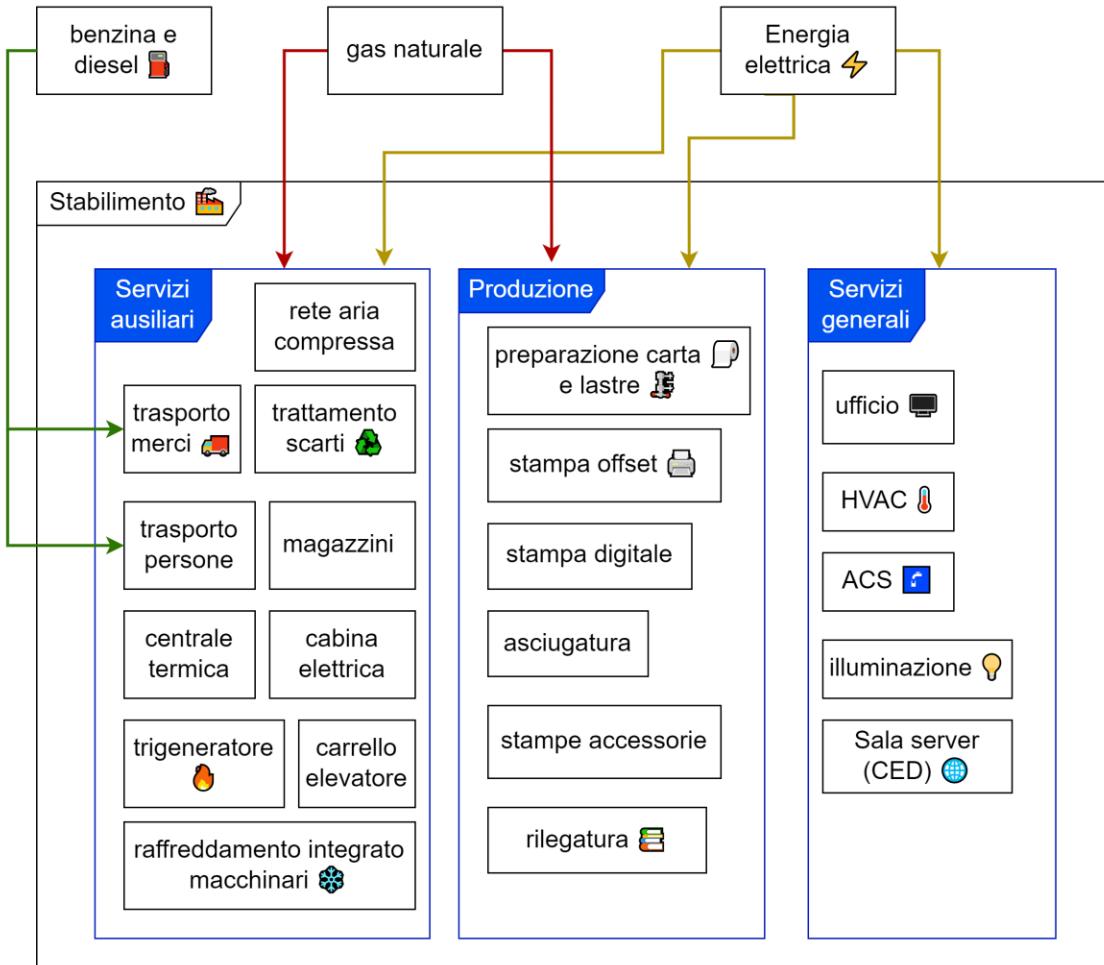


Figura 31 - modello energetico del sito di Trebaseleghe

Il modello energetico dell'impianto descrive ogni vettore energetico utilizzato all'interno dei confini dell'impianto. Il livello di dettaglio dipende dalla disponibilità di misure dirette e dalla rilevanza dell'area di interesse. Il modello si costruisce considerando ogni vettore energetico acquistato e utilizzato in loco. Il suo scopo principale è la ripartizione di ogni specifico vettore tra i diversi utenti. Un inventario dei sistemi e dei componenti con i relativi consumi energetici completerà questo schema. [39]

Quindi l'impianto fotovoltaico è stato escluso dal modello energetico perché è una fonte di energia, non un consumatore.

Per analizzare correttamente l'uso di energia del sito produttivo e rapportarlo alle diverse aree funzionali in modo da poterlo confrontare con i benchmark di settore, si deve predisporre un modello energetico del sito stesso. Utilizzando il modello energetico si può determinare il consumo di un impianto al variare delle sue condizioni di funzionamento e

determinare quali sono le principali variabili che lo influenzano. Il modello energetico può essere dedotto dalle leggi fisiche che regolano il processo o utilizzando un approccio induttivo (metodo statistico). Con il modello energetico è possibile prevedere i consumi e avere un maggiore controllo sui costi energetici. Il modello consente inoltre di identificare eventuali anomalie e di stimare gli effetti degli interventi di efficienza energetica su consumi, costi e indicatori. Si dovrebbe costruire un modello per ciascun vettore energetico (elettrico, termico, combustibili, ecc.) acquistato e utilizzato nel sito in esame con l'obiettivo di suddividere il consumo annuo dello specifico vettore tra le diverse utenze presenti nel sito. In pratica, bisognerebbe fare un inventario il più dettagliato possibile delle utenze che consumano quel vettore energetico e associare ciascuna di esse al suo consumo. [33]

Questo modello è stato costruito per rappresentare la destinazione d'uso di entrambi i vettori energetici dello stabilimento di Grafica Veneta, ad un livello di dettaglio compatibile con i dati resi disponibili per questo lavoro. È stato costruito in base alle informazioni raccolte durante il sopralluogo in sito e dalla documentazione aziendale messa a disposizione.

5.2.2 – Le sorgenti dei flussi energetici

L'energia usata nel sito di Trebaseleghe ha origine da diverse fonti. Viene in parte acquistata e in parte autoprodotta. I processi di conversione più importanti avvengono nel trigenerator e nell'impianto fotovoltaico. L'azienda acquista energia sotto forma di combustibili per autotrazione, energia elettrica e gas naturale. La seguente è una descrizione delle macchine che producono energia nello stabilimento aziendale, in linea con le richieste della norma EN 16247-3.

Per ridurre l'impatto ambientale attraverso l'utilizzo di energia pulita e rinnovabile, è stato installato un impianto **fotovoltaico** sull'intera superficie del tetto dello stabilimento. Questo impianto ha una potenza elettrica complessiva di picco pari a 5980 kW. L'impianto fotovoltaico è suddiviso in quattro moduli. Un modulo da 3 MWp è collegato direttamente al contatore di prelievo a cui l'azienda è collegata per il proprio fabbisogno e consente quindi l'autoconsumo. Gli altri tre moduli, di circa 1000 kWp ciascuno, sono collegati a tre diversi contatori di sola immissione e prevedono il trasferimento totale dell'energia prodotta, quindi non l'autoconsumo. [36]

L'energia prodotta è impiegata in parte per autoconsumo ed in parte viene immessa in rete. Tale impianto garantisce al sito la capacità di rispondere ad una parte del fabbisogno della rete pubblica, abbassando così i costi sociali. [37]

La seguente tabella elenca tutti gli impianti di produzione da fonte rinnovabile che Grafica Veneta gestisce. I 4 moduli citati nel paragrafo precedente occupano le prime righe.

Tabella 7 – potenza rinnovabile di Grafica Veneta

Nome	Potenza [kWp]	Tipologia	Posizione
FTV 2010 "Espe"	3003	fotovoltaico	stabilimento
FTV 2012 Ovest	980	fotovoltaico	stabilimento
FTV 2012 Centro	998	fotovoltaico	stabilimento
FTV 2012 Est	998	fotovoltaico	stabilimento
FTV Paese 299	299	fotovoltaico	Esterno
FTV Paese 998	998	fotovoltaico	Esterno
Eolico Casalnuovo	1000	eolico	Esterno
Eolico Deliceto	1000	eolico	Esterno

Si nota che 4 degli 8 impianti sono installati al di fuori del sito produttivo di Trebaseleghe, quindi l'energia che producono viene completamente venduta alla rete, non può fisicamente esserci autoconsumo. In particolare, i due impianti eolici si trovano a Casalnuovo Monterotaro e Deliceto. Questi sono due piccoli comuni in provincia di Foggia, in Puglia. Questi impianti contribuiscono ad abbattere l'impatto ambientale netto (in particolare le emissioni di CO₂) delle attività di Grafica Veneta. Tuttavia, essendo sostanzialmente separati (e fisicamente distanti) dallo stabilimento produttivo, si è deciso di non includerli nel modello energetico sviluppato in questo capitolo. Si ricorda inoltre che l'ambito della diagnosi riguarda lo stabilimento di Trebaseleghe, non gli impianti di Foggia.

Nel sito di Trebaseleghe è presente un solo impianto di **trigenerazione**. È composto da un gruppo cogeneratore Ecomax che produce energia elettrica e calore, accoppiato ad una macchina ad assorbimento che sviluppa un effetto frigorifero. Le caratteristiche dell'impianto sono riportate nelle prossime due tabelle.

Tabella 8 – dettagli del trigeneratore, informazioni generali

Proprietà		Valore	Unità di misura	Note
Tipo impianto		Trigeneratore		composto da: cogeneratore + ciclo ad assorbimento
Alimentazione		gas naturale		il combustibile usato
Tipo di motore		M.C.I. a ciclo Otto		del cogeneratore
Fluido termovettore		vapore acqueo a 8 bar		per produzione di calore utile
Tipo ciclo frigorifero		ad assorbimento		
n° contatore, per la potenza ...	introdotta	8		Fanno riferimento a Tabella 6
	elettrica	3		
	termica	6 e 10		
Potenza nominale (Fonte: [36])	combustibile	3600	kW	potenza introdotta
	elettrica	1500	kW	erogata, al lordo degli ausiliari
	termica	1616	kW	erogata, totale recupero in H ₂ O calda dal motore
Data installazione e 1° avvio		settembre 2018		
Produttore		Gruppo AB Energy		
Modello cogeneratore		Ecomax 15 NGS		
ore di lavoro	nel 2019	8376	h/anno	dati misurati. Ore di lavoro equivalenti del trigeneratore al 100% del carico
	nel 2020	8474	h/anno	
	nel 2021	8546	h/anno	

I dati del trigeneratore continuano nella prossima tabella.

Tabella 9 – informazioni su consumi e rendimenti del trigeneratore

Proprietà		Valore	Unità	Note
Risparmio nel 2021	di energia elettrica	974 690	kWh	produzione di freddo, al posto dei chiller dedicati
	di gas naturale	621 790	Sm ³	produzione di calore, al posto delle caldaie dedicate
energia netta prodotta nel 2021	elettrica	12 050	MWh	venduta + autoconsumata
	termica linda	11 086	MWh	calcolata dal dato di risparmio gas naturale
	termica utile	5837	MWh	sottratto l'effetto frigo
	effetto frigorifero	3411	MWh	Calcolato da risparmio di energia elettrica
consumo gas naturale nel 2021		3 168 781	Sm ³	
Emissioni NO _x (limite massimo)		250	$\frac{mg}{Nm^3}$	Con 5% O ₂
Emissioni CO (limite massimo)		300	$\frac{mg}{Nm^3}$	Con 5% O ₂
Rendimento elettrico nominale		41	%	
Rendimento termico nominale		44	%	in H ₂ O calda
Rendimento totale nominale		85	%	
Riconoscimenti ottenuti		CAR, SEU		
certificati bianchi ricevuti nel 2021		1126		Per produzione in regime CAR

I valori di calore ed effetto frigo prodotti dal trigeneratore sono stati calcolati con le formule mostrate per spiegare i contatori di Tabella 6 e verranno analizzati più nel dettaglio in 5.3.4 – *Flussi di energia nel trigeneratore*. Il modulo cogenerator ha una potenza termica di 1616 kW. Nello specifico, il 41.5% (o 670 kW) è “potenza termica da fumi gas di scarico” resa disponibile dal recupero termico dai gas di scarico mediante caldaia a tubi di fumo per la produzione di vapore a 8 bar. Il rimanente 58.5% (o 946 kW) è “potenza termica da circuito motore in H₂O calda” che proviene dal recupero termico in acqua calda, mediante scambiatore di disaccoppiamento sul circuito di raffreddamento del blocco motore. Questa potenza è usata per offrire calore anche sotto forma di acqua calda, per applicazioni a temperatura più bassa.

Tutta l'energia termica prodotta viene utilizzata all'interno del sito aziendale: il vapore è usato nel processo di produzione, mentre l'acqua calda è ceduta ad utenze termiche per il riscaldamento degli ambienti dello stabilimento e per la produzione di acqua calda sanitaria.

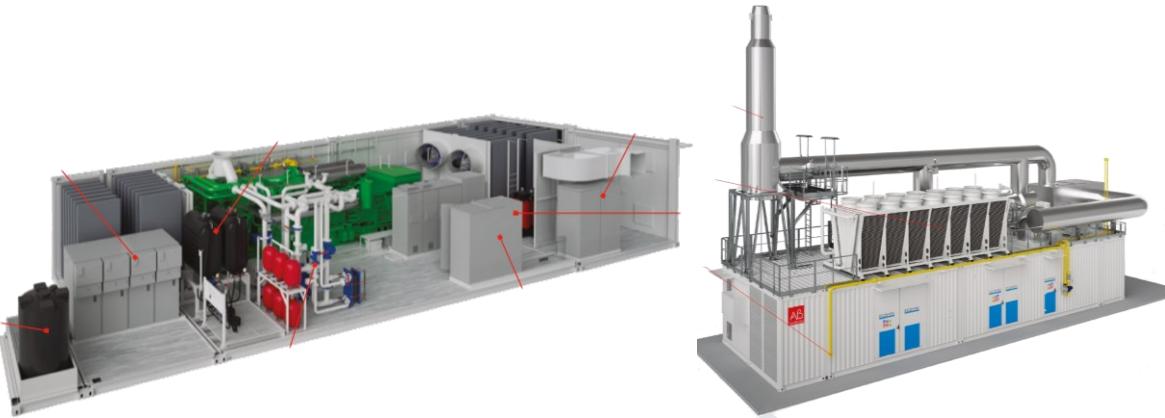


Figura 32 - il cogeneratore. In verde il gruppo motore-alternatore. Fonte: Gruppo AB [42]

Vicino al gruppo cogeneratore Ecomax vero e proprio sono installati un gruppo refrigeratore ad assorbimento per la produzione di acqua refrigerata e la torre evaporativa a servizio del circuito di raffreddamento. Il gruppo frigo è alimentato dall'output termico in acqua calda prodotto dal cogeneratore. L'impianto ad assorbimento è composto da: generatore, scambiatore della soluzione, assorbitore, condensatore, evaporatore, valvola a 3 vie di regolazione della portata di acqua calda, sistema di controllo. La torre evaporativa abbinata è una torre di raffreddamento a circuito aperto con ventilatori, dimensionata per una potenza compatibile con il gruppo frigorifero ad assorbimento. Ulteriori dettagli sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 10 – dettagli tecnici del gruppo ad assorbimento del trigeneratore

Proprietà	Valore	Unità	Note
Stadi	Monostadio		
Potenza frigorifera	1244	kW	effetto frigorifero
T. ingresso evaporatore	12	°C	fluido: H ₂ O refrigerata
T. uscita evaporatore	7	°C	
T. ingresso torre	34	°C	fluido: H ₂ O calda
T. uscita torre	29	°C	
T. aria esterna	25.5	°C	a bulbo umido

Si consideri la tubazione di acqua calda di ritorno, che va dal gruppo assorbimento al cogeneratore Ecomax. Qui è derivato uno scambiatore a piastre che realizza il trasferimento dell'energia termica non utilizzata dall'assorbitore e il disaccoppiamento del circuito stesso dal circuito *acqua calda utente*. Lo scambiatore rende disponibile all'utenza l'energia termica totale (o parziale) in acqua calda solo quando l'assorbitore non è in marcia (o funziona a carico parziale).

Diversamente dall'energia termica, che viene interamente autoconsumata, l'energia elettrica prodotta dal trigeneratori viene anche venduta. L'impianto è provvisto di un quadro elettrico e di un trasformatore per la connessione alla rete elettrica, caratterizzato nella tabella seguente.

Tabella 11 – dettagli del trasformatore del trigeneratori

Proprietà	Valore	Unità
Tensione al circuito primario	15	kV
Tensione al circuito secondario	400	V
Classe d'isolamento	24	kV
Frequenza	50	hz
Collegamenti	Dyn11	
Vcc	8%	
Dissipazione	ventilazione forzata sul nucleo	

Per il contenimento delle emissioni inquinanti il cogeneratore usa più tecnologie. Previene la formazione di sostanze inquinanti mediante un'accurata regolazione della carburazione del motore. È attrezzato con un depuratore catalitico ossidante per abbattere le emissioni di monossido di carbonio (CO) generato durante la combustione ai valori di riferimento. Tuttavia, non è presente un sistema di trattamento fumi mediante urea (SCR) per ridurre le emissioni di NOx. In ogni caso, le emissioni dell'impianto si mantengono entro i limiti di concentrazione riportati in tabella.

Nel 2015 il sito produttivo di Grafica Veneta ha ottenuto il conseguimento della qualifica SEU. Il cogeneratore è stato certificato per il regime CAR con protocollo del 19 febbraio 2019. Grazie a questo ha ottenuto l'accesso al ritiro, da parte del GSE, dei certificati bianchi (TEE). L'impianto trigeneratori è allacciato allo stabilimento attraverso i seguenti collegamenti:

- condotto di alimentazione di gas naturale per il motore a combustione interna
- circuito di dissipazione
- circuito acqua calda cogeneratore-assorbitore
- circuito acqua calda verso Utente
- circuito acqua refrigerata verso Utente
- condotto acqua reintegro torre
- condotto acqua spурго torre
- circuito di raffreddamento assorbitore
- impianto rabbocco lubrificante
- camino per i fumi gas di scarico
- spurghi e scarichi
- collegamenti elettrici in MT
- rete di alimentazione ausiliaria per cogeneratore e assorbitore
- sistema di regolazione e acquisizione dati
- circuito di comando per il funzionamento in *scambio zero*. Si tratta di una strategia per regolare il trigeneratore in modo da produrre una quantità di energia elettrica sufficiente a coprire completamente l'autoconsumo, senza eccessi di produzione da vendere alla rete. In Grafica Veneta nel 2021 si è scelto invece di realizzare sia l'autoconsumo, sia la vendita alla rete dell'energia elettrica prodotta
- impianto di messa a terra

Dal trigeneratore esce il vapore di processo che trasporta il calore nell'edificio. È l'unico impianto che ne produce: nello stabilimento non ci sono altre macchine dedicate alla generazione di vapore.

L'azienda è attrezzata per la produzione di energia termica anche con una **centrale termica** munita di 2 caldaie a gas naturale da 750 kW ciascuna. La capacità (termica) installata totale ammonta a 1.5 MW. Tuttavia, come segnalato dal responsabile aziendale, queste caldaie sono obsolete e non sono state usate nel 2021. Quindi non hanno contribuito ai consumi di gas naturale del 2021, ma rientrano comunque nell'inventario energetico dello stabilimento di Trebaseleghe. Le schede tecniche delle 2 caldaie non sono state archiviate nella banca dati aziendale. In ogni caso è in atto la valutazione per la loro sostituzione, ma non è ancora disponibile una proposta d'investimento dai fornitori. Nel frattempo, è stato privilegiato il trigeneratore per la produzione di calore.

I flussi di energia non provengono solo da impianti interni allo stabilimento: come tutte le aziende, anche Grafica Veneta compra una parte importante dell'energia che usa. La seguente tabella riporta i vettori energetici acquistati dall'azienda, ad esclusione dei combustibili per autotrasporti, che verranno analizzati in un punto successivo.

Tabella 12 - energia acquistata nel 2021

n° contatore	Vettore energetico	Dato 2021	Unità	Prezzo [€/unità]	Costo [€]
1	Energia Elettrica	3 840	MWh	304	1 167 368
9	Gas Naturale	4 309 119	Sm ³	1.33	5 731 129

L'incidenza dei costi energetici sul fatturato, usando i dati di Tabella 1 e Tabella 12, risulta:

$$Incidenza = \frac{elettricità + gas}{fatturato} = \frac{1167368 + 5731129}{80573551} = 8.5 \%$$

Questo calcolo si può sviluppare ulteriormente sommando la spesa per il combustibile dei mezzi di trasporto e sottraendo il contributo per l'energia venduta e immessa in rete dal trigenerator e dall'impianto fotovoltaico. Successivamente verrà dimostrato che, nel caso di Grafica Veneta, il contributo dei combustibili per autotrazione è minimo.

Un altro flusso di energia importante è quello di "freddo" o più propriamente *effetto frigorifero*. Per questa diagnosi sono stati censiti tutti gli impianti di condizionamento aventi gas refrigeranti ad effetto serra. Le apparecchiature **fisse** di refrigerazione incorporate sugli impianti produttivi sono 6, le cui capacità massime di liquido refrigerante sono pari a 297 kg. Le macchine **fisse** per il condizionamento aria ambiente sono 7, con una capacità massima di refrigerante pari a 122 kg. Tutti gli apparecchi sono sottoposti a manutenzione annuale e controllo delle perdite da parte di una ditta esterna. Nel corso del 2021 non stati eseguiti ripristini (rabbocchi, ricariche) di gas refrigeranti dovuti a perdite, quindi si può stimare che non ci siano state emissioni fuggitive dagli impianti frigoriferi. Questo è importante per ridurre l'impatto ambientale, perché il global warming potential (GWP) dei gas refrigeranti è significativamente maggiore del GWP della CO₂. Si riportano in Tabella 13 i dati dettagliati degli impianti censiti.

Tabella 13 – inventario degli impianti frigoriferi dello stabilimento

Nome	Posizione	Tipo di fluido	Quantità fluido [kg]
Refrigeratore industriale monoblocco con compressore rotativo a vite raffreddato ad aria. Marca: Trane, modello: RTAC 275	Esterno ovest	R134A	257
Climatizzatore ambiente monoblocco. Marca: Trane	Esterno ovest	R134A	196
Climatizzatore ambiente monoblocco. Marca: MTA	Esterno ovest	R407C	49
Gruppo frigo Roto K1	Roto K1	R407C	8
Gruppo frigo compressore aria	Area compressori	R407C	8
Gruppo frigo Roto K2	Roto K2	R407C	8
Gruppo frigo Komori Lithrone	Komori 5 colori	R407C	6
Gruppo frigo Komori Lithrone	Komori 8 colori	R407C	12
Gruppo frigo stampa digitale	Esterno digitale	R134A	37
Clima fotovoltaico	Cabina est	R410A	6
Clima fotovoltaico	Cabina est	R410A	6
Clima cabina elettrica	MT3	R410A	3
Clima fotovoltaico	Cabina ovest	R410A	7
Clima fotovoltaico	Cabina ovest	R410A	7
Clima sala CED	Sala server (CED)	R410A	1

Non è stato possibile associare ad ogni impianto una scheda tecnica con i valori di potenza nominale [kW], EER e consumi energetici [kWh/anno], in quanto non c'è tracciamento specifico dei dettagli delle macchine frigo in azienda.

5.2.3 – I mezzi del processo produttivo

Un passo fondamentale per costruire l'inventario energetico è la mappatura dei macchinari e degli impianti che caratterizzano ogni specifica area funzionale, per averne il quadro completo. La Figura 31 li rappresenta nel sottosistema *Produzione*. La seguente è una descrizione delle macchine che usano energia nello stabilimento aziendale, conforme

alle richieste della norma EN 16247-3 sulle attrezzature coinvolte nel processo produttivo.

Per ogni macchina sono riportati anche i dettagli che l'azienda è disposta a divulgare.

In Grafica Veneta il principale consumo di energia elettrica è attribuibile ai processi di stampa e di rilegatura. Per quanto riguarda la produzione dei libri sono presenti 8 macchine rotative dotate di forni per l'asciugatura dei rotoli di fogli da stampa alimentati a gas metano per una potenza complessiva di 6800 kW. [36]

I mezzi di produzione nello stabilimento si possono dividere in tre categorie principali: stampa offset, stampa digitale e rilegatura. Di seguito è fornita una descrizione schematica dei più importanti, come richiesto dalla norma EN 16247-3. [21]

Si inizia con le macchine per la stampa offset, descritte nella tabella seguente.

Tabella 14 - rotative per la stampa a bobina. Fonte: [W.33]

Quantità	Marca	Modello	n° di colori	Giro cilindro [cm]	Larghezza bobina max [cm]	Forno
1	Timson	T32 monocolor	1	90	122	a raggi infrarossi
2	Timson	T48 monocolor	1	91	128	a gas
1	Timson	T48 monocolor	1	152	145	a gas
2	Timson	T48 bicolore	2	127	145	a gas
3	Koenig & Bauer	Compacta 618	4	124	145	a gas

Queste macchine stampano le pagine in multipli di 16, in un numero proporzionale alla larghezza della bobina. Non sono disponibili dati dettagliati per tutte le macchine, ma si può considerare una potenza di 1134 kW per la Timson T32 per velocità inferiori ai 15 m/s. Ad una velocità media di 13 m/s si ha una domanda di elettricità di 996 kW, dei quali la maggior parte è destinata ai motori elettrici e una parte minore agli ausiliari e al sistema di controllo. [45]

Per i forni di asciugatura della carta stampata si considera come riferimento la combustione diretta di gas naturale, per una temperatura di uscita della carta di circa 130 °C e un volume di gas di scarico nell'ordine dei $7\ 000\ Nm^3/h$ con un ventilatore da 72 kW. I forni sono dotati di un impianto di trattamento dei fumi, con camera di combustione a 900 °C per l'ossidazione termica rigenerativa. Può distruggere i composti volatili con

un'efficienza del 99% e realizza il recupero del calore con un'efficienza termica del 93%.

[45]

Tabella 15 - macchine per la stampa a foglio. Fonte: [W.33]

Quantità	Marca	Modello	n° di colori	dimensioni foglio [cm]
1	Komori	Lithrone GL840PH	8	72x103
1	Komori	Lithrone GL540H	5	72x103

Si procede con le macchine per la stampa digitale. L'azienda preferisce usarle per aumentare la velocità per le stampe a bassa tiratura, come le copertine.

Tabella 16 - macchine per la stampa digitale. Fonte: [W.34]

Quantità	Marca	Modello	n° di colori	Formato
1	Fuji	Jet press 750S	4	a foglio
1	Canon	Prostream 1000	4	rotativa a bobina
1	Canon	ColorStream 6500 Fast Mono	1	rotativa a bobina

Per i servizi successivi alla stampa vera e propria, come la rilegatura, l'azienda dispone di molti tipi di macchine. Per riuscire ad apprezzarne la diversità, è utile prima sottolineare le differenze tra le tecniche di rilegatura. Se ne distinguono quattro tipi:

- brossura fresata: prima dell'incollatura le segnature vengono tagliate con una fresa anche dal lato della piega
- brossura cucita a filo refe: le segnature vengono cucite tra di loro alla piega con un filo (di materiale naturale o sintetico) e poi incollate al dorso
- a punto metallico: l'unico fascicolo è tenuto insieme alla copertina con una o due graffette lungo la piega
- a spirale e ad anelli: molto usate per rilegare fascicoli di appunti, ma non per i romanzi

[W.35]

La seguente tabella descrive le macchine del reparto di rilegatura.

Tabella 17 – macchine per la rilegatura. Fonte: [W.36]

Quantità	Marca	Finalità	Dettagli
1	Tecnau	linea Roll to Fold (dal rotolo al fascicolo)	con Libra One Stacker
1	Heidelberg	Brossura	con trilaterale Heidelberg ET1000
1	STAHL	Piegatrice a foglio	larghezza 96 cm, lunghezza 132 cm
1	MBO	Piegatrice	per piega risguardi
1	FIDIA	Piegatrice	per piega copertine con alette
2	Polar	Tagliacarte	
2	Muller Martini	Linea per punto metallico automatica	con rifilo trilaterale
1	Muller Martini	Linea Cucitrice filo refe	con 2 cucitrici modello Ventura
2	(MX) Meccanotecnica	Linea di raccolta	con 2 cucitrici filo refe Aster Astronic 180

Le fasi finali della lavorazione del libro hanno luogo anche nelle macchine descritte nella prossima tabella.

Tabella 18 – macchine il confezionamento. Fonte: [W.36]

Quantità	Marca	Modello	Finalità	Dettagli
1	Muller Martini	Corona C12	Brossura	<ul style="list-style-type: none"> • 18-21 cassetti di raccolta • Applicazione copertina con alette in linea • Rifilo trilaterale • Cellofanatrice a pacchi in linea e palettizzatore automatico
1	Muller Martini	Corona C15	Brossura	<ul style="list-style-type: none"> • 12-24 cassetti di raccolta • Rifilo trilaterale • Applicazione risguardi in linea • Applicazione copertina con alette in linea • Cellofanatrice a pacchi in linea e palettizzatore automatico
3	Kolbus		Brossura	<ul style="list-style-type: none"> • 12-24 cassetti di raccolta • Rifilo trilaterale • Applicazione risguardi in linea • Applicazione copertina con alette in linea • Cellofanatrice a pacchi in linea e palettizzatore automatico
1	Muller Martini	Bolero	linea di brossura	<ul style="list-style-type: none"> • Con colla vinilica + colla PUR • Applicazione copertina con alette in linea • Rifilo trilaterale • Applicazione risguardi in linea • Cellofanatrice a pacchi in linea e palettizzatore automatico
1	Muller Martini	Alegro	linea di brossura	<ul style="list-style-type: none"> • Con colla vinilica + colla PUR • Applicazione copertina con alette in linea • Rifilo trilaterale • Applicazione risguardi in linea • Cellofanatrice a pacchi in linea e palettizzatore automatico
2	Kolbus		Copertinatrice	
2	Kolbus	Compact BF 527	Incassatrice	<ul style="list-style-type: none"> • Applicazione di capitelli e segnalibro • Applicazione sovraccoperte in linea • Cellofanatrice a pacchi in linea e palettizzatore automatico
1	Muller Martini	Diamant MC 60	Incassatrice	<ul style="list-style-type: none"> • Applicazione di capitelli e segnalibro • Applicazione sovraccoperte in linea • Cellofanatrice a pacchi in linea e palettizzatore automatico
1	SPS Cyberpress	DPE IROM 28/43	Serigrafia	formato 72x102

Nello stabilimento ci sono anche altri macchinari. Tra i più importanti, uno si occupa di plastificazione di tipo Dry. Un'altra macchina si occupa di rilievo, trancia a caldo e fustellatura.

Una parte importante del consumo di energia di queste macchine è imputabile ai motori elettrici installati al loro interno. I tecnici dell'azienda si occupano personalmente della manutenzione di base dei motori elettrici, affidandosi eventualmente alla casa madre per interventi più importanti. Non c'è un sistema di tracciamento dati dedicato ai motori elettrici: il personale non custodisce le schede tecniche dei motori elettrici installati e non

tiene traccia di quando i motori elettrici vengono sostituiti. Questo rappresenta un ostacolo per l'analisi degli investimenti: la presenza di dati precisi e aggiornati è fondamentale per fare confronti accurati tra la situazione attuale e un'ipotetica configurazione post-investimento. Si propone una possibile soluzione in *6.5.1 – Struttura di energy data management*.

Un'altra limitazione da sottolineare è che quest'analisi non può fornire ulteriori dettagli sulla configurazione delle macchine. Non si può stabilire in modo definitivo l'area funzionale dove ogni macchinario è installato, perché l'azienda organizza la produzione in modo dinamico, spostando i macchinari per rispondere alle esigenze di un determinato periodo. Quindi una mappa dei reparti non sarebbe per nulla durevole nel tempo. Osservando la suddivisione in tabelle e la finalità del macchinario, si può comunque capire in quale fase (e sottofase) del processo questo si colloca.

Una descrizione più dettagliata potrebbe entrare all'interno del singolo macchinario, scomponendolo in utenze energetiche (elettriche o termiche), elencando gli elementi (motori elettrici, attuatori, ...) che consumano più energia al suo interno, cercando quindi un'ottimizzazione interna al singolo macchinario. Si dovrebbe tener conto anche dell'anno di acquisto e installazione, della potenza installata, del fattore di utilizzo e delle ore di lavoro (al giorno e all'anno), per poi valutare i consumi effettivi [kWh/anno] e la percentuale sul totale dei consumi. Questo calcolo dovrebbe essere fatto per ogni vettore energetico impiegato nel macchinario (vapore di processo, fluido refrigerante, energia elettrica, gas naturale). Si nota che una diagnosi del genere va fatta sul singolo macchinario e non sull'intera azienda. Si discosta, quindi, dal tema di questa tesi, che considera invece i consumi a livello aggregato.

Per stimare le ore di lavoro delle macchine, si consideri che la produzione di libri avviene in una linea di processo di stampa a ciclo continuo 24 ore su 24 per circa 270 giorni all'anno. [36]

5.2.4 – I consumi per i servizi ausiliari

Nel sito produttivo di Grafica Veneta gli impianti ausiliari più energivori sono il trigeneratore, l'impianto pneumatico e i mezzi di trasporto di merci e persone.

Lo stabilimento non ha una rete oleodinamica ma ha un impianto pneumatico. L'aria compressa incide sul bilancio energetico dell'azienda principalmente tramite i consumi del compressore, che è azionato da un motore elettrico. A questa macchina si applicano sia le

considerazioni generali per l'efficienza energetica dei motori elettrici, sia le considerazioni specifiche sui compressori. Si può quindi intervenire sull'impianto dell'aria compressa in diversi modi. L'investimento più incisivo andrà a valutare le prestazioni del compressore rispetto agli altri modelli presenti sul mercato, provvedendo eventualmente alla sostituzione con una macchina nuova, con un miglior rendimento volumetrico.

L'investimento più semplice consiste nel sostituire il motore elettrico che aziona il compressore con un modello dal maggior rendimento elettrico, dopo una veloce valutazione del tempo di ritorno dell'investimento. Grafica Veneta non misura né i consumi di energia elettrica dell'impianto ad aria compressa, né l'energy driver (la quantità di aria compressa, in Nm^3) del compressore.

Nello stabilimento ci sono 2 cabine elettriche con 3 trasformatori in tutto, da 2600 kW, 1600 kW e 1600 kW oltre ai trasformatori dell'impianto fotovoltaico e del trigeneratore. L'azienda sta valutando l'installazione di un'unità UPS per 2 MW, ma non c'è ancora una proposta di investimento definitiva da commentare in questa sede.

Nello stabilimento le merci vengono spostate (anche) impiegando il carrello elevatore, ma l'azienda non ha installato misuratori per i consumi di energia per la ricarica dei carrelli elevatori.

In Figura 31 i trasporti appaiono tra i *servizi ausiliari*. I consumi di energia per il trasporto di merci e persone rientrano nell'inventario energetico dello stabilimento. Per lo svolgimento delle sue attività, l'azienda si serve di trasporti via camion, elicottero ed automobile. Lo stabilimento è fornito di eliporto.

Per quanto riguarda i flussi di energia per combustione mobile, sono stati considerati i consumi di carburante delle autovetture di proprietà dell'azienda (alimentate a benzina e a gasolio) e dei furgoni di proprietà dell'azienda (alimentati a gasolio) destinati alla consegna del prodotto finito.

L'entità dei flussi di energia si può vedere nella tabella seguente, che riporta solo i valori totali del 2021: non sono disponibili dati per analizzare l'andamento mensile dei consumi di gasolio, come consigliato dalla UNI TR 11775. [32]

Tabella 19 - consumi di carburante in azienda e costo associato. Fonte: [36]

Carburante	Consumo [l]	Densità [kg/l]	Consumo [kg]	Costo [€]
Auto a benzina, euro 5	6 206	0.75	4 655	9 930
Auto diesel, euro 5	15 790	0.84	13 264	23 211
Furgoni/autocarri a diesel euro 5	4 986	0.84	4 188	7 329

Le densità (a 15 °C) usate in tabella sono le stesse di 2.1 – *Le unità di misura*. Sono state recuperate dai dati di rapporti ENEA e ISPRA. Per il calcolo del costo sono stati usati i prezzi medi del 2021 recuperati dal sito del MiSE, mantenuti costanti per tutto l’anno. Per il diesel è stato assunto un importo di 1.47 €/litro e per la benzina 1.60 €/litro. [W.39]

Partendo dai dati di Tabella 19 si calcola che il costo totale per i combustibili da autotrazione nel 2021 ammonta a 40 470 €. Usando i dati di Tabella 1, l’incidenza risulta:

$$\text{Incidenza} = \frac{\text{costo}_{\text{combustibile}} [\text{€}]}{\text{fatturato} [\text{€}]} = \frac{40\,470}{80\,573\,551} = 0.05\%$$

Che paragonato al 8.5% dei costi di energia elettrica e gas naturale risulta molto più basso.

Il consumo maggiore è dovuto alle automobili diesel. I furgoni usano la minor quantità di diesel, perché l’azienda si affida a partner terzi per le operazioni logistiche di approvvigionamento della materia prima e di distribuzione del prodotto finito. La maggior parte dell’uso di combustibile è quindi imputabile all’azienda logistica esterna. Grafica Veneta non si occupa di misurare, monitorare o gestire il consumo di carburante di quei camion. Non hanno tecnologie di telemetria né di controllo a distanza dei veicoli aziendali. Si è deciso di considerare i flussi di energia per autotrasporti separatamente da quelli di gas naturale ed energia elettrica, perché il vettore energetico acquistato viene usato direttamente nel veicolo, senza interagire con i processi produttivi nello stabilimento o con l’impianto HVAC. Benzina e diesel, infatti, vengono usati solo da questi mezzi di trasporto.

5.2.5 – I consumi per i servizi generali

Il modello di Figura 31 riporta diversi sistemi che offrono *servizi generali*. C'è l'ufficio, con i consumi di energia elettrica dei computer e degli altri dispositivi. C'è l'impianto HVAC che deve garantire il servizio riscaldamento nell'edificio. La disponibilità di acqua calda sanitaria (ACS) è una necessità per il personale. Il servizio di illuminazione deve coprire tutto lo stabilimento. Il locale server ospita l'elettronica che fornisce i servizi informatici per i dipendenti e i clienti.

Oltre ai mezzi di produzione, che costituiscono la quota principale dei consumi di energia, lo stabilimento di Trebaseleghe possiede altre macchine che usano l'energia. Ogni sistema tecnico (illuminazione, HVAC, ...) si può suddividere in 5 sottosistemi: generazione, accumulo, distribuzione, terminali, controllori logici.

Un'analisi efficace dell'**impianto HVAC** dell'edificio segue le indicazioni della norma EN 16247-2. Questo impianto fornisce tre servizi: riscaldamento, ventilazione e condizionamento.

Il microclima all'interno dei reparti produttivi (escluso il magazzino) è mantenuto confortevole dal riscaldamento a pavimento dell'intera superficie coperta. L'energia per il riscaldamento proviene dal cogeneratore Ecomax che recupera l'energia termica e riscalda l'acqua che circola nell'impianto a pavimento. In estate, sempre attraverso un cogeneratore accoppiato a due chiller, viene fatta circolare acqua a bassa temperatura per climatizzare l'ambiente. [36]

Quindi l'azienda non fa uso di pompe di calore o caldaie (dedicate) per garantire riscaldamento degli ambienti. Il servizio di raffreddamento è coperto dai climatizzatori già mostrati in Tabella 13. Il fabbisogno di acqua calda sanitaria è coperto dal trigeneratore. Non c'è quindi una macchina dedicata alla sola produzione di ACS. In azienda non c'è tracciamento dell'energy driver (cioè la quantità di acqua calda usata, in m^3) del servizio di ACS.

L'impianto idronico per il riscaldamento a pavimento e quello per l'acqua calda sanitaria consumano soprattutto energia termica, ma anche energia elettrica. C'è sicuramente una quota imputabile agli azionamenti ausiliari, ma il consumo principale di energia elettrica è dovuto alle pompe di circolazione. L'azienda riconosce che questi consumi sono aspetti minori rispetto alla domanda di energia per i macchinari di produzione, quindi non c'è tracciamento specifico del loro consumo annuo di energia. Il ragionamento è analogo per i ventilatori dislocati nell'edificio e per le unità di trattamento aria.

L'**illuminazione** è un importante servizio energetico. Lo stabilimento di Grafica Veneta copre una vasta superficie e, di conseguenza, offrire un servizio di illuminazione efficace è uno sforzo non banale. La seguente tabella riporta i dettagli delle lampadine installate nell'edificio. Queste coprono solo le aree funzionali di Tabella 2 destinate a "Produzione".

Tabella 20 – inventario dei terminali dell'impianto di illuminazione in Produzione

Quantità	Marca	Modello	Potenza	D.A.L.I.	Colore	Dimensioni	Flusso luminoso
			W	Si/No		mm	lm
500	GDS LIGHTING	Orbiter 60x60	180	Si	Bianco Neutro 4000 K	594 x 594 x 32	25422
300	GDS LIGHTING	Stark 4 3	168	Si	Bianco Neutro 4000 K	621 x 322 x 78.5	27670

I dati sono stati recuperati dalle schede tecniche di *GDS Lighting* sulla base delle indicazioni fornite dal referente aziendale. [W.37]

Le lampadine usano le tecnologie dimmer e *digital addressable lighting interface* (DALI) per consentire una regolazione più efficiente. Questo aspetto, che può sembrare secondario, riveste invece un ruolo importante. Un investimento nell'efficienza energetica dell'impianto di illuminazione non dovrebbe limitarsi solo a sostituire le lampade con modelli più nuovi o meno potenti. Infatti, nel caso più generale, non è sempre necessario che ogni lampada di ogni locale sia accesa. Un sistema di controllo efficace, che spegne le lampade o ne modula l'intensità luminosa quando non servono, può ridurre il consumo di energia annuale dell'impianto di illuminazione. Per fare questo si può usare il dimmer.

Un dimmer è un dispositivo che si collega ad una lampada per ridurne la luminosità. Modificando la forma d'onda della tensione applicata alla lampada, è possibile ridurre l'intensità della luce che emette. I moderni dimmer sono costruiti con semiconduttori e sono quindi più efficienti delle tradizionali resistenze variabili. I dimmer professionali sono collegati ad un sistema di controllo digitale come il DALI. Il *Digital Addressable Lighting Interface* (DALI) è un protocollo per i prodotti che controllano l'illuminazione, definito nella norma IEC 62386. La conformità allo standard DALI garantisce l'interoperabilità di apparecchiature di produttori diversi. In una rete DALI i controllori logici possono

configurare o interrogare ciascun dispositivo (tipicamente il dimmer di una lampada) mediante uno scambio di dati bidirezionale. [W.40]

La Tabella 20 copre solo i terminali luminosi dei reparti di produzione. Non elenca le lampade dell'ufficio e del magazzino o i lampioni per gli spazi esterni, per i quali non sono disponibili le schede tecniche. Negli ultimi anni l'azienda non ha sostituito i punti luce del reparto produzione. Ha rimpiazzato solo le lampadine degli uffici, nel 2021. Il sistema di misura attuale di Grafica Veneta non prevede tracciamento dei consumi specifici delle lampade, né la raccolta di alcun tipo di informazione sull'impianto di illuminazione. Non essendoci dati accurati sul numero di ore di funzionamento dei terminali, non si può calcolare un valore preciso dell'energia consumata dal solo impianto di illuminazione. Si potrebbero usare fattori di contemporaneità generali tratti dalla letteratura per stimare il consumo di energia annuale in base alla potenza nominale e al numero delle lampade. Tuttavia, l'installazione di strumenti di misura dedicati resta la strategia migliore.

Un altro importante sistema usato per offrire *servizi generali* è il locale server. Il **centro di elaborazione dati** (CED) attuale di Grafica Veneta è, semplicemente, una sala server temporanea. Questo è compatibile con le esigenze dell'azienda: fornire un server e-mail, un sito web e i basilari servizi di collaborazione per il lavoro d'ufficio. Il locale server attualmente in uso è climatizzato con un semplice impianto HVAC. È allo studio un nuovo data center che verrà realizzato nel 2023. Questo avrà un proprio sistema di raffreddamento e deumidificazione aria dedicato. Se ne parla in *6.5.6 – Nuovo locale server*.

Dispositivi elettrici di taglia minore, come computer e lampade da tavolo, sono stati trascurati perché si assume che la loro quota sui consumi totali di energia elettrica sia molto bassa, visto l'ordine di grandezza (presunto) dei consumi delle macchine da stampa.

Rimangono solo i carichi degli **uffici**. Escludendo l'energia utilizzata per l'illuminazione e l'impianto HVAC, il contributo più importante è dovuto ai carichi elettrici delle spine. Questi sono i computer dei dipendenti e i monitor del sistema di sorveglianza. In azienda non c'è tracciamento dei consumi di energia dovuti a questo specifico ambito.

5.3 – Profili dei consumi

La seguente è una descrizione delle tendenze d’uso di energia elettrica (E.E.) e di gas naturale nel 2021, con lo scopo di associare alla struttura energetica descritta prima i valori dei consumi. I grafici rappresentano i flussi di energia individuati precedentemente. Si procede ora a quantificarli, usando i dati dei contatori definiti in 5.2.1 – *La rete dei contatori*, a completamento dell’inventario energetico. La trattazione è divisa in parti, una per ogni destinazione d’uso importante di un vettore energetico usato in Grafica Veneta. Si conclude con un bilancio energetico complessivo dell’oggetto sottoposto a diagnosi. Considerato il livello di dettaglio dei dati ricevuti, i seguenti aspetti della EN 16247 non verranno sviluppati:

- Suddivisione dettagliata dei consumi di energia in reparti, aree funzionali o categorie (“produzione”, “ausiliari”, “generali”). Non ci sono dati sufficientemente dettagliati per associare ad ogni reparto o macchinario il suo consumo individuale di energia e per calcolare una percentuale dei consumi sul totale. L’analisi si concentra invece sui dati aggregati disponibili
- Presentazione dei *significant energy users* (SEU), le singole macchine e gli impianti che usano la maggior parte di energia nello stabilimento
- Determinazione del consumo energetico senza attività produttive (carico di base), per motivi che verranno spiegati in seguito
- Correlazioni tra consumo energetico e fattori di aggiustamento come gradi giorno o altri dati climatici. Il tema viene invece sviluppato, per quanto possibile, in 5.4 – *Le prestazioni energetiche attraverso gli indicatori*

I confronti tra le serie di dati di due anni diversi, le curve di carico e i profili di consumo istantaneo sono stati fatti solo per l’energia elettrica acquistata dalla rete. È l’unica grandezza energetica che Grafica Veneta misura con un livello di dettaglio adeguato. L’analisi è sviluppata in 5.3.2 – *Prelievo istantaneo di energia elettrica*.

5.3.1 – Consumi di energia elettrica

La norma EN 16247 richiede un’analisi dell’evoluzione dei consumi di energia e della loro distribuzione, che viene sviluppata qui di seguito. [22]

Per comporre questa trattazione sono state consultate anche le linee guida operative UNI, ENEA e ASSOCARTA. [32] [33] [34] [39] [40]

Si comincia dai flussi di energia elettrica, facendo riferimento al modello dei contatori rappresentato in Figura 30 e Tabella 6. Nella tabella seguente sono riportati i dati grezzi dei valori mensili di E.E., in *MWh*, associati a quel contatore. È un riassunto della principale fonte di dati usata in questo lavoro di tesi.

Tabella 21 – flussi di energia elettrica nello stabilimento nel 2021

Flusso energia elettrica:	Acquist ata	Prodotta da impianto fotovoltaico, con auto- consumo	Prodotta da tri- generatore	Immessa in rete	Autocon- sumata	Risparmiata per effetto frigorifero da trigeneratore
Unità:	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
n° contatore (Tabella 6)	1	2	3	4	5	6
Valori di gennaio	256.1	119.2	1052	118.0	1053	44.5
Febbraio	290.0	189.6	943	175.7	957	42.1
Marzo	272.4	362.9	1049	338.0	1074	51.5
Aprile	366.4	348.7	913	183.8	1078	52.8
Maggio	403.0	396.4	984	185.7	1195	84.0
Giugno	310.7	448.4	1054	246.1	1257	166.0
Luglio	426.6	423.7	1033	232.5	1224	140.9
Agosto	326.7	450.0	1015	323.7	1142	148.3
Settembre	290.2	346.5	1000	221.6	1125	112.1
Ottobre	298.8	260.3	998	207.8	1050	55.1
Novembre	356.0	140.7	949	102.8	987	44.9
Dicembre	243.2	101.2	1059	99.4	1061	32.5
Totali	3840.0	3587.5	12050	2435.1	13202	974.7

Già si nota che l'ordine di grandezza dei flussi di energia nello stabilimento di Grafica Veneta è nelle centinaia di MWh al mese, per quasi tutti i contatori. In base ai dati di Tabella 21 si può costruire un diagramma di Sankey, da usare come mappa per capire le interazioni dei flussi di energia elettrica. È riportato nella prossima figura. Il diagramma è in scala e per costruirlo sono stati usati i valori totali di energia elettrica del 2021.

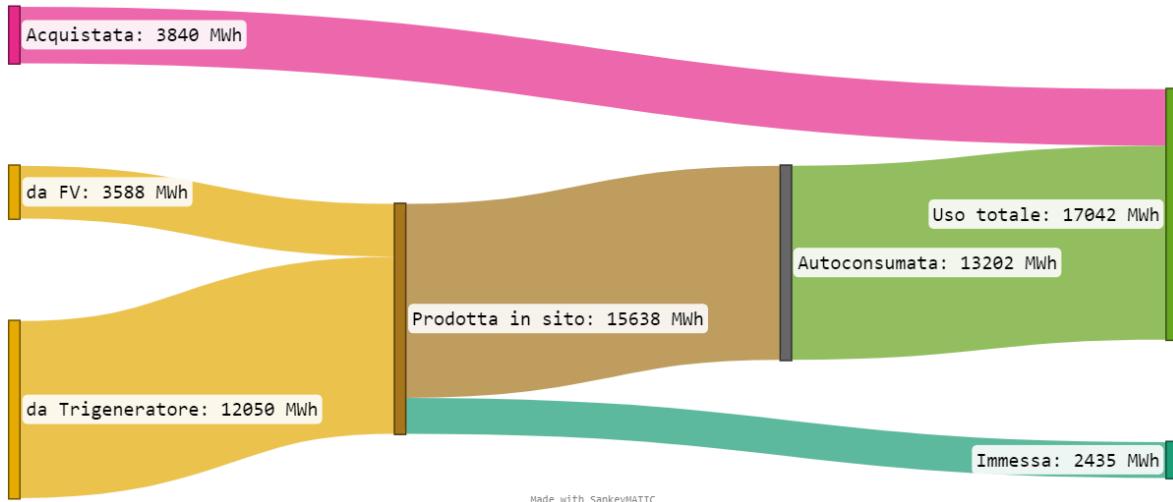


Figura 33 - diagramma di Sankey con i valori totali del 2021

Si nota subito l'importanza dell'energia elettrica autoprodotta, soprattutto quella dal trivoltinatore, meno quella dall'impianto fotovoltaico da 3003 kWp (“FV” nel diagramma). Una piccola parte di E.E. prodotta in situ viene venduta alla rete, ma la maggior parte viene usata nello stabilimento, e costituisce la parte principale dei suoi consumi, assieme ad una piccola quota di E.E. acquistata dalla rete. L'azienda vende e acquista E.E. dalla rete in momenti diversi, ma facendo un diagramma del totale annuale queste dinamiche non si possono apprezzare pienamente. Occorre quindi un'analisi a livello dei consumi mensili, per capire le tendenze d'uso di E.E. da parte dell'azienda, trattando un aspetto alla volta.

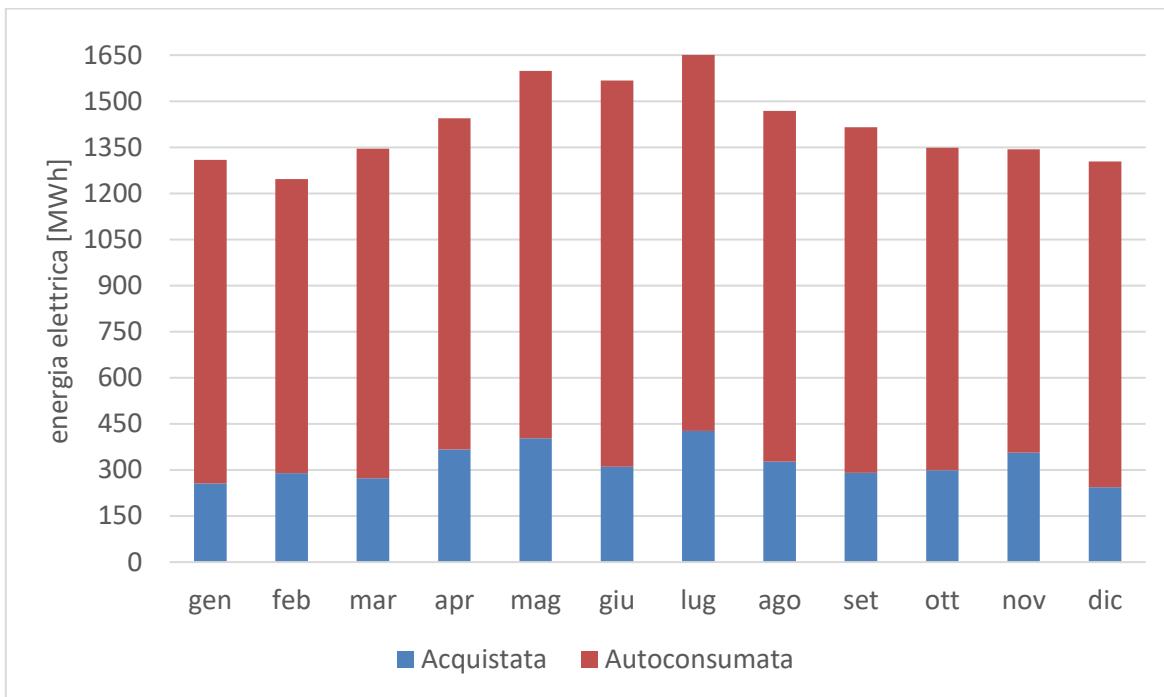
Si comincia con i dettagli legati all'uso dell'energia elettrica nello stabilimento produttivo di Grafica Veneta.

Tabella 22 - dettaglio sulla quota di energia elettrica autoconsumata

Mese	Acquistata	Autoconsumata	Totale usata	Quota autoconsumi
	MWh	MWh	MWh	%
gen	256	1053	1309	80.4%
feb	290	957	1247	76.7%
mar	272	1074	1346	79.8%
apr	366	1078	1445	74.6%
mag	403	1195	1598	74.8%
giu	311	1257	1567	80.2%
lug	427	1224	1651	74.2%
ago	327	1142	1468	77.8%
set	290	1125	1415	79.5%
ott	299	1050	1349	77.9%
nov	356	987	1343	73.5%
dic	243	1061	1304	81.3%
TOTALE	3840	13202	17042	77.5%

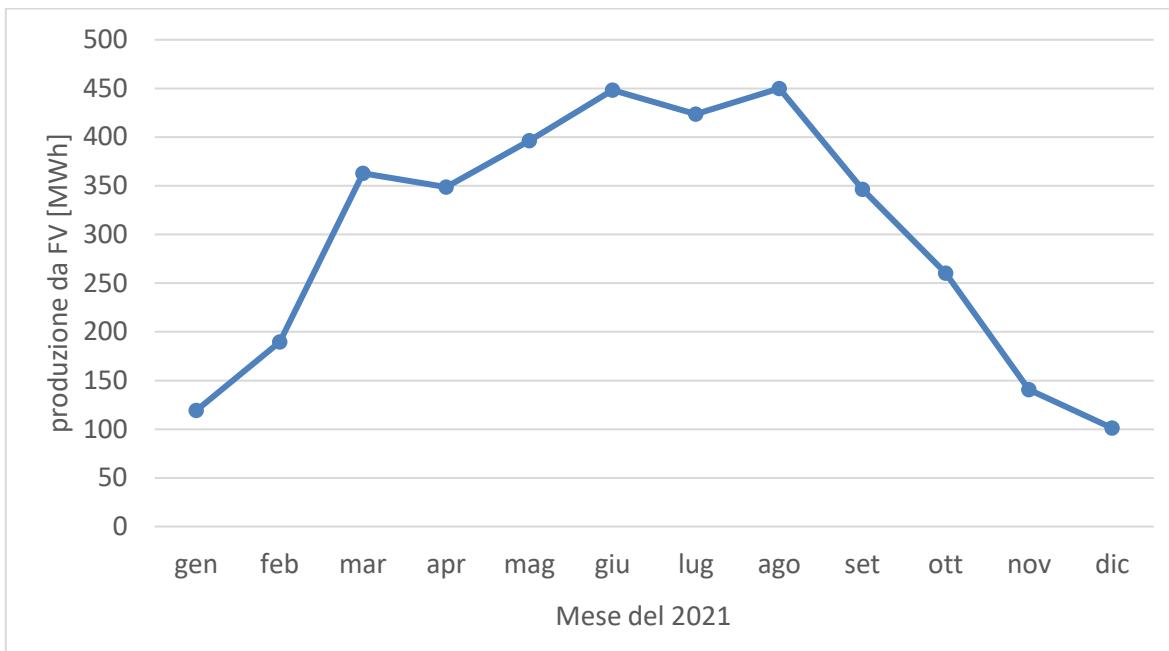
I valori di E.E. acquistata e autoconsumata sono gli stessi di Tabella 21. Li si somma per ottenere l'energia elettrica totale usata nello stabilimento per tutti i servizi di produzione, generali e ausiliari già individuati nel modello energetico. Si può quindi valutare la quota di autoconsumo, riportata in percentuale, per capire il livello di autonomia dell'azienda nei confronti della rete elettrica.

Figura 34 – profilo di E.E. utilizzata nel 2021, per mese e per origine



In questa sede non è possibile suddividere il consumo di energia per reparto, impianto o area funzionale: è noto solo il dato aggregato di E.E. che entra nell’edificio per soddisfare la domanda di tutti i suoi impianti. Per avere a disposizione informazioni più dettagliate l’azienda dovrà investire nel sistema di raccolta dati, aumentando i parametri misurati, come suggerito in 6.5.1 – *Struttura di energy data management*. I prossimi commenti riguardano quindi l’uso di energia a livello macroscopico, aggregato. Il consumo di energia elettrica aumenta in estate, raggiungendo un picco a luglio con 1651 MWh. Di questi, 1224 MWh sono prodotti in situ e 427 MWh sono acquistati dalla rete. La quota di autoconsumo è 74%, al di sotto della media annuale del 78%. Questo è un aspetto critico anche alla luce del fatto che, in una tipica installazione, i pannelli fotovoltaici producono più energia nei mesi estivi, meno in inverno. Questo vale anche per l’impianto di Grafica Veneta, come si vede nel prossimo grafico:

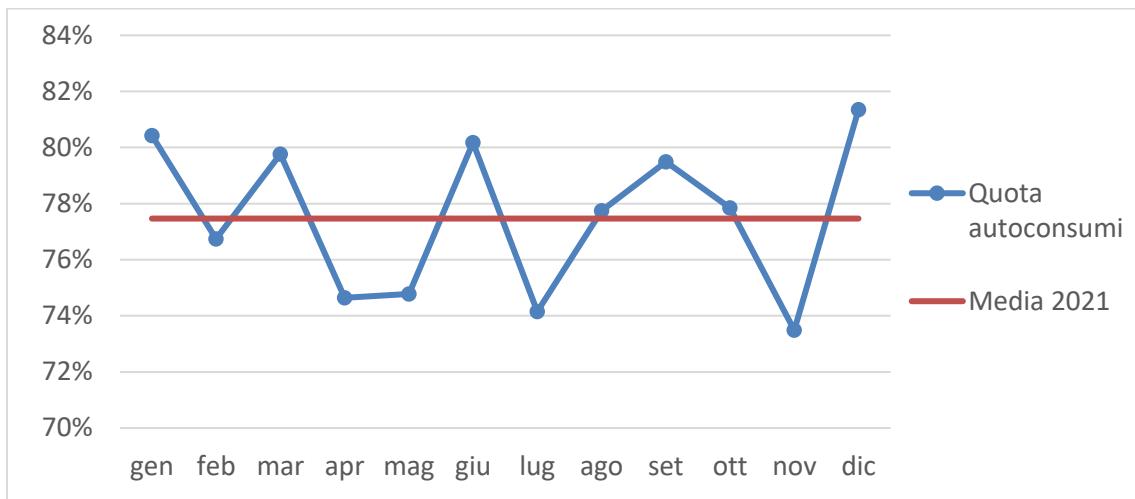
Figura 35 – E.E. prodotta da fotovoltaico, con autoconsumo, nel 2021



Il grafico mostra l'andamento della colonna di E.E. prodotta da FV come in Tabella 21. Riguarda solo l'impianto che produce energia elettrica (anche) per autoconsumo. Quell'impianto ha una potenza di picco di 3003 kWp e non è l'unico che Grafica Veneta ha fatto costruire, com'è stato mostrato in Tabella 7.

Escluso il valore di marzo, leggermente più alto di quanto ci si potrebbe aspettare, il profilo segue un andamento prevedibile. Infatti, l'impianto fotovoltaico ha prodotto più E.E. nei mesi estivi. Ci si potrebbe aspettare, quindi, una percentuale di autoconsumo maggiore tra giugno e agosto, quando è disponibile più E.E. dall'impianto fotovoltaico, ma nel 2021 non è stato così. Si consideri il seguente grafico, che mostra l'andamento della quota di autoconsumo durante l'anno:

Figura 36 - andamento della quota di autoconsumi [%] di energia elettrica nel 2021



In seguito i titoli degli assi verranno omessi quando il loro significato è ovvio o già comunicato nella didascalia, che vale come titolo del grafico. Se non viene specificato diversamente, gli assi con percentuali riportano quote su un totale e gli assi con le prime 3 lettere di un mese riportano il valore della grandezza analizzata per quel mese del 2021, cioè l'anno considerato in questa diagnosi.

In Figura 36 si vede che il contributo dalla E.E. prodotta in sito è circa costante, varia da un minimo di 73% a novembre fino a un massimo di 81% a dicembre. Se fosse disponibile più potenza solare per autoconsumo, si potrebbe aumentare la percentuale fino a coprire il 100% del fabbisogno di energia di luglio. C'è un ventaglio di possibilità: ci si può limitare a portare l'autoconsumo di dicembre al 100%, installando un impianto fotovoltaico che produca solo i 243 MWh di energia elettrica comprata a dicembre. L'alternativa è di aumentare la potenza del fotovoltaico fino a raggiungere il 100% di autoconsumo nei mesi di luglio, maggio e novembre, nei quali l'azienda ha comprato la quantità maggiore di energia elettrica nel 2021. In questo modo, però, l'impianto produrrà molta più E.E. del necessario. Quella in eccesso dovrà essere venduta alla rete. Grafica Veneta dispone già di impianti fotovoltaici completamente dedicati alla vendita di energia alla rete, quindi questo non è un problema. Comunque sarà compito dell'azienda valutare le proposte scegliendo quella più compatibile con la propria politica energetica.

È interessante confrontare la quota di autoconsumi anche con la produzione di E.E. in sito. La prossima tabella mostra i valori mensili di energia prodotta, con suddivisione per impianto: sono mostrate tutte e 2 le fonti di E.E. dello stabilimento. Le colonne a destra mostrano la suddivisione dell'energia elettrica nelle sue due destinazioni: autoconsumo o

vendita alla rete nazionale. L'energia immessa in rete è riportata sia in valore assoluto, sia in percentuale sul totale.

Tabella 23 – flussi di energia elettrica prodotta, con le sue destinazioni, dati 2021

Mese	Energia elettrica prodotta			Destinazione d'uso E.E. prodotta		
	da FV, con autoconsumo	da trigeneratore	Totale	Auto-consumata	Immessa in rete	
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	%
gen	119	1052	1171	1053	118	10.1%
feb	190	943	1133	957	176	15.5%
mar	363	1049	1411	1074	338	23.9%
apr	349	913	1262	1078	184	14.6%
mag	396	984	1381	1195	186	13.4%
giu	448	1054	1503	1257	246	16.4%
lug	424	1033	1457	1224	232	16.0%
ago	450	1015	1465	1142	324	22.1%
set	346	1000	1347	1125	222	16.5%
ott	260	998	1258	1050	208	16.5%
nov	141	949	1090	987	103	9.4%
dic	101	1059	1160	1061	99	8.6%
TOT	3587	12050	15637	13202	2435	15.6%

La colonna *Totale* è la somma dell'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico (FV) e dal trigeneratore. È anche la somma dell'energia elettrica autoconsumata e di quella venduta alla rete. Nella documentazione interna di Grafica Veneta, l'energia immessa in rete in un dato mese è definita come segue:

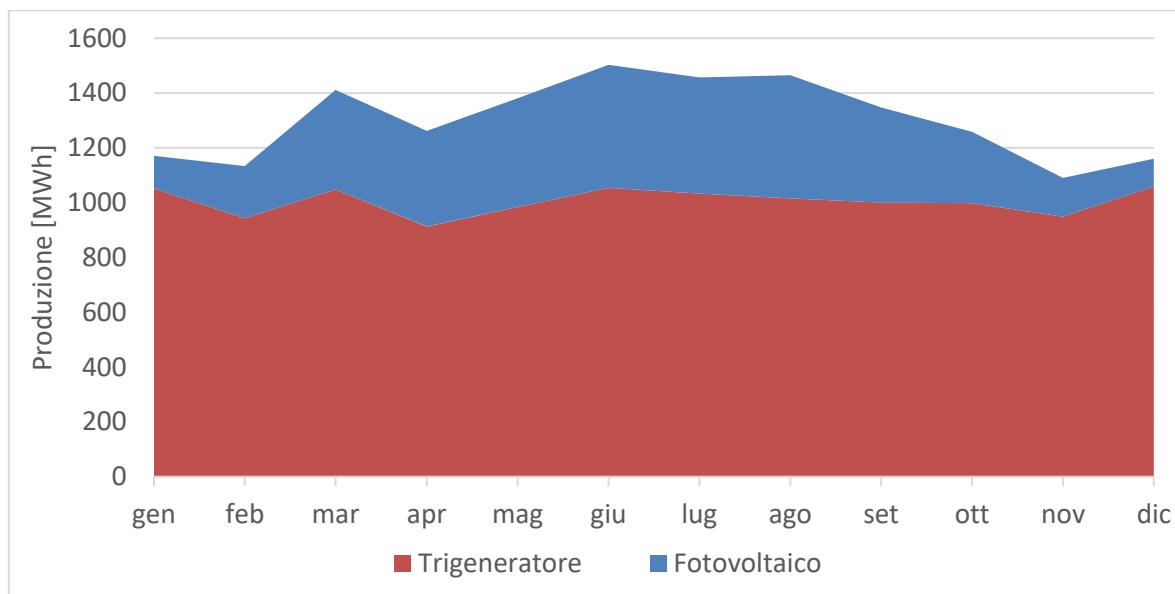
$$\text{(energia elettrica)}_{\text{immessa in rete}} = \left[\left(\text{prodotta da} \right)_{\text{fotovoltaico}} + \left(\text{prodotta da} \right)_{\text{trigeneratore}} \right] - \left(\text{energia} \right)_{\text{autoconsumata}} = \dots \text{ kWh}$$

Si è visto in Tabella 7 che l'azienda gestisce diversi impianti eolici e fotovoltaici. La maggior parte di questi non appare nel bilancio energetico, perché si tratta di impianti configurati per vendere alla rete tutta l'energia che producono. La colonna “da FV con autoconsumo”, quindi, riporta solo la produzione di energia dell'impianto fotovoltaico multi-sezione da

3003 kWp sul tetto dello stabilimento. Il valore di quella colonna include una parte di energia che viene autoconsumata più una parte che viene venduta.

La produzione totale misurata dall'azienda si divide quindi in due fonti: il fotovoltaico, che fornisce energia rinnovabile, e il trigeneratore, che usa energia primaria da fonte fossile. Il loro contributo si vede nel grafico seguente:

Figura 37 – E.E. prodotta nel 2021 per impianto, in MWh



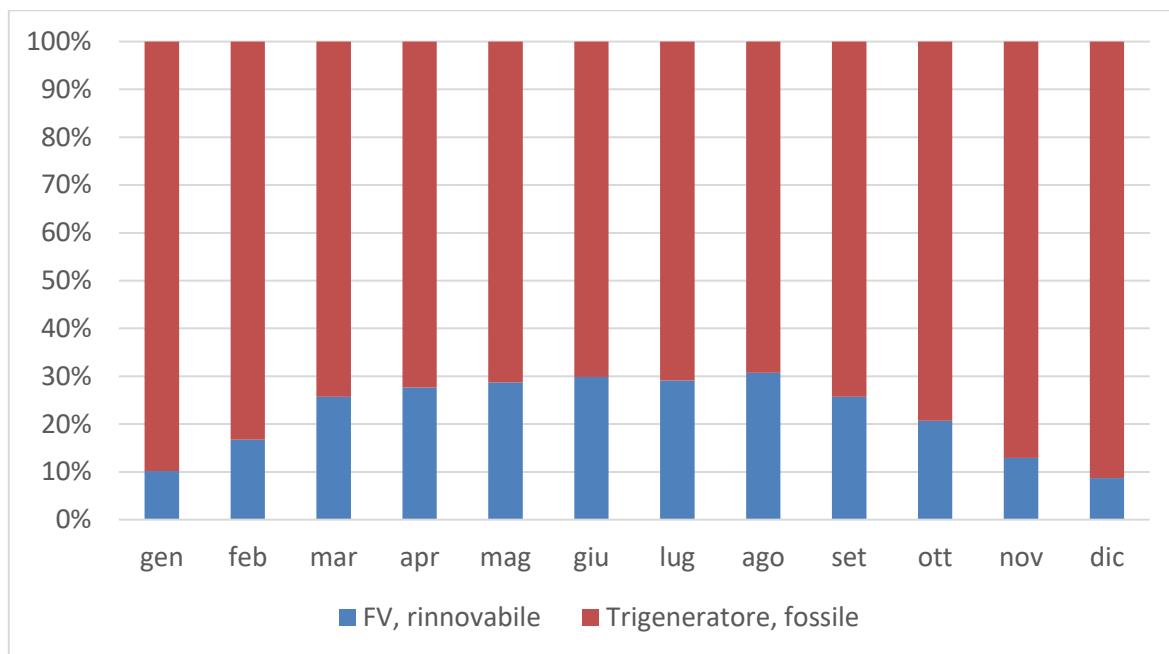
Nel 2021 la produzione totale è di 15637 MWh, minore del consumo totale (di 17042 MWh). L'autoproduzione quindi dà un contributo importante, ma non soddisfa pienamente il fabbisogno dell'azienda, che compra comunque il 23% dell'energia elettrica che consuma. Bisogna tenere a mente le difficoltà introdotte dall'effetto di contemporaneità: l'energia solare non è disponibile tutto il giorno, e la domanda energetica in certi momenti può essere soddisfatta solo comprando E.E. dalla rete. L'azienda non ha sistemi di accumulo per l'energia elettrica, perché le loro dimensioni sarebbero proibitive, per non parlare dei costi.

Il grafico di Figura 37 considera l'energia elettrica in uscita dai due impianti in un mese. Per valutare il rendimento effettivo di ciascuno, sarà necessario conoscere l'irradiazione solare a monte (per il fotovoltaico) e la quantità di gas naturale usato (per il trigeneratore). Per il gas si fa riferimento a 5.3.3 – *Consumi di gas naturale*.

Il picco di produzione è a giugno con 1503 MWh, dei quali il 30% (448 MWh) deriva da fonte energetica rinnovabile (FER) e il rimanente 70% (1054 MWh) è energia elettrica

prodotta da combustibile fossile. Il trigenerator si occupa del carico di base, e la sua produzione è costante per tutto il 2021. In quell'anno ha lavorato per 8546 ore, producendo in media 1004 MWh al mese. L'impianto fotovoltaico lavora come mostrato in Figura 35. Si può quindi valutare la quota di FER sul mix energetico per ogni mese, mostrata nel prossimo grafico.

Figura 38 – quota di produzione [%] nel 2021, per mese e per fonte



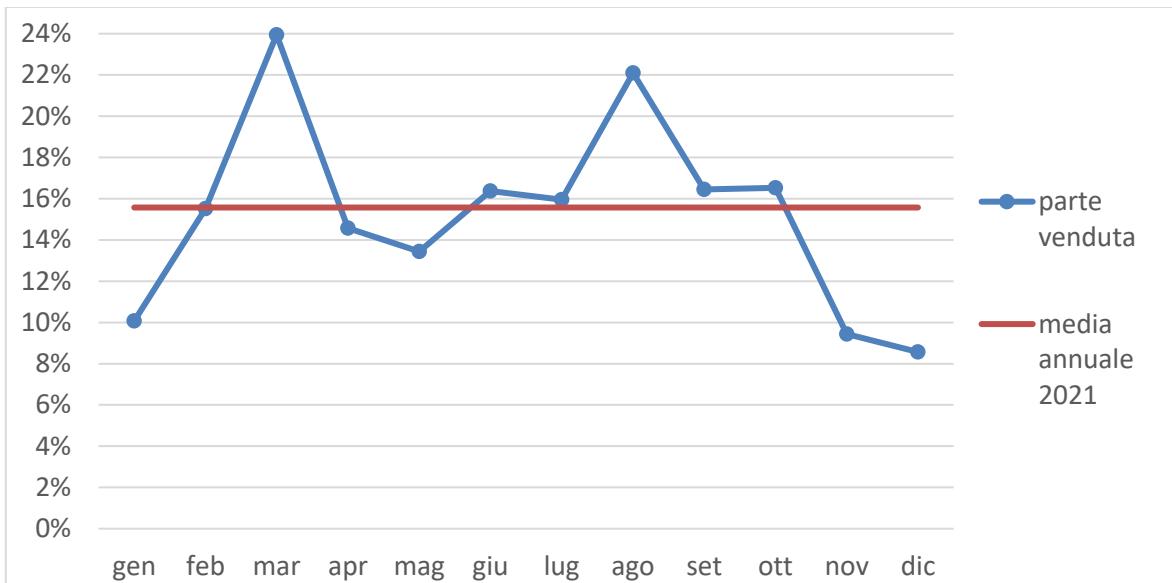
Nel 2021 la quota di FER ha visto un'oscillazione dal 9% di dicembre al 31% di agosto. Si è visto in Figura 37 che la produzione del trigenerator è praticamente costante, quindi la quota di FER aumenta in estate perché il fotovoltaico produce più energia elettrica. Il valore medio di penetrazione FER nel 2021 è del 23%, quindi quasi un quarto dell'energia elettrica prodotta arriva da fonte rinnovabile, mentre il rimanente 77% è di origine fossile. La base del precedente calcolo è solo la parte di E.E. autoprodotta: il calcolo delle quote di FER viene approfondito in 5.4.1 – *EnPI globali di stabilimento*.

Si ricorda che il fotovoltaico citato in Figura 38 considera solo l'impianto da 3003 kWp sul tetto dello stabilimento di Trebaseleghe. Contando tutti gli impianti di Tabella 7 la quota di FER aumenterebbe, ma questo grafico dà comunque informazioni importanti: il mix energetico per autoconsumo in azienda è ancora prevalentemente fossile, e per di più basato sul gas naturale. Si potrebbe quindi investire in un nuovo impianto fotovoltaico per coprire la domanda di energia dell'azienda, con molteplici vantaggi:

- Sicurezza dell’approvvigionamento: l’energia elettrica proviene da impianti di proprietà di Grafica Veneta, che non deve più dipendere dai fornitori di gas naturale. In Italia molteplici fattori rendono il gas naturale un combustibile scomodo da acquistare.
- Risparmio: il prezzo del gas naturale ha visto notevoli aumenti dal 2018, quando il trigeneratore è stato installato. Valutare un impianto fotovoltaico è una buona idea anche dal punto di vista economico, perché fornisce un’alternativa al trigeneratore che permette all’azienda di tutelarsi dagli aumenti del prezzo del gas
- Riduzione delle emissioni: spostare una parte della produzione di energia elettrica dalla combustione di gas naturale al fotovoltaico permetterà di abbattere una gran quantità di emissioni di CO₂. Ulteriori dettagli in 5.5 - *Le emissioni di gas serra*

Tornando all’energia elettrica prodotta localmente, questa vede due possibili destinazioni: vendita o uso interno. Il prossimo grafico mostra l’incidenza della quota di energia venduta alla rete sul totale di energia prodotta:

Figura 39 – quota [%] di produzione locale venduta alla rete nel 2021, per mese



Nel 2021, dal 10% al 20% dell’energia prodotta in sito ogni mese è stata venduta. In media, il 15.6% dell’energia prodotta localmente non viene autoconsumata. Ha senso che questo valore sia alto d'estate, quando i pannelli fotovoltaici producono più di quanto lo stabilimento riesca a consumare. Tuttavia, i valori di marzo e ottobre appaiono troppo alti. L’azienda potrebbe esplorare le soluzioni di accumulo energetico per vedere se è possibile ridurre la quota di energia venduta alla rete nei mesi invernali.

Un tema fondamentale nelle diagnosi energetiche è il bilancio energetico. Per farlo si usano i consumi di energia primaria, espressi in *tep*. La seguente tabella riporta i consumi primari associati ai valori di E.E. della Tabella 21. Per la conversione sono stati usati i fattori introdotti in 2.1 – *Le unità di misura*.

Tabella 24 – energia primaria dei flussi di E.E. nel sito, valori totali 2021

Nome	n° contatore	Fattore di conversione	E.E. finale	Energia primaria
	da Tabella 6	tep/kWh	kWh	tep
Acquistata	1	0.000187	3840027	718
Prodotta da fotovoltaico, con autoconsumo	2	0.000187	3587458	671
Prodotta da trigeneratore	3	0.000187	12049986	2253

La tabella esclude le colonne “immessa”, “autoconsumata” e “risparmiata per effetto frigorifero” di Tabella 21, per non contare due volte lo stesso flusso di energia: si ricorda che la somma dei contributi di “fotovoltaico” e “trigeneratore” corrisponde alla somma delle colonne “immessa” e “autoconsumata”. Per convertire in *tep* la parte di energia elettrica autoprodotta si considera lo stesso fattore utilizzato per l’energia prelevata dalla rete, come indicato dalla circolare del MiSE del 18 dicembre 2014.

Per elaborare indicatori energetici accurati sarebbe utile separare i consumi dovuti all’attività produttiva vera e propria dai consumi di base, che si verificherebbero in ogni caso. Purtroppo, il carico di base non si può determinare in modo accurato usando solo i dati disponibili. Il sistema di misura attuale non suddivide i consumi dell’impianto di illuminazione, dei carichi alle spine, degli ausiliari dei vari impianti e delle macchine di produzione. La determinazione del carico di base non è comunque una priorità: i sistemi di misura andrebbero installati prima sui macchinari più energivori. Questo permetterà di identificare i consumi più importanti con il minor numero possibile di strumenti di misura.

Il sistema di raccolta dati potrà poi evolversi per raccogliere un numero di informazioni sufficienti a determinare anche il carico di base. Si potrebbe pensare di dedurre il carico base trovando la correlazione negli ultimi 10 anni tra energia consumata e volumi stampati. Il problema di questo approccio è che non considera gli interventi al sistema energetico dell’azienda nel corso degli anni, quindi non produrrebbe risultati utili. L’analisi

di dati misurati è sicuramente la strada migliore da seguire se si desidera ottenere indicatori energetici rappresentativi della realtà.

5.3.2 – Prelievo istantaneo di energia elettrica

Tra i dati del 2021 non è disponibile un profilo di E.E. dalla rete con una precisione di 15 minuti. Tuttavia, nel 2022 è stata ultimata l'installazione della strumentazione di misura per questo parametro. Il valore che l'azienda ha raccolto dal contatore è l'energia elettrica [kWh] prelevata dalla rete in un intervallo di 15 minuti. Per ogni giorno sono quindi disponibili $24 * 4 = 96$ valori di energia acquistata. In questo lavoro di tesi, la trattazione dovrà limitarsi al periodo da luglio a ottobre, i mesi per i quali sono disponibili questi dati. Per il periodo da gennaio a giugno sono comunque disponibili i totali mensili dello stesso tipo visto prima per il 2021. Analizzare i valori di energia elettrica acquistata permette di capire in che modo l'azienda dipende dalla rete elettrica e quali investimenti potrebbe fare per tutelarsi da futuri aumenti del prezzo dell'energia elettrica.

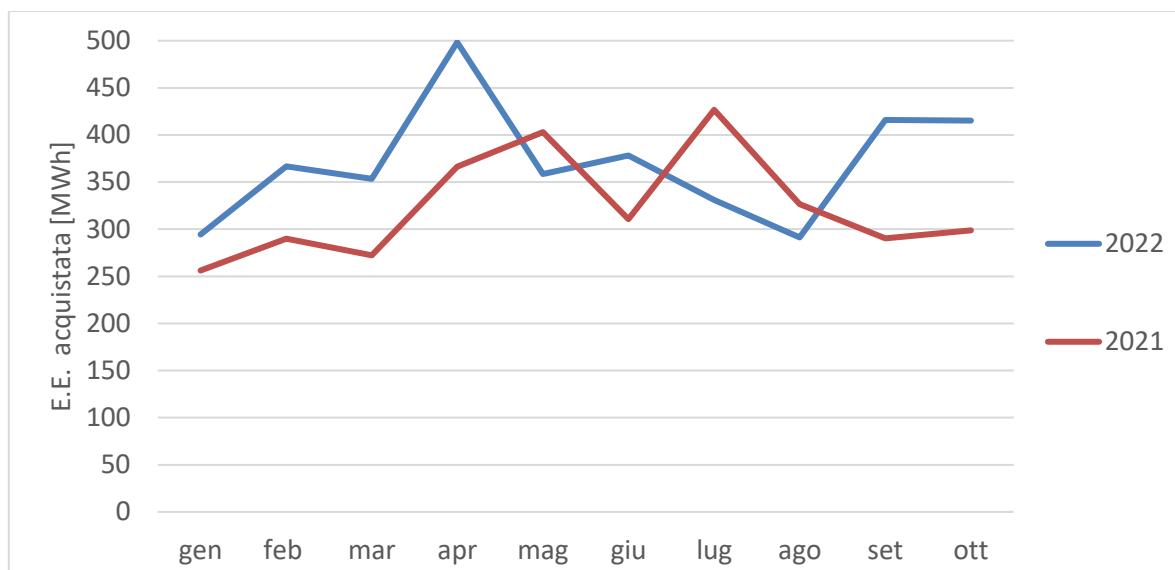
La trattazione comincia dal livello macroscopico, per poi restringere l'intervallo temporale considerato. La prossima tabella riporta un confronto dell'energia elettrica acquistata nei primi 10 mesi dell'anno.

Tabella 25 – E.E. acquistata, 2021 contro 2022, con la variazione

MESE	E.E. acquistata [MWh]		Differenza
	2021	2022	
Gennaio	256.1	294.4	15%
Febbraio	290.0	366.8	26%
Marzo	272.4	353.3	30%
Aprile	366.4	498.4	36%
Maggio	403.0	358.5	-11%
Giugno	310.7	378.1	22%
Luglio	426.6	331.2	-22%
Agosto	326.7	291.2	-11%
Settembre	290.2	415.9	43%
Ottobre	298.8	415.3	39%

Il sistema di misura di Grafica Veneta registra l'energia elettrica transitata nella cabina in un intervallo di 15 minuti. Questi valori sono poi raggruppati per giorno e per mese, quindi la procedura per ottenere il risultato del 2022 mostrato in tabella è sostanzialmente una somma dei dati ricevuti dal referente aziendale. Il valore del 2021 con cui viene confrontato è lo stesso di Tabella 21. La differenza tra i due, espressa in percentuale, mostra che nel 2022 l'azienda ha comprato più energia elettrica dalla rete, in quasi tutti i mesi analizzati. Questo si vede anche nel prossimo grafico:

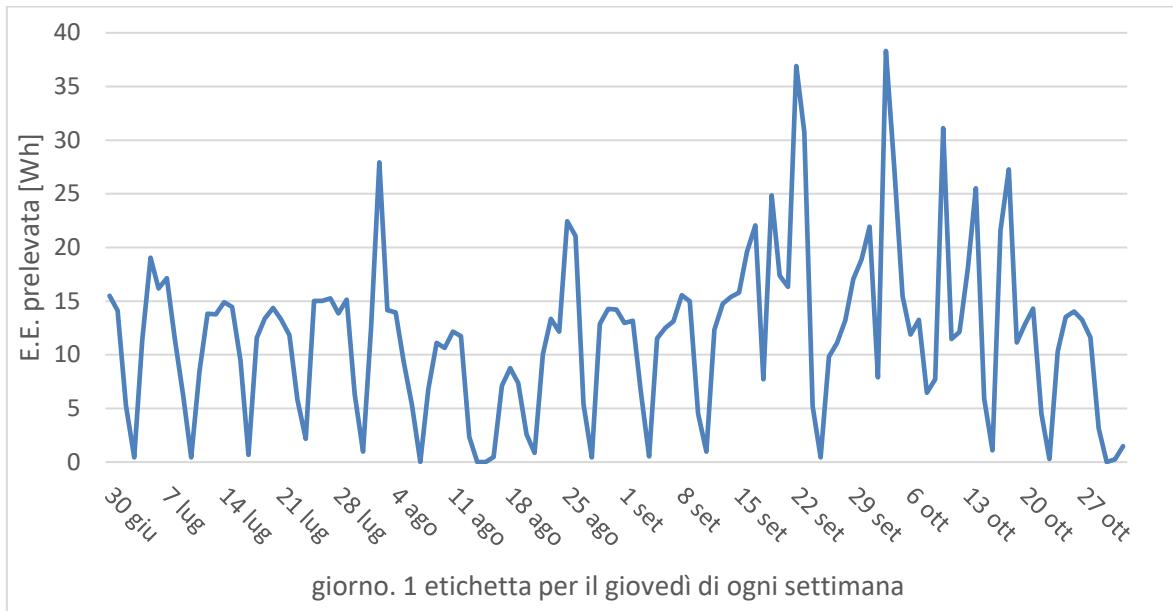
Figura 40 – E.E. acquistata [MWh], confronto tra 2022 e 2021



Il prelievo di energia dalla rete è maggiore nel 2022, ma nei mesi estivi il 2021 ha visto i consumi maggiori. In ogni caso, gli andamenti e gli ordini di grandezza restano simili. Questo permette di analizzare i consumi del 2022 e di trarre indicazioni utili per capire anche la situazione del 2021, se si fa attenzione a non confondere i due anni durante l'analisi.

Si sposta quindi l'attenzione all'intervallo 30 giugno 2022 – 31 ottobre 2022. Questo è il periodo per il quale sono disponibili i dati più abbondanti e dettagliati. Così abbondanti, infatti, che le tabelle sono state rimosse, per non appesantire la trattazione. Si procede quindi ad analizzare qualche profilo di dati elaborati e aggregati. Il prossimo grafico mostra la somma di E.E. totale prelevata dalla rete in un giorno, per l'intervallo di 4 mesi preso in considerazione.

Figura 41 – somma di E.E. prelevata per ogni giorno, in MWh, da luglio a ottobre 2022



Osservando l'andamento periodico si notano delle regolarità in questa curva di E.E. ritirata dalla rete. Ci sono due componenti: un carico di base, che vale circa 15 MWh, e l'occasionale picco, che raggiunge anche i 38 MWh (entrambi riferiti ad un giorno). All'inizio della settimana il prelievo di E.E. è molto basso, ma sale velocemente fino a raggiungere i 15 MWh (circa) durante i giorni della settimana, per sostenere l'attività produttiva. In seguito, l'analisi dimostrerà che questo consumo avviene principalmente di sera e si azzerà nel primo pomeriggio. Nel weekend la domanda cala, per poi risalire all'inizio della settimana successiva. Le variazioni della tendenza tra settembre e ottobre sono dovute al fatto che l'attività nello stabilimento cambia per rispondere alle esigenze degli ordini che Grafica Veneta riceve.

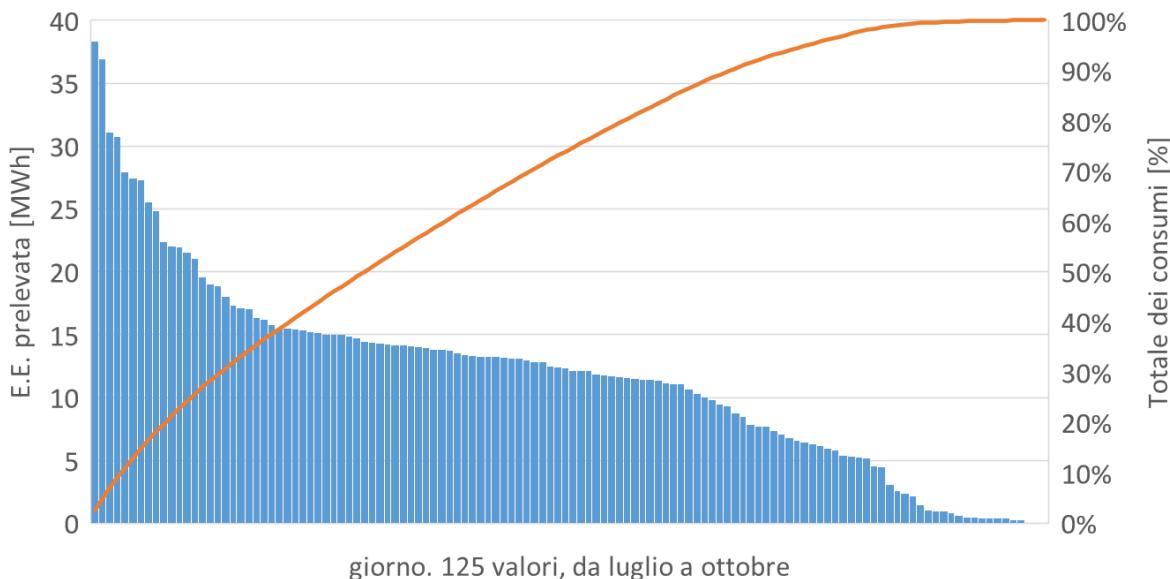
Si ricorda che l'azienda offre un servizio di stampa istantanea per produrre fino a 10000 volumi in 24 ore, quindi c'è anche la necessità di rispondere a ordini improvvisi, che arrivano in modo irregolare e imprevedibile. [W.25]

Si ritiene che gli investimenti di Grafica Veneta dovrebbero puntare a ridurre il prelievo base, cioè i 15 MWh al giorno durante la settimana (lunedì – venerdì), tollerando i rari picchi di domanda, che corrispondono ad esigenze concrete del processo produttivo. Non è così semplice parlare di *demand side management* nel caso del sito di Grafica Veneta, perché cercare di abbattere i picchi di domanda potrebbe compromettere la qualità dei lavori in azienda. Comunque, una soluzione di autoproduzione per sopprimere al prelievo base di 15 MWh al giorno avrebbe i seguenti vantaggi:

- Riduzione della spesa per E.E. in bolletta, perché la maggior parte della domanda mensile di E.E. viene soddisfatta internamente. Nel 2021, l'azienda ha pagato mediamente 304 €/MWh per l'energia elettrica, perché acquista E.E. certificata, proveniente solo da fonti rinnovabili
- Abbassamento dei picchi di domanda sotto i 38 MWh del 2022, come conseguenza della riduzione del carico base sul quale i picchi si appoggiano
- Più ore di lavoro dell'impianto di autoproduzione, perché si punta al carico base e non ai rari picchi di domanda

L'aspetto delle ore di lavoro dell'impianto è particolarmente interessante. Per approfondire l'analisi, si propone la curva di domanda di E.E. del prossimo grafico.

Figura 42 – distribuzione E.E. prelevata dalla rete, con curva di Lorenz, per 4 mesi del 2022

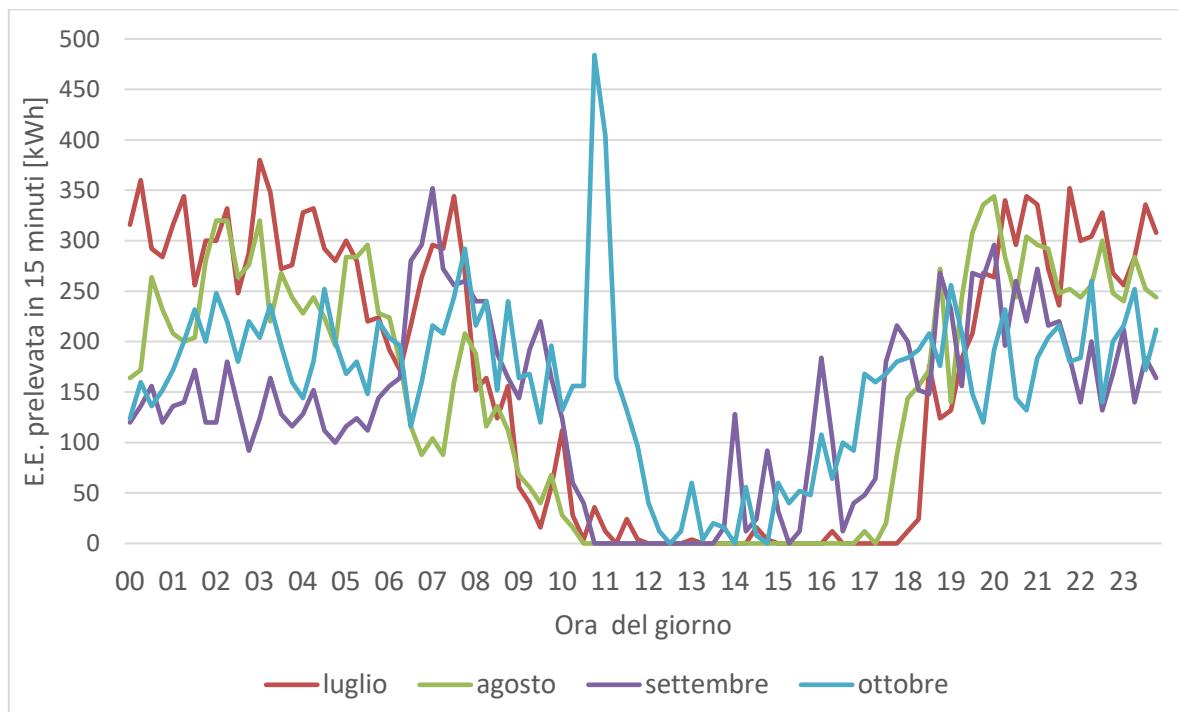


L'ordinata a sinistra riporta lo stesso valore del grafico precedente: energia elettrica (E.E.) prelevata dalla rete. È in MWh ed è riferito ad un arco temporale di 24 ore. Su questo asse si legge il valore delle colonne blu. Ce n'è una per ogni giorno del periodo di 4 mesi considerato. Le date non sono riportate nelle ascisse perché non sarebbero comunque leggibili. I tre giorni con il ritiro di E.E. maggiore sono il 3 ottobre, il 22 settembre e il 10 ottobre, nei quali si superano i 30 MWh al giorno. Ci sono anche giorni dove il ritiro di E.E. è nullo, ad esempio il 7 agosto. La linea arancione è la curva di Lorenz, che rappresenta il consumo cumulato di energia elettrica dei primi giorni, espresso in percentuale rispetto al totale dei 4 mesi. La percentuale si legge sull'asse a destra. Il 29% dei giorni con più consumo è responsabile del 50% dell'energia prelevata dalla rete.

La richiesta di 15 MWh al giorno individuata nel grafico precedente è raggiunta e superata in circa il 27% dei giorni del periodo considerato. Il diagramma di Figura 42 rende evidente il fatto che produrre 15 MWh al giorno non è un buon target per l'impianto che dovrebbe sopperire al prelievo di E.E. dalla rete, perché sarebbe sovradimensionato nel 73% del tempo. Abbassando l'obiettivo a 11 MWh al giorno, l'impianto potrebbe coprire il carico base lavorando per il 62% dei giorni. Un investimento del genere avrebbe più senso: l'impianto, lavorando di più, potrà ripagarsi prima. Tuttavia, non coprirà i picchi di domanda, per i quali bisognerà continuare a ritirare E.E. dalla rete elettrica nazionale.

Un impianto da 460 kW che lavora a pieno carico per 24 ore può produrre quegli 11 MWh al giorno, ma la soluzione non è così semplice. Infatti, il prelievo di energia non è costante durante il giorno, come si vede nel prossimo grafico.

Figura 43 – E.E. acquistata nel 1° mercoledì del mese, periodo luglio – ottobre



L'etichetta sull'asse delle ascisse rappresenta l'ora del giorno (da mezzanotte alle 23), ma nel grafico ci sono 4 valori per ogni ora. Per rendere il confronto più onesto si è scelto di considerare il primo mercoledì di ogni mese, quando le attività produttive sono a regime e l'uso di energia dalla rete elettrica è sostanzioso. Le 4 curve mostrano l'evoluzione del prelievo durante l'anno, e ricalcano quanto visto Figura 40: nel 2022 l'azienda ha richiesto più energia a luglio, meno ad agosto. Si vede che verso le 13:00 il ritiro di E.E. dalla rete è inesistente, per periodi di durata variabile: maggiore in estate, minore in autunno. Questo

è dovuto all'effetto dell'energia elettrica prodotta dal fotovoltaico e destinata all'autoconsumo.

Tornando alla proposta dell'impianto da 460 kW per il carico di base, sembra superfluo farlo funzionare tutto il giorno. Se si scegliesse un altro trigeneratore, questo verrebbe usato per produrre energia anche di giorno, bruciando gas naturale, quando il contributo del fotovoltaico è più che sufficiente. Il problema non si può risolvere nemmeno aumentando la potenza dell'impianto fotovoltaico destinata all'autoconsumo, perché il prelievo di E.E. dalla rete avviene soprattutto (e quasi solo) di notte. Ovviamente la scelta di investire in un impianto fotovoltaico ha senso se si cerca un'alternativa al trigeneratore nella produzione di E.E. per autoconsumo per evitare il costo del gas naturale, ma questa è un'altra questione. Se l'azienda intende veramente investire in un impianto per aumentare l'autonomia rispetto alla rete elettrica nelle ore notturne, dovrà esplorare le tecnologie alternative al fotovoltaico.

La scelta del tipo di impianto dovrà prendere in considerazione la forma della curva di carico e della sua variazione durante l'anno. I prossimi due grafici si possono usare per capire in quali momenti del giorno il prelievo è più intenso.

Figura 44 – curva di durata per il 1° mercoledì di luglio

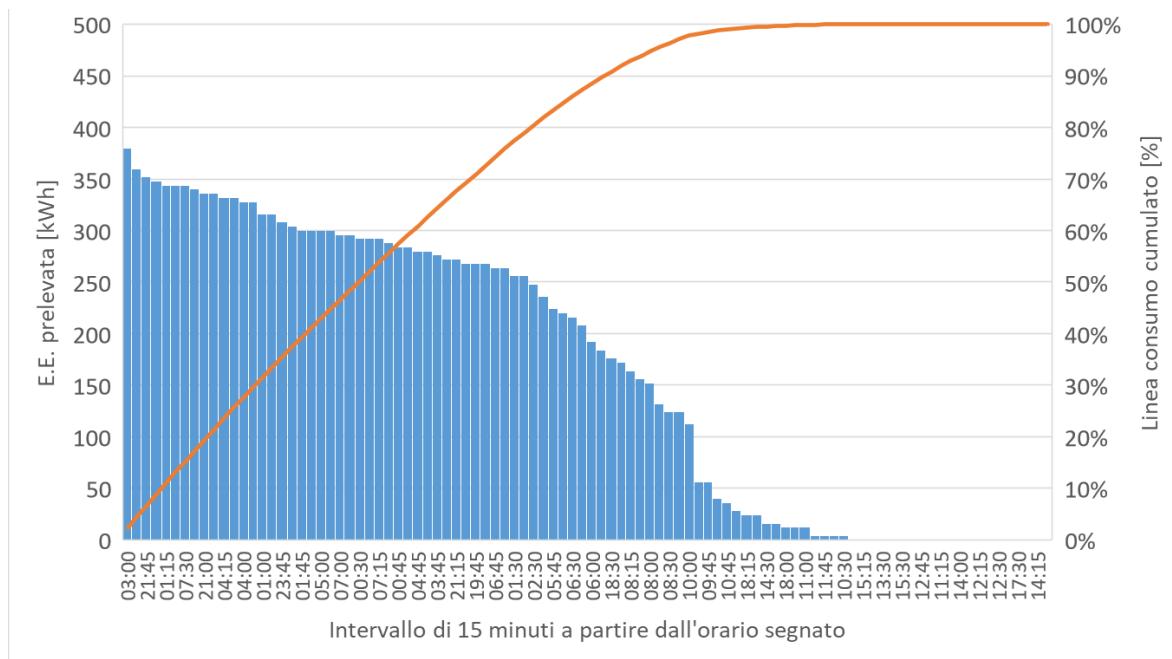
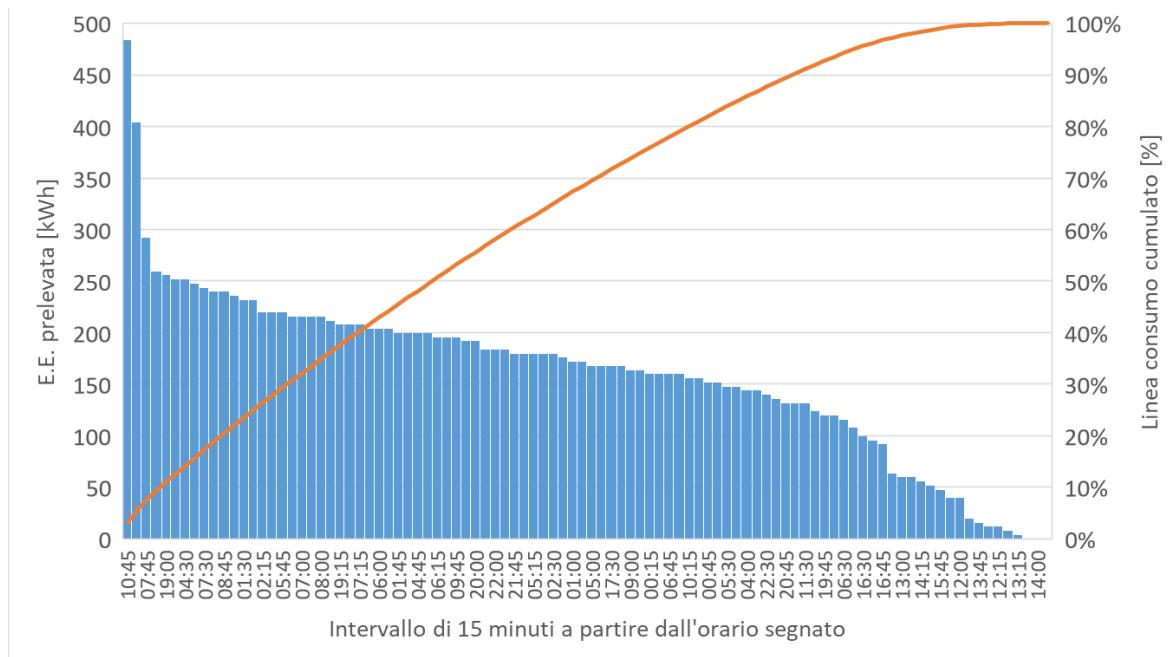


Figura 45 – curva di durata per il 1° mercoledì di ottobre



Confrontando i due grafici si vede che ad ottobre il prelievo istantaneo non è maggiore in valore assoluto, ma avviene in più momenti durante la giornata. A luglio, infatti, l'impianto fotovoltaico copre la domanda di E.E. durante il giorno, ma questa è così abbondante che la domanda residua (= *consumi stabilimento – produzione fotovoltaico*) supera comunque quella di ottobre. Il ritiro istantaneo di E.E. raggiunge valori maggiori a luglio: nel grafico si vede che il prelievo supera i 300 kWh per il 23% della giornata, cioè per 22 intervalli da 15 minuti ciascuno. Ad ottobre questo succede solo per mezz'ora, a causa di quello che, si assume, sia solo un picco nella domanda di energia, dalle 10:45 alle 11:15 di mattina. Ad ottobre il ritiro di E.E. è distribuito in modo più uniforme durante la giornata, mentre a luglio si accumula nelle ore serali e notturne. Dato che i grafici considerano solo un giorno ciascuno, non si può parlare di un campione rappresentativo. Questo problema verrà risolto in un prossimo diagramma.

Per ora, si sviluppa una considerazione sulle potenze. Il trigeneratore di Grafica Veneta, un Ecomax 15 NGS, ha una potenza nominale di 1500 kW, come visto in Tabella 8. Dato che ha sempre lavorato per più del 96% delle ore negli anni precedenti, si assume per semplicità che lavori durante tutto il giorno e a pieno carico. Quindi in 15 minuti il cogeneratore può produrre: $1500 \text{ kW} * \frac{1}{4} \text{ ora} = 375 \text{ kWh}$. Si vede nei due grafici precedenti che i valori di prelievo sono sempre inferiori alla soglia di 375 kWh (escluso un solo momento a ottobre). Non avrebbe senso installare un altro cogeneratore dello stesso

modello, è chiaramente sovradimensionato e lavorerebbe sempre ad un carico molto basso.

Il catalogo dei modelli Ecomax contiene diverse configurazioni di cogeneratori. Si ritiene che, tra tutti, due siano adatte agli intervalli di potenza utili per Grafica Veneta. Sono riassunte nella prossima tabella. [42]

Tabella 26 – candidati per integrazione della produzione locale. Fonte: [42]

Nome modello	Potenza elettrica nominale [kW]	Produzione in 15 minuti [kWh]
Ecomax Next 5 NGS	500	125
Ecomax Next 6 NGS	635	159

Questi sono modelli della serie *Next*, leggermente più nuova e performante rispetto al cogeneratore installato da Grafica Veneta. Entrambi i modelli in tabella hanno un rendimento elettrico del 41% circa. *Ecomax 5* ha rendimenti leggermente maggiori, mentre *Ecomax 6* produce più energia termica, essendo di taglia maggiore. L’azienda potrà quindi valutare quale dei due è più compatibile con le proprie esigenze. *Ecomax 5*, producendo 125 kWh in 15 minuti, può lavorare a pieno regime per più ore al giorno, specialmente ad ottobre (si veda Figura 45). Si ritiene che sia la scelta migliore, anche in virtù dei suoi rendimenti leggermente maggiori. *Ecomax 6* lavorerebbe a pieno carico per meno tempo e con un rendimento elettrico minore. È quasi sovradimensionato per questa applicazione. Questa considerazione riguarda solo l’energia elettrica: si assume che l’azienda sia sempre in grado di trovare una destinazione utile per il calore prodotto dal trigeneratore.

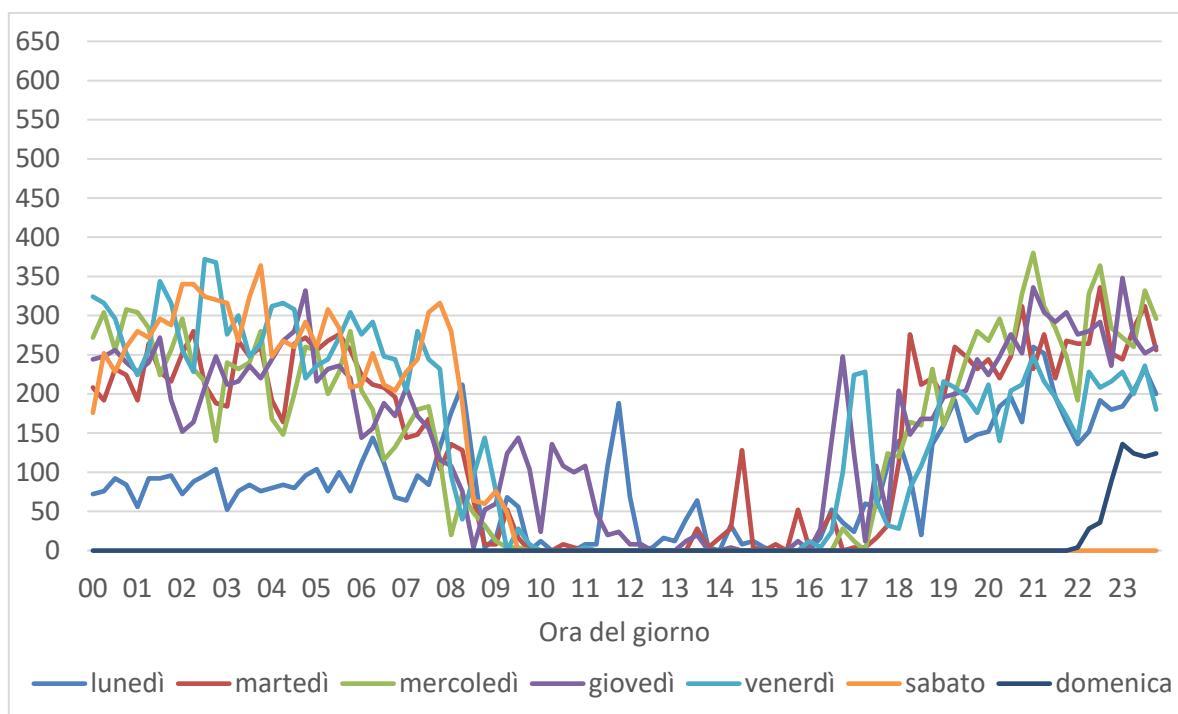
Naturalmente la trattazione si può estendere ai cogeneratori di altri fornitori o a impianti di altro tipo, magari a biomassa. Considerando il futuro incerto del gas naturale in Italia, un impianto a biomassa di piccola taglia potrebbe essere una soluzione degna di attenzione. Un esempio è sviluppato in 6.5.5 – *Nuovo cogeneratore a biomassa*.

Già *Ecomax 5*, con i suoi 500 kW, a regime produce 12 MWh al giorno. In Figura 42 si vede che per il 35% dei giorni del periodo luglio – ottobre c’è un prelievo di E.E. dalla rete inferiore ai 10 MWh al giorno. Potrebbe essere interessante cercare soluzioni di potenza nominale inferiore ai 500 kW, per permettere all’impianto di lavorare a pieno regime per più tempo. Considerando il grafico di luglio, il periodo di lavoro è un intervallo continuo di 14 ore al giorno, dalle 18:00 alle 8:00 del mattino successivo. A ottobre si può considerare

anche un intervallo più ampio. Comunque, qui si trascurano le soluzioni con impianti più potenti che vengono spenti al pomeriggio, per lavorare solo di sera. Spegnere e riaccendere gli impianti ogni giorno non è un'operazione banale, e comunque il tema di questo lavoro di tesi non è l'ottimizzazione del singolo impianto a livello tecnico.

Questa proposta di investimento è stata sviluppata in base ai consumi del 1° mercoledì del mese. Ci si può chiedere se questo sia un giorno rappresentativo. La risposta è contenuta nei prossimi due grafici, che mostrano i profili di ritiro di E.E. della seconda settimana di luglio e ottobre.

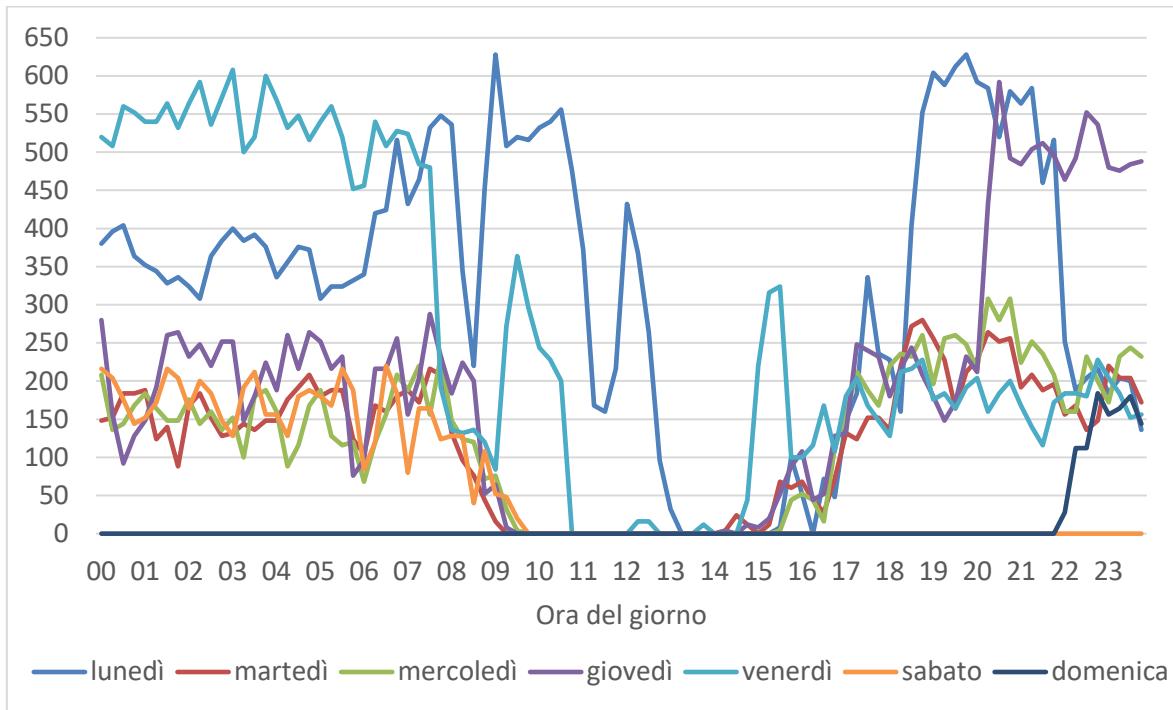
Figura 46 – E.E. prelevata [kWh] in 15 minuti, profili per ogni giorno della 2° settimana di luglio



Si vede che la tipica settimana di luglio segue l'andamento mostrato Figura 43. Il prelievo istantaneo arriva a circa 300 kWh ogni 15 minuti durante la notte e si azzerà verso le 13:00, grazie al contributo dell'impianto fotovoltaico. L'andamento è diverso nei weekend, dove il ritiro è quasi sempre pari a zero, tranne durante la mattina di sabato e la notte di domenica. Questi sono i momenti di transizione tra il regime di lavoro della settimana e quello di quiete del weekend.

Il grafico di ottobre non permette di trarre le stesse conclusioni:

Figura 47 - E.E. prelevata [kWh] in 15 minuti, profili per ogni giorno della 2° settimana di ottobre

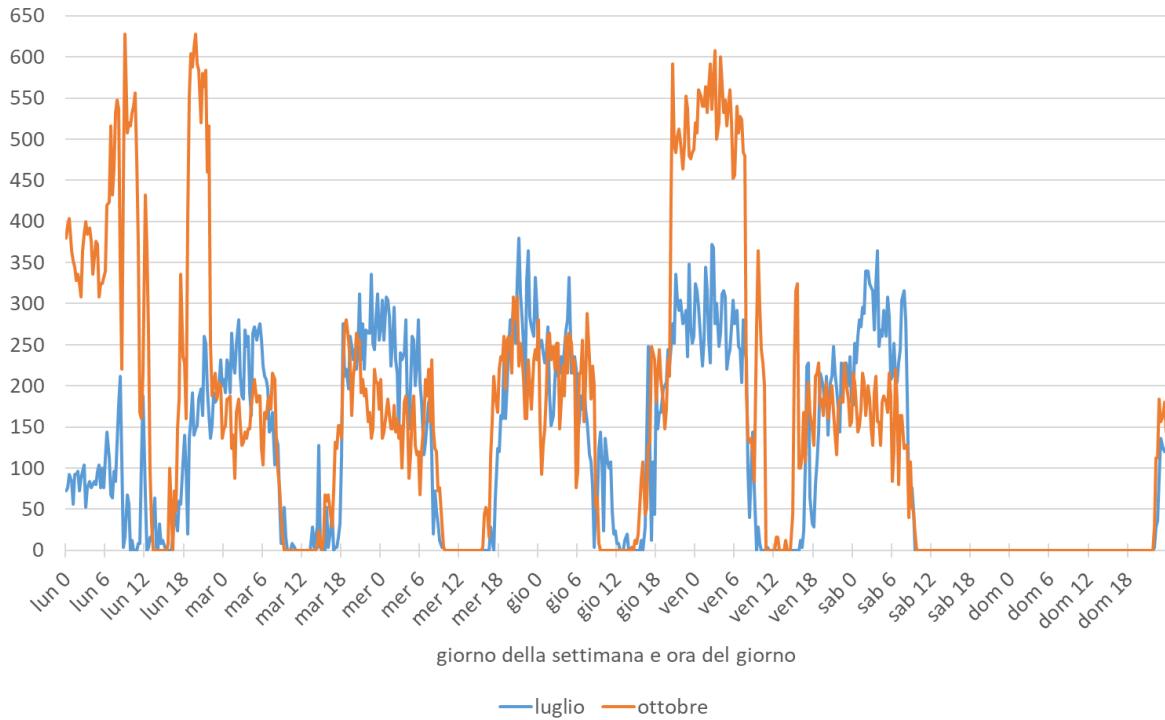


Si vede che in più giorni della settimana (lunedì, giovedì, venerdì) il profilo di prelievo è irregolare e molto diverso da quello del mercoledì. È più difficile analizzare le tendenze di ottobre perché il fotovoltaico non è più in grado di coprire bene i picchi di domanda, che in quel mese si presentano anche alle 11:00, quando l'energia solare è sicuramente disponibile.

Si faccia attenzione alle ordinate degli ultimi due grafici: hanno la stessa scala, quindi le curve di prelievo sono più alte in quello di ottobre perché i ritiri di E.E. sono effettivamente maggiori. Gli andamenti del sabato e della domenica di ottobre sono del tutto simili a quelli di luglio, il problema sono solo le irregolarità nel prelievo durante la settimana. Un'analisi più approfondita dovrebbe concentrare l'attenzione soprattutto sui mesi invernali, dove c'è più lavoro da fare sul fronte dell'autoproduzione di energia elettrica.

Allargando l'intervallo di tempo analizzato è più facile notare l'andamento regolare della richiesta di E.E. dalla rete. Questo si vede nel prossimo grafico.

Figura 48 - E.E. prelevata [kWh] ogni 15 minuti, per tutta la 2° settimana di luglio e ottobre 2022

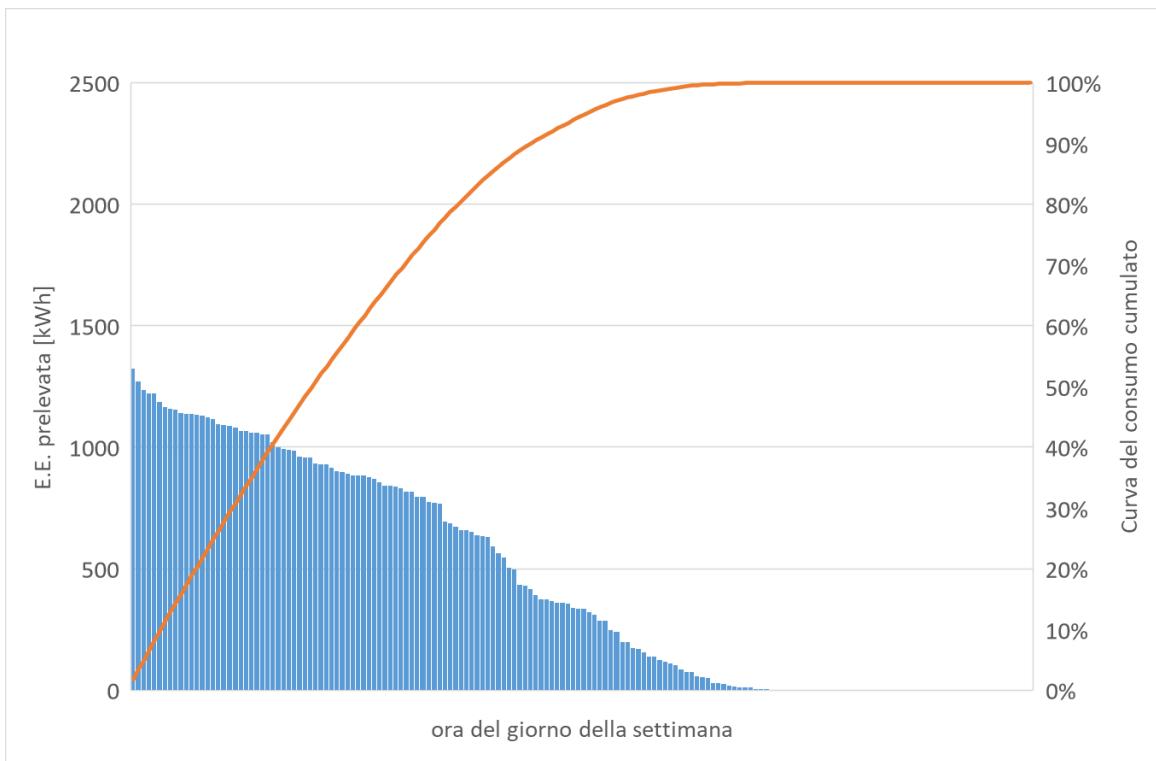


Il grafico riporta in ascissa l'informazione sul giorno della settimana, da lunedì a domenica, assieme all'ora del giorno: c'è un'etichetta ogni 6 ore, ma le curve sono costruite con un punto ogni 15 minuti. L'ordinata è sempre la quantità di energia [kWh] prelevata nel quarto d'ora. Qui i grafici di Figura 46 e Figura 47 sono messi a confronto per evidenziarne le differenze. Gli scostamenti maggiori si sono verificati nelle mattine di lunedì e di venerdì.

L'azienda comunque acquista energia elettrica principalmente di notte, e questo vale per tutta la settimana e per tutto il periodo di 4 mesi analizzato. Può quindi trarre vantaggio da prezzi dell'energia minori dati dalla fascia oraria dei suoi consumi. In ogni caso, ci si poteva sicuramente aspettare un andamento simile, considerando la grande presenza di impianti fotovoltaici nello stabilimento. Un investimento in una soluzione per autoprodurre l'energia elettrica che attualmente si acquista di notte dovrà quindi tenere in considerazione un prezzo realistico per l'energia elettrica. Non basta considerare il prezzo medio, perché il profilo di prelievo di Grafica Veneta riguarda prevalentemente le ore notturne.

Con i dati settimanali è possibile costruire una curva di durata del carico diversa.

Figura 49 – curva di durata della 2° settimana di luglio 2022

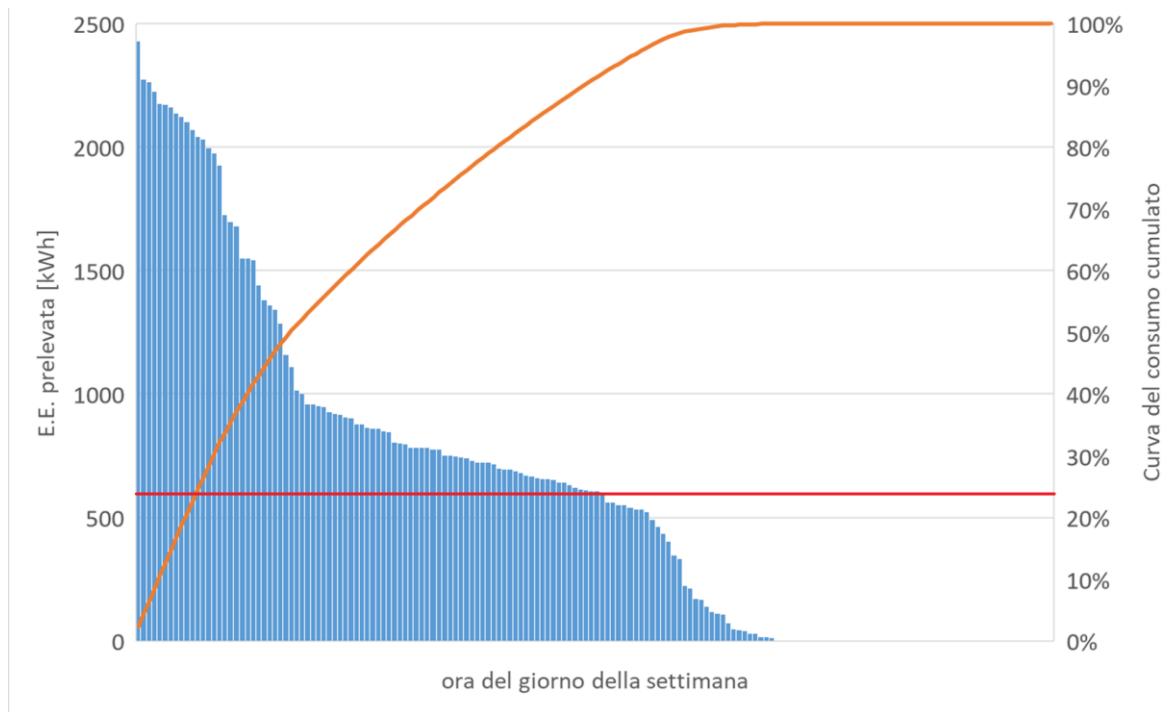


Questo grafico presenta 168 colonne, una per ogni ora della 2° settimana del luglio 2022. L'altezza è proporzionale al prelievo di E.E. realizzato in quell'ora, che si legge sull'ordinata a sinistra. Il grafico si completa con la curva cumulativa, che mostra la percentuale di energia ritirata dalla rete nelle prime ore dell'intervallo. Ancora una volta, le etichette sono omesse per questioni di leggibilità. Il picco della domanda, corrispondente alla colonna più alta nel grafico, si è verificato alle 2:00 di sabato mattina, con un ritiro di 1324 kWh. Questo non si nota così facilmente guardando Figura 48, perché quella non rende bene l'effetto di una domanda sostenuta per più di 15 minuti.

La domanda di energia è pari a zero per circa il 30% del tempo: questo si capisce dallo spazio vuoto sulla destra, dovuto a colonne di altezza nulla. In questa settimana di luglio, il prelievo orario di E.E. ha superato i 1000 kWh solo per 27 ore, cioè il 16% del tempo. La curva di Lorenz mostra come il 50% delle ore con un maggior ritiro di E.E. (cioè quelle sulla sinistra del grafico) sia responsabile del 95% dell'energia prelevata dalla rete. Quindi, anche volendo dimensionare un impianto per coprire la domanda di E.E. rimanente nelle notti di luglio, questo lavorerebbe solo per metà del tempo, il che può rappresentare un problema per il ritorno del capitale investito. Tuttavia, si ritiene che il costo dell'energia elettrica sostenuto da Grafica Veneta, pari a 304€/MWh, sia così elevato da giustificare gli

investimenti in impianti che lavorano anche meno di 4500 ore/anno. Questa ipotesi verrà confermata in *6.5.5 – Nuovo cogeneratore a biomassa*.

Figura 50 – curva di durata del carico della 2° settimana di ottobre 2022

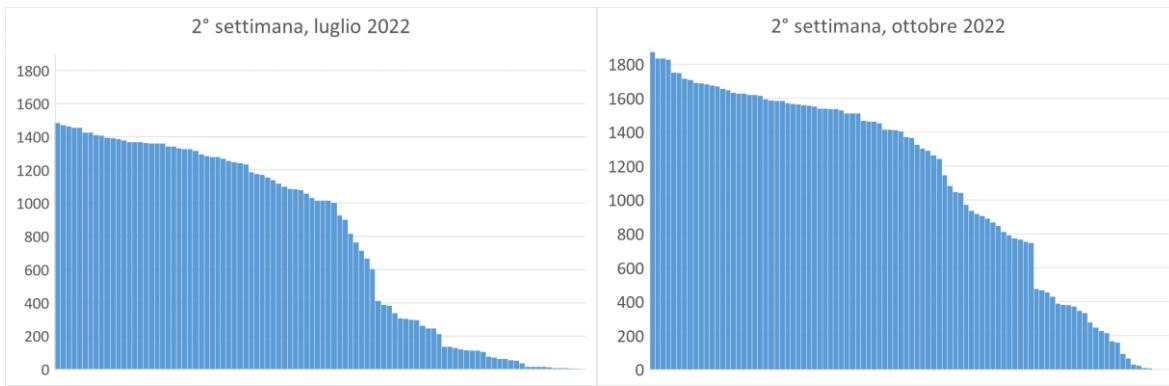


Questo grafico è analogo al precedente e usa la sua stessa scala, quindi si vede subito che a ottobre l'azienda ha ritirato più energia elettrica dalla rete. Il prelievo supera i 1000 kWh per 30 ore, cioè il 18% della settimana. La domanda di energia è pari a zero per circa il 31% del tempo. La differenza principale è la forma del diagramma: la natura dei picchi è molto più pronunciata, e si superano occasionalmente anche i 2000 kWh, cosa che a luglio non succedeva. La forma di questo grafico porta a suggerire l'idea di investire in un impianto *di picco*, dimensionato per lavorare a pieno carico al massimo per 84 ore alla settimana: il 50% del tempo.

In questo modo potrebbe lavorare a pieno carico con una potenza nominale di circa 600 kW, producendo 600 kWh nelle ore notturne: è il valore segnato con la linea rossa orizzontale. L'investimento sarebbe più vantaggioso se questo impianto riuscisse a coprire anche parte del carico del trigeneratore, usando un combustibile alternativo, meno costoso e più sostenibile. Ovviamente in questo grafico non si può vedere l'effetto dell'energia elettrica prodotta ogni ora dal trigeneratore, ma da analisi precedenti si è visto che il suo output è garantito per circa il 97% del tempo, con una quantità di E.E. che oscilla lievemente durante l'anno.

Per individuare meglio le “ore di punta” nella domanda di E.E. dello stabilimento, si possono usare i prossimi due grafici.

Figura 51 – E.E. prelevata [kWh] in 15 minuti, somma dei giorni della 2° settimana del mese, per luglio e ottobre 2022



Ci sono due grafici, per luglio e ottobre. Nelle ordinate si legge la somma delle richieste di E.E. nello stesso intervallo di 15 minuti di tutti i 7 giorni settimanali, costruita per la 2° settimana del mese. Nelle ascisse ci sono i 96 intervalli di 15 minuti presenti in un giorno. Le etichette sono state omesse per questioni di leggibilità. Non si dedica molto tempo a questa elaborazione, che comunque permette di individuare i momenti di maggior prelievo del tipico giorno della settimana in Grafica Veneta.

A luglio, i tre ritiri maggiori si hanno dalle 23:30 alle 23:45, dalle 4:45 alle 5:00 e dalle 3:45 alle 4:00. L'energia richiesta in questi tre periodi equivale al 6% del prelievo totale di E.E. nella 2° settimana di luglio. La richiesta è estremamente bassa, anche nulla, nel periodo dalle 12:45 fino alle 15:30, grazie al contributo del fotovoltaico. Non c'è molto da dire sul valore assoluto in kWh nelle ordinate perché è una somma della E.E. richiesta in quel quarto d'ora nei 7 giorni. È più interessante la forma del grafico, che propone un'alternativa a Figura 44 dove si vede l'effetto non solo del mercoledì, ma di tutta la settimana.

Nel tipico giorno di ottobre, invece, il prelievo è più abbondante. Raggiunge i picchi massimi dalle 6:45 alle 7:45, e dalle 20:30 alle 21:00. In ognuno di questi intervalli la richiesta di E.E. cumulata settimanale supera sempre i 1800 kWh in 15 minuti, valore che descrive la somma per tutti i sette giorni. Sulla parte più a destra del grafico di ottobre si vede un punto di discontinuità, dove i ritiri calano bruscamente: le colonne alla sua destra riguardano intervalli di tempo attorno alle 10:30 e alle 15:30, dove la richiesta di E.E. nel tipico giorno di ottobre 2022 ha visto i valori minori. La forma di queste curve di durata del

carico suggerisce l'idea di dimensionare un impianto di produzione di E.E. per lavorare a pieno carico nei mesi invernali e a carico parziale nei mesi estivi. In questo modo si riuscirebbe ad evitare una quota maggiore del prelievo di E.E. dalla rete.

5.3.3 – Consumi di gas naturale

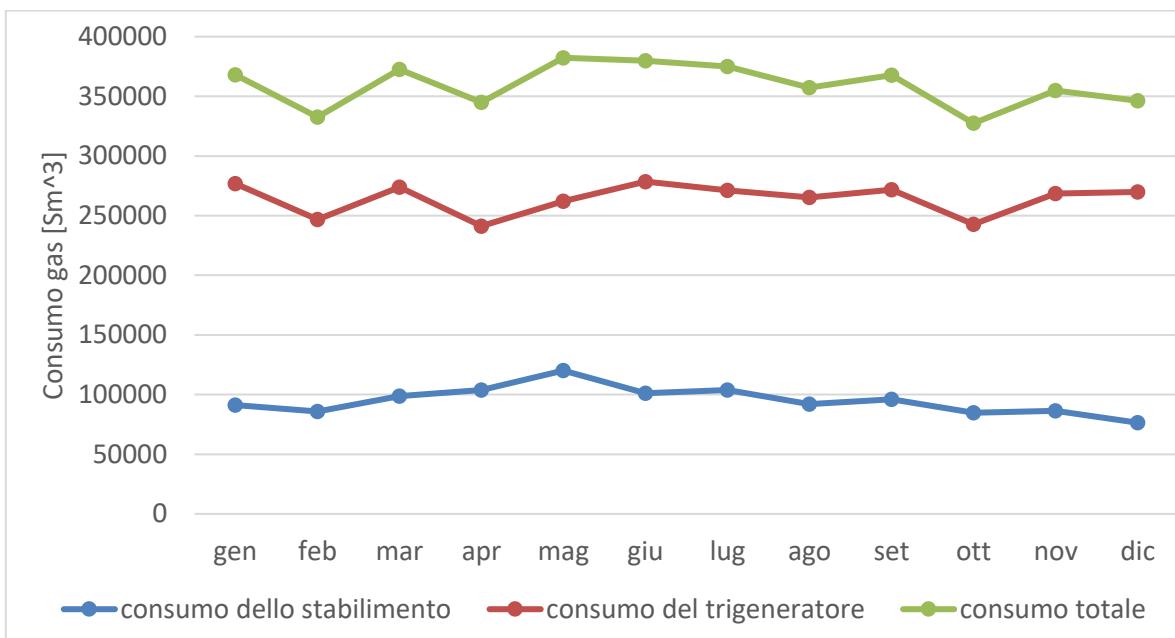
Si procede all'analisi dei consumi di gas naturale nel sito produttivo di Trebaseleghe. Questi sono divisi in due destinazioni: stabilimento e trigeneratore. La prossima tabella ne elenca i valori mensili, riferiti ai contatori di Tabella 6 e allo schema di Figura 30.

Tabella 27 – gas naturale usato da Grafica Veneta nel 2021, per mese

	consumo dello stabilimento	consumo del trigeneratore	consumo totale	risparmiato con produzione energia termica da trigeneratore
Unità:	Sm ³	Sm ³	Sm ³	Sm ³
n° contatore, da Tabella 6:	7	8	9	10
Gennaio	91113	276845	367958	96903
Febbraio	85830	246869	332699	87189
Marzo	98673	273842	372515	91869
Aprile	103751	241232	344983	71157
Maggio	120140	262202	382342	55923
Giugno	101253	278550	379803	28871
Luglio	103897	271137	375034	0
Agosto	92083	265203	357286	0
Settembre	96097	271748	367845	0
Ottobre	84687	242751	327438	27929
Novembre	86382	268583	354965	71553
Dicembre	76432	269819	346251	90397
TOTALE	1140338	3168781	4309119	621790

I dati sul gas naturale non permettono di fare considerazioni con lo stesso livello di dettaglio della parte sull'energia elettrica. I profili del consumo mensile di gas naturale nelle due destinazioni d'uso sono riportati nel grafico seguente.

Figura 52 – quantità di gas naturale nelle 2 destinazioni d’uso e somma, per ogni mese del 2021



Il consumatore principale è decisamente il trigeneratore e i profili di consumo sono sostanzialmente costanti durante l’anno. Nel capitolo dove si definisce il modello energetico è stato spiegato che il consumo dello stabilimento coincide praticamente con l’uso di gas nei fornì di asciugatura della carta stampata. C’è una misura solo a livello complessivo, senza disponibilità di informazioni a livello del singolo forno. Quindi anche il diagramma di Sankey, riportato nella prossima figura, è estremamente semplice.

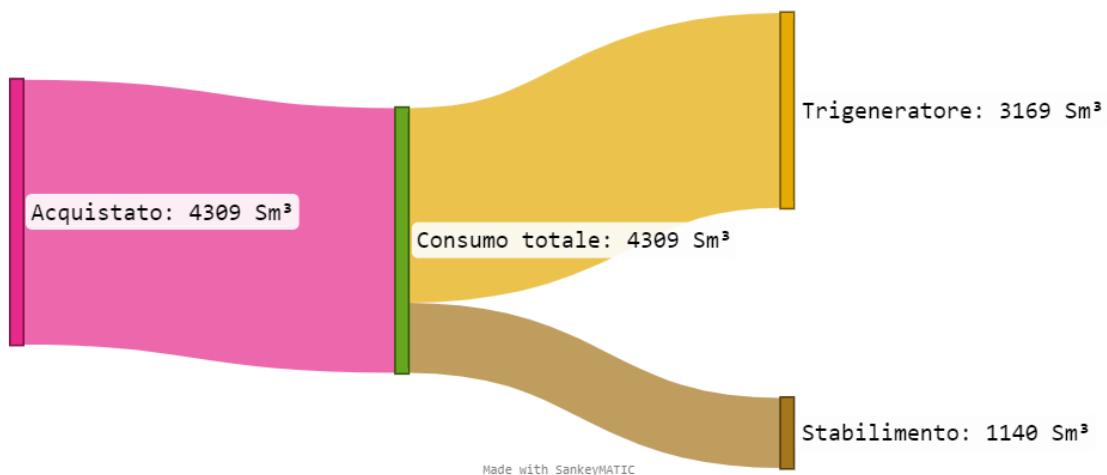
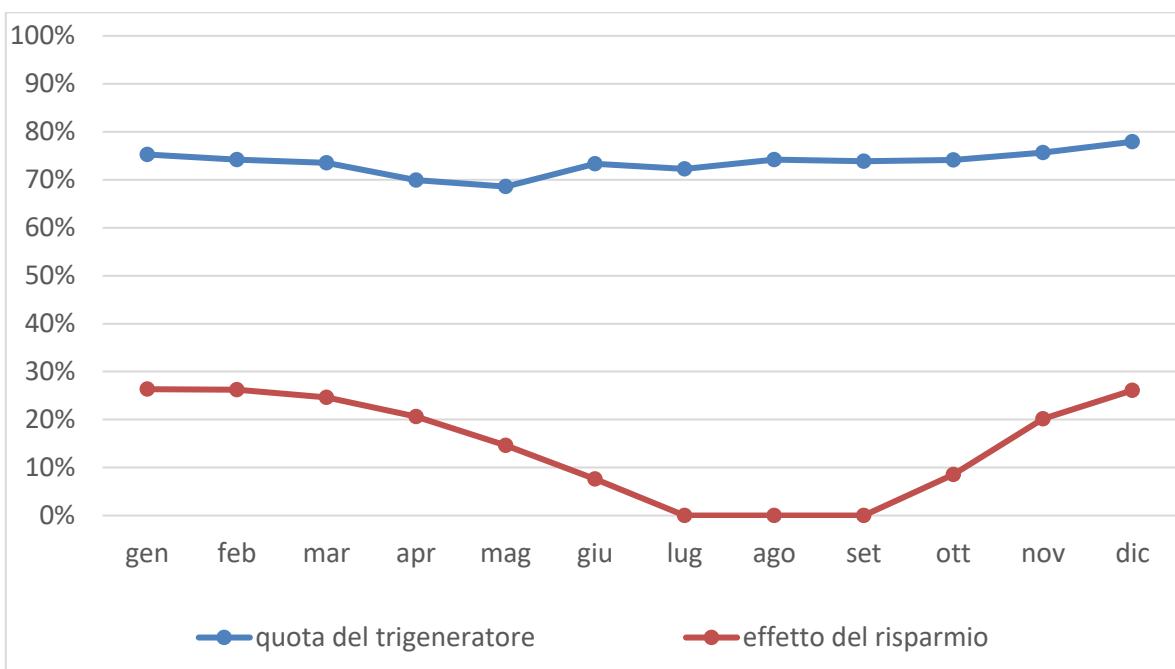


Figura 53 – diagramma di Sankey con i consumi totali del 2021

Il contatore di “gas risparmiato per produzione di energia termica da trigeneratore” non rappresenta una vera quantità di gas, ma serve a dare un’idea del consumo evitato grazie al trigeneratore, che sostituisce due caldaie a gas tradizionali. Per capirne l’ordine di grandezza, si può fare riferimento al seguente grafico:

Figura 54 – contributo, in percentuale, del trigeneratore e del risparmio rispetto al consumo totale mensile di gas naturale, per il 2021



In 5.2.1 – *La rete dei contatori* è stato spiegato il modo in cui l’azienda calcola il risparmio di gas in base all’energia termica utile prodotta dal trigeneratore. Nel grafico, quel risparmio viene confrontato con la quantità di gas acquistata ogni mese, per capire l’importanza del risparmio che l’azienda realizza con il trigeneratore. In inverno questo risparmio arriva al 25% circa. In altre parole, se l’azienda dovesse tornare alle tradizionali caldaie a gas per produrre il vapore di processo usato nello stabilimento, vedrebbe un aumento del 25% nella domanda di gas naturale nei mesi invernali. Nei mesi estivi, invece, il risparmio per calore prodotto dal trigeneratore crolla a zero.

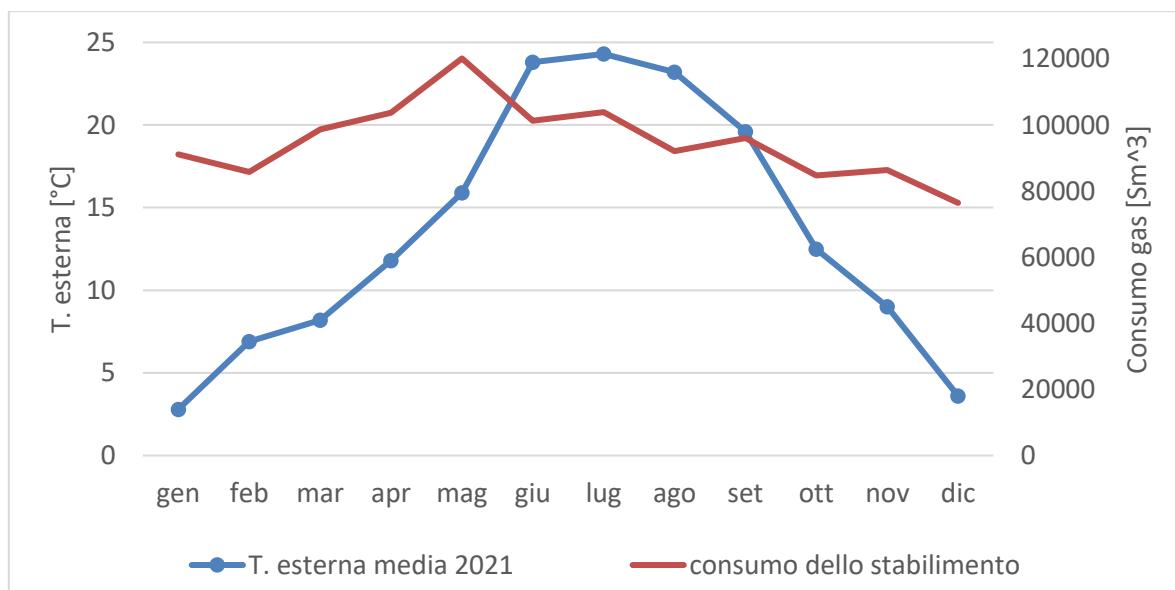
Nello stesso grafico è riportato l’andamento della quota di gas destinata al trigeneratore. Questo impianto nel 2021 ha utilizzato mediamente il 74% del gas naturale acquistato dall’azienda. Il rimanente 26% è stato inviato all’edificio, per essere usato nei fornì di asciugatura. C’è una leggera variazione durante l’anno, con un massimo a dicembre e un minimo a maggio.

Dal grafico dei consumi di E.E. di Figura 34 si vede che uno dei mesi con la massima domanda di E.E. è proprio maggio, e dicembre è uno dei mesi con il consumo minimo. Assumendo che la richiesta di energia elettrica sia proporzionale all'attività delle macchine della linea di produzione, si deduce che la quota di gas richiesta dallo stabilimento dovrebbe essere maggiore a maggio e minore a dicembre. Questo è esattamente quello che si verifica in Tabella 27. In ogni caso, la variazione è veramente minima, e si può assumere che la quota di gas usato nel trigeneratore sia praticamente costante durante l'anno.

Dal confronto dei consumi di gas con i dati climatici non sono emerse correlazioni interessanti. Si veda il prossimo grafico, che paragona la quantità di gas naturale destinata all'edificio con la temperatura dell'aria esterna media mensile nel 2021.

Sono stati usati i dati climatici ARPAV della stazione meteo di Trebaseleghe. [W.41]

Figura 55 – quantità di gas naturale [Sm^3] all'edificio e temperatura aria esterna nel 2021



Non c'è una correlazione evidente tra il consumo di gas dello stabilimento e la temperatura media dell'aria esterna. Lo stesso risultato si verifica considerando anche il consumo di gas totale, quello del solo trigeneratore e il parametro artificiale di risparmio di gas. Questo si spiega perché il gas acquistato viene usato per diversi scopi: alimentazione dei fornì di processo, produzione di energia elettrica, di calore utile e di effetto frigorifero. Con i dati così aggregati è impossibile separare la parte di consumi che dipende effettivamente dai parametri climatici.

Si prosegue quindi con l'elaborazione dei dati per il bilancio di energia. La prossima tabella riporta i consumi di energia primaria associati ai valori di gas naturale della Tabella 27.

Tabella 28 - energia primaria dei consumi di gas naturale nel sito, totali 2021

Nome	n° contatore	Fattore di conversione	quantità gas misurata	Energia primaria
	da Tabella 6	tep/Sm ³	Sm ³	tep
consumo dello stabilimento	7	0.000825	1140338	941
consumo del trigeneratore	8	0.000825	3168781	2614

La tabella esclude le colonne “totale” e “risparmiata con trigeneratore” di Tabella 27, per non contare due volte lo stesso flusso di energia. Il bilancio dal punto di vista dell’energia primaria verrà sviluppato in 5.3.5 – *Bilancio energetico per il 2021* usando anche i dati di questa tabella.

Il carico di base (senza la produzione di libri) non si può determinare con i dati disponibili. I consumi di gas naturale dipendono dal ritmo delle attività produttive e dalla domanda di calore, freddo ed energia elettrica per autoconsumo. È impossibile fare assunzioni accurate per suddividere il consumo di gas in base alla sola distribuzione dei valori durante l’anno. Ad esempio, in Tabella 27 si vede che il massimo consumo di gas naturale nello stabilimento si ha a maggio, non a dicembre. Non si può dire che lo stabilimento consuma più gas in inverno per riscaldare gli ambienti interni. La determinazione del carico di base non è comunque una priorità: i sistemi di misura andrebbero installati prima sui macchinari più energivori, in particolare sui forni di asciugatura nell’edificio. Questo permetterà di identificare i consumi più importanti con il minor numero possibile di strumenti di misura. Il sistema di raccolta dati potrà poi evolversi per raccogliere un numero di informazioni sufficienti a determinare anche il carico di base.

5.3.4 – Flussi di energia nel trigeneratore

Il trigeneratore è il cuore del sistema energetico di Grafica Veneta e i flussi di energia che lo attraversano rivestono un ruolo centrale. La prossima tabella contiene un bilancio di energia, in tep, per individuare anche le perdite nel trigeneratore. Sono stati usati i dati già mostrati nelle tabelle precedenti: in questa fase non si considera ancora l’energia primaria

equivalente. Ogni quantità di energia è espressa nella sua unità caratteristica, in *tep* e in percentuale.

Tabella 29 – bilancio dei flussi di energia complessivi del trigeneratore nel 2021

Nome	Valore	Unità
gas naturale entrante	3168781	Sm^3
	2611	tep
	100%	%
E.E. prodotta	12049986	kWh_E
	1036	tep
	40%	%
dato del risparmio per calore prodotto	621790	Sm^3
calore utile, calcolato	5837610	kWh_T
	502	tep
	19%	%
dato del risparmio per freddo prodotto	974690	kWh_E
effetto frigo, calcolato	3411414	kWh_F
	293	tep
	11%	%
calore lordo prodotto	11085939	kWh_T
	953	tep
	37%	%

Le percentuali sono calcolate rispetto ai 2611 tep, cioè l'energia nel combustibile (gas naturale) usato nel trigeneratore in tutto il 2021. Sono rendimenti medi e si possono confrontare con i valori di riferimento per la linea di trigeneratori Ecomax di *AB Energy* in Figura 12. Il calore utile e l'effetto frigo sono stati calcolati con la procedura di *Grafica Veneta*, già illustrata in 5.2.1 – *La rete dei contatori*. La prossima tabella riassume le prestazioni dell'impianto, considerando sia il trigeneratore complessivo che il cogeneratore che ne fa parte.

Tabella 30 – bilancio di prodotti e perdite dell'impianto trigeneratore nel 2021

Ambito	Destinazione dell'energia	Valore [tep]	Peso [%]
solo cogeneratore Ecomax	prodotti: E.E. + calore lordo	1990	76.2%
	perdite	621	23.8%
Trigeneratore: Ecomax + gruppo frigo	prodotti: E.E. + calore utile + freddo	1832	70.2%
	perdite	779	29.8%

Se si considera solo il cogeneratore *Ecomax 15 NGS*, nel 2021 ci sono state perdite per il 24% dei 2611 tep di energia primaria utilizzata, mentre il rimanente 76% è diventato energia elettrica o calore. Il calore prodotto dal cogeneratore non si può definire tutto utile, perché una parte viene inviata al gruppo frigo ad assorbimento, che prevede delle perdite, inevitabilmente. Considerando quindi l'intero sistema Ecomax + gruppo frigo, cioè il trigeneratore, nel 2021 le perdite contano per il 30% dell'energia primaria immessa. I flussi di energia utile, cioè effetto frigo, energia elettrica e calore utile allo stabilimento, rappresentano il 70% dell'energia del gas naturale impiegato. La differenza tra le perdite del cogeneratore e del trigeneratore è data dal livello di prestazioni del gruppo frigo ad assorbimento, che con un EER = 0.65 è caratterizzato da inefficienze non trascurabili.

Il più recente catalogo *AB Energy* mostra il modello *Ecomax Next 15 NGS* con un rendimento elettrico nominale del 43%, un rendimento termico del 44% per un totale di 87%. [42]

Le prestazioni sono sicuramente migliori della versione attualmente installata nello stabilimento di Grafica Veneta, ma questo può dipendere anche dal regime di lavoro, dal carico parziale o totale, dalla precisione dei dati misurati e dalla capacità dell'azienda di trovare sempre una destinazione per tutto il calore e per tutta l'energia elettrica prodotta. Inoltre, l'offerta commerciale del trigeneratore di Grafica Veneta risale al 2017. Il catalogo consultato è del 2021 e descrive un modello di cogeneratore più aggiornato, quindi ci si può aspettare un livello di prestazione diverso. Le potenze nominali sono leggermente diverse: nel nuovo modello si introduce con il combustibile una potenza di 3489 kW contro i 3600 kW del cogeneratore di Grafica Veneta.

La potenza elettrica nominale è quasi identica tra i due: la differenza si vede nella minore potenza termica che il nuovo modello è in grado di sviluppare. Quindi è comprensibile che i livelli di prestazione tra i due modelli Ecomax siano diversi, anche tra macchine progettate a 4 anni di distanza. In ogni caso, l'azienda dovrà investigare sul calore lordo prodotto dal cogeneratore: nel 2021 consiste in 953 tep, o il 37% dell'energia in ingresso. Questo è abbastanza basso, il che potrebbe indicare un problema nel funzionamento dell'impianto. Il calore netto è il 19% della produzione utile, un valore in linea con le aspettative. L'effetto frigo corrisponde solo all'11% e questo suggerisce di guardare all'assorbitore per ottimizzare l'uso di energia nel trigeneratore. I valori delle precedenti tabelle si possono vedere meglio nel diagramma di Sankey:

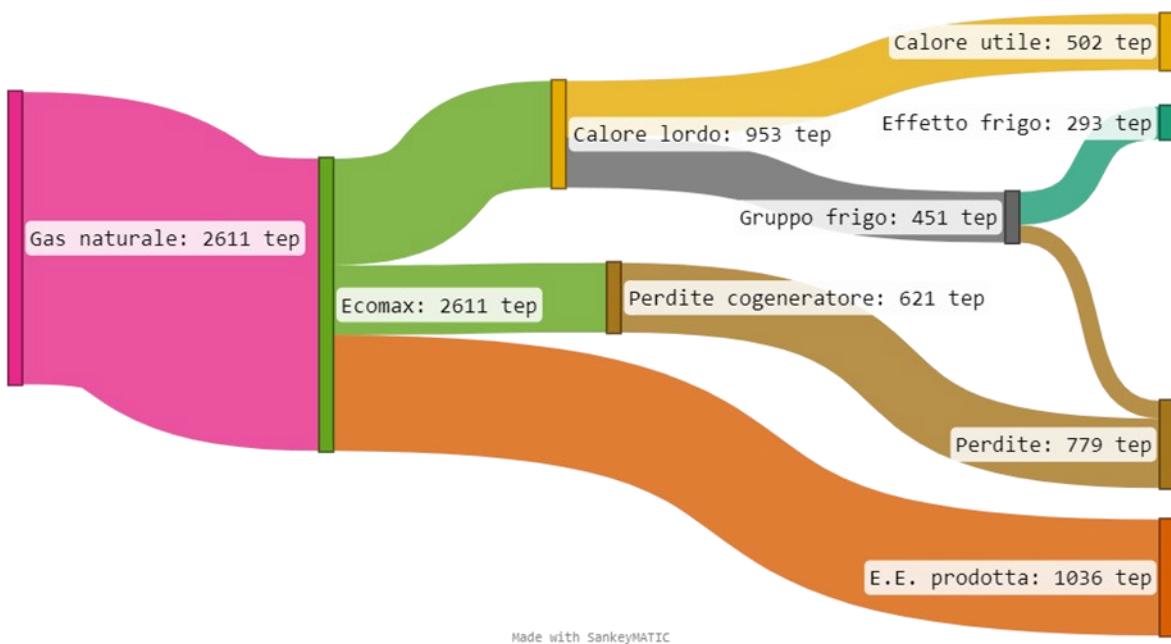
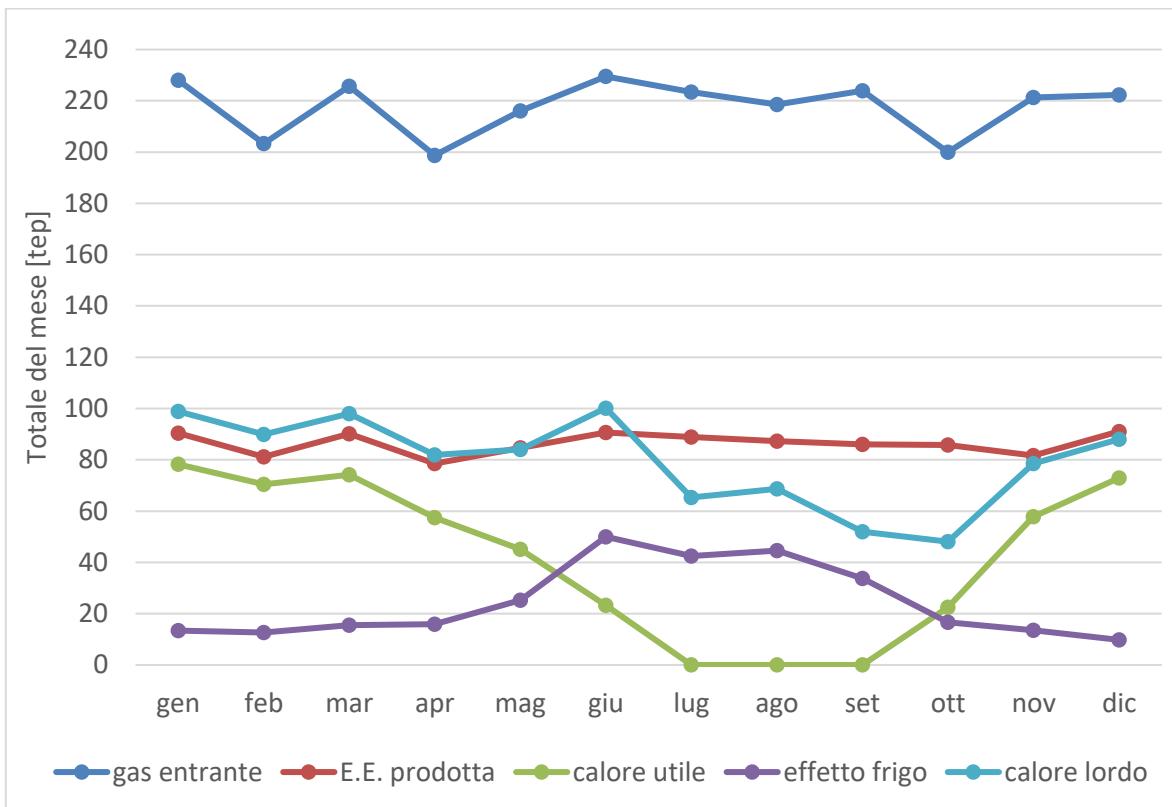


Figura 56 – flussi di energia nel trigeneratore di Grafica Veneta nel 2021

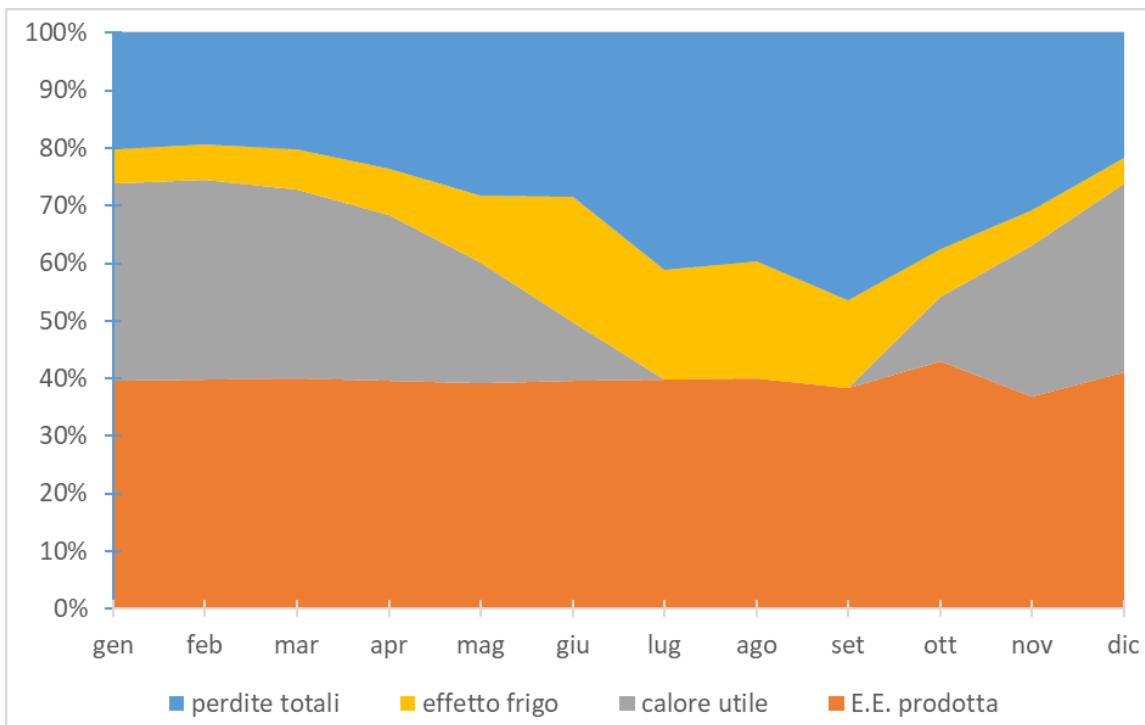
Questo diagramma si inserisce nello schema del sistema energetico del sito di Trebaseleghe, rappresentato in Figura 30. Inoltre, si presta molto bene al confronto con lo schema di *AB Energy* in Figura 12. Il ruolo dei vari flussi di energia è molto simile in entrambi i casi. La differenza più evidente è che nel trigeneratore di Grafica Veneta l'effetto frigo pesa meno e le perdite del cogeneratore Ecomax sono maggiori. La conversione dell'energia da *kWh* a *tep* usa solo fattori moltiplicativi, quindi gli andamenti mensili dei vari flussi di energia non necessitano di particolari approfondimenti. I profili più importanti sono raccolti nel prossimo grafico, ma esprimono andamenti già visti in grafici precedenti.

Figura 57 – flussi di energia [tep] del trigeneratore per mese nel 2021



La produzione di E.E. dal trigeneratore è praticamente costante durante l'anno, e la variazione del profilo di consumo di gas entrante ricalca sostanzialmente quella del calore lordo prodotto dal cogeneratore. Al calore lordo contribuisce principalmente il calore utile nei mesi invernali e l'effetto frigo nei mesi estivi. Il contributo relativo dei vari fattori si vede più facilmente nel prossimo grafico.

Figura 58 – quote relative di energia nelle destinazioni del trigeneratore nel 2021



Le perdite sono maggiori in estate, perché la produzione di freddo con la macchina ad assorbimento è un processo con limiti tecnici difficili da superare. A settembre le perdite sono arrivate al 40%. Nei mesi invernali si vedono le perdite minori perché il trigeneratore può destinare una parte maggiore dell'energia utilizzata a coprire anche il servizio di riscaldamento degli ambienti interni. La produzione di E.E. è quasi costante durante l'anno. In estate non c'è produzione di calore utile dal sistema trigeneratore, quindi tutto il calore prodotto dal cogeneratore Ecomax alimenta il gruppo frigo.

Alla luce di questi andamenti si capisce che c'è la necessità urgente di aumentare l'efficienza del trigeneratore nei mesi estivi. Un'idea potrebbe essere di usare il calore dal trigeneratore per alimentare una parte maggiore dei processi nello stabilimento. La produzione di libri prosegue anche in estate, e sostenendola con il calore dal trigeneratore si potrebbe risparmiare una parte del gas naturale destinato allo stabilimento. In una condizione ideale il trigeneratore dovrebbe sempre vedere una domanda di calore, sia per il riscaldamento dell'edificio (in inverno), sia per sostenere i processi di produzione dei libri (tutto l'anno).

5.3.5 – Bilancio energetico per il 2021

Per concludere questa trattazione dettagliata dei consumi energetici di Grafica Veneta, si propone il seguente bilancio energetico, redatto seguendo le linee guida ENEA.

La stessa norma EN 16247-3 richiede all'auditor mostrare un bilancio energetico tra il consumo di energia e le perdite di energia basato su un metodo appropriato. [21]

I consumi di benzina e gasolio per autotrazione sono già stati trattati in *5.2.4 – I consumi per i servizi ausiliari* e non verranno ripresi. Questo bilancio tiene conto dell'energia primaria equivalente dei vari vettori energetici impiegati. La trattazione segue la struttura del tipico bilancio di energia: si comincia con l'approvvigionamento, si prosegue con le trasformazioni interne e si conclude con le destinazioni d'uso. La prossima tabella riporta l'energia acquistata con i vettori espressi in unità caratteristiche (kWh , Sm^3) e quindi in tep per valutare, nel primo caso, il peso energetico dei singoli vettori sul totale degli acquisti e successivamente avere un'indicazione dell'incidenza degli stessi sul consumo di energia primaria.

Tabella 31 - vettori energetici acquistati, totale 2021

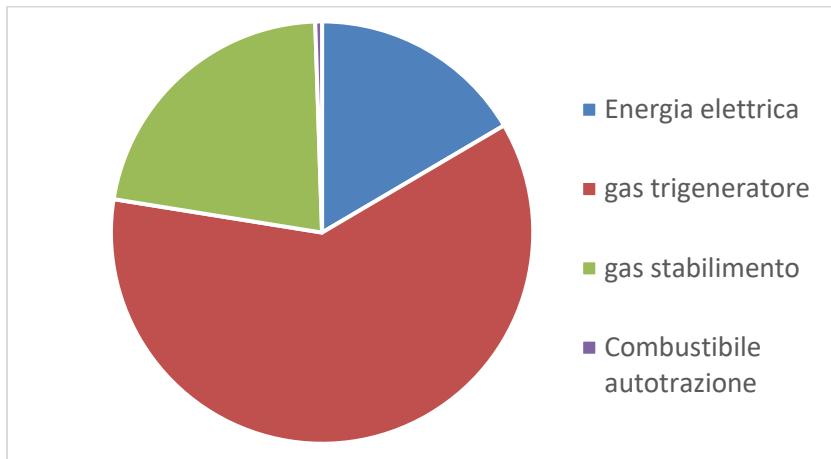
VETTORE	Unità	Valore	Fattore di conversione	PCI o EER	[tep]
Energia elettrica	kWh	3840027	0.187×10^{-3}		718.1
Gas naturale	Sm^3	4309119	8360×10^{-7}	8360	3602.4
Combustibile per autotrazione	t	22.1	PCI ($kcal/kg$) $\times 10^{-4}$	10200	22.5

Questa tabella è parte del software ENEA per elaborare i consumi di energia primaria in conformità con le richieste del D.Lgs. n° 102/2014 per le diagnosi energetiche. L'azienda non acquista biomassa, olio combustibile, GPL, coke, calore da teleriscaldamento o altri vettori energetici al di fuori di quelli elencati in tabella. Il loro contributo all'energia primaria, quindi, è nullo. Sommando i 3 contributi in tabella si determina l'energia primaria equivalente acquistata da Grafica Veneta nel 2021:

$$V_{TOT} = 4343.1 \text{ tep}$$

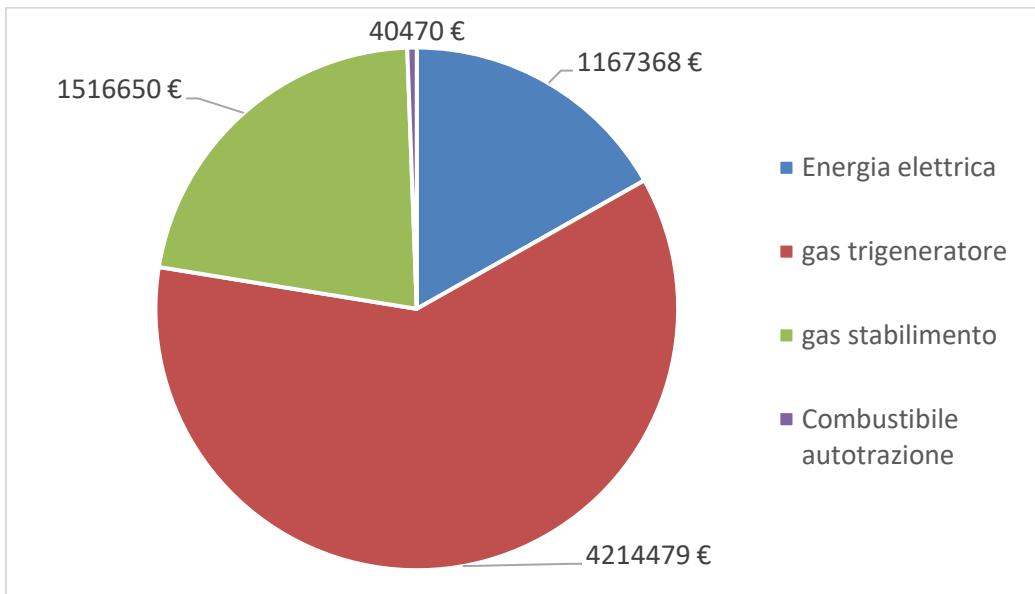
Il vettore energetico più pesante è senza dubbio il gas naturale, responsabile del 83% dell'energia primaria acquistata da Grafica Veneta. Il contributo dei combustibili per autotrazione (benzina e diesel) è veramente minimo. Si sottolinea il fatto che questi dati descrivono la composizione del mix energetico acquistato, non di quello utilizzato: non si vede ancora l'effetto dell'autoproduzione di energia nel sito di Trebaseleghe.

Figura 59 – ripartizione dell’energia primaria acquistata nel 2021



Il grafico, basato sui dati di Tabella 31, mostra che il gas usato nel trigeneratore è la principale componente del mix energetico acquistato: conta per il 61% dei 4343 tep di energia primaria. Il combustibile per autotrazione conta solo per lo 0.5% ed è appena visibile nel grafico. Usando i dati di Tabella 12 e Tabella 19 si può costruire un grafico simile, che analizza la composizione della spesa per approvvigionamento di energia:

Figura 60 – spesa per l’energia nel 2021



L’andamento è sostanzialmente identico al grafico precedente: i combustibili che compongono la fetta maggiore di energia primaria richiesta rappresentano anche la parte maggiore della spesa dell’azienda per l’energia. L’incidenza della spesa totale per l’acquisto di vettori energetici nel 2021 equivale al 8.6% del fatturato. Il prezzo

dell'energia elettrica non crea differenze tra i due grafici: la quota di E.E. è del 17% in entrambi.

La seconda parte del bilancio contempla le trasformazioni di energia interne allo stabilimento. Viene sviluppata nella prossima tabella:

Tabella 32 – trasformazioni interne dei vettori acquistati

VETTORE	Unità	Bilancio	Trigenerazione	Fotovoltaico	altro	Totale	TEP	Vtot [tep]	
Energia elettrica	kWh	Produzione	12049986	3587458	0	15637444	2924	Utilizzi per la trasformazione interna	2649
		Consumi interni	10173500	3028801	0	13202301	2469		
		Esportazione	1876486	558657	0	2435143	455		
Gas naturale	Sm^3	Utilizzo	3168781	0	0	3168781	2649	Produzioni	3695
Calore	kWh	Produzione	5837610	0	0	5837610	558	Esportazioni	455
		Consumi interni	5837610	0	0	5837610	558		
		Esportazione	0	0	0	0	0		
Freddo	kWh	Produzione	3411414	0	0	3411414	213	Consumi interni	3239
		Consumi interni	3411414	0	0	3411414	213	Totale Consumi (Consumi LA - Utilizzi + Produzioni - Esportazioni)	4933
		Esportazione	0	0	0	0	0		
Altro	tep	utilizzo	0	0	0	0	0		

È stato usato il software ENEA per suddividere i flussi di energia di fotovoltaico e trigeneratore in un modo compatibile con le richieste per le diagnosi energetiche. I valori sono quelli complessivi del 2021 già visti in tabelle precedenti. Risulta:

$$\begin{aligned} \left(\frac{\text{totale}}{\text{consumi}} \right) &= V_{TOT} - \text{utilizzi} + \text{produzioni} - \text{esportazioni} \\ &= 4343 - 2649 + 3695 - 455 = 4933 \text{ tep} \end{aligned}$$

Che rappresenta l'energia primaria effettivamente usata dall'azienda e include anche l'energia autoprodotta.

Un bilancio si conclude con una terza parte, quella dei consumi, dove si elencano le destinazioni d'uso dell'energia. In questa sede non è disponibile una tabella delle singole utenze, ma il modello energetico è lo stesso di 5.2 – *Come viene usata l'energia*. Per poter comporre un bilancio completo, l'azienda dovrà installare più strumenti di misura. Si potrebbe porre come obiettivo una struttura di raccolta dati con distinzione dei consumi in tre macrocategorie: attività principali, servizi ausiliari e servizi generali. Questo è importante soprattutto per i consumi di energia elettrica e gas naturale, meno per benzina e diesel, che contano molto poco nel bilancio complessivo.

5.4 – Le prestazioni energetiche attraverso gli indicatori

Gli *energy performance indicator* (EnPI), o indici di prestazione energetica (IPE), sono valori numerici usati per quantificare, ad esempio, il consumo di energia necessario per produrre la singola unità del bene finale o per completare una specifica attività. Gli EnPI possono essere semplici misure, rapporti di grandezze diverse o modelli più astratti, a seconda della natura dell'attività che si sta misurando. [8]

Gli EnPI si possono suddividere in indicatori di livello generale, per tutto lo stabilimento, ed EnPI dedicati ad un aspetto particolare dell'azienda. I secondi si possono dividere ulteriormente in: indicatori delle attività principali (reparti produttivi), EnPI dei servizi ausiliari (centrali termiche, aria compressa, ...) ed indicatori dei servizi generali (illuminazione, uffici, ...). Si calcolano gli indici di prestazione energetica per identificare valori di riferimento utili per pianificare la politica energetica dell'azienda. Questi offrono ai manager la possibilità di accelerare e migliorare i processi decisionali, aumentare l'efficienza operativa, individuare nuove opportunità di ricavi, identificare le tendenze del mercato, creare report basati su indicatori autentici e trovare nuove opportunità di business. Il tipico EnPI assume la forma di un consumo specifico: ha come denominatore l'oggetto energivoro e come numeratore il consumo energetico. Ad esempio:

$$EnPI = \frac{\text{energia usata } [kWh]}{\text{prodotto finito } [kg]} = \dots \left[\frac{kWh}{kg} \right]$$

Il benchmarking è il confronto tra il valore degli EnPI nell'azienda e i risultati standard di settore. Il benchmarking delle prestazioni energetiche consente di quantificare i margini di miglioramento disponibili e di definire obiettivi energetici realistici. [33]

Infatti, con gli EnPI si possono confrontare le prestazioni ed i consumi dello stabilimento con gli standard di riferimento, ove presenti. Consentono anche il confronto nel tempo con i dati dell'azienda stessa. Di seguito sono presentati alcuni indicatori per delineare le prestazioni dell'azienda, come richiesto dalla norma EN 16247. L'analisi ha due obiettivi. Il primo è di capire come l'azienda si posiziona rispetto alle altre realtà imprenditoriali, attraverso il confronto dei suoi indicatori con le medie del settore. Il secondo è ricostruire il progresso dell'azienda nel tempo e di vedere come sono cambiate le sue prestazioni negli anni.

Considerati i dati disponibili, in questa sede verranno trattati solo gli EnPI globali, non quelli di specifiche destinazioni d'uso (produzione, ausiliari e generali). Si ignorano anche gli indicatori non strettamente legati all'uso di energia, come i rapporti materia prima su

prodotto finito. L'azienda potrà elaborare indicatori simili per valutare la propria efficienza nell'uso di materie prime, ma questo si colloca fuori dal tema della presente tesi.

5.4.1 – EnPI globali di stabilimento

Di seguito sono calcolati alcuni nuovi EnPI globali per il sito di Trebaseleghe. Questi si dividono a loro volta in:

- indicatori di dimensione (MWh/anno) per dare un'idea dell'ordine di grandezza dei consumi dell'azienda. Sono già stati trattati in paragrafi precedenti e non verranno ricoppiati qui
- indicatori di prestazione (kWh/libro), o EnPI di *tipo A*, per illustrare l'efficienza dell'azienda nella sua attività principale
- indicatori dell'edificio e dei macchinari che utilizzano l'energia, o EnPI di *tipo B*
- quote di penetrazione o EnPI di *tipo C*, per capire il ruolo delle fonti rinnovabili e dell'energia elettrica nel sistema energetico dell'azienda

Sulla base dei vettori energetici acquistati è possibile calcolare i seguenti consumi specifici energetici generali. Il numero di volumi stampati e venduti nel 2021 è stato individuato come destinazione d'uso generale (Dg) del sito a cui riferire i consumi:

$$Dg_{2021} = 119\ 018\ 980 \text{ libri}$$

Per ora si trascura la massa di prodotto finito (tonnellate di libri stampati) perché, semplicemente, i libri non si vendono al kilo. Il consumo specifico per tipologia di energia CS_X indica la quantità di energia specifica del singolo vettore (elettrica, metano, gasolio, ecc.) in ingresso allo stabilimento (prima di eventuali trasformazioni) e utilizzata per produrre la singola unità di merce vendibile. Questi indicatori si calcolano con un semplice rapporto, ad esempio:

$$CS_{E.E.} = \frac{\text{Consumo di energia elettrica [kWh]}}{\text{Produzione netta vendibile [libri]}} = \frac{17042359}{119018980} = 0.1432 \frac{\text{kWh}}{\text{libro}}$$

Un calcolo simile è stato svolto per ogni vettore energetico. La prossima tabella riporta i risultati. Questi sono consumi di energia specifici per unità di merce prodotta e corrispondono agli indicatori di *tipo A* della norma EN 16212. [11]

Tabella 33 – indicatori di consumo specifico per lo stabilimento, dati del 2021

Simbolo	Descrizione	Formula	Valore 1	Unità	Valore 2	Unità
CS_{EE}	uso energia elettrica per libro vendibile	$\frac{17042359}{119 \text{ mln}}$	0.1432	$\frac{kWh}{libro}$	1432	$\frac{kWh}{10k \text{ libri}}$
CS_{GN}	uso gas naturale per libro vendibile	$\frac{4309119}{119 \text{ mln}}$	0.0362	$\frac{Sm^3}{libro}$	362.1	$\frac{Sm^3}{10k \text{ libri}}$
CS_{BD}	uso benzina e diesel per libro vendibile	$\frac{26982}{119 \text{ mln}}$	$2.267 * 10^{-4}$	$\frac{litri}{libro}$	2.3	$\frac{litri}{10k \text{ libri}}$
CS_{EP}	uso energia primaria per libro vendibile	$\frac{4933}{119 \text{ mln}}$	$4.145 * 10^{-5}$	$\frac{tep}{libro}$	0.414	$\frac{tep}{10k \text{ libri}}$

I dati dei vettori energetici impiegati derivano da tabelle già mostrate. In particolare, l’energia primaria non è quella acquistata, ma quella utilizzata, come in Tabella 32. Il primo valore esprime l’energia usata per produrre il singolo libro, ma c’è una limitazione importante che diminuisce il suo significato. Per calcolare gli indici è stato usato sempre lo stesso dato di produzione: 119 milioni di volumi stampati. Non si fa distinzione tra romanzi e riviste, tra tipi di carta o di inchiostro, tra libri stampati a colori o in bianco e nero. Una successiva analisi potrebbe approfondire queste tematiche andando a confrontare il consumo di energia per un libro più semplice contro un catalogo pieno di immagini a colori. Sicuramente gli esperti del settore possono trarre conclusioni basate anche solo sull’intuito, ma con calcoli concreti l’azienda sarà in grado di capire come stampare libri in modo più sostenibile, usando le macchine e tecnologie meno energivore.

La tabella riporta anche un valore che aggrega il consumo per un lotto di *10 000 libri*. Si considera che questo risultato sia più rappresentativo della realtà rispetto al precedente, perché con 10000 volumi si inizia a vedere l’effetto aggregato dei diversi formati (romanzi, riviste, ...), della carta e dei colori utilizzati nella stampa.

Inoltre, Grafica Veneta offre un servizio di stampa in 24 ore per tirature fino a 10000 volumi. Per rispondere a richieste improvvise e irregolari [W.25]

Con questi indicatori l’azienda può stimare il consumo aggiuntivo di energia che dovrà sostenere per produrre i libri per il servizio di “stampa istantanea”. In altre parole, un ordine di 10000 libri provocherà, in quella giornata, un aumento dei consumi **fino a 1432 kWh** di E.E. e **fino a 362 Sm³** di gas naturale. Non si possono dare dati più precisi perché gli indicatori appena calcolati comprendono sia il carico di base che l’effetto del processo

produttivo vero e proprio: purtroppo non è stato possibile separare il carico di base per vedere il suo effetto negli indicatori.

In Grafica Veneta sono stati usati 2.3 litri di combustibile per autotrazione per ogni lotto da 10000 libri stampati. Le attività di trasporto incidono molto poco sul consumo per il singolo libro. Infatti, l'azienda affida la maggior parte del trasporto, sia nell'approvvigionamento di materie prime che nella distribuzione di merce finita, ad aziende terze, per le quali non c'è tracciamento dei consumi energetici. Raccogliendo più informazioni si potrebbe costruire un modello più accurato per misurare la prestazione media di ogni veicolo, con indicatori in *km/litro*. Questo permetterebbe all'azienda di individuare i suoi veicoli con le prestazioni peggiori per procedere con la sostituzione.

In riferimento allo schema di Figura 29, si calcola questo indice di prestazione generale:

$$\begin{aligned}
 I_{PG,1} &= \frac{(\Sigma \text{energia acquistata [kWh]} - E.E. ceduta [kWh])}{\text{libri prodotti}} \\
 &= \frac{(E.E. + gas * PCI + diesel * PCI + benzina * PCI) - E.E. venduta}{\text{libri stampati}} \\
 &= \frac{3840027 + 4309119 * 9.58 + 17452 * 11.8 + 4655 * 12.1 - 2435112}{119018980} \\
 &= 0.360854 \frac{\text{kWh}}{\text{libro}} \rightarrow I_{PG,2} = 3609 \frac{\text{kWh}}{10k \text{ libri}}
 \end{aligned}$$

Con un potere calorifico di 11.8 kWh/kg per il diesel e 12.1 kWh/kg per la benzina.

Questo indicatore è diverso da CS_{EP} perché non considera l'energia primaria: il numeratore è una somma di tutti i vettori energetici acquistati. Convertendo questi consumi nella stessa unità si può stimare una spesa netta di 0.36 kWh per libro, o 3609 kWh per un lotto di 10000 libri. Questo indicatore considera solo l'energia acquistata e venduta, non gli autoconsumi. Si può calcolare un EnPI analogo per descrivere il costo commerciale di questa energia:

$$\begin{aligned}
 I_{PG,3} &= \frac{(\Sigma \text{energia acquistata [\euro]} - E.E. ceduta [\euro])}{\text{libri prodotti}} \\
 &= \frac{E.E. + gas + (diesel + benzina) - E.E. venduta}{\text{libri stampati}} \\
 &= \frac{3840027 * 0.304 + 4309119 * 1.33 + (40470) - 2435112 * 0.1}{119018980} \\
 &= 0.056 \frac{\text{\euro}}{\text{libro}} \rightarrow I_{PG,4} = 563 \frac{\text{\euro}}{10k \text{ libri}}
 \end{aligned}$$

Con un prezzo di 0.304 €/kWh per l'energia elettrica e 1.33 €/Sm³ per il gas, che sono i prezzi medi che l'azienda ha pagato nel 2021. La spesa per i combustibili per autotrazione è la stessa di Tabella 19. All'energia elettrica venduta è stato assegnato un valore di 0.10 €/kWh come riportato nella documentazione di Grafica Veneta per il 2021. Il calcolo è molto semplice e non fa una dovuta distinzione dei prezzi mensili, considera solo le medie del 2021. Con questi dati, che ora contano anche l'effetto dell'energia elettrica venduta, i costi dell'energia sul fatturato risultano:

$$I_{PG,5} = \frac{I_{PG,3} * 119 \text{ mln [libri]}}{\text{fatturato [\euro]}} = \frac{6695456 [\euro]}{80573551 [\euro]} = 8.31\%$$

Un valore minore del 8.55% calcolato in 5.2 – *Come viene usata l'energia*.

La trattazione finora si è soffermata sulla domanda di energia per produrre uno o 10000 libri. L'azienda è caratterizzata anche da altre grandezze economiche. La prossima tabella riprende le più importanti.

Tabella 34 – grandezze importanti per il calcolo degli EnPI

Nome	Valore 2021	Unità
libri prodotti	119 018 980	Libri
fatturato	80 573 551	€
numero di dipendenti	380	Persone
utile	5 006 189	€
libri prodotti	38 912	t

Si prosegue quindi con il calcolo di altri indicatori economici, per mettere in relazione i consumi di energia, nelle sue varie forme, al fatturato e al numero di dipendenti.

Tabella 35 – grandezze energetiche più importanti e confronto con il fatturato

Grandezza energetica			EnPI con fatturato	
Nome	Valore	Unità	Valore	Unità
uso di E.E.	17 042 359	kWh	4.7	€/kWh
uso di gas naturale	4 309 119	Sm ³	18.7	€/Sm ³
uso di gas nell'edificio	1 140 338	Sm ³	70.7	€/Sm ³
uso di benzina e diesel	26 982	litri	2986	€/litri
uso di energia primaria	4933	tep	16333	€/tep
uso energia: E.E. acquistata + combustibili - E.E. venduta	42 948 529	kWh	1.9	€/kWh
spesa per energia: E.E. acquistata + combustibili - E.E. venduta	6 695 456	€	12.0	€/€

Questa e le prossime 2 tabelle mostrano una serie di grandezze energetiche, le più importanti per Grafica Veneta, assieme al loro valore totale per il 2021, espresso nell'unità di misura più appropriata. La tabella prosegue con un EnPI calcolato con la formula generale *fatturato/energia* e ne riporta valore ed unità di misura. Gli indicatori di questa tabella vanno interpretati come € di fatturato realizzati per ogni unità di energia usata nello stabilimento. Ad esempio, per ogni m³ di gas usato nello stabilimento, l'azienda ha realizzato 71€ di fatturato. L'azienda si deve porre come obiettivo quello di massimizzare tutti questi indicatori, aumentando il fatturato e riducendo i consumi di energia. Un valore maggiore indica un miglioramento delle performance e un valore minore indica una regressione da correggere.

Ovviamente non si può pensare che quest'analisi, fatta solo su un rapporto tra due grandezze, sia sufficiente a descrivere pienamente la complessità della realtà aziendale. Questi EnPI sono comunque un buon punto di partenza per costruire una mappa degli obiettivi di efficienza energetica. Ad esempio, l'azienda potrebbe porsi l'obiettivo di aumentare del 10% l'indicatore in [€/kWh] che rappresenta il rapporto tra il fatturato e l'energia da tutti i vettori usati. Questo EnPI, essendo molto generale, può essere usato anche per confrontare l'efficienza energetica di attività diverse, il che può risultare interessante nella pianificazione degli investimenti. Un EnPI che riveste un ruolo simile è il rapporto *fatturato/spesa_{energia}* espresso in [€/€], che si può considerare come moltiplicatore, il valore che l'azienda estrae da 1€ speso in vettori energetici.

Considerazioni analoghe si potrebbero fare per gli EnPI in forma *consumi/utile* [kWh/€]. Questi danno l'idea del profitto che l'azienda genera da ogni unità di vettore energetico impiegato. Il rapporto utile su fatturato vale $5006189/80573551 = 0.062$ quindi il calcolo degli EnPI basati sull'utile è del tutto simile a quello di Tabella 35, basta valutare il 6.2% dei valori degli indicatori mostrati in quella tabella. È più interessante commentare i consumi di energia per persona, presentati di seguito:

Tabella 36 – confronto delle grandezze energetiche con il numero di dipendenti

Grandezza energetica	EnPI su n° dipendenti	
Nome	Valore	Unità
uso di E.E.	44848	kWh/persona
uso di gas naturale	11340	Sm ³ /persona
uso di gas nell'edificio	3001	Sm ³ /persona
uso di benzina e diesel	71.0	litri/persona
uso di energia primaria	13.0	tep/persona
uso energia: E.E. acquistata + combustibili - E.E. venduta	113022	kWh/persona
spesa per energia: E.E. acquistata + combustibili - E.E. venduta	17620	€/persona

La tabella è costruita con le stesse grandezze energetiche della precedente. I suoi indicatori, ora, sono costruiti rapporti tra l'uso di energia e il numero di dipendenti nel 2021. Come nel caso di Tabella 35, questi EnPI permettono all'azienda di fare confronti con altre realtà di settore e di presentarsi agli investitori come realtà più (o meno) efficiente di altre imprese. L'indicatore in [tep/persona] è il più interessante.

Uno studio del 2010 riporta che certi paesi raggiungono una domanda di energia primaria pro capite media di 8 tep/persona e propone un limite massimo di 2 tep/persona per il 2050 in uno scenario sostenibile. [29]

L'indicatore di Grafica Veneta vale 13 *tep/persona*, ma bisogna capire che non è rappresentativo della situazione media italiana in generale, perché le attività dell'industria manifatturiera sono più energivore di quelle del settore terziario, ad esempio. In ogni caso l'azienda potrebbe sviluppare un piano per ridurre questo indicatore. L'iniziativa più efficace punterebbe alla riduzione dei consumi di gas naturale, il principale responsabile dell'uso di energia primaria in azienda (come visto in Figura 59), esplorando opzioni basate

su combustibili alternativi. Bisogna comunque ricordare che l'uso di energia è un aspetto fondamentale del processo produttivo ed esiste un limite di consumo sotto il quale non è fattibile scendere.

Tabella 37 – confronto dell'energia usata con la massa di merce prodotta nel 2021

Grandezza energetica	EnPI su massa di libri	
Nome	Valore	Unità
uso di E.E.	438	kWh/t
uso di gas naturale	110.7	Sm ³ /t
uso di gas nell'edificio	29.3	Sm ³ /t
uso di benzina e diesel	0.69	litri/t
uso di energia primaria	0.13	tep/t
uso energia: E.E. acquistata + combustibili - E.E. venduta	1104	kWh/t
spesa per energia: E.E. acquistata + combustibili - E.E. venduta	172	€/t

La struttura di questa tabella e il calcolo dei suoi EnPI sono simili alla tabella precedente. In questo caso si valutano gli EnPI sulla tonnellata di merce prodotta nel 2021. Il vantaggio di questo indicatore rispetto a quelli di Tabella 33 (costruiti sul numero di libri stampati) è che tiene conto in modo migliore della diversa “lunghezza” dei volumi stampati (romanzi contro dépliant), quindi anche della massa di carta che contengono. Ancora una volta, l'azienda dovrà puntare a ridurre tutti questi indicatori, per minimizzare quindi l'ultimo EnPI, che vale 172 €/t. Questo rappresenta il costo dell'energia usata per produrre una tonnellata di merce stampata. È un indicatore di efficienza energetica e di performance economica: abbassarlo porterà vantaggi sotto entrambi gli aspetti. Per ridurlo può essere sufficiente stipulare un nuovo contratto con un fornitore di energia, che preveda prezzi più convenienti per Grafica Veneta. Si ricorda però che, come parte del programma di abbattimento della sua impronta carbonica, l'azienda ha preso l'impegno di acquistare solo energia elettrica certificata e prodotta da FER, e questo incide sul prezzo in bolletta.

Nella prossima tabella si esplorano gli indicatori di consumo di energia specifico per i sistemi che usano energia. Questi corrispondono agli indicatori di *tipo B* della norma EN 16212. [11]

Tabella 38 – EnPI per le superfici dei reparti produttivi

Descrizione	Ruolo	Valore	Unità
superficie coperta da impianto HVAC	dato	19598	m^2
calore utile trigeneratore 2021	dato	5837610	kWh_T
calore specifico edificio	EnPI	298	kWh/m^2
effetto frigo trigeneratore 2021	dato	3411414	kWh_F
effetto frigo specifico edificio	EnPI	174	kWh/m^2
gas naturale edifico 2021	dato	1140338	Sm^3
gas naturale nell'area produttiva	EnPI	58	Sm^3/m^2
gas naturale per forno	EnPI	142542	$Sm^3/forno$
potenza assorbitore trigeneratore	dato	1244	kW_F
ore di lavoro, pieno carico, gruppo frigo	EnPI	2742	ore/anno

La colonna del ruolo specifica se quella riga contiene un EnPI o un dato usato per calcolarlo. I dati sono riportati per comodità, alcuni sono già stati mostrati precedentemente. Nella prima riga, l’area si riferisce alla superficie dell’edificio coperta dai servizi HVAC. Con i dati di Tabella 2, questa è la somma delle aree “uffici” e “produzione”. Non conta i magazzini, che non sono locali riscaldati. I prodotti del trigeneratore sono gli stessi di Tabella 29. Gli EnPI collegati vanno a valutare l’energia prodotta rispetto alla superficie dell’edificio. Le zone dello stabilimento dove si svolge l’attività dell’azienda, quindi, vedono un consumo specifico di $298 kWh/m^2$ per il calore utile e $174 kWh/m^2$ per il freddo dal trigeneratore. Questi numeri contano sia il contributo per l’impianto HVAC, sia i fabbisogni di altre macchine. Il magazzino è stato escluso perché richiede energia elettrica, non tanto energia termica.

Si prosegue con gli indicatori dell’uso di gas naturale. Considerando solo la quantità consumata nello stabilimento nel 2021, senza il contributo del trigeneratore, si calcola un EnPI di $58 Sm^3/m^2$, che esclude la superficie dei magazzini, dove non c’è consumo di gas naturale. Essendoci 8 forni a gas nella linea di stampa di Grafica Veneta, si può calcolare un consumo specifico di gas naturale pari a $142542 Sm^3/forno$ per il 2021. Questi EnPI sono sempre limitati dal fatto che i dati sui consumi sono aggregati. Prima di imputare un consumo ad una macchina bisognerebbe suddividere i valori misurati per tipo di utenza, ma per farlo l’azienda dovrà investire in un sistema di misura più articolato.

La tabella si chiude con le ore di lavoro del gruppo frigo ad assorbimento associato al cogeneratore. In base alla sua potenza e all'effetto frigo sviluppato nel 2021, si stima un numero di ore di lavoro pari a 2742 *ore/anno*. L'azienda potrà usare questi indicatori per misurare il miglioramento delle prestazioni nel tempo. Cercherà di ridurre il consumo specifico di gas naturale e di aumentare le ore di lavoro equivalenti del gruppo frigo, spostando parte del carico dalle macchine convenzionali (a compressione di vapore) al trigenerator, per sfruttare maggiormente il calore di scarto e migliorare l'efficienza energetica complessiva dello stabilimento.

Tabella 39 – EnPI che includono anche la superficie dei magazzini

Descrizione	Ruolo	Valore	Unità
superficie calpestabile edificio	dato	70898	m ²
E.E. utilizzata in sito nel 2021	dato	17042359	kWh_E
elettrica specifica edificio	EnPI	240	kWh/m ²
numero stampanti	dato	14	stampante
numero tutte le macchine	dato	41	macchina
E.E. per stampante	EnPI	1217	MWh/stampante
E.E. per macchinario	EnPI	416	MWh/macchina
E.E. prodotta FV 2021	dato	3587458	kWh
E.E. da FV specifica	EnPI	50.6	kWh/m ² /anno
potenza nominale FV misurato	dato	3003	kWp
ore di lavoro a pieno carico FV	EnPI	1195	ore/anno

Ci sono parametri che vanno espressi sulla superficie calpestabile totale dell'edificio. Contando anche i magazzini, la planimetria riporta un'area di 71000 m². Si consideri quindi l'energia elettrica usata nello stabilimento: sia quella acquistata, sia quella autoprodotta. Si valuta un EnPI di 240 kWh/m² per il consumo specifico di E.E. di macchinari, impianti ausiliari e tutti gli altri utilizzatori. Per avere un valore più preciso, sarebbe utile distinguere il consumo di E.E. fuori e dentro l'edificio. Si ritiene che negli ambienti esterni il consumo sia minimo, e sicuramente troppo basso per provocare un grande errore in quella statistica, ma un calcolo più preciso produrrebbe comunque un EnPI più basso e più rappresentativo della realtà. Si ripete ancora una volta l'importanza di un sistema di misura completo nello stabilimento.

L'edificio contiene 14 stampanti e 41 macchine di produzione in totale, se si conta anche il reparto di rilegatura. Questi numeri riguardano solo il processo produttivo ed escludono i servizi ausiliari e generali, quindi con il termine "macchina" qui si intende una stampante digitale, non un personal computer. Gli EnPI di consumo specifico di E.E. valgono quindi 1217 MWh per stampante, oppure 416 MWh per macchina. Di questi, il secondo descrive meglio la realtà, perché considera più macchinari. Anche in questo caso bisognerebbe prima valutare i consumi di E.E. del solo processo produttivo, e solo dopo elaborare questi indicatori.

Si prosegue con l'analisi degli indicatori dell'impianto fotovoltaico (FV). È stata usata la superficie interna dell'edificio dalla planimetria per stimare l'area del tetto coperta da pannelli fotovoltaici. Questa è un'analisi molto semplice che non considera la parte di tetto effettivamente coperta dai pannelli o la loro inclinazione, perché l'intento è di calcolare il livello al quale Grafica Veneta riesce a sfruttare la superficie di tetto che ha a disposizione, non tanto di dedurre il rendimento effettivo dei moduli fotovoltaici, che comunque si otterrebbe con misure di altro tipo. Si stima una produzione di $50.6 \text{ kWh/m}^2/\text{anno}$ nel 2021. Questo EnPI è espresso in kWh elettrici e m^2 di superficie del tetto (non di modulo fotovoltaico). Considerando anche la potenza di picco dell'impianto si può elaborare un altro EnPI, le ore di lavoro equivalenti dell'impianto fotovoltaico a pieno regime, pari a 1195 ore/anno nel 2021.

Il GSE riporta un dato di 1113 ore/anno per gli impianti in Veneto nel 2017, elaborato su base statistica. L'impianto di Grafica Veneta, quindi, è in linea con le aspettative. [43]

La prossima tabella mostra le quote di diffusione dei sistemi energetici rinnovabili. Servono a dare un'idea del progresso dell'azienda verso una condizione più sostenibile. Queste corrispondono agli indicatori di *tipo C* della EN 16212. [11]

Tabella 40 – quote di rinnovabili ed elettrificazione

Nome	Valore	Unità
Energia primaria usata totale	4933	tep
Rinnovabili: FV + comprata	1389	tep
	28%	%
Energia elettrica (ogni fonte)	3187	tep
	65%	%

Si usa come riferimento l'energia primaria consumata nell'edificio (da Tabella 32), perché considera già gli effetti netti degli acquisti e delle vendite di energia. Esprime quindi la quantità di energia che l'azienda usa effettivamente, non solo quella che viene acquistata. Questo è necessario per dare un senso al primo indicatore, la quota di rinnovabili nel mix energetico. Con 671 tep su 4933 tep di consumo totale, l'energia primaria ottenuta con l'impianto fotovoltaico da 3003 kWp incide per il 14% sul mix energetico dello stabilimento di Grafica Veneta. Questo è l'unico impianto con cui l'azienda produce energia (anche) per uso interno nel sito di Trebaseleghe, le altre FER sono installate altrove o configurate per la sola vendita di E.E. alla rete.

Alla quota di fotovoltaico si aggiunge l'energia elettrica acquistata dalla rete, perché Grafica Veneta si è data come obiettivo quello di raggiungere la decarbonizzazione del proprio mix energetico attraverso l'acquisto di energia verde certificata. L'obiettivo è quindi quello di ridurre l'impatto dovuto al mix energetico acquistato mediante l'acquisto di energia rinnovabile direttamente da distributori di E.E. certificata proveniente da fonti rinnovabili. [37]

La quota del 28% di “incidenza di energia rinnovabile” esprime quindi il risultato di due iniziative di Grafica Veneta per integrare l'energia pulita nel proprio mix. Dato che i combustibili per autotrazione hanno un impatto quasi nullo sul mix energetico, si può dire che la parte fossile rimanente è dovuta interamente al gas naturale acquistato.

Un altro indicatore è l'elettrificazione dell'azienda, che va a valutare gli usi di sola E.E. rispetto al totale. Con 3187 *tep* di energia primaria su 4933 *tep*, l'energia elettrica rappresenta il 65% dei consumi dello stabilimento. Questa considerazione è fatta a valle del trigeneratore, quindi nel totale si conta solo il gas naturale che effettivamente entra nell'edificio. L'azienda potrebbe, infatti, sostituire il trigeneratore a gas naturale con una soluzione di energia rinnovabile per fornire E.E. allo stabilimento senza stravolgere l'attività produttiva. Si può confrontare questa percentuale con la fetta di E.E. nel grafico di Figura 59, dove l'energia elettrica ammonta al 17% dell'energia primaria acquistata. In quel grafico si nota anche il grande peso del gas naturale usato nel trigeneratore, che poi produce parte dell'energia elettrica considerata nella statistica di Tabella 40.

Sul fronte della dipendenza energetica, si nota che l'azienda produce E.E. per autoconsumo da un trigeneratore e dal fotovoltaico. Per la quota di autonomia si è deciso di considerare solo l'energia del fotovoltaico destinata ad autoconsumo. Questo perché il trigeneratore protegge sicuramente dalle fluttuazioni anomale del prezzo dell'energia elettrica, ma rende comunque dipendenti dal gas naturale e dai suoi andamenti nel

mercato. L'energia solare invece è sempre gratuita, e con 566.4 *tep* su 4933 *tep* il fotovoltaico ha fornito E.E. per autoconsumo per un 11.4% dell'energia primaria usata nell'edificio nel 2021. Si può confrontare questo valore con il 23% di quota FER sull'energia elettrica autoprodotta nel 2021, visto in Figura 38.

5.4.2 – Benchmark con il settore

Per adempiere agli obblighi del D.Lgs. n° 102/2014, una diagnosi energetica deve contenere il calcolo degli indici di prestazione energetica globali e, soprattutto, il confronto degli stessi con quelli obiettivo, rappresentativi della media di mercato, ove disponibili. [34]

Non ha senso confrontare gli indicatori di energia specifica [kWh/m²] con i requisiti minimi degli edifici, perché in questa tesi sono stati calcolati usando anche i consumi energetici delle macchine di stampa. Si dovrebbe invece fare un calcolo del fabbisogno dovuto solo all'edificio, per poter poi fare un confronto con i valori minimi di legge in condizioni analoghe.

Di seguito sono presentati gli EnPI di riferimento per il benchmark. Per reperire questi indici sono stati consultati i rapporti delle indagini statistiche a cura di ENEA. [44]

Tabella 41 – EnPI di riferimento. Fonte: ENEA

Codice ATECO 18.12.00: Altra stampa				
Campo variazione produzione [t]		Indice di prestazione energetica elettrico [kWh/t]		
Min [t]	Max	Campo di variazione indice	Min	Max
1900	65000	405.6 ± 130	273.6	533.6

Per la produzione di supporti stampati in Grafica Veneta nel 2021 si può considerare il valore in Tabella 5, cioè 38912 *t*, corrispondente ai 119 milioni di volumi già menzionati. Questo vuol dire che il tipico libro stampato nel 2021 pesa 327 grammi, la metà di un romanzo della serie *Harry Potter*. Noto il consumo di energia elettrica nello stabilimento nel 2021, pari a 17042359 kWh, si può calcolare:

$$EnPI = \frac{E.E. \text{ acquistata} + E.E. \text{ autoconsumata} [\text{kWh}]}{libri prodotti [t]} = \frac{17042359}{38912} = 438 \frac{\text{kWh}}{t}$$

È lo stesso valore di Tabella 37. Confrontando l'indicatore di Grafica Veneta con quelli ENEA di riferimento, si vede che la produzione è nel campo di variazione considerato da ENEA, quindi il paragone è fattibile. Inoltre, le prestazioni dell'azienda rientrano nel campo di variazione fornito da ENEA, quindi sono in linea con le medie di settore. Tuttavia, il valore EnPI per Grafica Veneta è maggiore del 8% rispetto alla media di settore. Questo indica che alcuni competitori riescono a produrre una tonnellata di libri consumando meno energia elettrica, quindi c'è ancora un certo margine di miglioramento sul fronte dell'efficienza energetica.

Nello specifico, gli investimenti dell'azienda dovrebbero puntare a ridurre l'uso di E.E. (sia acquistata, sia autoprodotta) usata per fare il singolo libro. Purtroppo, la trattazione non si può estendere ad altri parametri perché la letteratura riporta pochi EnPI per il codice ATECO 18.12 del settore di Grafica Veneta. Con dati sulla produzione divisi per mese, sarebbe possibile anche osservare l'andamento dell'indicatore durante l'anno, per vedere quali periodi dell'anno sono caratterizzati da una maggiore efficienza secondo questo EnPI. Sarebbe possibile anche vedere se ci sono momenti critici in cui questo EnPI fuoriesce dai limiti indicati da ENEA, dando all'azienda informazioni più dettagliate per capire quando intervenire per migliorare le prestazioni energetiche.

Un benchmark interessante riguarda il cogeneratore Ecomax attualmente installato come parte del trigenerator. Confrontandolo con il nuovo modello Ecomax Next 15 NGS si può capire se l'azienda è rimasta indietro rispetto ai nuovi standard della cogenerazione. Un confronto simile è già stato presentato in 5.3.4 – *Flussi di energia nel trigeneratore*.

Gli indici prestazionali di riferimento sono stati ricercati anche nell'ambito delle *Best Available Technologies* (BAT), dei “*BAT reference documents*” (Bref), della documentazione prodotta dalle associazioni di categoria e della letteratura tecnica relativa allo specifico settore. La letteratura approfondisce più che altro gli indicatori e le BAT per ottimizzare l'uso di sostanze chimiche e di materie prime nel processo produttivo, con minore attenzione per l'uso di energia. [45] [46]

Ad esempio, una BAT per il settore della stampa consiste nel passare alla “stampa offset senza acqua” con lo scopo di ridurre la concentrazione di isopropanolo a meno del 8%. Si nota che in Tabella 4 i prodotti con isopropanolo compongono (una volta sommati) la quarta materia prima più usata da Grafica Veneta, subito dopo l'alluminio di Tabella 3. Ridurre l'uso di isopropanolo permette di abbattere la quantità di composti volatili tossici emessi nell'aria e di acqua usata per la stampa offset. Con questa BAT si usano lastre speciali per la stampa assieme ad un impianto frigo di raffreddamento per le macchine

che processano l'inchiostro. Lo svantaggio di questa BAT, quindi, è che aumenta la domanda di freddo per il processo di stampa. [45]

Le BAT legate all'efficienza energetica per l'industria della stampa sono, ad esempio:

- Ottimizzazione del controllo degli essiccatori di inchiostro, per ottenere un minor consumo energetico delle macchine ed ottimizzare il funzionamento del trattamento dei fumi. La circolazione di parti dell'aria in uscita controllata tramite la concentrazione dei solventi riduce la quantità di aria fresca nella linea di trattamento fumi e aumenta il suo carico di composti volatili.
- Progettazione ottimizzata del trattamento dei fumi, per ridurre il consumo energetico della linea di trattamento apposita. Questa, se ottimizzata per le condizioni medie di produzione, assicura che il trattamento fumi possa funzionare il più spesso e il più a lungo possibile nell'intervallo operativo ottimale.

Quindi le BAT trattano aspetti legati più alla riduzione di emissioni tossiche, meno al garantire valori standard di prestazioni energetiche. [45] [46]

Allargando il campo d'indagine al di fuori del settore industriale, è possibile confrontare le prestazioni dell'azienda con le medie europee dalla banca dati Eurostat. A questo fine si valutano alcuni EnPI come l'intensità energetica e l'intensità elettrica di Grafica Veneta.

Tabella 42 - intensità energetica ed elettrica, dati 2021

Grandezza energetica		EnPI su fatturato		EnPI su utile	
Nome	Valore	Valore	Unità	Valore	Unità
E.E. totale usata [MWh]	17042	0.212	kWh/€	3.404	kWh/€
energia primaria usata [tep]	4933	0.061	tep/k€	0.985	tep/k€

L'intensità energetica è un parametro utile per valutare la quantità di energia che un paese (o un'azienda, in questo caso) usa per generare valore aggiunto. Nella tabella precedente, il fatturato e l'utile di Grafica Veneta nel 2021 sono paragonati all'energia primaria e all'energia elettrica usate nello stabilimento in tutto l'anno. I dati energetici sono riportati in tabella e sono comunque gli stessi già visti più volte. I dati economici provengono da Tabella 1. Il confronto produce indicatori di due tipi: l'intensità energetica, in *tep su 1000€*, e l'intensità elettrica [*kWh/€*]. Per capire i loro valori si propone un confronto con i dati medi europei da Eurostat, cominciando dalle statistiche sull'intensità elettrica presentati nel prossimo grafico.

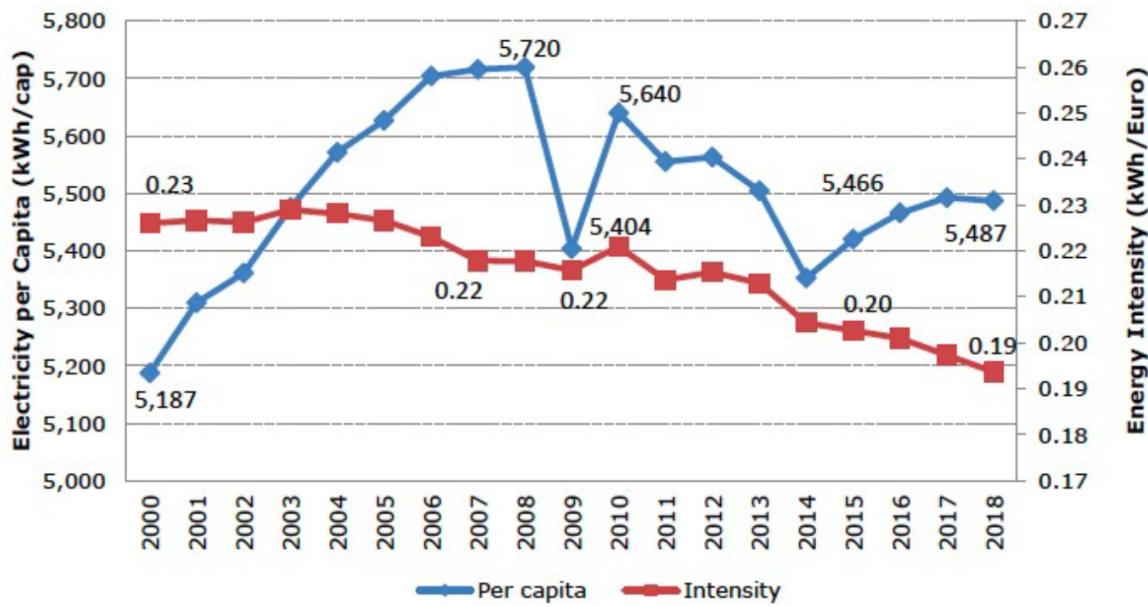


Figura 61 – indicatori per il consumo di E.E. finale: energia elettrica pro capite e intensità elettrica, dati EU-28. Fonte: Eurostat

L’energia elettrica pro capite di Grafica Veneta, da Tabella 36, vale 44.8 MWh/persona, ben superiore ai 5.5 MWh/persona del 2018 nei dati Eurostat. Si ricorda che Grafica Veneta è un’azienda del comparto manifatturiero, e i suoi consumi di E.E. sono comprensibilmente superiori alla media europea. Una considerazione simile va fatta anche per l’intensità elettrica: da Tabella 42 si ricava un EnPI di 0.212 kWh/€, superiore all’intensità media di 0.19 (cioè 190 kWh su 1000 €) a livello europeo nel 2018. In questo caso, però, lo scostamento con i dati Eurostat è minore. Questo indica che, nonostante l’azienda consumi una quantità importante di elettricità, le sue prestazioni economiche giustificano tali consumi.

Per quanto riguarda l’energia primaria in generale, si consideri il prossimo grafico, che riporta i valori di consumo pro capite e di intensità energetica.

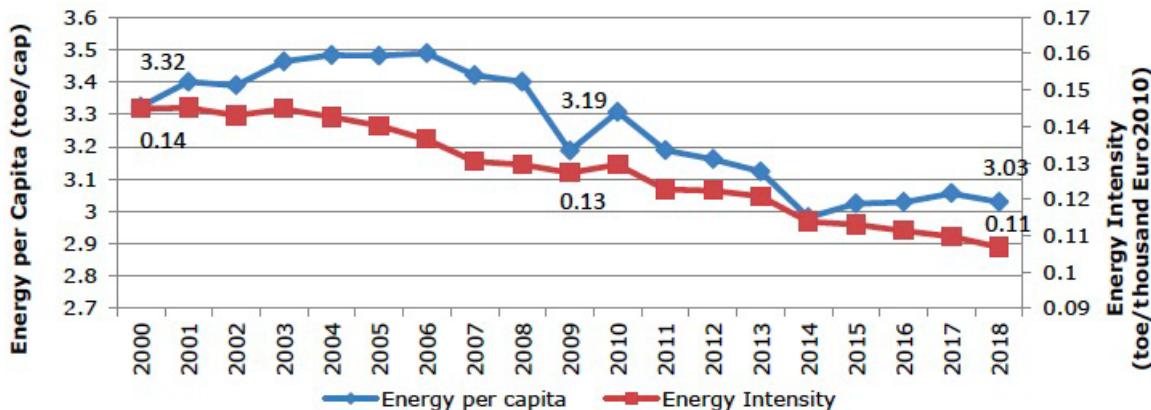


Figura 62 – EnPI per il consumo di energia primaria, dati EU-28. Fonte: Eurostat

Il consumo di energia primaria per dipendente di Grafica Veneta vale 13 tep/persona, secondo Tabella 36. Il valore è calcolato con il totale di energia primaria elaborato dal software ENEA, quindi conta anche l'energia autoprodotta dall'impianto fotovoltaico. Il contributo dell'azienda alza il valore di energia pro capite medio europeo, come ci si può aspettare da una fabbrica. Pensare di abbassare il consumo di energia primaria dell'azienda è una buona idea, ma non si può pretendere di raggiungere la media europea del 2018 di 3 tep/persona, bisogna tollerare un consumo pro capite maggiore.

L'intensità energetica, secondo Tabella 42, vale 0.061 *tep/k€*, compatibile con il valore di Figura 62, espresso in tep per migliaia di euro. Per semplicità, si procede al confronto senza approfondire il tema della correzione del valore degli € del 2010 (usati nel grafico) e degli € del 2021 (usati da Grafica Veneta). La media europea del 2018 vale 0.11 *tep/k€*, quasi il doppio rispetto al valore di Grafica Veneta. Ancora una volta si vede che il valore economico dell'azienda giustifica i suoi consumi di energia: questo indicatore si può usare come punto di forza nella comunicazione e nel marketing.

L'affermazione precedente si può espandere guardando i dati del prossimo grafico.

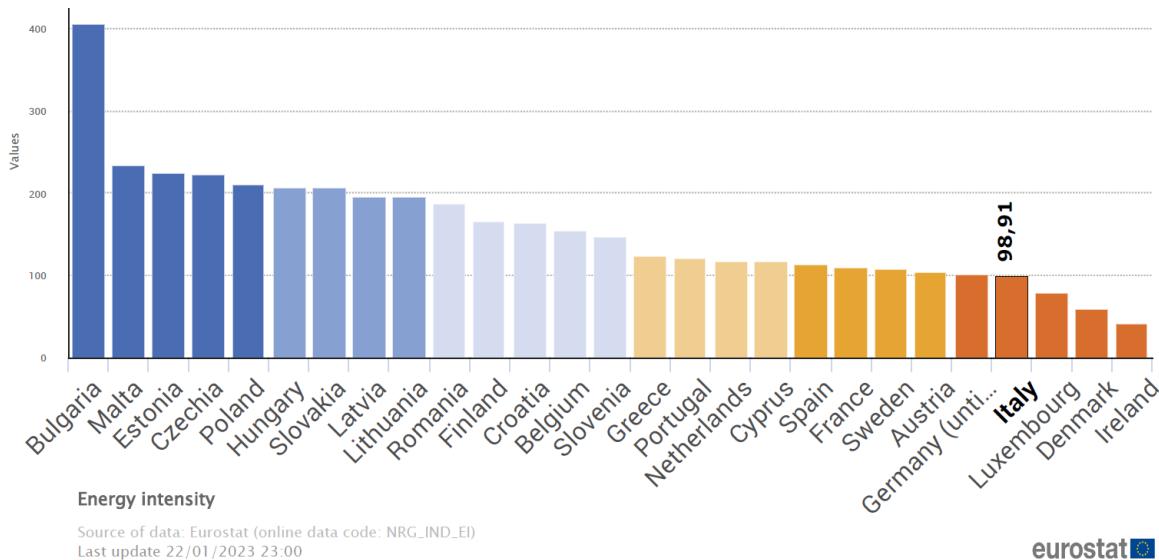


Figura 63 – Intensità energetica in koe per 1000 € di PIL, valori del 2021. Fonte: Eurostat

Secondo i più recenti dati Eurostat, quindi, l'intensità energetica media italiana nel 2021 è arrivata a 99 koe per 1000 € di PIL, dove “koe” sono kg equivalenti di petrolio. Il dato di Grafica Veneta di Tabella 42 equivale a 61.2 koe/k€, più basso della media italiana e di quasi tutti gli altri paesi, escludendo Irlanda e Danimarca. In base a questi dati si può dire, quindi, che Grafica Veneta è un'eccellenza a livello europeo sul fronte dell'intensità energetica.

Si procede con il confronto dei consumi di gas naturale dell'azienda con le medie europee. Per questo combustibile si usa la relazione:

$$1 Sm^3 * \frac{9.58 \text{ kWh}/Sm^3}{11.63 \text{ kWh}/koe} = 0.823 \text{ koe}$$

Il prossimo grafico riporta l'andamento in 19 anni di due indicatori: l'uso di gas pro capite [koe/persona] e la sua intensità energetica [tep/€].

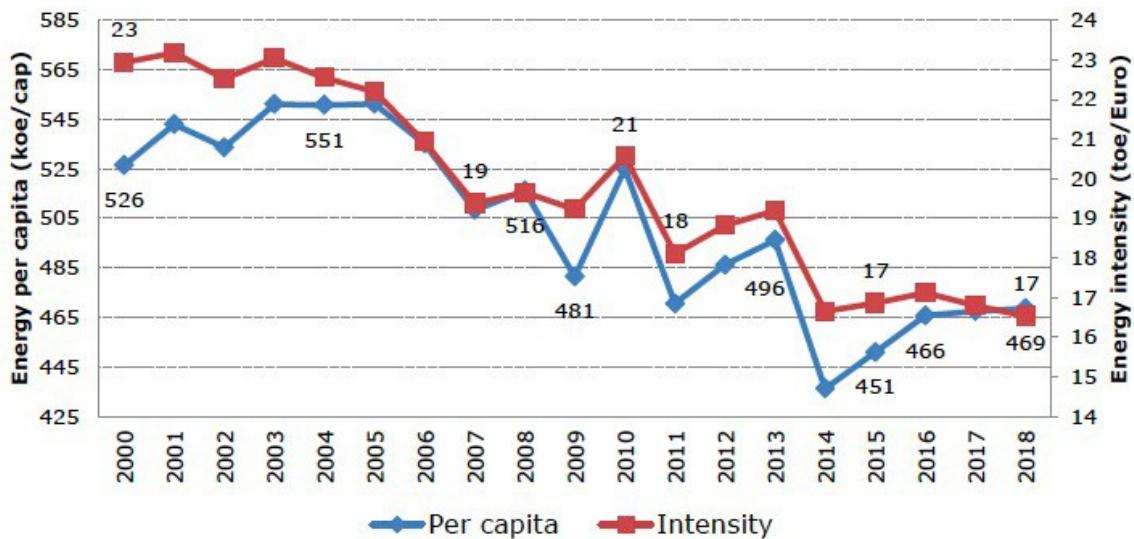


Figura 64 – EnPI per il consumo finale di gas naturale, con dati EU-28. Fonte: Eurostat

L’uso di gas pro capite di Grafica Veneta, comprendente i consumi dello stabilimento e del trigeneratore, è già stato mostrato in Tabella 36. Vale $11340 \text{ Sm}^3/\text{persona}$, ovvero 9341 koe/persona. Questo conta anche il contributo del trigeneratore. Se ci si limita solo al gas usato nell’edificio, l’indicatore vale $3001 \text{ Sm}^3/\text{persona}$, ovvero 2472 koe/persona. In ogni caso questi EnPI sono significativamente maggiori di 470 koe/persona, la media europea del 2018. Se si considera il rapporto tra i consumi di gas naturale e il fatturato, si ottiene:

$$\text{EnPI} = \frac{\text{consumi}_{2021} [\text{Sm}^3] * \text{PCI}}{\text{fatturato}_{2021}} = \frac{4309119 * 9.58 * 860 * 10^{-7}}{80573551} = 4.41 * 10^{-5} \frac{\text{toe}}{\text{€}}$$

Che è molto più basso dei 17 toe/€ dei dati Eurostat per il 2018. Il paragone avrebbe più senso con dati filtrati per includere solo le industrie del settore di Grafica Veneta, ma già con questo confronto si può capire che il valore aggiunto dell’azienda giustifica i suoi consumi di gas naturale. L’analisi si potrebbe poi estendere ad altri parametri per capire come l’azienda si colloca rispetto alla media europea anche in altri aspetti, ma la scarsità di dati pertinenti limita molto le possibilità. Per fare un confronto tra l’azienda e il suo settore è possibile usare la banca dati Eurostat. Sono stati recuperati i dati del 2020 per l’industria della stampa (codice ATECO 18.12.00) limitatamente a questi dataset:

- SBS_NA_IND_R2 - Annual detailed enterprise statistics for industry by NACE
- NRG_D_INDQ_N - Disaggregated final energy consumption in industry - quantities by NACE
- ENV_AC_PEFASU - Energy supply and use by NACE

La prossima tabella riporta i dati grezzi di 3 dataset pertinenti al tema di questa tesi e mette in confronto le cifre di Grafica Veneta (G.V.) con quelle dell'industria italiana (ITA) e con il totale dell'unione europea (UE-27).

Tabella 43 – Grafica Veneta contro l'industria della stampa nel 2020. Fonte: Eurostat

Nome originale	Valore			Unità
	G.V.	ITA	UE-27	
Enterprises	1	10532	57205	n°
Turnover	80.6	7175.2	47788.6	mln €
Gross operating surplus	5.0	907.6	5318.9	mln €
Gross investment in machinery		311.7		mln €
Persons employed (paid & not)	380	60303	429671	n°
Purchases of energy products	6.7	30.8		mln €
Turnover per person employed	212.0	119.0	111.2	k€
Persons employed per enterprise	380	5.7	7.5	n°
Gross operating surplus/turnover (gross operating rate)	6.2%	12.6%	11.1%	%
Electricity	17.0	1522.3		GWh
Natural gas (energy by Net Calorific Value)	148.6	4212.5		TJ

Sono stati selezionati e riportati in tabella alcuni indicatori dal dataset di Eurostat. Per ognuno è presente il valore nella stessa unità di misura usata in Eurostat. Il confronto tra le colonne “G.V.” e “ITA” permette di capire la dimensione di Grafica Veneta rispetto al totale dell’industria “altre stampe”, composta dalle imprese con codice ATECO 18.12.00, sia in Italia che nei paesi UE complessivamente. In Italia ci sono 10532 imprese che offrono servizi di stampa. Assieme totalizzano un turnover di 7175 milioni di €. Lo si confronti con il fatturato di Grafica Veneta, pari a 80.6 mln € nel 2021. I numeri sono molto diversi perché il paragone è fatto tra un’azienda e l’intero settore produttivo italiano. Il parametro che più di tutti si presta al confronto è il fatturato per dipendente (*Turnover per person employed*): ammonta a 212 migliaia di euro per dipendente in Grafica Veneta, mentre la media italiana vale 119 k€/dipendente.

Si ricorda che il confronto nella tabella precedente è fatto tra due anni diversi, perché Eurostat aveva solo i dati 2020 al momento della consultazione. In ogni caso, la dimensione di Grafica Veneta è considerevolmente maggiore di quella dell’azienda media

italiana nell'industria della stampa, che secondo questi dati dà lavoro a meno di 6 dipendenti (*60303 persone/10532 imprese*). Si tratta quindi di piccole imprese con un modesto giro d'affari e un ridotto consumo di energia. Non ha molto senso confrontare Grafica Veneta con realtà del genere. Per i dati a livello europeo si può trarre la stessa conclusione: il numero medio di dipendenti per impresa è circa lo stesso. Dividendo i consumi di energia per il fatturato e il numero di dipendenti, si possono elaborare EnPI più adatti al confronto. Sono mostrati nella prossima tabella.

Tabella 44 – EnPI di Grafica Veneta contro la media italiana del settore

Nome	Valore		Unità
	G.V.	Media ITA	
Consumo di E.E. per persona	44.85	25.24	MWh/dipendente
Consumo di gas naturale per persona	391.09	69.86	GJ/dipendente
Spesa in energia per dipendente	17620	511	€/dipendente
Consumo di E.E. su fatturato	0.2115	0.2122	kWh/€
Consumo di E.E. su utile	3.40	1.68	kWh/€
Consumo di gas (da PCI) su fatturato	1844	587	kJ/€
Consumo di gas (da PCI) su utile	29686	4641	kJ/€

Sono stati valutati una serie di indicatori in base ai dati di Tabella 43 per mettere in confronto la situazione di Grafica Veneta (colonna “G.V.”) con la media italiana del settore “altre stampe”, elaborata sempre in base ai dati delle sole imprese con codice ATECO 18.12.00 e solo del 2020. Gli EnPI di Grafica Veneta sono generalmente maggiori della media di settore, soprattutto per quanto riguarda il gas naturale. Questo suggerisce che l'azienda consuma più energia a parità di posti di lavoro. Fa eccezione l'indicatore di consumo di energia elettrica su fatturato (l'intensità elettrica) che è praticamente identico in entrambe le colonne. Si suppone che la differenza (tra i valori medi e quelli di Grafica Veneta) sia dovuta a due fattori.

Prima di tutto, si stanno confrontando due anni diversi, anche usando i dati Eurostat più recenti, che riguardano il 2020. Si vedrà in *5.4.3 – Benchmark con l'azienda stessa* che i consumi di energia dell'azienda sono aumentati dal 2020 al 2021: per l'energia elettrica si è visto un +17% nei consumi dello stabilimento. Per fare un'analisi più precisa si dovrebbero usare i dati Eurostat del 2021, quando saranno disponibili. Il 2020 è stato un

anno particolare per l'impatto che le misure di contrasto al COVID-19 hanno avuto sull'industria, quindi i dati 2020 vanno interpretati con attenzione.

Poi c'è il fattore di scala: si è visto che l'azienda di *altre stampe* (ATECO 18.12) media italiana ha 6 dipendenti, contro i 380 di Grafica Veneta. Una differenza così grande implica un'organizzazione diversa delle attività produttive e consumi di energia differenti nella struttura, oltre che nel valore assoluto. È difficile immaginare che un'azienda con 6 dipendenti investa in un trigeneratore da 1500 kW per soddisfare la sua domanda interna di energia. Magari installerà un impianto fotovoltaico, ma i consumi di gas naturale saranno probabilmente limitati al riscaldamento dell'edificio. Si capisce quindi perché il consumo di gas naturale per dipendente in Grafica Veneta è maggiore rispetto alla media nazionale. Considerazioni analoghe si possono fare per gli altri indicatori. In conclusione, la disponibilità di dati sulle prestazioni energetiche medie del settore preparati da un'associazione di categoria permetterebbe di elaborare EnPI migliori e più utili nella pianificazione della politica energetica aziendale.

5.4.3 – Benchmark con l'azienda stessa

Nonostante la carenza di valori di riferimento aggiornati sui consumi energetici in grado di rappresentare una media del settore *altre stampe*, è comunque possibile fare un confronto con i dati dell'azienda negli anni. Grafica Veneta non si impone indici interni sulle prestazioni energetiche, al di là dei requisiti legati al sistema di gestione ambientale secondo norma ISO 14001. Si può comunque fare un confronto tra le prestazioni dell'azienda nel 2021 e quelle degli anni precedenti. La prossima tabella raccoglie i dati sui consumi di E.E. nel 2020, che si possono confrontare con i valori di Tabella 21.

Tabella 45 – Sorgenti e destinazioni di energia elettrica nel 2020. Fonte: [36]

Energia:	Acquistata	Prodotta da fotovoltaico	Prodotta da trigeneratore	Immersa in rete	Auto-consumata
Unità:	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
n° contatore, da Tabella 6:	1	2	3	4	5
A gennaio:	162	163	1104	282	984
feb	164	222	982	247	957
mar	241	292	981	280	993
apr	122	430	879	355	953
mag	345	425	659	269	816
giu	324	386	753	267	872
lug	184	446	1023	318	1151
ago	288	389	874	270	994
set	232	337	1004	219	1122
ott	243	206	1025	152	1079
nov	189	177	984	163	997
dic	239	66	1041	205	903
TOTALE	2734	3540	11309	3027	11822

Non si vuole uscire dal tema di quest'analisi, che riguarda il 2021, ma qualche paragone può risultare molto utile per capire l'evoluzione delle attività in Grafica Veneta. Come si vede nella prossima tabella, nel 2021 il consumo di energia elettrica è aumentato rispetto all'anno precedente:

Tabella 46 – usi di E.E. totali, 2020 contro 2021

	Unità	E.E. Acquistata	Prodotta da FV	da tri- generatore	Immersa in rete	E.E. Auto- consumata
Total 2020	MWh	2734	3540	11309	3027	11822
Total 2021	MWh	3840	3587	12050	2435	13202
Differenza	%	+40%	+1%	+7%	-20%	+12%

Si nota un aumento del 40% nell'energia elettrica acquistata e del 12% negli autoconsumi. La produzione del fotovoltaico è rimasta circa la stessa: una volta che l'impianto è installato e configurato propriamente, l'energia che produce dipende da fattori che l'azienda non può controllare. Il trigeneratore ha prodotto più E.E. e c'è stata meno immissione in rete. Questi dati indicano che, nel 2021, l'azienda ha dovuto indirizzare una parte maggiore delle sue capacità di produzione di E.E. a soddisfare una domanda di energia maggiore nello stabilimento. Rispetto al 2020, nel 2021 gli impianti di autoproduzione sono stati sfruttati di più e una parte di energia venduta è stata indirizzata invece verso l'autoconsumo. Questo non è bastato: l'azienda ha comunque dovuto comprare 1106 MWh in più dalla rete nel 2021.

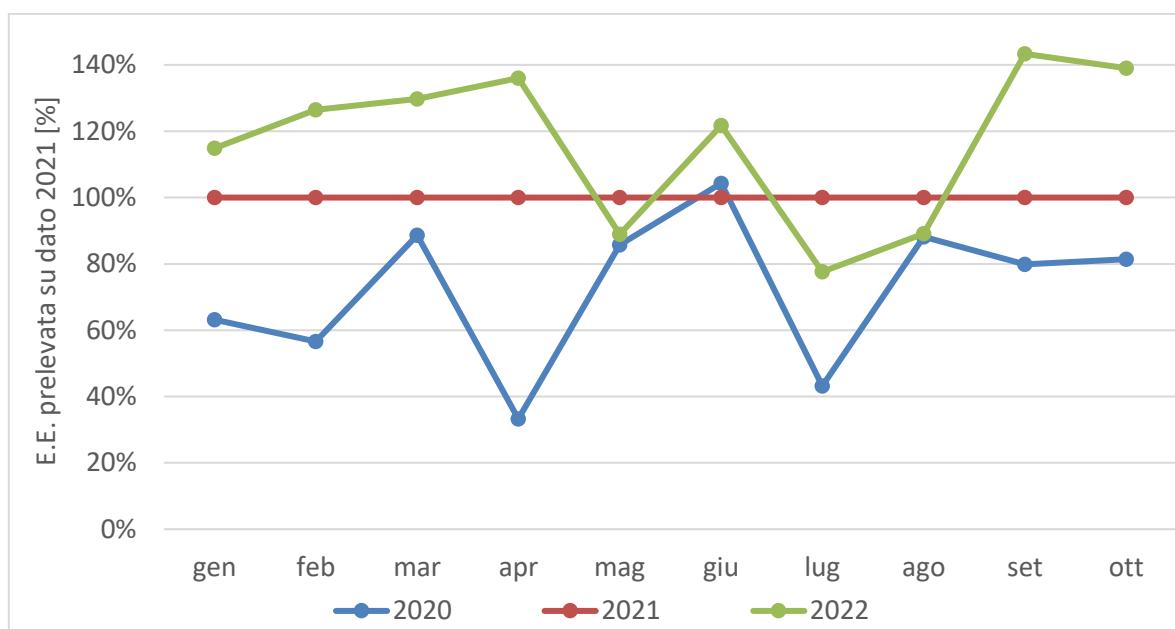
Da questi dati si possono trarre due conclusioni. La prima è che l'attività dell'azienda, proporzionale ai consumi di energia elettrica, ha visto un forte aumento nel 2021. Questo rappresenta una ripresa dopo le difficoltà imposte dal lockdown e dalle altre misure che hanno reso il 2020 un anno difficile per le imprese. È una tendenza generale e si può ritrovare anche in altre realtà oltre a Grafica Veneta. La seconda conclusione è che la capacità di autoproduzione dell'azienda non è più all'altezza della domanda di E.E. dello stabilimento, e quindi sarebbe utile studiare l'integrazione nel sistema energetico di Grafica Veneta di un nuovo impianto di produzione di E.E. per far fronte anche agli aumenti del 2022. A questo proposito, la prossima tabella espande quanto visto in Tabella 25 per capire l'andamento dell'energia elettrica acquistata in un periodo di 3 anni.

Tabella 47 – confronto degli acquisti di E.E. per mese, dal 2020 al 2022

Mese	E.E. acquistata [MWh]			Rispetto al 2021 [%]		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022
gen	162	256	294	63%	100%	115%
feb	164	290	367	57%	100%	126%
mar	241	272	353	89%	100%	130%
apr	122	366	498	33%	100%	136%
mag	345	403	359	86%	100%	89%
giu	324	311	378	104%	100%	122%
lug	184	427	331	43%	100%	78%
ago	288	327	291	88%	100%	89%
set	232	290	416	80%	100%	143%
ott	243	299	415	81%	100%	139%
TOTALE	2306	3241	3703	71%	100%	114%

La tabella considera solo i primi 10 mesi per una limitazione nei dati disponibili per il 2022. Il valore di E.E. prelevata dalla rete è fornito per i tre anni sia in MWh che in valore relativo al 2021, così si vede facilmente che il ritiro di energia è stato minore nel 2020 e maggiore nel 2022. Questo andamento si vede sia a livello aggregato, nella riga “TOTALE” alla fine, sia nei singoli mesi. Le irregolarità si verificano solo nei mesi estivi, dove la disponibilità di E.E. dal fotovoltaico rende l’analisi più complessa. L’aumento di consumi più importante si verifica dal 2020 al 2021, mentre nel 2022 il prelievo ha subito una crescita più contenuta. Questo si vede meglio nel prossimo grafico.

Figura 65 – E.E. prelevata nei primi 10 mesi dell’anno, dal 2020 al 2022, relativamente al 2021



Il 2021 è l’anno di riferimento per la diagnosi, quindi è stato usato come base per il paragone e i prelievi valgono 100% ogni mese, per definizione. Si vede che nei mesi invernali i consumi di energia sono più diversi: minori nel 2020, maggiori nel 2022. Nei mesi estivi, invece, i valori dei 3 anni si avvicinano, perché l’autoproduzione da fotovoltaico copre una parte della domanda interna di energia, ma non è possibile separare l’effetto di questo fenomeno usando solo le misure fornite dall’azienda.

Questo andamento generale è confermato anche dai dati sull’uso del trigeneratore in Tabella 8. L’impianto ha lavorato per 8376 ore nel 2019, per 8474 nel 2020 e per 8546 nel 2021. L’evoluzione indica che, negli anni, l’azienda ha saputo usare meglio tutta l’energia prodotta dal trigeneratore, valorizzando l’investimento. Considerato che nel 2021 l’impianto è stato usato per il 97.6% dell’anno, i dati suggeriscono che l’azienda potrebbe

fare buon uso di una maggiore potenza in cogenerazione. Tuttavia, l'andamento incerto nel mercato del gas naturale rende l'acquisto di un cogeneratore a gas un investimento più rischioso: è per questo che in 6.5.5 – *Nuovo cogeneratore a biomassa* si propone di investire in un combustibile alternativo. Per approfondire il tema dell'uso di gas naturale nel tempo, l'analisi procede con i consumi annuali di gas del 2021, confrontati con quelli del 2020 nella prossima tabella.

Tabella 48 – uso totale di gas naturale nel 2020 e nel 2021. Fonte per il 2020: [36]

Contatore	Nel 2020 [Sm ³]	Nel 2021 [Sm ³]	Incremento
Di stabilimento	970902	1140338	17.5%
Del trigeneratore	2969211	3168781	6.7%
Totale	3940113	4309119	9.4%
Quota trigeneratore	75.4%	73.5%	

Nel 2021 i consumi di gas sono aumentati, ma in modo meno incisivo rispetto all'energia elettrica acquistata. Il consumo di gas nello stabilimento vede un aumento del 18% in un anno e traina l'aumento del 10% del gas totale acquistato da Grafica Veneta. Il trigeneratore ha richiesto un 7% di gas in più nel 2021: è la stessa percentuale che si ritrova in Tabella 46 nell'aumento di E.E. prodotta dal trigeneratore. I dati confermano ancora una volta che nel 2021 l'attività dell'azienda ha visto una forte accelerazione, il che rende più interessanti gli investimenti in autoproduzione di energia per lo stabilimento. Quello che rimane praticamente costante è la quota dei consumi di gas nel trigeneratore rispetto al totale, ad indicare che il ruolo di principale consumatore di gas è indiscutibilmente quello del trigeneratore.

Un confronto più dettagliato dovrebbe prevedere la normalizzazione con i gradi giorno del 2020 e del 2021. Si ricorda, però, che il gas misurato in Tabella 48 viene usato per produrre energia elettrica (autoconsumata e venduta), calore, freddo e per alimentare i fornì di asciugatura nell'edificio. Quindi, prima di correggere con i gradi giorno, bisognerebbe separare i consumi per applicare la normalizzazione solo alla parte che dipende effettivamente dai gradi giorno, e non solo dal ritmo del processo produttivo. In quest'analisi non si considerano i gradi giorno per evitare di fare correzioni insignificanti e scorrette.

5.5 - Le emissioni di gas serra

L'aspetto delle emissioni è molto importante e strettamente legato alla produzione di energia. Si è visto come Grafica Veneta usa un trigeneratore a gas naturale per coprire buona parte della domanda di energia elettrica e termica. L'uso del combustibile fossile in un motore a combustione interna provoca, inevitabilmente, anche emissioni di CO₂.

Grafica Veneta è provvista della strumentazione per misurare le emissioni di CO₂ al cammino del trigeneratore. Il sistema di raccolta dati, tuttavia, non estende la misura anche alle emissioni dello stabilimento: non c'è tracciamento della CO₂ dai forni di asciugatura. Le emissioni causate dalle attività di Grafica Veneta si quantificano in [t CO₂ eq], cioè tonnellate di CO₂ equivalente. Ha senso considerare solo 7 gas serra: anidride carbonica (CO₂), metano (CH₄), protossido di azoto (N₂O), idrofluorocarburi (HFC), perfluorocarburi (PFC), esafluoruro di zolfo (SF₆), trifluoruro di azoto (NF₃).

L'azienda ha certificato il rispetto della norma inglese BSI PAS 2060 e garantisce la neutralità delle emissioni equivalenti di CO₂ (nei 7 gas appena elencati) attraverso iniziative mirate a compensare la propria impronta carbonica. L'azienda si impegna mantenere lo stato di *neutralità* mettendo in atto un piano di gestione e riduzione delle emissioni di gas serra (Carbon Management Plan) con progetti dedicati. Se ne parla in 6.4 – *strategia di compensazione delle emissioni di CO₂*.

Per ottenere la certificazione di *carbon neutrality* secondo la BSI PAS 2060, Grafica Veneta ha documentato tutte le fonti di emissioni di CO₂ riconducibili all'attività dell'azienda in tutto il 2020. L'inventario è stato costruito mediante il software SimaPro v9.1, usando il metodo di calcolo IPCC 2013 GWP 100. [36]

Le fonti di gas serra nello stabilimento di Trebaseleghe si possono dividere in 3 gruppi. Il *Gruppo 1* è per le **emissioni dirette**. Le fonti classificate nel *Gruppo 1* sono possedute e controllate direttamente dall'organizzazione. Le loro emissioni avvengono direttamente all'interno dei confini del sito produttivo di Trebaseleghe. Questo gruppo contiene le emissioni derivanti dalla combustione del gas naturale nel cogeneratore (ed eventuali altri impianti termici inseriti nel ciclo produttivo) per soddisfare le esigenze energetiche dello stabilimento. Contiene anche le emissioni legate al consumo di benzina (e gasolio) per autotrazione nelle automobili (e nei furgoni) aziendali. Si contano anche le eventuali emissioni fuggitive di gas refrigeranti dagli impianti frigo. [37]

Il *Gruppo 2* è per le **emissioni indirette da consumo di energia esterna**. Queste derivano dall'approvvigionamento e dalla combustione di carburanti per la produzione dell'energia

elettrica o termica acquistata da terzi e consumata dall’azienda. In questo gruppo rientrano solo le emissioni dovute alla produzione dell’energia elettrica che Grafica Veneta ha acquistato dalla rete nel 2020. [37]

Il Gruppo 3 è per le **altre emissioni indirette**. Rientrano in questa categoria le emissioni di gas serra connesse alla catena di valori dell’azienda, non contabilizzate come emissioni degli altri due gruppi. Si contano qui le emissioni derivanti dai prodotti e servizi utilizzati dall’azienda, incluse anche quelle legate alla catena di approvvigionamento dei combustibili. Rientrano in questo gruppo le emissioni generate dai mezzi di produzione, come l’impianto fotovoltaico. Queste fonti non sono direttamente sotto il controllo dell’azienda. Per Grafica Veneta i contributi del *Gruppo 3* sono le emissioni indirette da materie prime acquistate, dalla produzione di E.E. mediante impianto fotovoltaico, dalla gestione dei rifiuti generati e dai materiali utilizzati per la manutenzione dei macchinari.

La prossima tabella mostra un quadro riassuntivo delle emissioni di CO₂ dell’azienda, divise nei gruppi appena menzionati.

Tabella 49 – emissioni nel 2020 per gruppo

Gruppo	Emissioni gas serra [t CO ₂ eq]	Contributo [%]
1	9 420	12%
2	1 181	1%
3	71 196	87%
TOTALE	81 797	100%

Le emissioni dirette del *Gruppo 1* contribuiscono per il 12% del totale: la principale fonte qui è la combustione del metano per la cogenerazione. Il *Gruppo 2*, cioè le emissioni indirette connesse alla produzione dell’energia elettrica prelevata dalla rete, rappresenta un contributo di poco superiore al 1%. Il *Gruppo 3* è quello che maggiormente contribuisce al totale delle emissioni di gas serra, con un 87%. Qui è la produzione di materie prime, ed in particolar modo la carta, la principale fonte di emissioni di gas serra. [36]

In sintesi, l’azienda ha emesso 81 797 t_{CO_{2,EQUIV}} nel 2020 nei 3 gruppi appena citati. Questa cifra conta tutti i gas serra elencati prima. In particolare, l’azienda ha emesso 74648 tonnellate di CO₂ vera e propria, cioè il 91.2% del totale. Le emissioni di metano (CH₄) valgono 5900 t_{CO_{2,EQ}} ovvero il 7.2% del totale. Il rimanente 1.6% è imputabile ad altri gas serra. [36]

Con i dati sulla quantità di merce prodotta (da Tabella 5) si calcolano gli indicatori del tipo:

$$KPI = \frac{\text{emissioni } [t_{CO2}]}{\text{produzione } [t_{LIBRI}]} = \frac{81797}{32249} = 2.54 \frac{t_{CO2,EQ}}{t_{LIBRI}}$$

Non si tratta di EnPI perché non riguardano le prestazioni energetiche in senso stretto, sono indicatori delle prestazioni generali, o *key performance indicators* (KPI). La prossima tabella riporta i più importanti:

Tabella 50 – KPI per le emissioni di CO2 nel 2020 nel sito di Trebaseleghe

Descrizione	Valore	Unità
emissioni per quantità di stampati	2.54	t_CO2 / t_libri
emissioni per singolo libro	0.687	kg_CO2 / libro
emissioni su fatturato	1.02	kg_CO2 / €
emissioni per dipendente	215	t_CO2 / persona
utile per tonnellata emessa	61.20	€ / t_CO2

Per semplicità sono stati usati i dati dell'azienda di Tabella 1 riguardanti il 2021. Per un'analisi più accurata si dovrebbero raccogliere i dati del 2020 e confrontare quelli con le emissioni dell'azienda. In ogni caso, la Tabella 50 mostra le emissioni dell'azienda per quantità di prodotto, espresso sia in tonnellate che per il singolo libro. L'azienda emette circa 1 kg di CO2 per ogni euro di fatturato e 215 tonnellate equivalenti di CO2 per ogni dipendente che lavora nello stabilimento di Trebaseleghe. L'azienda realizza 61€ di utile per ogni tonnellata di CO2 emessa, il che può essere utile per assegnare un valore all'inquinamento di Grafica Veneta. L'azienda avrà un incentivo ad abbattere le emissioni di CO2 di fronte alla possibilità di realizzare un profitto superiore ai 61€ per ogni tonnellata di CO2 di emissioni evitate. Le proposte di investimento in efficienza energetica dovrebbero tenere conto di questo, e quindi preferire interventi che realizzino anche risparmi economici assieme alla riduzione dell'impronta carbonica.

La prossima tabella mostra i processi che hanno contribuito maggiormente alle emissioni di CO2 equivalente. Questo lavoro di tesi non si concentra sul tema delle emissioni, quindi ci si limita alle 6 fonti principali, che comunque coprono il 96% di quelle 81 797 $t_{CO2,EQIV}$ emesse nel 2020.

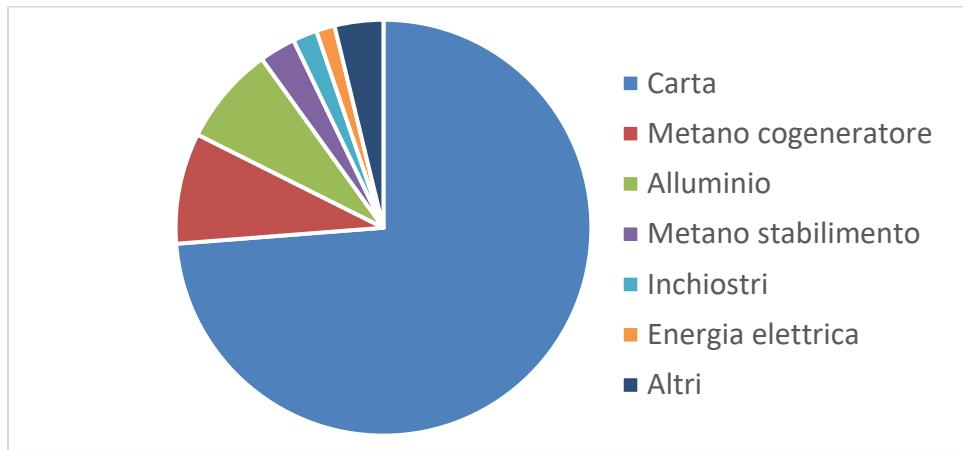
Tabella 51 – Le 6 fonti di emissioni di gas serra principali di Grafica Veneta nel 2020

Contributo		Emissioni	
Merce	Processo	t CO2 eq	%
Carta	Associate al prodotto acquistato da fornitori (Gruppo 3)	60346	73.8
Metano	Da combustione stazionaria nel cogeneratore Ecomax (Gruppo 1)	7050	8.6
Alluminio	Associate al prodotto acquistato da fornitori (Gruppo 3)	6272	7.7
Metano	Da combustione stazionaria nello stabilimento (Gruppo 1)	2305	2.8
Inchiostri	Associate al prodotto acquistato da fornitori (Gruppo 3)	1547	1.9
Energia elettrica	Produzione di E.E. che l'azienda acquistata dalla rete (Gruppo 2)	1181	1.4
...	(contributi minori)
Totale		81797	100

Il contributo più importante alle emissioni dell'azienda, un buon 83.3%, è imputabile alle materie prime acquistate: carta, alluminio, inchiostri. Questo spiega la grande attenzione dell'azienda sul fronte dell'approvvigionamento di materie prime, dalla scelta dei fornitori agli schemi di certificazione FSC e PEFC. Le emissioni di CO2 dovute alla domanda di energia sono minori: si tratta del 13%. Queste sono dovute principalmente alla combustione nel trigenerator, poi alla combustione nei forni di asciugatura dei libri e, in misura minore, all'energia elettrica acquistata dalla rete. In questo lavoro si è visto che l'azienda usa una grande quantità di E.E. nel suo stabilimento. Nel 2020 non c'era tracciamento dell'origine di questa energia, quindi si assume che la sua composizione rispecchi quella del mix energetico medio in Italia. Questo permette di associare una quantità di CO2 emessa (1181 tonnellate, appunto) alla produzione della E.E. usata in Grafica Veneta nel 2020. Escluse le materie prime e i vettori energetici, il rimanente 3.7% delle emissioni di CO2 è causato da fattori minori: gestione rifiuti, packaging, prodotti per la manutenzione, ecc.

Tutto questo si vede meglio nel prossimo grafico:

Figura 66 – contributi alle emissioni di CO₂ secondo i dati di Tabella 51



Il gas naturale usato nel cogeneratore Ecomax è il 2° contributo più importante alle emissioni di gas serra dello stabilimento. Si capisce che sostituire parte della produzione di energia elettrica del trigeneratore con un nuovo impianto fotovoltaico contribuirebbe ad abbattere le emissioni di CO₂ in modo importante. Tuttavia, se l'intento è di ridurre le emissioni nel modo più incisivo possibile, l'azienda dovrà lavorare sulla scelta dei fornitori di materie prime, soprattutto per quanto riguarda la carta. Lavorare con partner che producono le materie prime di Grafica Veneta tramite processi senza emissioni nette di CO₂ è una scelta fondamentale per abbattere l'impronta carbonica.

Va detto che buona parte delle 81 797 t_{CO₂} dipende da fattori fuori dal controllo dell'azienda, primo fra tutti la produzione delle materie prime acquistate. Grafica Veneta ha raggiunto la *carbon neutrality* compensando solo le emissioni sotto il suo diretto controllo. Queste sono le emissioni dirette da combustione di metano (per trigeneratore e stabilimento), di benzina e di gasolio (per automobili e furgoni), assieme alle emissioni provocate dalla produzione di E.E. acquistata dalla rete. In totale queste ammontano a 10 601 t_{CO₂}, una quantità molto più ragionevole da abbattere. Questa comunque è una considerazione legata più che altro alla pianificazione degli investimenti dell'azienda. Nelle analisi di questo lavoro di tesi è stato usato il valore di 81 797 t_{CO₂} perché rappresenta meglio il vero impatto ambientale causato dalle attività dell'azienda, e aiuta a capire il forte impatto delle emissioni già realizzate per portare le materie prime allo stabilimento.

Il piano di investimenti di Grafica Veneta per ridurre l'impronta carbonica è spiegato in 6.4 – *strategia di compensazione delle emissioni di CO₂*.

CAPITOLO 6 – Gli investimenti

Nel capitolo precedente è stato definito il modello energetico di Grafica Veneta, anche assegnando ai consumi di energia i loro valori numerici. Il confronto con gli indicatori medi di settore ha permesso di identificare i punti di forza e le inefficienze dell’azienda.

La diagnosi energetica si completa con l’elaborazione di un percorso virtuoso, in termini di interventi di efficienza energetica, che riesca a ridurre i fabbisogni energetici a parità di destinazione d’uso, creando i presupposti per una maggiore competitività dei prodotti e per l’erogazione di servizi migliori. [34]

In questo capitolo sono raccolte e studiate tutte le proposte di investimento che Grafica Veneta ha valutato o sta valutando per migliorare l’uso di energia all’interno dello stabilimento, assieme alle proposte nate da questo lavoro di tesi. La normativa EN 16247 li definisce *Energy Performance Improvement Actions* (EPIA). L’obiettivo è di tracciare il percorso degli investimenti in energia di Grafica Veneta, dal passato al futuro, raccogliendo proposte, raccomandazioni, piani e scalette di implementazione, come richiesto dalla EN 16247-1 e valutando anche la fattibilità degli interventi proposti nella norma EN 16247-3.

6.1 – Il programma degli investimenti

Come suggerito dalla norma EN 16247-1, questa sezione raccoglie e riassume le caratteristiche generali delle EPIA analizzate nel capitolo. Si comincia spiegando il criterio di selezione stabilito per questo lavoro di tesi, come richiesto dalla norma stessa. Il criterio viene poi applicato agli investimenti di Grafica Veneta, creando una graduatoria personalizzata. Una volta individuati gli interventi migliori, si propone un programma di implementazione ottimale in ordine cronologico.

6.1.1 – Il criterio di classificazione

Il criterio usato per classificare gli investimenti è basato sulla tecnologia o tecnica che viene introdotta nell’azienda. Ad esempio, tutti gli interventi sull’impianto elettrico sono raggruppati nella stessa categoria. Queste categorie si possono unire a loro volta in classi più generali. Ognuna rappresenta un fattore che permette di migliorare le prestazioni energetiche.

Si ritiene che il fattore più importante di tutti sia la qualità **tecnologica dei dispositivi** usati: fare ricerca e sviluppo è fondamentale. Installare impianti o terminali nuovi e più efficienti è un modo per migliorare le prestazioni energetiche. Ci sono opportunità basate sulle tecnologie. In questo lavoro di tesi si parla soprattutto di autoproduzione con l'impianto fotovoltaico e trigeneratore, facendo comunque attenzione anche alle tecnologie che migliorano l'uso di energia.

Un'altra strategia valida è l'**ottimizzazione dei contratti** con i fornitori. La stessa norma EN 16247-3 consiglia di valutare le nuove offerte dei fornitori di energia come parte dei lavori di diagnosi energetica. Grafica Veneta ha preso l'impegno di acquistare solo energia elettrica certificata e prodotta da FER, quindi non basta cercare l'offerta commerciale con il minor prezzo per *kWh*. In questo lavoro di tesi si trascura l'aspetto legato ai contratti con i fornitori di energia, per dedicare più attenzione alle tecnologie che riducono la quantità di energia acquistata in primo luogo.

C'è poi l'aspetto riguardante la politica di **gestione dell'energia**. Raccogliere più dati aiuta a pianificare meglio gli investimenti per migliorare le prestazioni energetiche. Ci sono opportunità basate sull'organizzazione. In questa tesi si presta più attenzione alla struttura del sistema di misura, meno ad altri aspetti del processo decisionale.

Infine, non va trascurato il tema **culturale** e comportamentale. Incentivare comportamenti più razionali da parte dei dipendenti in merito all'energia può generare importanti risparmi. Ci sono opportunità basate sulle persone. In questa tesi è stata data meno importanza a questo aspetto.

Queste categorie macroscopiche sono state poi scomposte in classi più piccole. Ad esempio, gli interventi di natura tecnologica sono stati divisi in:

- valutazione di combustibili alternativi: si cercano i combustibili più adeguati a una conversione efficiente dell'energia, specialmente per sostituire il gas naturale
- sistemi di conversione dell'energia: si interviene sui componenti di impianto tramite, ad esempio, l'accoppiamento ottimale degli scambiatori di calore, l'installazione di inverter e così via
- distribuzione dell'energia: si analizzano i trasformatori, si valuta il possibile miglioramento del fattore di potenza negli impianti elettrici, si controlla la rete dell'aria compressa

- energia utilizzata dai processi: si cerca di ottenere un maggior recupero o integrazione dei flussi di energia nel processo produttivo vero e proprio. Nel caso di Grafica Veneta, questo aspetto riguarda in particolare i forni di asciugatura

La suddivisione proposta qui è stata pensata in conformità alle linee guida ENEA. [33]

Gli investimenti sono stati classificati anche in base alla loro popolarità, misurata in base ai dati ENEA. Un esempio è dato nella prossima tabella.

Tabella 4.22. Interventi effettuati e individuati per area

Area di intervento	N° interventi effettuati	%
Altro	70	1,0%
Aria compressa	4	9,9%
Aspirazione	85	1,2%
Centrale termica/Recuperi termici	6	5,6%
Climatizzazione	5	8,2%
Cogenerazione/Trigenerazione		2,8%
Freddo di processo		2,3%
Generale (monitoraggio, organizzazione, formazione, ISO 50001)	3	15,3%
Illuminazione	1	26,3%
Impianti elettrici	7	4,1%
Interventi su reti di distribuzione		0,3%
Involucro edilizio		1,5%
Linee produttive	2	17,0%
Motori elettrici/Inverter		0,9%
Produzione da fonti rinnovabili		2,7%
Rifasamento		
Trasporti	71	1,0%
Totale	7.265	

Fonte: ENEA

Figura 67 – interventi fatti dopo diagnosi energetiche, con classifica dei primi 7. Fonte: ENEA [47]

Per ogni tecnologia interessata sono riportati gli interventi effettuati in numero e in quota sul totale. Sono solo una parte di tutte le possibilità di investimento individuate nelle diagnosi: si è scelto di guardare gli interventi effettivamente svolti e non solo le proposte, nell'intento di suggerire investimenti più interessanti per l'azienda. Sulla tabella sono stati segnati i 7 tipi di intervento preferiti dalle imprese che hanno fatto la diagnosi. L'impianto di illuminazione vede la maggior parte degli investimenti, seguito dalle linee produttive. Il sistema di monitoraggio nel rispetto della norma ISO 50001 è al terzo posto, prima dell'impianto ad aria compressa. Il programma di investimenti per Grafica Veneta è stato compilato cercando di dare priorità proprio a questi aspetti: essendo interventi molto

apprezzati dalle altre aziende, è più probabile che ci siano opportunità di implementarli con successo anche nello stabilimento di Trebaseleghe sotto esame.

La norma EN 16247-2 suggerisce di classificare gli investimenti in base al costo. Si avranno quindi investimenti ad altro costo (sull'involturo edilizio, sui macchinari, ...) seguiti da quelli a basso costo (modifiche dei regimi di lavoro, regolazione, ...). Gli investimenti in istruzione e formazione dei dipendenti vengono considerati al di fuori di entrambe le categorie, in questo schema. Nel presente lavoro di tesi non si adotta questo criterio, perché è troppo semplice e non permette di suddividere le EPIA in modo abbastanza strutturato.

6.1.2 – La graduatoria degli investimenti di Grafica Veneta

Di seguito vengono elencate, in ordine, le EPIA per Grafica Veneta. La graduatoria è strutturata sotto forma di elenco, con investimenti raggruppati per tecnologia interessata ed ordinati per importanza. Gli interventi discussi in questo capitolo interessano solo il sito produttivo di Trebaseleghe, se non diversamente specificato.

Gli investimenti fatti **in passato** riguardano:

- **trigeneratore:** l'autoproduzione di E.E. e calore permette di realizzare importanti risparmi di denaro ogni anno, anche grazie alla vendita di certificati bianchi. L'analisi economica per il 2021 è approfondita in *6.2 – Trigeneratore*
- impianti di produzione da **FER:** l'installazione di impianti eolici e fotovoltaici permette a Grafica Veneta di produrre energia pulita, per la vendita o per l'autoconsumo. Se ne parla in *6.3 – Impianti di produzione da FER*
- misure di **compensazione delle emissioni** di CO₂: l'azienda ha investito in progetti basati sull'energia rinnovabile per ottenere crediti usati per raggiungere il traguardo delle emissioni zero (nette) di CO₂ equivalente. Il piano è delineato in *6.4 – strategia di compensazione delle emissioni di CO₂*

Gli investimenti che l'azienda ha **pianificato** nei prossimi anni riguardano:

- La realizzazione, nel 2023, di un ulteriore impianto fotovoltaico, da 2200 kWp, che prevede l'autoconsumo dell'energia prodotta. Questo nuovo impianto, in caso di nuovi picchi del costo del gas, consentirà all'azienda di avere un'alternativa al trigeneratore, utilizzando l'energia elettrica erogata sia per le esigenze del processo produttivo che per la trasformazione in energia frigorifera

- Sistema di gestione dell'energia conforme alla norma ISO 50001: l'azienda sta concordando con un fornitore le modalità e i tempi per un monitoraggio totale dei consumi per area e per singola macchina
- La sala server. Quella attualmente in uso è climatizzata con un semplice impianto HVAC. L'azienda ha commissionato il progetto di un nuovo data center, che verrà realizzato nel 2023. Questo avrà un proprio sistema di raffreddamento e deumidificazione aria dedicato. Tuttavia, il progetto non è ancora stato ultimato e non ci sono abbastanza informazioni per costruire il suo modello energetico
- La sostituzione delle caldaie a gas, ormai obsolete, con modelli più performanti, da usare come backup, per garantire la continuità del servizio anche quando il trigeneratore è fermo

Grafica Veneta ha valutato e **scartato** diverse proposte di investimento:

- In primavera 2022, vista la crescita del costo del gas metano, l'azienda ha sommariamente valutato la possibilità di sostituirlo con gas propano liquido. Gli esiti non sono stati confortanti, considerata anche la difficoltà di conformarsi alla normativa vigente circa il deposito di GPL, necessario in grandi quantitativi. L'azienda ha quindi deciso di non procedere con l'investimento.
- È stata esaminata la possibilità di installare pannelli solari termici per sostituire parte della domanda di gas delle caldaie per il riscaldamento degli ambienti e per l'ACS. Questa tecnologia può essere accoppiata ad un gruppo frigo ad assorbimento per realizzare un impianto di solar cooling. Tuttavia, l'azienda ha preferito optare per l'installazione di un trigeneratore, per coprire (anche) i fabbisogni termici dell'impianto HVAC.
- Per un motivo simile è stata scartata anche l'ipotesi di installare una pompa di calore geotermica. In Grafica Veneta è necessario calore ad alta temperatura, ad esempio per i forni di asciugatura, e la domanda di calore a bassa temperatura è già coperta dal trigeneratore. Nello stabilimento di Trebaseleghe c'è sicuramente lo spazio per installare una pompa di calore geotermica, ma mancano i fabbisogni di caldo e freddo bilanciati da coprire con una macchina del genere.
- Discutendo di un'integrazione all'isolamento termico verso l'esterno delle pareti dell'edificio, il referente aziendale ha sottolineato che c'è l'obbligo di lasciare aperti dei grandi varchi nel disimpegno areato, come misura di sicurezza contro gli incendi. Quindi le perdite di ventilazione sono così importanti nello stabilimento da rendere l'isolamento delle pareti un aspetto secondario. Inoltre, visti i grandi

consumi di gas ed energia elettrica per le linee produttive, l'azienda preferisce dare priorità alle tecnologie per autoprodurre energia in modo più efficiente, o per ridurre gli sprechi nel processo produttivo.

- Investimenti nell'impianto HVAC. La sua domanda di energia è coperta dal trigeneratore, ed è di entità secondaria rispetto al fabbisogno del processo produttivo

A questi investimenti si uniscono poi le **proposte** sviluppate in base alle conclusioni tratte dalla diagnosi energetica di questa tesi. Ci sono EPIA di più tipi. Nel presente lavoro di tesi si ritiene che convenga dare la priorità a quelli di natura più **gestionale**, come:

- La struttura di energy data management, da implementare come parte del sistema di raccolta dati e gestione dell'energia conforme alla norma ISO 50001, come mostrato in *6.5.1 – Struttura di energy data management*
- Gli accorgimenti per quanto riguarda la regolazione degli impianti esistenti, dalla correzione dei set point al *load shifting* per controllare la domanda di energia e distribuirla nella giornata, spostando il carico per trarre il massimo vantaggio dall'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico nei momenti di picco
- La valutazione dei combustibili alternativi e della possibilità di diversificare il mix energetico, per ottenere informazioni utili a guidare gli investimenti successivi
- L'ottimizzazione del layout delle linee produttive, per minimizzare gli spostamenti di merce all'interno dell'edificio, diminuendo i consumi delle macchine destinate a tali operazioni, come i carrelli elevatori
- Il confronto della tariffa attuale, per l'energia elettrica e il gas naturale, rispetto alle nuove offerte disponibili, alla ricerca di una situazione più conveniente
- Lo sviluppo di un piano ben definito per quanto riguarda le buone pratiche di comportamento dei dipendenti nei confronti del risparmio di energia. Si veda *6.5.8 – Programma di sensibilizzazione*

Questi sono gli interventi più facili da giustificare e realizzare, perché non si chiede all'azienda di allocare ingenti quantità di denaro per l'acquisto di un impianto: si tratta invece di piccoli accorgimenti che si possono integrare nel regime di lavoro esistente. Una volta valutate le EPIA di quel tipo, si dovrebbe comunque procedere con gli interventi che consistono nel **sostituire macchine** o impianti con modelli più nuovi e performanti. Questi riguardano:

- L'efficientamento dell'impianto di illuminazione, anche con il relamping, come in *6.5.2 – Relamping dell'impianto di illuminazione*

- Gli interventi sull'impianto elettrico: dal rifasamento alla sostituzione dei motori elettrici attualmente installati con modelli di rendimento superiore
- L'introduzione di altri mezzi alimentati elettricamente, dalle automobili ai forni di asciugatura, fino all'installazione degli *azionamenti a velocità variabile* (VSD) sui motori elettrici di ventilatori e pompe. Sul fronte della ventilazione si cercherà di realizzare la *Demand Controlled Ventilation* (DCV)
- L'installazione di un cogeneratore di taglia minore rispetto all'attuale trigeneratore, per autoprodurre una parte dell'energia elettrica che viene ancora acquistata dalla rete, come in 6.5.5 – *Nuovo cogeneratore a biomassa*
- L'integrazione di altri impianti di produzione da FER, come le pompe di calore geotermiche

Si potrebbe estendere questo piano anche attraverso lo sviluppo di modelli dettagliati per stimare accuratamente:

- Le perdite dell'impianto pneumatico, per i motivi spiegati in 6.5.4 – *Valutazione delle perdite di aria compressa*
- Le perdite di calore per trasmissione attraverso l'involucro dell'edificio, per capire quanto sarebbe vantaggioso sostituire le superfici vetrate o aumentare lo spessore dell'isolamento termico
- Le possibilità di praticare il recupero del calore di scarto nei forni di asciugatura e nelle unità di trattamento aria

Una volta raccolti i dati necessari, sarà possibile valutare la qualità degli interventi per ridurre queste perdite. Tuttavia, si stima che le EPIA identificate negli elenchi precedenti siano in grado di portare benefici maggiori all'azienda, quindi l'aspetto della riduzione di queste perdite non porta vantaggi tanto evidenti quanto negli altri interventi.

Il programma di implementazione consigliato, quindi, prevede di dividere gli investimenti in base al costo di implementazione, dando la priorità a quelli che possono portare vantaggi concreti a fronte di spese iniziali più contenute. Le EPIA individuate nella graduatoria si possono applicare con successo seguendo questo ordine cronologico:

- Gli investimenti fatti in passato, come il trigeneratore e gli impianti fotovoltaici, devono ricevere un adeguato livello di attenzione e manutenzione, per assicurarsi che continuino a generare ricavi per l'azienda. Se ne parla, ad esempio, in 6.2.2 – *Ricavi dai Certificati Bianchi*

- La strategia di compensazione delle emissioni di CO₂, frutto dell'impegno dell'azienda di abbattere le emissioni equivalenti di CO₂, va costantemente aggiornata per mantenere l'impegno con gli stakeholder
- L'azienda poi procederà con i suoi investimenti pianificati, che sono già stati valutati positivamente (per quanto riguarda le prestazioni energetiche) e approvati dalla direzione
- Si continua con gli interventi proposti in questa diagnosi energetica. Si ritiene che il più importante sia il sistema di misura discusso in *6.5.1 – Struttura di energy data management*
- Con i dati raccolti dal nuovo sistema di misura, sarà possibile capire meglio anche i vantaggi degli interventi di natura gestionale proposti in questa tesi. Un esempio sono le misure di sensibilizzazione per favorire il risparmio di acqua calda sanitaria e nell'impianto di illuminazione
- Gli interventi più invasivi, ma con un potenziale maggiore, prevedono la sostituzione dei dispositivi obsoleti con modelli più nuovi. Un esempio è dato in *6.5.2 – Relamping dell'impianto di illuminazione*
- Se ci fosse interesse da parte dell'azienda, o se i prezzi dell'energia superassero quelli del 2022, si potrebbe procedere con gli interventi per ridurre le perdite di energia dei forni e dell'involucro edilizio, ma per quelli sarà necessario un lavoro di modellizzazione più lungo e dettagliato

L'idea è di proporre prima gli interventi con i vantaggi più evidenti, lasciando per un momento successivo le EPIA con costi d'investimento maggiori, per le quali l'azienda dovrà fare uno studio di fattibilità compatibile con la sua politica interna.

6.2 – Trigeneratore

Tra le *Best Available Technologies* di carattere generale si cita la “copertura della domanda di vapore ed energia dei processi produttivi per quanto possibile per mezzo della cogenerazione di calore ed energia (CHP)”. [46]

Inoltre, secondo il D.Lgs. n° 102/2014 le diagnosi energetiche devono contenere una valutazione tecnico-economica ed ambientale relativa all'utilizzo del calore da cogenerazione o al collegamento alla rete locale di teleriscaldamento. [33]

Per la valutazione di questi impianti va considerata una distanza di 1 km. Si deve valutare anche la possibilità di “cessione calore/collegamento a reti” da parte del sito oggetto di diagnosi. [34]

Lo stabilimento di Grafica Veneta è già caratterizzato da un buon livello di autoproduzione di energia (elettrica e termica) anche attraverso un impianto CAR, quindi non trarrebbe molto vantaggio dal collegamento a reti di teleriscaldamento. A Trebaseleghe, comunque, il teleriscaldamento non è disponibile, quindi non ha senso fare questa valutazione. Sulla cogenerazione, invece, c’è qualcosa da dire. I flussi di energia del 2021 sono già stati analizzati nel capitolo precedente, ma un aspetto che non è ancora stato esplorato è quello dei certificati bianchi, o “TEE”, ottenuti grazie al funzionamento in regime CAR. Questi generano dei ricavi per l’azienda, che verranno analizzati di seguito.

6.2.1 – Calcolo del numero di certificati bianchi

I vantaggi CAR, già visti in *3.4.1 – Incentivi per la produzione di energia in regime CAR*, prevedono la possibilità di trarre un ricavo dalla vendita dei certificati bianchi, riconosciuti in modo proporzionale al risparmio di energia primaria. Il seguente calcolo della quantità di titoli di efficienza energetica considera le prestazioni del trigeneratore nel 2021, segue la procedura del DM 4 agosto 2011 e usa i dati di Tabella 8. Le potenze del cogeneratore nell’impianto di trigenerazione sono:

$$\text{elettrica} \rightarrow P_e = 1500 \text{ kW}$$

$$\text{termica} \rightarrow P_{th} = 1616 \text{ kW}$$

Nel 2021, il numero di ore di funzionamento annue è risultato pari a:

$$H_L = \text{ore di lavoro} = 8546 \frac{\text{ore}}{\text{anno}}$$

In base ai consumi registrati da Grafica Veneta, si può scrivere la portata di gas naturale media annuale al trigeneratore:

$$\dot{m}_F = \frac{3168781 \text{ Sm}^3}{8546 \text{ h}} = 370.8 \frac{\text{Sm}^3_{GAS}}{\text{h}}$$

$$PCI_{GAS} = 9.58 \frac{\text{kWh}}{\text{Sm}^3}$$

L’energia elettrica lorda prodotta in cogenerazione, secondo questo modello, è:

$$E'_{CHP} = P_e * H_L = 1500 * 8546 = 12819 \text{ MWh}$$

Tuttavia, il valore netto misurato dal contatore di Grafica Veneta è inferiore del 6%:

$$E_{CHP} = 12050 \text{ MWh}$$

L'energia termica linda prodotta in cogenerazione secondo il modello è:

$$H'_{CHP} = P_{TH} * H_L = 1616 * 8546 = 13810 \text{ MWh}$$

Questa viene erogata dal cogenerator Ecomax per essere usata nel gruppo frigo ad assorbimento o da un'altra utenza, sotto forma di calore utile. Come si può vedere in Tabella 29, la quantità calcolata in base ai risparmi misurati da Grafica Veneta è minore:

$$H_{CHP} = 11086 \text{ MWh}$$

L'energia del combustibile utilizzato in cogenerazione è:

$$F_{CHP} = \dot{m}_F * PCI_{GAS} * H_L = 370.8 * 9.58 * 8546 = 30357 \text{ MWh}$$

A questo punto è possibile calcolare il rendimento globale del cogenerator Ecomax dell'impianto trigeneratore.

$$\eta_{GLOB} = \frac{H_{CHP} + E_{CHP}}{F_{CHP}} = \frac{11086 + 12050}{30357} = 76.2\%$$

È proprio come visto in Tabella 30. Questo valore è maggiore della soglia CAR per cogeneratori basati su motori a combustione interna, fissata al 75% nel decreto. In base ai dati complessivi del 2021 di E.E. autoconsumata e immessa in rete, riportati ad esempio in Tabella 23, si può calcolare la quota di E.E. che viene consumata internamente:

$$autoconsumo = 84.4\%$$

La parte rimanente viene venduta alla rete nazionale. I rendimenti convenzionali di riferimento per la produzione separata di energia sono stimati di seguito. Quello per l'energia elettrica è:

$$\begin{aligned} \eta_{e,RIF} &= 0.46 * (0.86 * autoconsumo + 0.925 * (100\% - autoconsumo)) \\ &= 0.46 * (0.86 * 0.844 + 0.925 * 0.156) = 40\% \end{aligned}$$

Per ulteriori dettagli sulla procedura si rimanda al DM 4 agosto 2011. Dato che il trigeneratore usa vapore come fluido termovettore, il rendimento di riferimento per la produzione di energia termica è:

$$\eta_{t,RIF} = 90\%$$

L'energia primaria risparmiata è:

$$RISP = \frac{E_{CHP}}{\eta_{e,RIF}} + \frac{H_{CHP}}{\eta_{T,RIF}} - F_{CHP} = \frac{12050}{0.40} + \frac{11086}{0.90} - 30357 = 12066 \text{ MWh}$$

In termini relativi il risparmio porta ad un PES che vale:

$$PES = \frac{RISP}{RISP + F_{CHP}} = \frac{12066}{12066 + 30357} = 28.4 \%$$

Quella versione semplificata può essere estesa per ottenere la formulazione più nota:

$$PES = 1 - \frac{1}{\frac{E_{CHP}}{F_{CHP} * \eta_{e,RIF}} + \frac{H_{CHP}}{\eta_{T,RIF} * F_{CHP}}} = 1 - \frac{1}{\frac{12050}{30357 * 0.40} + \frac{11086}{0.90 * 30357}} = 28.4\%$$

Essendo maggiore del 10%, questo PES indica che l'impianto lavora in regime CAR e ha diritto ad un numero di TEE proporzionale a RISP. Quella energia primaria risparmiata in quell'anno solare dà diritto a un numero di certificati bianchi pari a:

$$n^o_{CB} = RISP [\text{MWh}] * 0.086 \left[\frac{\text{tep}}{\text{MWh}} \right] * K = 12066 * 0.086 * 1.3 = 1349 \frac{CB}{anno}$$

Con $K = 1.3$ perché il cogeneratore ha $1 \text{ MW} \leq P_e \leq 10 \text{ MW}$.

Tuttavia, il GSE ha riconosciuto solo 1126 certificati bianchi nel 2021.

6.2.2 – Ricavi dai Certificati Bianchi

Una volta dimostrato che il trigeneratore può accedere al meccanismo dei certificati bianchi, si procede con un'analisi economica dei costi e dei ricavi legati al trigeneratore. La prossima tabella mostra i prezzi di acquisto e vendita usati nei calcoli seguenti.

Tabella 52 – prezzi di acquisto e vendita nel 2021

Nome	Valore	Unità
valore di mercato dei TEE	248.89	€/titolo
costo acquisto gas naturale	1.33	€/Sm ³
costo acquisto E.E.	304.00	€/MWh
valore E.E. immessa in rete	98.20	€/MWh

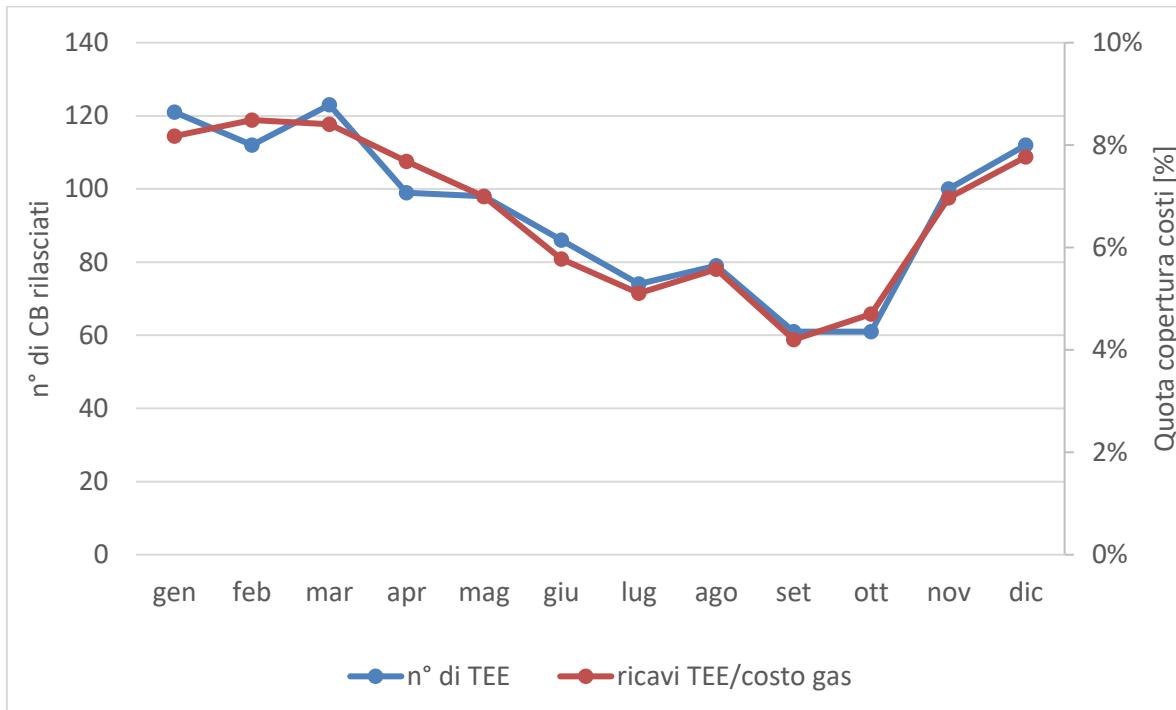
I primi tre prezzi sono quelli usati nella documentazione di Grafica Veneta. Per l'energia elettrica immessa in rete dal trigenerator è stata usata la stessa tariffa utilizzata anche per l'impianto fotovoltaico nel calcolo dell'indicatore $I_{PG,3}$ in *5.4 – Le prestazioni energetiche attraverso gli indicatori*. Con questi prezzi è possibile dare un valore ai TEE prodotti grazie al trigenerator, come nella prossima tabella.

Tabella 53 – ricavi da TEE e costo combustibile, per mese

Mese	certificati bianchi		combustibile	
	n° di TEE	Ricavi	consumi	costo
		k€	Sm ³	k€
gen	121	30.1	276845	368
feb	112	27.9	246869	328
mar	123	30.6	273842	364
apr	99	24.6	241232	321
mag	98	24.4	262202	349
giu	86	21.4	278550	370
lug	74	18.4	271137	361
ago	79	19.7	265203	353
set	61	15.2	271748	361
ott	61	15.2	242751	323
nov	100	24.9	268583	357
dic	112	27.9	269819	359
TOT	1126	280.3	3168781	4214

Il ricavo ottenuto grazie alla cessione dei certificati bianchi al GSE è riportato sia in numero di TEE prodotti che in migliaia di euro. È seguito dal consumo di combustibile con il relativo costo sostenuto. Per capire la relazione tra i due flussi economici, può tornare d'aiuto il prossimo grafico.

Figura 68 – n° di TEE ricevuti nel 2021 e quota dei ricavi sui costi del combustibile



I due profili si sovrappongono quasi perfettamente in tutto il 2021, con l'eccezione dei primi 4 mesi. Le prestazioni del trigeneratore, proporzionali al numero di certificati bianchi ricevuti, vedono un brusco calo da luglio a ottobre. I risultati migliori si hanno da dicembre a marzo. È già stato mostrato, ad esempio in Figura 57 e Figura 58, che il rendimento del trigeneratore cala d'estate. Questo si rivede nel grafico di Figura 68, che non riporta l'andamento del consumo di combustibile [Sm^3] o del gas risparmiato [Sm^3] di Tabella 27 perché non ci sono somiglianze interessanti da commentare. In conclusione, i ricavi provenienti dalla vendita di certificati bianchi (TEE) al GSE permettono di coprire il 6.7% dei costi del combustibile in un anno.

Ci si può quindi chiedere se il funzionamento del trigeneratore abbia effettivamente generato un risparmio di denaro nel 2021. L'investimento è stato valutato nel 2017, alla luce di prezzi del gas naturale nettamente inferiori a quelli del 2021. Di seguito si calcola il margine di risparmio attraverso un bilancio più completo, considerando il valore economico di tutti i flussi di energia del trigeneratore, come nella prossima tabella.

Tabella 54 – valori economici dei flussi di energia del trigeneratore, dati 2021

Mese	costi O&M	risparmio E.E. per freddo		gas risparmiato per calore		E.E. prodotta e autoconsumata		E.E. prodotta e venduta	
	k€	MWh	k€	Sm ³	k€	MWh	k€	MWh	k€
gen	3.7	44	13.5	96903	129	888	270	164	16.1
feb	3.3	42	12.8	87189	116	796	242	147	14.4
mar	3.6	52	15.7	91869	122	885	269	163	16.0
apr	3.2	53	16.0	71157	95	771	234	142	14.0
mag	3.5	84	25.5	55923	74	831	253	153	15.1
giu	3.7	166	50.5	28871	38	890	271	164	16.1
lug	3.6	141	42.8	0	0	872	265	161	15.8
ago	3.5	148	45.1	0	0	857	261	158	15.5
set	3.6	112	34.1	0	0	844	257	156	15.3
ott	3.2	55	16.8	27929	37	842	256	155	15.3
nov	3.6	45	13.7	71553	95	801	244	148	14.5
dic	3.6	32	9.9	90397	120	894	272	165	16.2
TOTALE	42.1	975	296	621790	827	10174	3093	1876	184

La tabella riporta, per ogni mese e per ogni contatore dell'impianto, la quantità di energia prodotta o risparmiata. Ad ognuna è assegnato un valore economico, stabilito secondo il criterio più opportuno.

I costi di gestione e manutenzione (operation, management and maintenance: O&M) si considerano, per semplicità, pari al 1% dei costi del combustibile, per un totale di 42100 €/anno. Per impianti di questo tipo e taglia, i costi di esercizio e di manutenzione ordinaria e straordinaria (che comprendono, tra l'altro, materiali di consumo, ricambi e manodopera) dovrebbero essere inclusi in un contratto full-service affidato a terzi. La struttura dei costi, per questo tipo di servizio, è solitamente legata alla produzione di E.E. e misurata in €/kWh prodotto. Da un punto di vista quantitativo si può stimare un costo di 0.004 €/kWh, che restituisce un risultato simile ai 42100 €/anno calcolati prima.

Grafica Veneta misura l'energia elettrica risparmiata grazie alla produzione di freddo dal trigeneratore. Assegnandole il prezzo medio di 304 €/MWh pagato dall'azienda nel 2021, è possibile calcolare il risparmio in migliaia di euro [k€] che l'effetto frigo del trigeneratore ha portato. Una considerazione analoga è stata fatta per il gas naturale risparmiato grazie al calore utile prodotto dal trigeneratore: assegnando il prezzo di 1.33 €/Sm³ si calcola un risparmio totale di 827000 € nel 2021. L'energia elettrica erogata dal trigeneratore è

stata divisa in due flussi: quella autoconsumata e quella venduta, usando la percentuale di immissione in rete da Tabella 23. Alla parte di E.E. autoconsumata si assegna un valore di 304 €/MWh perché non è stato necessario acquistarla dal fornitore, mentre alla parte di E.E. ceduta alla rete si assegna in prima approssimazione il valore di 98 €/MWh, lo stesso dell'energia elettrica venduta dall'impianto fotovoltaico.

Con questi dati si può fare un bilancio per ogni mese del 2021, secondo la formula:

$$\begin{aligned}
 \text{utile} &= \text{ricavi} - \text{costi} \\
 &= \left(\text{risparmio}_{\text{per freddo}} \right) + \left(\text{risparmio}_{\text{per calore}} \right) + \left(\text{E.E. auto}_{\text{consumata}} \right) + \left(\text{E.E.}_{\text{venduta}} \right) \\
 &\quad + \left(\text{vendita}_{\text{TEE}} \right) - \left(\text{costo}_{\text{O\&M}} \right) - \left(\text{costo}_{\text{combustibile}} \right) = \dots \text{€}
 \end{aligned}$$

La prossima tabella riporta i risultati del calcolo per il 2021.

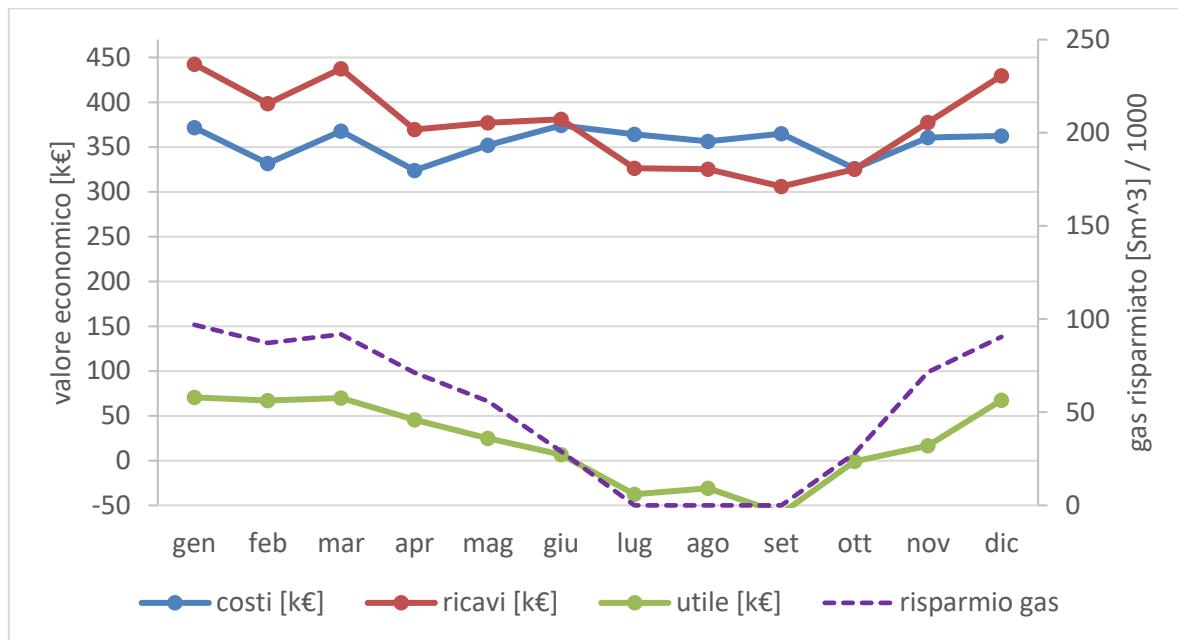
Tabella 55 – costi, ricavi e utile del trigeneratore, per mese

Mese	costi	ricavi	utile
	k€	k€	k€
gen	372	459	87
feb	332	413	82
mar	368	454	86
apr	324	384	60
mag	352	392	40
giu	374	397	23
lug	364	342	-22
ago	356	341	-15
set	365	321	-44
ott	326	340	14
nov	361	392	31
dic	362	446	84
TOTALE	4257	4681	424

I ricavi (quasi 4.7 milioni di euro) hanno superato i costi (circa 4.3 milioni di euro) realizzando un utile di 423900 € nel 2021. Complessivamente, l'installazione del trigeneratore è stata vantaggiosa per l'azienda, principalmente perché ha permesso di tutelarsi dall'elevato prezzo dell'energia elettrica. Tuttavia, non bisogna trascurare il

contributo del gas naturale risparmiato, e questo si vede soprattutto nei mesi di luglio, agosto e settembre. Qui il “risparmio di gas per calore prodotto dal trigeneratore” è nullo, quindi non c’è neanche il suo flusso di cassa positivo. Questo, unito al fatto che in quel periodo il trigeneratore ha ottenuto meno certificati bianchi, ha portato l’utile ad un valore negativo. Il prossimo grafico mostra bene questa tendenza:

Figura 69 – costi, ricavi e utile del trigeneratore contro il risparmio di gas



L’utile netto e le somme di costi e ricavi sono mostrati per ogni mese del 2021. Il loro valore si legge nell’asse delle ordinate a sinistra. La linea tratteggiata rappresenta il risparmio di gas, in migliaia di Sm^3 , preso da Tabella 27. Il suo valore si legge nell’asse a destra.

L’andamento dell’utile nel 2021 è guidato principalmente da quello dei ricavi, perché i costi sono abbastanza costanti durante l’anno. Il totale dei ricavi, a sua volta, segue la tendenza della quantità di gas risparmiato (la linea tratteggiata). È evidente quindi che, per valorizzare al meglio l’investimento, bisogna ottimizzare le prestazioni del trigeneratore d’estate, magari trovando un’ulteriore destinazione d’uso per il calore lordo prodotto dal cogenerator. Un obiettivo potrebbe essere di avere un margine sempre positivo, andando ad intervenire solamente sul funzionamento a luglio, agosto e settembre. Va detto che il 2021 è stato sicuramente un anno particolare, perché i prezzi dell’energia hanno visto un aumento notevole rispetto agli anni precedenti. Tuttavia, non

è una buona idea aspettare che queste tendenze si stabilizzino: le modifiche strutturali al modo in cui lo stabilimento usa energia devono essere fatte per garantire importanti risparmi di energia, ai quali poi verrà assegnato il valore economico più appropriato.

Questo è solo un semplice esempio per dimostrare che la valutazione dell'impatto del trigeneratore sulle finanze di Grafica Veneta non è banale, e questo senza considerare fattori come le spese del personale, degli imprevisti (come la manutenzione straordinaria) e la quota di ammortamento dell'investimento iniziale. L'azienda dovrà aggiungerli a questo calcolo, compatibilmente con la sua politica economica. Inoltre, questa procedura riguarda solo il 2021. Applicandola anche agli altri anni, sarà possibile stimare con precisione il Levelized Cost Of Energy (LCOE), cioè il costo dell'energia prodotta dal trigeneratore di Grafica Veneta. Questo sarà utile nel momento in cui è necessario decidere quale impianto usare per soddisfare la domanda di energia dello stabilimento con il minor costo possibile.

6.2.3 – l'investimento a lungo termine

Una volta capite le prestazioni economiche del trigeneratore nel 2021, si allarga l'intervallo di tempo analizzato per studiarne gli effetti durante tutta la sua vita utile. La prossima tabella contiene una valutazione che usa i dati dell'energia prodotta e dei risparmi conseguiti dal trigeneratore per capire come sarebbero le prestazioni dell'investimento se i prezzi dell'energia restassero costanti ai valori del 2021.

La tabella contiene un calcolo dei parametri dell'investimento (VAN, IP, ...) in base ai flussi di cassa individuati precedentemente. Molti dei dati necessari per il calcolo sono stati omessi perché provengono da altre tabelle, anche da quelle appena mostrate in 6.2.1 – *Calcolo del numero di certificati bianchi* e 6.2.2 – *Ricavi dai Certificati Bianchi*.

Tabella 56 – valutazione dell’investimento, trigeneratore del 2018

Grandezza trigeneratore	Valore	Unità
Potenza Elettrica installata	kW_E	1500
Potenza Termica installata	kW_T	1616
Energia Elettrica co-generata	kWh_E	12049986
Energia Termica co-generata (calore lordo 2021)	kWh_T	11085939
Energia del combustibile	kWh	30356925
Vita Utile	anni	20
costo d’investimento specifico	€/kW_E	2200
Investimento Iniziale I0	€	3300000
Totale Ricavi	€	4680547
Totale Costi	€	4256624
Flusso di Cassa netto	€	423923
PES	%	28.4%
tempo di recupero, payback	anni	7.8
Tasso Attualizzazione	%	5%
Fattore di Attualizzazione	anni	12.46
VAN	€	1983023
TIR	%	11.4%
indice di profitto = IP	VAN/I0	0.60

Il tempo di payback di questo investimento è abbastanza alto: vale quasi 8 anni. Grafica Veneta ha fatto la valutazione dell’investimento nel 2017, con prezzi dell’energia molto diversi da quelli del 2021. Sicuramente il calcolo presentato in questa tesi dipinge una situazione meno ottimale rispetto a quella approvata dall’azienda nel 2017.

L’investimento produce comunque un profitto, e il suo valore attuale netto è di 1.98 milioni di euro. La struttura dei costi e dei ricavi è già stata commentata: in questo calcolo si va solo a controllare il risultato in 20 anni dell’investimento. Il suo TIR e il suo IP descrivono un investimento fattibile, ma non perfetto: si vedrà in seguito che l’investimento in un impianto fotovoltaico darebbe esiti migliori. Si ritiene che, con i dati di Tabella 56, Grafica Veneta non avrebbe approvato questo investimento. I risultati dimostrano comunque che l’azienda può continuare a usare il trigeneratore senza subire perdite di denaro, ma i futuri aumenti dei prezzi del gas naturale rappresentano un serio rischio per la sostenibilità di questo investimento a lungo termine.

6.3 – Impianti di produzione da FER

Grafica Veneta ha investito anche in diversi impianti destinati alla produzione di energia da Fonte Energetica Rinnovabile, già elencati in Tabella 7. La maggior parte produce E.E. solo per l'immissione nella rete nazionale, ma l'impianto fotovoltaico analizzato in 5.3.1 – *Consumi di energia elettrica* ne indirizza una parte anche all'autoconsumo.

6.3.1 – Impianti fotovoltaici per autoconsumo

In passato, Grafica Veneta ha valutato la possibilità di autoprodurre energia elettrica da utilizzare in autoconsumo mediante un impianto fotovoltaico. L'impianto adibito ad autoconsumo è stato ampiamente trattato nel corso di questa diagnosi. Si propone, nella prossima tabella, l'analisi dell'investimento di questo impianto se fosse stato fatto nel 2021.

Tabella 57 – valutazione investimento in impianto fotovoltaico da 3003 kWp

Grandezza	Espressione	Valore	Unità
Potenza Installata	P_e	3003	kWp
Produzione Media		1195	kWh/kWp
Costi di Installazione		1100	€/kWp
Autoconsumo		84.4%	%
Tariffa per Scambio sul Posto		0.10	€/kWh
Prezzo medio E.E. 2021		0.30	€/kWh
E.E. prodotta totale 2021		3587458	kWh
Risparmio autoconsumo 2021		920758	€
Ricavi Scambio sul Posto		54857	€
Flusso di Cassa Annuo		975614	€
Investimento iniziale	I_0	3303300	€
Vita Utile	N	20	anni
fattore di sconto	A	5%	%
Fattore di Attualizzazione	$\alpha(n,a)$	12.46	anni
valore attuale netto	VAN	8855013	€
tempo di recupero, payback time	PB	3.39	anni
tasso di rendimento interno	TIR	29.4%	%
indice di profitto = IP	=VAN/I_0	2.68	

In realtà, l'investimento è stato approvato ben prima del 2021. Il senso di questo calcolo è di esplorare una condizione che Grafica Veneta può confrontare con la sua

documentazione interna, per capire meglio l'esito dell'investimento. Il dato di produzione media è lo stesso di Tabella 39 e i prezzi sono quelli di Tabella 52.

In base alle misurazioni complessive del 2021 di energia elettrica autoconsumata e immessa in rete, riportati ad esempio in Tabella 23, si può calcolare la quota di E.E. che viene consumata internamente: vale 84.4%. Si procede quindi calcolando la quantità e il valore economico dell'energia elettrica prodotta dall'impianto nel 2021, con i quali è possibile stimare i parametri di qualità dell'investimento. Il tempo di payback è estremamente basso per un impianto di queste dimensioni. Anche il TIR e l'IP suggeriscono che questo investimento è estremamente conveniente. Questo è dovuto principalmente agli elevati prezzi dell'energia elettrica, che Grafica Veneta deve sostenere come impegno per abbattere la sua impronta carbonica. È chiaro che, con prezzi del genere, l'azienda è interessata alle soluzioni per autoprodurre energia elettrica.

Alla luce di queste condizioni, Grafica Veneta ha commissionato l'installazione di un nuovo impianto fotovoltaico da 2200 kWp, da costruire nel 2023. Servirà a coprire parte degli autoconsumi, anche come alternativa al trigeneratore in caso di aumenti eccessivi del prezzo del gas. Nella prossima tabella si esplora la fattibilità di questo investimento.

Tabella 58 – analisi investimento in impianto FV da 2200 kWp

Grandezza	Valore	Unità
Potenza Installata	2200	kWp
Produzione Media	1195	kWh/kWp
Costi di Installazione	1100	€/kWp
Autoconsumo	84.4%	%
Tariffa per Scambio sul Posto	0.098	€/kWh
Prezzo medio E.E. 2021	0.304	€/kWh
E.E. prodotta totale 2021	2628174	kWh
Risparmio autoconsumo 2021	674548	€
Ricavi Scambio sul Posto	40188	€
Flusso di Cassa Annuo	714736	€
Investimento iniziale	2420000	€
Vita Utile	20	anni
fattore di sconto	5%	%
Fattore di Attualizzazione	12.46	anni
valore attuale netto	6487189	€
tempo di recupero, payback time	3.39	anni
tasso di rendimento interno	29.4%	%
indice di profitto = IP	2.68	

Le premesse sono sostanzialmente le stesse del caso precedente, quindi TIR, IP e tempo di recupero restano uguali. L'impianto, essendo di taglia minore, avrà un costo d'investimento minore, ma produrrà anche meno energia elettrica per ripagarlo.

L'investimento è redditizio perché ha un VAN pari a 6.48 milioni di euro. Il punto debole di questa valutazione è di assumere che la quota di autoconsumo sia sempre pari a 84.4%. Tuttavia, la crescente domanda di E.E. dell'azienda (una tendenza vista in Tabella 47) permette di assumere che ci sarà sempre la possibilità di autoconsumare l'85% dell'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico.

6.3.2 – Impianti FER per sola vendita

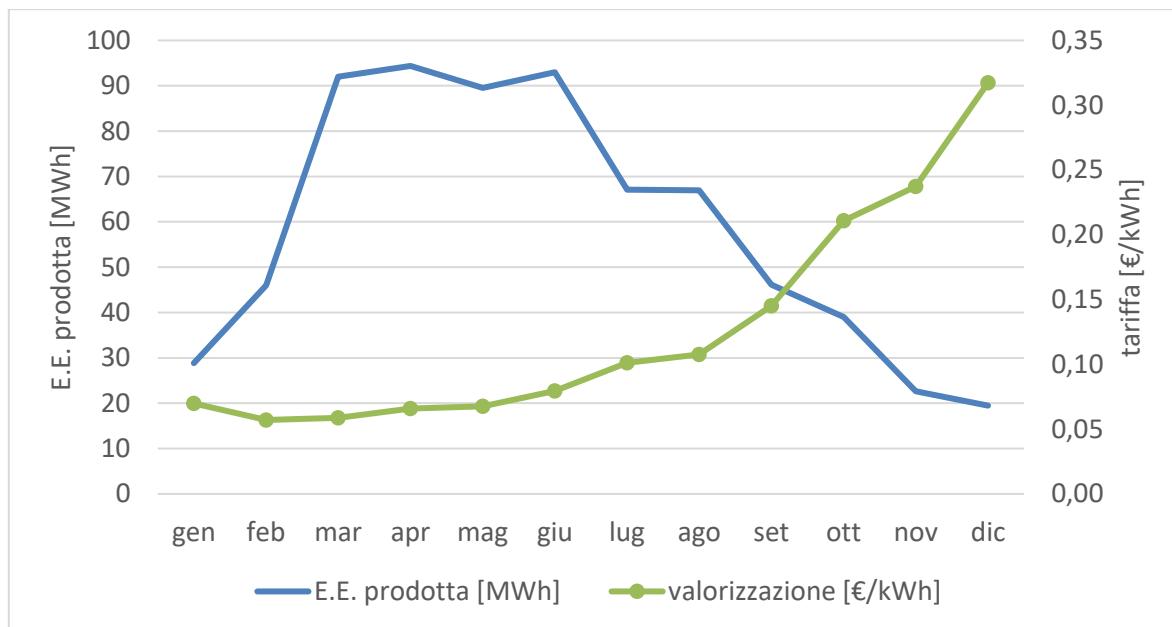
L'installazione di impianti fotovoltaici è incoraggiata dagli incentivi visti in *3.4.2 – Incentivi legati al fotovoltaico*. Questi hanno ispirato anche Grafica Veneta ad investire nell'energia rinnovabile. Segue l'analisi delle prestazioni dell'impianto da 998 kWp denominato "Paese 998" in Tabella 7, che trae vantaggio dagli incentivi di ritiro dedicato e scambio sul posto.

Tabella 59 – contributo incentivi per impianto FV "Paese 998", dati 2021

Mese	E.E. prodotta [kWh]	Corrispettivi RID (GSE)		Conto Energia	
		Avere imponibile [€]	valorizzazione [€/kWh]	Lordo [€]	tariffa [€/kWh]
gen	28818	2011	0.070	6628	0.23
feb	45983	2626	0.057	10576	0.23
mar	91974	5393	0.059	21154	0.23
apr	94369	6229	0.066	21705	0.23
mag	89530	6050	0.068	20592	0.23
giu	92955	7389	0.079	21380	0.23
lug	67098	6795	0.101	15433	0.23
ago	66980	7211	0.108	15405	0.23
set	46122	6699	0.145	10608	0.23
ott	39026	8234	0.211	8976	0.23
nov	22650	5373	0.237	5210	0.23
dic	19476	6180	0.317	4479	0.23
TOTALE	704981	89196	0.127	162146	0.23

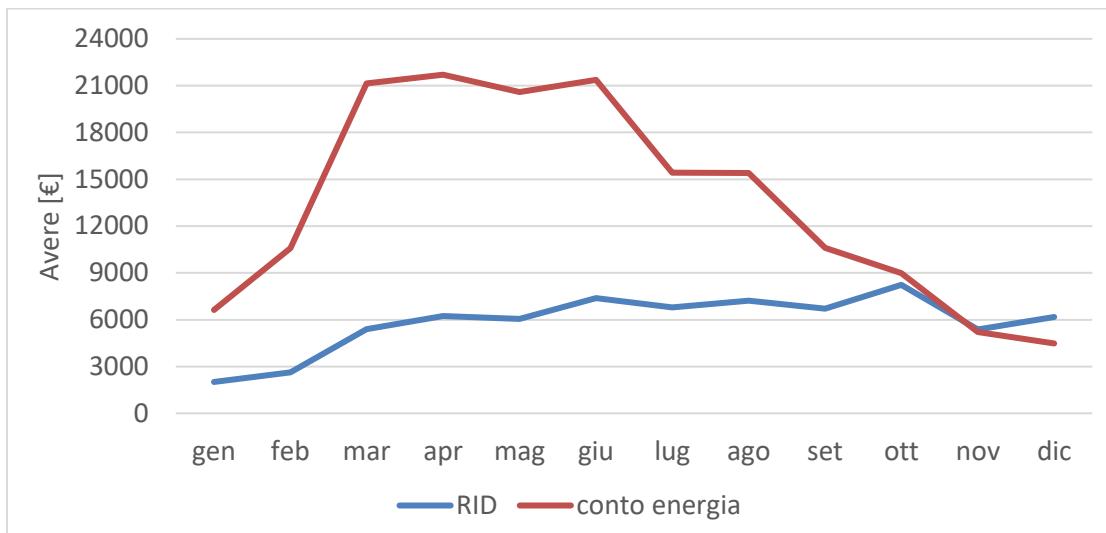
Si vede che grazie ai due incentivi l'azienda può valorizzare al meglio questo impianto. Si ricorda che non è installato nello stabilimento di Trebaseleghe: non c'è autoconsumo, tutta l'energia prodotta viene venduta. Anche se non è stato trattato nel corso della diagnosi, questo impianto fotovoltaico permette all'azienda di produrre e cedere alla rete energia elettrica senza emissioni di CO₂, ottenendo un ricavo nell'ordine delle decine di migliaia di euro all'anno.

Figura 70 – energia elettrica prodotta e tariffa, per mese, dati 2021



Il grafico riporta la produzione dell'impianto “Paese 998” nel 2021, in *MWh*, divisa per mese. Una seconda linea segnala l'andamento del valore riconosciuto per kWh ceduto nell'ambito del *ritiro dedicato*. La produzione di energia elettrica è massima nel periodo marzo-giugno, come conseguenza del modo in cui l'impianto è stato costruito. La tariffa riconosciuta oscilla dai 6 ai 32 c€/kWh, in modo inversamente proporzionale alla quantità di energia prodotta. Questi andamenti si combinano per decidere il ricavo proveniente dai due incentivi, delineato nel prossimo grafico.

Figura 71 – flussi di cassa per ritiro dedicato e conto energia, 2021



La tendenza dei ricavi per conto energia è la stessa dell’energia elettrica prodotta, dato che la tariffa è costante in tutto l’anno e pari a 0.23 €/kWh. L’evoluzione nel 2021 dei corrispettivi per ritiro dedicato (RID) invece vede i valori massimi alla fine dell’anno, quando c’è meno produzione di E.E. ma la valorizzazione del singolo kWh è maggiore.

In conclusione, la valutazione dei flussi di cassa dovuti agli incentivi è un passo importante nella valutazione degli investimenti, soprattutto per impianti come quelli commissionati da Grafica Veneta, dove le cifre, in valore assoluto, sono alte, nell’ordine delle migliaia di euro al mese. Includere gli effetti degli incentivi nella valutazione degli investimenti permette di fare calcoli più accurati e di abbassare il tempo di ritorno dell’investimento. Questo, a sua volta, consente di comunicare più facilmente ai decisori gli effetti positivi degli investimenti in impianti di produzione da FER come quello appena analizzato.

Una trattazione del tutto simile si può fare anche per gli altri impianti fotovoltaici e per i due impianti eolici commissionati da Grafica Veneta. Non viene presentata in questa sede perché sarebbe praticamente identica a quanto appena visto.

6.4 – strategia di compensazione delle emissioni di CO₂

Come spiegato in 5.5 - *Le emissioni di gas serra*, nel 2020 l’azienda ha quantificato la propria impronta carbonica per un totale di 10601 tonnellate equivalenti di CO₂. La neutralizzazione delle emissioni di CO₂ di Grafica Veneta avviene attraverso progetti creati per ridurre o assorbire le emissioni di gas serra. I progetti sono scelti in modo da rispettare

i criteri di: verifica da parte di un ente terzo indipendente, registrazione dei crediti in un registro apposito e impatto positivo sulla comunità locale.

Il piano di gestione delle riduzioni di gas serra copre gli investimenti dell'azienda dal 2020 fino al 2022. Grafica Veneta si è impegnata a sviluppare un modello di business in linea con gli obiettivi dell'Accordo di Parigi (COP 21) per contenere l'aumento medio della temperatura globale al di sotto dei 2 °C rispetto ai livelli preindustriali.

L'azienda si è posta l'obiettivo di raggiungere la decarbonizzazione del proprio mix energetico attraverso l'acquisto di energia verde certificata, per ridurre l'impatto dovuto al mix energetico importato, mediante l'acquisto di energia rinnovabile direttamente da distributori di E.E. certificata proveniente da fonti rinnovabili. L'utilizzo di energia elettrica acquistata dalla rete proveniente solo da fonti rinnovabili consentirebbe una riduzione delle emissioni di gas serra di circa l'11% rispetto all'uso di E.E. con il mix energetico nazionale. Tale percentuale è relativa al quantitativo complessivo di gas serra che dovrà essere compensato per poter raggiungere lo stato di carbon neutrality in accordo con la norma PAS 2060. [37]

Il piano di gestione delle riduzioni di gas serra è stato realizzato su base biennale (2021-2022). La prossima tabella mostra i progetti di riduzione che Grafica Veneta ha identificato per il 2022 e quelli messi in atto nel 2021. Durante il 2021 è avvenuta la sostituzione di un automezzo a gasolio con uno ibrido comportando una riduzione delle emissioni di CO₂ pari a circa lo 0.03 % del totale delle emissioni da compensare.

Tabella 60 - progetti di riduzione dell'impronta carbonica

Nome progetto	Descrizione	Anno	riduzioni stimate [t CO ₂ eq]
Mobilità	Sostituzione automezzo a gasolio con uno ibrido	2021	3.5
Energia Verde Certificata	Identificazione della migliore offerta sul mercato per l'utilizzo di energia verde certificata fino a coprire il 100% di E.E. acquistata dalla rete	2022	1181
Mobilità	Sostituzione delle auto a combustione con auto ibride o elettriche (acquisto di 2 nuovi mezzi)	2022	65

Sulla base di quanto pianificato si registra quindi un impegno di riduzione delle emissioni entro il 31 dicembre 2022 pari a circa l'11.7 % dell'impronta carbonica di riferimento.

Il secondo punto del programma di compensazione delle emissioni di gas serra è più complesso. Grafica Veneta ha deciso di acquistare *crediti di carbonio* per compensare le proprie emissioni complessive dirette ed indirette nel mercato di riferimento, iniziando dall'anno 2020. L'iniziativa è servita per diventare *carbon neutral* per le attività che rientrano nel perimetro di rendicontazione. La *neutralità* viene raggiunta bilanciando le emissioni di carbonio con le compensazioni, utilizzando di conseguenza i crediti di carbonio derivanti dai progetti a impatto positivo. Ogni credito è certificato secondo gli standard internazionali e corrisponde alla riduzione (o rimozione) di 1 $t_{CO2,EQ}$ di emissioni.

Insieme alla società CO2 Advisor, Grafica Veneta ha previsto di mettere in atto un programma di compensazione delle emissioni non evitabili nel rispetto dei più rigorosi standard internazionali. Il progetto a cui l'azienda ha aderito è il "Dong Nai 4 Hydropower Project". I crediti di CO2 del progetto sono conformi allo standard CDM (Clean Development Mechanism) emanato dalle Nazioni Unite. Questo è uno standard per la compensazione delle emissioni di CO2 riconosciuto a livello internazionale.



Project design document form for
CDM project activities
(Version 05.0)

Complete this form in accordance with the Attachment "Instructions for filling out the project design document form for CDM project activities" at the end of this form.

PROJECT DESIGN DOCUMENT (PDD)

Title of the project activity	Dong Nai 4 Hydropower Project
Version number of the PDD	Version 04.1
Completion date of the PDD	07/10/2014
Project participant(s)	Vietnam Electricity (EVN)
Host Party	Viet Nam
Sectoral scope and selected methodology(ies), and where applicable, selected standardized baseline(s)	Energy Industries (renewable energy) ACM0002, version 13.0.0
Estimated amount of annual average GHG emission reductions	594,017 tCO ₂

Figura 72 - Project Design Document dell'investimento di Grafica Veneta

Il progetto da cui l'azienda ha acquistato i crediti è stato validato da TÜV Rheinland conformemente ai principi dello standard CDM ed è periodicamente verificato.

Consiste in una centrale idroelettrica situata a monte del fiume Dong Nai, in Vietnam. L'attività progettuale prevede la costruzione di una diga, con opere di presa e centrale elettrica con due turbine di potenza complessiva pari a 340 MW. Prima dell'attuazione del progetto, l'elettricità in Vietnam veniva generata principalmente da combustibili fossili. La diga invece genera energia rinnovabile, per sostituire parte dell'elettricità altrimenti fornita da centrali elettriche alimentate a combustibili fossili.

La prima unità del progetto è stata avviata e messa in servizio nel 2012. La sua attività ha spostato le emissioni associate al funzionamento continuo delle centrali elettriche connesse alla rete esistenti e all'aggiunta di nuove fonti di generazione all'interno della rete elettrica nazionale del Vietnam per soddisfare la domanda di elettricità. Il progetto usa una fonte di energia pulita e rinnovabile (idroelettrica) e non ci sono emissioni di gas serra associate alla generazione di energia da questa centrale idroelettrica ad acqua fluente. L'attività è collocata negli altopiani centrali della parte meridionale del Vietnam

dove gli abitanti affrontano difficoltà eccezionali riguardo ad istruzione e infrastrutture. L'industria, in particolare, non è ben sviluppata.

Fornendo una produzione stabile di elettricità, l'attività del progetto punta a facilitare anche l'industrializzazione e a sostenere lo sviluppo economico per le popolazioni locali. Inoltre, vuole contribuire a migliorare le infrastrutture regionali con la costruzione di nuove strade e il potenziamento di quelle esistenti, supportando in questo modo lo sviluppo economico nelle comunità circostanti. Il progetto crea inoltre più opportunità di lavoro con la conseguente riduzione delle povertà: lo si può definire una misura di sostenibilità sociale. L'importo stimato delle riduzioni medie annuali delle emissioni di gas serra è pari a 594017 tonnellate equivalenti di CO₂. Grafica Veneta ha comprato i crediti per avere diritto al riconoscimento di una parte di queste riduzioni.

6.5 – Investimenti consigliati

Questa parte è dedicata alle proposte di investimento sviluppate in base alle conclusioni della diagnosi svolta per il presente lavoro di tesi. Si possono aggiungere a quelli pianificati da Grafica Veneta per delineare una traiettoria di sviluppo del sistema energetico aziendale.

6.5.1 – Struttura di energy data management

La gestione dei dati sui consumi energetici, o *energy data management*, può essere implementata in modo virtuoso come parte di un sistema di gestione dell'energia (EnMS) conforme alla norma UNI CEI EN ISO 50001. [8]

Grafica Veneta non ha ancora un vero e proprio sistema di gestione dei dati relativi ai consumi energetici. Certe grandezze di consumo e produzione sono lette e registrate, come ci si può aspettare da uno stabilimento industriale, ma attualmente l'azienda non può avvalersi di un flusso di dati tale da giustificare – o consentire – l'uso di strumenti di business intelligence avanzati.

Il referente aziendale fa sapere che la disposizione dei macchinari nei reparti di lavoro non è mai definitiva, ma cambia per rispondere alle esigenze di un particolare periodo. Ricostruire l'impianto di raccolta dati dopo aver spostato i macchinari di produzione sarebbe un onere aggiuntivo che l'azienda, attualmente, non giustifica. Questo limita molto la quantità di dati attualmente raccolti. Qui si vuole sottolineare l'importanza di

investire in un EnMS con una struttura di energy data management che verrà ipotizzata. Questo è necessario per certificare la conformità con la norma ISO 50001 e ottenere i vantaggi conseguenti.

Un altro problema è che i dati raccolti non sono organizzati in un sistema integrato, quindi i calcoli sugli indicatori energetici non vengono svolti automaticamente, ma vanno fatti a mano da un consulente. Questo ovviamente è un costo e crea difficoltà nel momento in cui si cerca di praticare un monitoraggio costante delle prestazioni energetiche. Una conseguenza, ad esempio è che l'azienda non ha mai fatto contratti con una ESCo. Infatti, senza un EnMS, non ci sono dati che puntano a gravi inefficienze da risolvere attraverso la partnership con una ESCo.

Il sistema di gestione dei dati sui consumi energetici di Grafica Veneta, attualmente, si basa sul raccogliere i dati e inviarli ad un consulente esterno: non c'è ancora un EnMS conforme alla normativa ISO 50001. L'azienda sta concordando con un fornitore modalità e tempi per un monitoraggio totale dei consumi per area e per singola macchina.

Il successo di un programma di gestione energetica all'interno di un'organizzazione dipende dalla sinergia tra tecnologia e amministrazione. La tecnologia da sola non permette di ottenere risparmi ottimali: dev'essere combinata con pratiche operative corrette. Un EnMS non è solo un software, o un impianto: è anche un insieme di comportamenti. La buona gestione dell'energia è altamente redditizia, ma per essere efficace deve essere un processo continuo. Molte misure adottate come conseguenza del EnMS possono anche portare benefici al comfort dei dipendenti, migliorando il riscaldamento, l'isolamento termico ed eliminando i ponti termici. Ciò può ridurre il turnover del personale e migliorare la produttività. L'uso di un EnMS costringe a prestare attenzione all'efficienza energetica. Questo può spesso evidenziare carenze nelle aree collegate, come la manutenzione, la resa dei processi e la qualità. Una buona gestione dell'energia consente di valutare al meglio l'efficacia degli investimenti proposti, come i prossimi EPIA in questo capitolo.

Un altro vantaggio di un EnMS certificato ISO 50001 è la possibilità di soddisfare più facilmente l'obbligo di diagnosi del D.Lgs. n° 102/2014. Le imprese come Grafica Veneta, che hanno il dovere di fare la diagnosi ogni 4 anni, possono in alternativa adottare un sistema di gestione conforme alla norma ISO 50001. Con questo investimento si crea un EnMS che, oltre a fornire all'azienda dati utili per le analisi interne, la alleggerisce anche dal peso degli obblighi del D.Lgs. n° 102/2014, il che porta un valore aggiuntivo.

Ci sono diversi modi per implementare questo intervento di tipo gestionale. Il monitoraggio con obiettivi (monitoring and targeting, M&T) è un approccio disciplinato alla gestione dell'energia che assicura che le risorse energetiche siano utilizzate con il massimo vantaggio economico. Nell'anno successivo all'introduzione di un programma di M&T si può ottenere un risparmio energetico del 5% circa. Il programma consente il monitoraggio continuo del consumo energetico e la pianificazione dei miglioramenti nell'efficienza dell'uso dell'energia.

Il sistema M&T usa i dati energetici misurati dal EnMS per stabilire obiettivi di prestazione raggiungibili, anche se impegnativi. Si può applicare in aziende, reparti o singole macchine. Gli obiettivi si possono fissare usando dati interni (come gli indicatori in *5.4.3 – Benchmark con l'azienda stessa*) o esterni, che a loro volta possono provenire dalla letteratura o dalle altre aziende del settore. I dati per stabilire gli obiettivi interni possono essere ottenuti facilmente, ma gli obiettivi stessi potrebbero non essere realistici.

D'altra parte, mentre gli obiettivi esterni tratti dai produttori di macchinari e dalle associazioni di ricerca forniranno valori teorici minimi per il consumo di energia per particolari tipi di prodotti e processi, non si può dimostrare che questi siano raggiungibili nel caso particolare di Grafica Veneta. Gli obiettivi di confronto esterni o i benchmark sono molto difficili da definire a causa della varietà di operazioni e prodotti e della difficoltà di definire uno "standard" industriale, vista anche la grande varietà dei libri che è possibile stampare. Si ricorda la difficoltà nel recuperare dati per il benchmark delle aziende ATECO 18.12 (altre stampe) già sottolineata in *5.4.2 – Benchmark con il settore*. L'importante è che, qualunque sia il tipo di obiettivo scelto, questo sia raggiungibile e che faccia parte di un programma di gestione energetica sistematico e integrato.

Per implementare un sistema di monitoraggio ed energy data management conforme alla norma ISO 50001, bisogna definire un piano di misura. La prassi è di "definire l'attuazione del piano di monitoraggio permanente in modo da: mantenere i dati significativi del contesto aziendale, acquisire informazioni utili per il processo di gestione e dare il giusto peso energetico al prodotto realizzato". [34]

Si cerca quindi di strutturare il piano di monitoraggio sulla base delle misure e dei dati già raccolti in azienda, integrandolo ove necessario con altri dati (magari già presenti ma non raccolti sistematicamente) e con nuove misure che possano fornire un livello di monitoraggio adeguato al peso energetico dell'area. Nel caso di Grafica Veneta, tutti i dati (sull'energia) disponibili sono stati commentati in questo lavoro di tesi. Il trigeneratore è attrezzato per misurare una moltitudine di parametri, ma questi non vengono tutti

memorizzati in modo sistematico nella banca dati aziendale. L'integrazione di quei dati con il futuro EnMS sarebbe molto facile e vantaggiosa. Le nuove strumentazioni di misura da introdurre sono quelle relative alle singole macchine: per l'energia elettrica, è fondamentale coprire almeno le stampanti della linea produttiva. Per il gas naturale, una misura dei consumi dei singoli fornì sarebbe utile per rilevare i più energivori.

Uno degli obiettivi del piano è quello di riuscire a reperire dati sulle perdite energetiche, per dare la possibilità di redigere un bilancio energetico per ogni area funzionale individuata in Figura 19. Per quanto riguarda le misure, nel piano di Grafica Veneta dovrebbero essere incluse almeno le seguenti:

- misure sui punti di consegna dell'elettricità e del gas. Sono già presenti valori mensili, ma il livello di dettaglio andrebbe aumentato per avere a disposizione dati per giorno o per ora
- misure fiscali di consumo, per i combustibili liquidi per autotrazione. Queste sono già presenti: devono essere integrate nel nuovo EnMS, non scartate
- misure richieste dalla normativa vigente, come quelle per verificare il regime CAR del trigeneratore. Dovrebbero essere integrate nel EnMS, assieme ai dati già esistenti e trattati in *5.3.4 – Flussi di energia nel trigeneratore*
- Misure del livello di produzione. I dati grezzi sono già presenti, ma è necessaria una maggiore integrazione con il EnMS, per calcolare facilmente gli indicatori energetici visti in *5.4 – Le prestazioni energetiche attraverso gli indicatori*, non solo a livello annuale, ma anche per mese o per settimana

Dal punto di vista tecnico, gli EnMS utilizzano dispositivi e sensori IoT (*Internet of Things*) per raccogliere dati di consumo in tempo reale. Invece di raccogliere questi dati manualmente, un EnMS è dotato di un impianto che svolge questo lavoro automaticamente e fornisce dati affidabili per i report. Il sistema di misura può limitarsi a coprire i consumi di energia elettrica e gas naturale. Attualmente gli altri vettori energetici acquistati dall'azienda sono solo i combustibili per autotrazione, ma le misure finanziarie possono dare informazioni sufficienti sulla quantità acquistata.

Le best available Technologies in merito agli EnMS consigliano di implementare un sistema di gestione dell'energia avente tutte le seguenti caratteristiche: [46]

- valutazione del consumo e della produzione di energia complessivi dello stabilimento

- individuazione, quantificazione e ottimizzazione del potenziale di recupero dell'energia
- monitoraggio e protezione della condizione ottimizzata del consumo energetico

Gli strumenti di misura dell'energia elettrica devono interessare sia gli impianti di produzione che gli utilizzatori. Il trigeneratore e l'impianto fotovoltaico sono già attrezzati con strumenti per misurare le grandezze energetiche, ma si può cercare una maggiore integrazione con il sistema informatico di raccolta dati. Un obiettivo potrebbe essere quello di costruire profili con un valore dell'energia prodotta ogni ora. Attualmente solo il contatore dell'energia elettrica prelevata dalla rete ha un livello di dettaglio sufficiente a rispettare un criterio simile, come visto in 5.3.2 – *Prelievo istantaneo di energia elettrica*.

Il lavoro principale nell'implementazione del EnMS sarà l'installazione dell'attrezzatura per misurare i consumi di energia elettrica nello stabilimento. Questi dovrebbero coprire, in ordine di priorità:

- Le macchine di stampa e brossura individuate in 5.2.3 – *I mezzi del processo produttivo*. Questi macchinari sono il cuore del processo produttivo, e i principali consumatori di E.E. nello stabilimento, quindi gli strumenti di misura dovrebbero interessare ogni singola macchina.
- I motori elettrici, che sono importanti utilizzatori di energia. I motori di taglia maggiore dovrebbero avere strumenti di misura dedicati, visto che per questi il risparmio di energia e il monitoraggio continuo possono portare benefici maggiori.
- Il compressore dell'impianto pneumatico visto in 5.2.4 – *I consumi per i servizi ausiliari*. Questo dovrebbe essere munito di strumentazione per misurarne i consumi, in modo da permettere il calcolo degli EnPI per l'impianto ad aria compressa. Sulle perdite dei trasformatori si può sorvolare, ma il compressore è un grande utilizzatore di energia, e disporre di misure (anche aggregate) è fondamentale.
- Gli impianti HVAC, il locale server e l'impianto di illuminazione visti in 5.2.5 – *I consumi per i servizi generali*. Tutti questi potrebbero trarre vantaggio da una raccolta dati sistematica, ma qui diventa più difficile giustificare l'investimento in un EnMS.

Il sistema HVAC è (inevitabilmente) composto da terminali distribuiti nello stabilimento e consuma principalmente energia termica. L'energia elettrica alimenta gli ausiliari, le pompe e i ventilatori. Sebbene la disponibilità di dati sia sempre vantaggiosa, dotare ogni attuatore di uno strumento di misura può risultare costoso e invasivo. I consumi di E.E.

dell'impianto HVAC, poi, sono sicuramente inferiori a quelli delle macchine di stampa e brossura, quindi i dati raccolti non permetterebbero di realizzare risparmi veramente impattanti. Si ritiene quindi che Grafica Veneta dovrebbe dare la priorità agli strumenti di misura per i mezzi di produzione e i *sistemi ausiliari*, lasciando i *sistemi generali* per ultimi.

Per la *sala server* il discorso è leggermente diverso. Dato che l'azienda intende costruire un nuovo locale server nel 2023 (si veda 6.5.6 – *Nuovo locale server*), sarebbe giusto includere la strumentazione per la misura dei consumi elettrici. Dato che l'elettronica energivora sarà concentrata in un locale, può essere sufficiente un solo punto di misura complessivo per i consumi di tutti i dispositivi elettronici.

Per l'impianto di illuminazione il discorso è simile all'impianto HVAC: i terminali sono distribuiti in tutto lo stabilimento, quindi può essere difficile integrare gli strumenti di misura dedicati solo ai punti luce. Il vantaggio dei dati sui consumi, comunque, è chiaro, perché permette anche di capire quante lampade sono accese in quali momenti. Questo, a sua volta, permette di ottimizzare anche i comportamenti dei dipendenti non strettamente legati all'uso di energia.

In conclusione, i consumi di E.E. sono molto articolati, e disporre un sistema di misura sufficiente richiederà un impegno significativo. Per il gas naturale, invece, basta installare gli strumenti di misura sui principali impianti nello stabilimento che usano quel combustibile. Attualmente, Grafica Veneta divide i consumi di gas misurati in due destinazioni: trigeneratore e stabilimento. Si ritiene che sia necessario misurare i consumi almeno dei 5 maggiori utilizzatori di gas naturale, possibilmente di tutti gli 8 forni a gas individuati in Tabella 14. Questo permetterà di calcolare gli indici di prestazione energetica (EnPI) specifici di ogni forno, individuando quelli meno performanti, per poi procedere con interventi di efficientamento mirati.

La misura dei vettori energetici prodotti nello stabilimento, come ACS e aria compressa, sarebbe utile per studiare meglio la struttura dei consumi energetici, ma questo è un interesse secondario rispetto ai consumi di E.E. e gas naturale. Si ricorda infatti che il EnMS non deve necessariamente avere una copertura totale.

Le linee guida ASSOCARTA riportano che, nell'esperienza maturata dalle aziende partecipanti, normalmente il 20% delle utenze più energivore copre circa l'80% dei consumi complessivi. [40]

È quindi possibile ottenere una buona copertura dei consumi misurati anche con interventi su pochi macchinari, se vengono scelti bene.

Al fine di ottenere dei dati di benchmark affidabili senza rendere l'impegno troppo gravoso per Grafica Veneta, si definiscono dei livelli di copertura minimi richiesti per i dati misurati. Per aziende con consumi di energia minori di 5000 *tep/anno*, come appunto Grafica Veneta, le percentuali di copertura dei consumi misurati potrebbero essere: 60% per le attività principali, 25% per i servizi ausiliari e 10% per i servizi generali. La percentuale è intesa come rapporto tra la somma dei consumi misurati e i consumi totali di stabilimento in quella destinazione d'uso. [33]

Gli obiettivi non sono troppo esigenti, quindi si possono tranquillamente trascurare alcuni macchinari al momento dell'installazione degli strumenti di misura.

Un'altra cosa che si può tralasciare è la raccolta dei dati climatici. Nella norma EN 17267 si consiglia di raccogliere i dati climatici per usarli nell'analisi dei consumi energetici.

Tuttavia, si ritiene che per Grafica Veneta sia sufficiente avere un EnMS che raccolga i dati energetici e del processo produttivo, per permettere il calcolo di EnPI basati su rapporti tra quantità di libri stampati e consumi di energia. Per i dati climatici si può far riferimento agli *open data* da fonti come ARPAV.

La banca dati ARPAV fornisce anche dati storici sulle temperature raccolte dalle centrali meteorologiche, assieme a molti altri parametri climatici e di qualità dell'aria. Una di queste centraline è installata proprio a Trebaseleghe. [W.41]

Si ritiene, quindi, che Grafica Veneta non abbia la necessità di includere la strumentazione di misura dei dati climatici nel suo nuovo EnMS, perché i dati ARPAV sono abbastanza accurati da poter essere usati nelle analisi interne dell'azienda. Tuttavia, installando anche questa strumentazione, Grafica Veneta potrebbe disporre di valori più accurati e misurati con una frequenza maggiore. I dati ARPAV, infatti, sono forniti come medie giornaliere, non sono disponibili profili orari. Se i consulenti volessero capire la correlazione tra i consumi di gas e la temperatura esterna in un singolo giorno, questo non si potrebbe fare usando solo i dati ARPAV. Se l'azienda ha intenzione di investire in analisi del genere, dovrà associare al nuovo EnMS di questa EPIA anche un apparato per la misura dei dati climatici del sito di Trebaseleghe, con la misura di un dato per ora o per quarto d'ora.

Una volta ultimata questa EPIA, Grafica Veneta avrà a disposizione dati per calcolare gli indici prestazionali specifici di area e per paragonare le prestazioni dello stabilimento con altre realtà del settore, fornendo all'azienda informazioni utili per migliorare la competitività e per valutare la qualità dei suoi prossimi investimenti.

Una volta installato il EnMS, sarà necessario tenerlo aggiornato nel tempo. Questo EnMS, infatti, ha bisogno di manutenzione. Si devono aggiornare ogni anno gli indicatori di

prestazione e i dati sui consumi specifici di ogni attività, seguendo la traccia di 5.4 – *Le prestazioni energetiche attraverso gli indicatori*. L’elenco delle macchine energivore significative varia di anno in anno in base agli interventi fatti e alle esigenze imposte dalle norme specifiche di settore, che sono in continua evoluzione. Lo scopo del EnMS è di rendere questo processo il più facile e automatico possibile: le difficoltà principali si incontreranno al primo avvio, quando i dipendenti dovranno imparare ad usare il nuovo sistema. La manutenzione, nel tempo, sarà meno costosa, ma non va comunque trascurata.

6.5.2 – Relamping dell’impianto di illuminazione

A partire dagli anni '90, i sistemi di illuminazione hanno potuto contare su sorgenti luminose e sistemi di controllo molto efficienti, in grado di fornire un servizio efficace a costi ridotti. Rendere più efficiente il sistema di illuminazione comporta sempre un risparmio di energia elettrica, il che aumenta la probabilità di ottenere VAN positivi per l’investimento. L’efficienza del sistema di illuminazione aumenta installando sorgenti luminose a maggior rendimento, adottando lampade con una migliore efficienza ottica, aumentando il fattore di utilizzo (ad esempio ridipingendo le pareti) e rendendo più frequenti gli interventi di manutenzione. Aumentando l’efficienza si può diminuire il prelievo di E.E. dell’impianto e si allontana la data del prossimo intervento di sostituzione del parco lampade. [48]

Un intervento di relamping, che consiste nel rimpiazzare le lampade in un impianto di illuminazione, è molto efficace in questo contesto. Come si vede in Figura 67, secondo ENEA gli impianti di illuminazione hanno ricevuto molta attenzione come conseguenza delle diagnosi energetiche obbligatorie. Questo, infatti, è il tipo di EPIA più praticato: in Figura 67, gli interventi sull’impianto di illuminazione sono il 26% di tutte le EPIA portate a termine.

Per attuare con successo investimenti simili, bisogna prima esaminare le aree illuminate e stabilire se l’energia fornita è troppa o troppo poca. Gli uffici dovrebbero essere controllati periodicamente, per assicurarsi che le stanze non utilizzate non siano illuminate con lo stesso regime di quelle in uso. Infatti, alcuni ambienti non richiedono costantemente il massimo livello di illuminazione: ripostigli, spogliatoi, mense, ecc.

In questo lavoro di tesi, per definire il livello appropriato di copertura luminosa si fa riferimento alla norma EN 12464-1. [49]

Una buona illuminazione migliora le condizioni di lavoro e la produttività, aumenta la sicurezza e il benessere del personale. I vecchi apparecchi di illuminazione sono spesso inefficienti, per questo si deve sempre proporre il passaggio ai terminali a LED, caratterizzati da una maggiore durata e da una migliore efficienza energetica, garantendo un ritorno dell'investimento relativamente breve.

Quando si progetta un sistema di illuminazione, occorre prestare particolare attenzione a non sovradimensionarlo. Un grande risparmio energetico può essere ottenuto regolando l'illuminazione in base alla luce diurna durante la fase di progettazione degli ambienti di lavoro: finestre più grandi garantiscono una maggiore illuminazione durante il giorno. La tecnologia DALI aiuta a regolare bene l'intensità luminosa in modo centralizzato, evitando sprechi di energia.

I dati delle lampade installate nello stabilimento di Grafica Veneta, già visti durante la definizione dell'inventario energetico, sono riportati in Tabella 20. Per valutare la fattibilità di un EPIA di relamping, si dovranno cercare i modelli più nuovi per confrontarne le prestazioni con quelli attuali. Sarà poi possibile valutare il tempo di ritorno di un investimento di sostituzione. Trattandosi di 800 punti luce da circa 170 W ciascuno, anche con piccole differenze tra le prestazioni del singolo modello si potranno ottenere risparmi importanti. Oltre alla sostituzione dei punti luce, è possibile anche installare sensori di movimento o adottare altre misure per garantire lo spegnimento delle luci che non sono necessarie in un dato momento.

Un altro aspetto da valutare è la scelta dell'illuminamento (misurato in *lux*) per i vari reparti dello stabilimento. L'impianto dovrà assicurare un livello minimo di luce per agevolare i lavori. Tuttavia, si sa che i consumi di energia elettrica aumentano assieme al flusso luminoso (in *lumen*) della lampada, quindi non bisogna esagerare nella copertura, anche per non abbagliare i dipendenti. La normativa EN 12464-1 tratta il tema della copertura luminosa dei posti di lavoro interni. Per le aziende come Grafica Veneta, consiglia i livelli di illuminamento della prossima tabella.

Tabella 61 – illuminamento per attività di stampa, industriali e artigianali. Fonte: [49]

Attività svolta	illuminamento [lx]	
	minimo	consigliato
Taglio, incisione, lavoro su lastre, macchine da stampa, realizzazione di matrici	500	750
Selezione della carta e stampa manuale	500	750
Impostazione dei caratteri, ritocco, litografia	1000	1500
Ispezione del colore in stampa multicolore	1500	2000
Incisione su acciaio e rame	2000	3000
Magazzino	150	200
Ufficio	300	750

Questi dati di riferimento sono molto importanti. Infatti, se l'impianto di illuminazione è attualmente sovradimensionato, un EPIA di relamping può puntare a ridurre il flusso luminoso erogato dai terminali, installando lampade di taglia minore, che realizzeranno un risparmio di energia elettrica rispetto ai punti luce attualmente presenti. Con i dati forniti da Grafica Veneta, si può ricostruire parzialmente lo stato di copertura delle lampade, partendo dalla suddivisione delle aree funzionali già vista in Tabella 2.

Tabella 62 – flusso luminoso richiesto in Produzione, secondo EN 12464-1

zona	superficie	incluso	Illuminamento, da EN 12464-1	flusso totale	n° eq. di lampade previsto
Da Tabella 2	m^2	SI/NO	lux	lm	
Uffici	693	NO	750	519750	
Produzione (stampa digitale)	7670	SI	1500	11505000	438
Produzione (stampa offset)	11235	SI	750	8426250	321
Magazzini	51300	NO	200	10260000	
Totale aree incluse	18905	SI		19931250	759

Per ognuno dei gruppi di aree funzionali visto in Tabella 2, si riporta il livello di illuminamento (in *lux*) consigliato dalla norma EN 12564-1, scelto in base al tipo di attività lavorativa che si svolge in quell'area. Si procede calcolando il flusso luminoso richiesto in base all'area riportata nella planimetria per quella specifica zona: in tabella è chiamato semplicemente "flusso totale". Il numero equivalente di lampade previsto si ottiene dividendo quel flusso luminoso per 26265 *lm*. Il motivo sarà spiegato commentando la prossima tabella. In conclusione, per le aree coperte dai dati forniti da Grafica Veneta, si stimano 759 punti luce necessari, inferiori del 5% rispetto agli 800 attualmente installati. Questo è un modello semplificato che non considera il maggior bisogno di luce nelle aree dove si ispezionano i prodotti stampati a colori, quindi un calcolo più approfondito produrrebbe sicuramente una quantità maggiore di punti luce.

Una volta capita la situazione dal lato della domanda, si valuta l'offerta di luce. Le lampade installate in "Produzione" sono già state descritte in Tabella 20. Nella prossima tabella si sviluppa un calcolo in base a quei dati.

Tabella 63 – offerta del servizio illuminazione nei reparti di Produzione

modello di lampada	numero	flusso luminoso individuale	flusso luminoso totale
		lm	lm
Orbiter 60x60	500	25422	12711000
Stark 4 3	300	27670	8301000
TOTALE	800	26265	21012000

In base al flusso luminoso individuale e al numero di lampade installate, si calcola il flusso luminoso totale. Nei 18905 *m²* della zona "Produzione" è possibile avere 21012000 lumen dalle 800 lampade installate. Si ricorda che questi terminali sono regolabili e supportano lo schema DALI per il controllo remoto, quindi i valori in tabella sono intesi come massimi possibili. Facendo una media pesata, si vede che la lampada equivalente ha un flusso luminoso individuale di 26265 *lm*. Se ci fossero 800 terminali identici e con quel flusso, la situazione sarebbe equivalente al caso reale di Grafica Veneta. Si nota che è esattamente il valore usato per stimare il numero di lampade previsto nella tabella precedente. L'illuminamento medio nella zona produzione vale:

$$\bar{I}_P = \frac{21012000}{18905} = 1111 \frac{lm}{m^2} = 1111 lx$$

È un valore in linea con le richieste della normativa. Si ritiene quindi che la taglia dei terminali attualmente installati in *Produzione* sia appropriata. L'investimento di relamping dovrebbe cercare terminali più efficienti ma con un flusso luminoso equivalente, o almeno simile. Analizzando anche i punti luce esterni e quelli nel magazzino, si potrebbe ripetere questo calcolo per valutare la possibilità di sostituire i terminali con modelli di taglia inferiore, per ridurre il consumo di energia elettrica in modo ancora più deciso.

Alla luce di quanto detto, è stata fatta una semplice ricerca nel catalogo di GDS Lighting, il produttore delle lampade attualmente installate in Grafica Veneta. La prossima tabella mostra un confronto tra i modelli già presenti e le offerte migliori di GDS Lighting.

Tabella 64 – confronto delle offerte. Fonte: GDS Lighting [W.37]

Modello	Già installata	Potenza	Flusso luminoso	Efficienza	Differenza, rispetto a:	
	SI / NO	W	lm	lm/W	Orbiter	Stark
Orbiter 60x60	SI	180	25422	141	0.0%	-14.2%
Stark 4 3	SI	168	27670	165	16.6%	0.0%
Stark 2 1	NO	63	10597	168	19.1%	2.1%
Stark 4 2	NO	134	22365	167	18.2%	1.3%
Itan C L 5	NO	104	14976	144	2.0%	-12.6%
Orbiter MP HE 0	NO	70	10520	150	6.4%	-8.8%
Orbiter MP HE 3	NO	126	18303	145	2.9%	-11.8%

La tabella elenca una serie di modelli. Specifica la potenza e il flusso luminoso di ciascun apparecchio. Per facilitare il confronto, si propone un indice di efficienza [lm/W] rappresentativo del flusso luminoso che si ottiene per l'unità di potenza elettrica immessa. Le lampade più efficienti hanno un indicatore più alto, e viceversa. Questo è reso più evidente nelle ultime due colonne, che mettono a confronto gli tutti gli apparecchi con la *Orbiter* e la *Stark* attualmente installate nei reparti di produzione.

Si vede che la *Orbiter 60x60* è il modello meno efficiente in tabella, mentre la *Stark 4 3* è uno dei più performanti. Tra le offerte individuate, la migliore è senza dubbio *Stark 2 1*, che con 168 lm/W ha l'efficienza maggiore. Tuttavia, questa è maggiore solo del 2% rispetto all'indicatore di *Stark 4 3*. Si ritiene che non abbia senso sostituire le lampade *Stark 4 3* attualmente installate, perché sono modelli ancora competitivi con le nuove

offerte di GDS Lighting. Come si vede in tabella, i potenziali sostituti di *Stark 4 3* hanno prestazioni equivalenti o peggiori.

La *Orbiter 60x60*, invece, ha un indicatore di efficienza di soli 141 lm/W. Sostituendole con *Orbiter MP HE 0*, si potrebbe aumentare l'efficienza del 6.5% circa, portandola a 150 lm/W. Installando *Stark 2 1*, l'efficienza aumenterebbe persino del 19%, passando da 141 a 168 lm/W. Il confronto tra i due, però, non è così semplice. Il fattore di forma e la taglia sono molto diverse: la *Orbiter* attualmente installata è da 25000 lm, mentre la *Stark 2 1* è solo da 10597 lm. Si è visto, precedentemente, che il livello di copertura luminosa attuale è adeguato e compatibile con le richieste della normativa, quindi ridurre il flusso luminoso dei punti luce non ha senso, nel caso di Grafica Veneta. Gli investimenti dovrebbero prevedere l'installazione di lampade di taglia uguale (o almeno simile) a quelle già presenti. Ad esempio, *Stark 4 2*, con 22365 lm, sarebbe compatibile con i due tipi di terminali già presenti, ma con i suoi 167 lm/W permetterebbe di aumentare l'efficienza del 18% rispetto alle *Orbiter* e del 1% rispetto alle *Stark*.

In conclusione, si ritiene che l'intervento (EPIA) di relamping dovrebbe prevedere la sostituzione di tutte le *Orbiter 60x60* con un modello compatibile e più efficiente, come *Orbiter MP HE 0* di GDS Lighting, o un apparecchio equivalente di un altro fornitore. Come si è visto, l'analisi appena presentata ha delle limitazioni. Per valutare accuratamente l'utilità (e quindi il profitto) di un investimento nell'impianto di illuminazione, l'azienda dovrà prima raccogliere dati sull'uso dell'impianto nel suo sistema di gestione dell'energia. Questa EPIA, quindi, dipende dall'investimento in *6.5.1 – Struttura di energy data management* discusso prima. Con quei dati, poi, sarà possibile calcolare i consumi annuali di energia elettrica senza dover fare stime grossolane in base agli orari di lavoro dei vari reparti. Bisognerà poi assegnare un valore alla E.E. risparmiata. Non si può considerare solo il prezzo dell'energia elettrica acquistata, perché, come visto, buona parte della domanda di E.E. è coperta da autoproduzione. Una volta stabilito il costo dell'energia risparmiata, sarà possibile capire se il minore consumo di energia copre i costi per la sostituzione di 500 punti luce *Orbiter 60x60*. Si ritiene che i potenziali risparmi ottenibili da questo investimento giustifichino un approfondimento ulteriore da parte di Grafica Veneta.

6.5.3 – Rifaſamento elettrico

A seguito della Delibera 180/2013/R/EEL: "Regolazione tariffaria dei prelievi di energia reattiva nei punti di prelievo connessi in media e bassa tensione, a partire dal 2016" è stato stabilito un livello minimo del fattore di potenza medio per i prelievi nelle ore di alto carico (fasce F1 e F2), pari a 0.95 a partire da gennaio 2016.

Il meccanismo tariffario prevede un corrispettivo per la potenza reattiva prelevata sulla base degli oneri reali connessi alla circolazione dell'energia superflua sulla rete. Il livello minimo del fattore di potenza impone, in termini di energie attiva e reattiva, la legge:

$$\cos(\varphi) = \frac{E_{ATT}}{\sqrt{E_{ATT}^2 + E_{REA}^2}} = 0.95$$

Dove:

- $\cos(\varphi)$ = fattore di potenza
- E_{ATT} = energia attiva prelevata [kWh]
- E_{REA} = energia reattiva prelevata [kVARh]

Il fattore di potenza è un indicatore dell'efficienza dell'elettricità consumata. Più basso è il fattore di potenza, più alto è il costo. Quando il fattore di potenza è 0, il flusso di energia è interamente reattivo. Una corretta gestione del fattore di potenza comporta vantaggi sia tecnici che tariffari. Un basso fattore di potenza si traduce quindi in un doppio effetto negativo: la capacità della rete esterna diminuisce, e diventa quindi problematico per il distributore riuscire a collegare altri clienti. Inoltre, i cavi del distributore sono occupati da una componente di corrente che induce perdite per effetto Joule.

La potenza reattiva richiesta dalle macchine elettriche può essere facilmente generata in loco tramite un impianto di rifaſamento. Questa batteria fornisce l'energia reattiva necessaria per far funzionare i motori, scaricando così i cavi del distributore, che non applicherà la tariffa per basso $\cos\varphi$. Si ritiene che la soluzione più adatta a Grafica Veneta sia il rifaſamento centralizzato. Per dimensionare la batteria di rifaſamento, si calcola la potenza attiva media prelevata, come rapporto tra tutta l'energia attiva prelevata e le ore di funzionamento annuali dell'azienda:

$$P_{ATT} = \frac{E_{ATT} [\text{kWh}]}{H_L \left[\frac{\text{ore}}{\text{anno}} \right]} = \dots [\text{kW}]$$

Dalla quale si può calcolare la potenza di rifaſamento ΔQ [kVAR] da installare a livello centralizzato. Questa non può essere inserita in modo continuo, poiché nei periodi di

basso carico si troverebbe a fornire energia reattiva capacitiva alla rete esterna. Questa eventualità, essendo causa di vari problemi tecnici (fenomeno di risonanza), è soggetta a penali. È quindi necessario che la potenza reattiva sia fornita in base alle fasce di richiesta, pertanto i condensatori sono organizzati in batterie strutturate secondo "gradini" di inserimento successivi. Ogni passo deve avere una potenza variabile tra il 10 e il 20% della potenza di rifasamento totale richiesta.

Alla luce di ciò, ci si chiede se sia conveniente rifasare il carico oltre $\cos \varphi = 0.95$, considerando che le tariffe non cambiano e che il limite per il pagamento della penale rimane comunque fissato a $\cos(\varphi) = 0.95$, quindi all'utente non verrebbe riconosciuto alcun beneficio in bolletta. Inoltre, la correzione completa del fattore di potenza a $\cos(\varphi) = 0.95$ non identifica la situazione ottimale dal punto di vista economico, situazione nella quale si dovrebbe pagare una penale minima ogni anno. Nel caso di rifasamento centralizzato con $\cos(\varphi) > 0.95$ l'unico soggetto a beneficiarne è il gestore della rete esterna, che a costo zero otterebbe un aumento della capacità commerciale del proprio cavo elettrico, oltre a guadagnare dal recupero delle perdite dovute all'effetto Joule. [48]

Dato che la penale interessa solo i prelievi nelle fasce F1 ed F2, il calcolo di E_{ATT} dovrebbe escludere l'energia richiesta nella fascia F3 e nei giorni festivi. Serviranno quindi dati sui consumi istantanei. Per il 2021 questi non sono disponibili, e per il 2022 sono disponibili solo parzialmente. Per procedere alla valutazione di questo investimento, è necessario prima ultimare il sistema di raccolta dati di 6.5.1 – *Struttura di energy data management* in modo che includa anche i dati sulla potenza elettrica reattiva transitata attraverso la cabina.

6.5.4 – Valutazione delle perdite di aria compressa

Come si vede in Figura 67, secondo ENEA gli impianti pneumatici hanno ricevuto molta attenzione come conseguenza delle diagnosi energetiche obbligatorie.

L'impianto di compressione e distribuzione dell'aria è una delle aree più promettenti per il risparmio energetico in qualsiasi contesto produttivo, poiché assorbe normalmente una quota importante dell'elettricità prelevata a livello globale. In molte realtà industriali, l'aria compressa ha assunto lo status di "quarta utility" dopo l'elettricità, il gas naturale e l'acqua. Il suo utilizzo comporta infatti una serie di vantaggi: è un vettore pulito, disponibile rapidamente, facile da usare, affidabile e sicuro. Per contro, ha costi di

produzione elevati, spesso non conosciuti dal management aziendale. L'impianto di aria compressa è spesso uno dei sistemi più trascurati e meno efficienti all'interno di uno stabilimento industriale e come tale può essere sede di grandi risparmi potenziali. Le perdite nella rete di distribuzione devono essere ridotte al minimo. Una perdita è una sicura fonte di spreco energetico ed economico. Gli ordini di grandezza delle dispersioni di energia dovute alle perdite per una rete a 7 bar sono trattati nella letteratura. [48]

Si consideri, ad esempio una linea dell'aria compressa dov'è presente un foro di 3 mm di diametro. La letteratura aiuta a stimare una perdita di 11 l/s di aria dal condotto, o 4 kW di potenza del compressore. In questo esempio, il compressore dell'impianto lavora per 5400 ore all'anno. Il costo dell'energia elettrica è pari a 0.304 €/kWh, cioè quello pagato da Grafica Veneta nel 2021. La perdita economica, in queste condizioni, vale:

$$\text{costo} = 4 \text{ [kW]} * 5400 \left[\frac{\text{ore}}{\text{anno}} \right] * 0.304 \left[\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right] = 6566 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

Sicuramente piccolo rispetto al giro d'affari di Grafica Veneta, ma comunque meritevole di attenzione. Per misurare l'entità delle perdite sulla rete di distribuzione, è possibile fare una verifica strumentale o delle prove semplificate. Per il controllo strumentale si usano sensori dedicati: ogni perdita di aria compressa genera uno spettro sonoro caratteristico, che una sonda selettiva sensibile agli ultrasuoni è in grado di rilevare. [48]

Si ritiene che Grafica Veneta dovrebbe attivarsi per fare un controllo del genere nel suo stabilimento. In questo lavoro di tesi non è stata fatta l'ispezione vera e propria, ci si limita a sottolineare che anche fori piccoli nei condotti dell'aria compressa possono portare a perdite di denaro concrete.

6.5.5 – Nuovo cogenerator a biomassa

Questa proposta di investimento prevede l'installazione di un impianto per trasformare la biomassa in energia pulita, usata per coprire i carichi di picco ed evitare l'acquisto di E.E. dalla rete, almeno in parte. Per semplicità si assume che Grafica Veneta sia sempre in grado di trovare una destinazione d'uso valida per il calore co-generato.

La centrale a biomassa di *Spanner Re²* è composta da un gassificatore del legno e dall'unità di cogenerazione. L'energia generata sarà consumata da Grafica Veneta, preferibilmente o eventualmente venduta alla rete. Il calore generato durante il processo può essere utilizzato per il riscaldamento degli edifici, per l'essiccazione nel processo produttivo o per alimentare un gruppo frigo ad assorbimento. Le centrali a biomassa Re² producono

energia convertendo la biomassa o i rifiuti organici di provenienza locale in energia pulita. [W.42]

Ci si può chiedere perché la scelta del combustibile sia ricaduta sulla biomassa. Dopotutto, lo stabilimento è già attrezzato per usare il gas naturale, quindi un nuovo cogeneratore a metano sarebbe più facile da integrare nel sistema energetico dell'azienda. Tuttavia, con questa proposta di investimento si introducono dei vantaggi interessanti.

Il più evidente è legato alle emissioni di CO₂. Il fattore di emissioni delle biomasse dalla norma UNI 11300-4 vale 0 kg_{CO_2}/kWh , una condizione sicuramente migliore degli 0.2 kg_{CO_2}/kWh del gas naturale. Scegliere un impianto a biomassa permette di soddisfare il fabbisogno di E.E. dello stabilimento senza pesare sull'impronta carbonica dell'azienda. Se invece si scegliesse un impianto a gas naturale, bisognerebbe fare un calcolo delle emissioni di CO₂ (equivalente) aggiuntive provocate dal nuovo cogeneratore. Grafica Veneta dovrebbe poi pianificare delle iniziative di compensazione, per mantenere lo status di azienda *carbon neutral*. Questo genera ulteriori costi, che in questa sede si preferisce evitare.

C'è un aspetto legato alla sicurezza dell'approvvigionamento: per una serie di motivi, anche geopolitici, garantire la disponibilità costante di gas naturale in futuro sarà sempre più difficile. La biomassa, invece, può essere prodotta anche in Italia, il che la rende una scelta più sicura. Ovviamente, questo ha ripercussioni anche sul prezzo specifico [€/kWh] dei due combustibili.

La seguente è una breve descrizione dell'impianto che si propone di installare. Per quanto riguarda l'alimentazione del combustibile, la coclea di trasporto porta il combustibile dal serbatoio della biomassa alla centrale energetica. Una seconda coclea di trasporto porta la biomassa al reformer dell'unità di gassificazione del legno. Le linee di trasporto sono dotate di tutti i filtri necessari. Il reformer è il cuore della centrale a biomassa. Produce gas dalla biomassa in un processo controllato, che funziona secondo il principio *down-draft*. Il gas prodotto viene opportunamente raffreddato e poi passa attraverso due sistemi di filtraggio, prima di azionare un motore che produce energia elettrica e calore. [W.42]

Tabella 65 – dettagli tecnici del cogeneratore a legna proposto

Parametro	Valore	Unità
Marca	Spanner Re ² GmbH	
Modello	HKA 600	
potenza elettrica nominale	600	kW_E
potenza termica nominale	1200	kW_T
combustibile	legna	
consumo dichiarato di cippato	0.8	kg/kWh_E
temperatura di mandata	85	°C
temperatura di ritorno	65	°C

L'impianto può essere alimentato con trucioli di legno e pellet, con tenore idrico inferiore al 15%. A differenza di altre tecnologie di cogenerazione, che richiedono un fluido di lavoro come l'olio termico nel processo ORC, questo impianto non ne ha bisogno, il che rappresenta una semplificazione. [W.42]

Il dato più utile è il consumo dichiarato di combustibile: 0.8 kg di cippato sono usati per produrre un kWh di energia elettrica. La taglia è stata scelta per soddisfare le richieste di energia elettrica viste in 5.3.2 – *Prelievo istantaneo di energia elettrica*, lavorando per 3000 ore/anno equivalenti a pieno carico. In quel capitolo si consigliava un impianto con potenza elettrica dai 460 ai 500 kW, quindi *HKA 600* potrebbe sembrare sovradimensionato. Tuttavia, il modello di taglia inferiore, *HKA 70*, ha una potenza elettrica di soli 70 kW, nettamente sottodimensionato per le esigenze di Grafica Veneta.

Se si recupera il grafico di Figura 45, o quello di Figura 44, si vede che un impianto da 600 kW, che produce 150 kWh in 15 minuti, può coprire una buona parte del prelievo di energia elettrica dalla rete. Per quanto riguarda l'energia termica, prodotta con una potenza di 1200 kW attraverso il vettore acqua calda, si ipotizza che Grafica Veneta sia sempre in grado di trovare una destinazione d'uso appropriata. Le applicazioni vanno dall'impianto HVAC ad un gruppo frigo ad assorbimento per coprire parte della domanda di freddo ancora soddisfatta da chiller alimentati da energia elettrica. La prossima tabella presenta la prima parte del calcolo per la valutazione dell'investimento.

Tabella 66 – calcolo investimento cogeneratore biomassa, parte 1

Grandezza del cogeneratore	Valore	Unità
Potenza Elettrica installata	600	kW
Potenza Termica installata	1200	kW
ore di lavoro a pieno carico	3000	h/anno
Energia Elettrica co-generata	1800000	kWh_E
Energia Termica co-generata	3600000	kWh_T
quantità di combustibile usata	1440000	kg cippato/anno
PCI cippato (tenore idrico 15%)	4.0	kWh/kg
Energia del combustibile	5760000	kWh
Rendimento globale η_{GLOB}	93	%
η elettrico rif. (pieno autoconsumo)	39.6%	%
η termico rif.	90.0%	%
RISP	2790051	kWh
PES	32.6%	%
K (con potenza elettrica < 1 MW)	1.4	
n° di certificati bianchi rilasciati	336	TEE
valore dei certificati bianchi	248.89	€/TEE
ricavi dai certificati bianchi	83608	€/anno

Ipotizzando che l'impianto lavori per 3000 ore all'anno alla potenza nominale riportata dal costruttore, si vede che è in grado di generare le quantità di calore ed energia elettrica riportate in tabella. Dai dati di Tabella 65 si calcola la quantità di cippato necessario: 1440 tonnellate all'anno. È certamente una grande quantità di legname, ma si è visto (Tabella 5) che storicamente Grafica Veneta ha acquistato anche 52000 tonnellate di carta in un anno. Si ritiene quindi che la gestione di quella quantità di biomassa sia fattibile per l'azienda. Il rendimento elettrico di riferimento è stato calcolato per un caso di completo autoconsumo: questo cogeneratore è una risposta alla crescente domanda di E.E. dello stabilimento, si assume quindi che non ci sia bisogno di venderla alla rete. Il cogeneratore lavora solo 3000 ore/anno anche per evitare sovraproduzioni. Si procede quindi con il calcolo del PES e della quantità di certificati bianchi ai quali l'impianto avrebbe diritto. La procedura è la stessa di 6.2.1 – *Calcolo del numero di certificati bianchi*.

Tabella 67 - calcolo investimento cogeneratore biomassa, parte 2

Grandezza cogeneratore	Valore	Unità
Prezzo medio EE 2021	0.304	€/kWh
Prezzo medio cippato	0.143	€/kg
Costo Manutenzione & imprevisti, quota su combustibile	5%	%
Vita Utile	20	anni
costo d'investimento specifico	2700	€/kW_E
Investimento Iniziale IO	1620000	€
gas naturale risparmiato	375783	Sm^3
ricavi associati al calore	499791	€
Totale Ricavi	1130599	€
Totale Costi	216216	€
Flusso di Cassa netto	914383	€
tempo di recupero, payback	1.77	anni
Tasso Attualizzazione	5%	%
Fattore di Attualizzazione	12.46	anni
valore attuale netto VAN	9775232	€
tasso interno TIR	56%	%
indice di profitto IP	6.03	VAN/IO

Il prezzo medio del cippato è stato recuperato da fonti online. Qui se ne cita una, ma i valori sono comunque consistenti tra i siti web più aggiornati. [W.43]

Qui si sta assumendo che i costi dei vettori energetici restino costanti per 20 anni e pari ai prezzi del 2021. Questo, ovviamente, non è realistico, ma l'assunzione di andamenti costanti dei prezzi specifici permette di semplificare la trattazione di questa EPIA.

Il costo del funzionamento, della manutenzione (O&M) e degli imprevisti è stato stimato per semplicità al 5%. Come già chiarito in un capitolo precedente, in questo lavoro di tesi non si approfondisce l'aspetto di analisi dei rischi. Visto che l'impianto è più complesso del trigeneratori attualmente installato, si ipotizza un costo specifico di investimento maggiore, cioè 2700 € su kW di potenza elettrica. Questa assunzione è uno dei punti deboli della presente EPIA. Grafica Veneta dovrebbe ottenere dal fornitore un prezzo preciso, aggiornato e su misura, per valutare in modo accurato il costo iniziale d'investimento.

Per dare un valore al calore prodotto dal trigeneratore, si calcola la quantità di gas naturale necessario per sprigionare quell'energia. Per semplicità, si assume che tutto il calore prodotto da questo cogeneratori venga usato per sostituire la combustione di gas naturale. Va detto che questa ipotesi non è proprio realistica, specialmente se l'azienda deciderà di usare il calore del cogeneratori per alimentare un gruppo frigo ad assorbimento. In quel caso, bisognerebbe valutare l'energia elettrica risparmiata nella produzione dell'effetto frigorifero, ma il procedimento è del tutto analogo:

$$\begin{aligned} \left(\frac{\text{risparmio da calore}}{\text{cogenerato}} \right) &= \frac{\text{calore} * EER_{ASSORB}}{EER_{VAP}} * \text{prezzo}_{E.E.} \\ &= \frac{3600 \text{ MWh}_T * 0.65}{3.5} * 304 = 203246 \text{ €} \end{aligned}$$

Ovvero il cogeneratori realizzerebbe un risparmio di 203246 € evitando l'acquisto di E.E. per l'uso in un gruppo frigo a compressione di vapore con $EER_{VAP} = 3.5$ perché permetterebbe di usare un ciclo ad assorbimento con $EER_{ASSORB} = 0.65$ alimentato dai 3600 MWh di calore che produrrebbe in un anno.

Comunque, sommando i ricavi dal risparmio per E.E. non acquistata, dalla vendita di certificati bianchi e dal risparmio per gas naturale non acquistato, si ottiene un flusso di cassa netto di 914383 €. Il tempo di ritorno dell'investimento è minore di 2 anni, il VAN ammonta a 9.7 milioni di €, sia TIR che IP indicano che l'investimento sarebbe molto conveniente. Sono gli alti prezzi dell'energia elettrica e del gas naturale a rendere l'investimento molto conveniente. Tuttavia, questi risultati vanno interpretati con senso critico: la principale limitazione di quest'analisi è che i costi annuali sono molto bassi come conseguenza delle ipotesi fatte. L'azienda dovrà condurre un'analisi più dettagliata considerando i prezzi effettivi del combustibile che può ottenere dai fornitori e il modo in cui intende usare il calore prodotto dal cogeneratori.

6.5.6 – Nuovo locale server

Una server room, o centro elaborazione dati (CED), è un locale attrezzato per ospitare la strumentazione elettronica necessaria a rendere operativo un server informatico. Il rinnovo di un locale server è interessante dal punto di vista energetico perché il raffreddamento dell'elettronica comporta spese di energia importanti.

Il vantaggio principale degli investimenti trattati in questo capitolo, incluso il locale server, è di ridurre la quantità di energia sprecata, quindi di abbassare la spesa riconducibile

all’approvvigionamento energetico. Si vede che alcuni di questi investimenti recano anche altri vantaggi. Ad esempio, ristrutturare il locale server permette di adeguarsi alle nuove pratiche in termini di installazione dei dispositivi informatici, che cambiano molto velocemente negli anni. Il nuovo locale server non sarà solo meno energivoro: c’è la possibilità di renderlo anche più sicuro e performante.

Il profitto di un investimento, infatti, non si limita al valore dell’energia risparmiata: ci sono anche effetti indiretti. Nel caso dell’impianto di illuminazione si tratta della qualità della luce emessa, mentre in questo caso è la maggiore affidabilità del server nella sua nuova configurazione. La norma EN 17463 aiuta a valutare gli effetti delle EPIA proposte in questo capitolo.

Tabella 68 – classificazione delle conseguenze dell’investimento

Effetti del EPIA		Esempi
costi	effetti finanziari aggiuntivi	investimento iniziale per l’attrezzatura progettazione del nuovo impianto
	effetti vari	perdita di produttività durante l’installazione
benefici	effetti energetici	risparmio annuale di energia elettrica minore manutenzione
	effetti finanziari aggiuntivi	guadagni dalla vendita dei vecchi dispositivi eventuali incentivi statali
		riduzione del rumore
	effetti vari	aumento dell’affidabilità e della sicurezza ingombro minore

L’analisi si può ritenere completa quando ad ognuno degli aspetti elencati in tabella è stato assegnato un valore numerico. Il più importante è la quantità di E.E. risparmiata ogni anno grazie all’investimento, che si valuta mettendo a confronto la situazione precedente (la “baseline”) con quella prevista dopo l’investimento. Per ogni aspetto si dovrà poi decidere se è possibile la quantificazione in termini economici: ad esempio, la *riduzione del rumore* non porta vantaggi economici alle aziende, nella maggior parte dei casi. L’energia elettrica risparmiata, invece, porta un ricavo all’azienda perché è possibile evitare di acquistarla. Una volta sommati i ricavi da tutti i vantaggi dell’investimento, si ottiene il flusso di cassa positivo da usare nella valutazione del tempo di ritorno. Una versione semplificata di quest’analisi è stata fatta in *6.2.2 – Ricavi dai Certificati Bianchi* per il trigeneratore.

L'attuale sistema di gestione energetica di Grafica Veneta non misura i costi energetici della sala server, quindi per valutare accuratamente i risparmi realizzabili sarà prima necessario completare l'investimento in *6.5.1 – Struttura di energy data management*.

Al di là dei consumi di energia elettrica, che dipendono dalla qualità dei dispositivi elettronici e dal loro carico di lavoro, i risparmi nel locale server si possono realizzare anche sull'unità di trattamento aria (UTA). Ad esempio, si può studiare l'integrazione del free cooling nell'UTA della sala server. Un intervento più invasivo prevede di cambiare la temperatura ambiente di set point impostata nell'UTA, per risparmiare energia. Per esempio, si può tenere più alta d'estate, realizzando risparmi di energia frigorifera. Tuttavia, se l'UTA dovesse spegnersi per un malfunzionamento, i dispositivi elettronici si surriscalderebbero più rapidamente, con possibilità di danneggiamento grave.

In questi locali è spesso installato un gruppo di continuità (UPS). Queste macchine elettriche possono essere sede di importanti perdite, quindi è necessario studiare la possibilità di sostituirli con modelli più performanti. Il rendimento di un UPS dipende anche dal suo fattore di carico e dalla taglia: bisognerà capire se è sovradimensionato rispetto all'applicazione attuale.

Tutte queste misure possono essere implementate per ottenere un locale server più performante dal punto di vista energetico.

6.5.7 – Installazione degli azionamenti a velocità variabile

Nella maggior parte delle applicazioni, il funzionamento delle pompe e dei ventilatori richiede il pieno carico solo per una piccola parte del ciclo di produzione. Per adeguare il carico variabile a un motore a velocità costante, nell'installazione più semplice il fluido in eccesso ritorna nel serbatoio. Se la pompa idraulica assorbe dal 50% al 75% della potenza nominale, condizione che si verifica spesso, si lavora bypassando il fluido a basso carico.

Uno dei modi migliori per risparmiare energia nei motori che operano in un certo intervallo di velocità è l'uso di un azionamento a velocità variabile (variable speed drive, VSD). Un VSD regola la velocità del motore elettrico per soddisfare la richiesta di potenza dell'applicazione, ottimizzando il volume di fluido pompato dal sistema. L'installazione di un inverter permette di ridurre il rumore, avviare il motore con un aumento progressivo della velocità, ridurre le perdite di potenza, migliorare il controllo del processo che usa questi motori e ridurre l'usura, prolungando la vita del motore. Il costo energetico annuo

del funzionamento di un motore può essere fino a 10 volte il costo iniziale di acquisto: con l'inverter si riducono il consumo di energia, i costi energetici e le inefficienze.

Lo svantaggio di questo intervento è che, dovendo applicare modifiche ai macchinari dello stabilimento, ci sarebbe un calo della produzione durante l'installazione degli inverter. Per convincere i Grafica Veneta ad approvare l'investimento, si dovrebbe elaborare un piano di implementazione dettagliato. La prima parte consiste nel valutare quali motori elettrici trarrebbero il maggior vantaggio dall'installazione di un inverter. Per sapere questo, sarà necessaria un'analisi accurata della linea di produzione, e degli impianti che usano pompe e ventilatori, in generale. Ancora una volta, il EnMS proposto in 6.5.1 – *Struttura di energy data management* è fondamentale per programmare al meglio il piano di installazione degli inverter.

6.5.8 – Programma di sensibilizzazione

L'implementazione efficace di un programma di efficienza energetica è subordinata a una buona gestione e alla consapevolezza del personale. Come qualsiasi risorsa impiegata da un'azienda, l'energia sarà utilizzata in modo efficiente solo se gestita correttamente.

Attualmente Grafica Veneta non dispone di un piano strutturato per delineare le norme di comportamento nei confronti dei consumi energetici. Il referente chiarisce che "*Il personale è invitato a seguire principi di buon senso, ma non esiste alcun documento in materia*". Quindi non ci sono volantini o e-mail con spiegazioni dei comportamenti richiesti.

Alcune precauzioni e comportamenti corretti da parte degli operatori sono essenziali per poter ottimizzare il ciclo produttivo. Devono controllare i parametri delle macchine di stampa e delle attrezzature ausiliarie per assicurarsi che rimangano costanti. Le incoerenze possono rappresentare un processo instabile che può portare a prodotti difettosi e a un aumento del consumo energetico. Per facilitare questa operazione, Grafica Veneta si è già attrezzata con una strategia di controllo qualità nel rispetto della norma ISO 9001. I fornì di asciugatura sono il punto critico per l'efficienza energetica dal punto di vista del calore, quindi è fondamentale assicurarsi che il loro funzionamento sia ottimale.

L'azienda deve assicurarsi di implementare procedure per ridurre gli sprechi di materiale, che spesso rappresentano inefficienze del processo produttivo. La riduzione dei livelli di scarto può contribuire ad abbassare il consumo energetico. Si ricorda che la stampa di libri produce pagine in multipli di 16, quindi è inevitabile avere delle pagine bianche in più nel

libro. Tuttavia, la discrepanza tra la carta acquistata e la quantità di prodotto, vista in Tabella 5, va minimizzata.

L'efficienza aumenta anche eseguendo diligentemente la manutenzione ordinaria, come la pulizia degli scambiatori, che se diventano troppo sporchi non riescono a scambiare correttamente il calore. Una volta pianificata la manutenzione, è poi necessario controllare la corretta gestione delle risorse. Ad esempio, lasciare che l'acqua refrigerata acquisisca il calore dell'ambiente o farla circolare attraverso macchinari non funzionanti è uno spreco di energia. Si può risparmiare energia aumentando il più possibile la temperatura dell'acqua refrigerata: un aumento anche di 1°C della temperatura nominale riduce i costi operativi del refrigeratore. Ovviamente, questo è limitato dalle richieste dell'applicazione che usa l'acqua refrigerata. Il comportamento più efficace per la riduzione delle emissioni è di investire in impianti di produzione da FER o cogeneratori in regime CAR, per autoprodurre energia elettrica abbassando l'impatto ambientale.

Un altro aspetto di cultura energetica aziendale si manifesta nella scelta dei vettori energetici usati nello stabilimento. Qui la diversificazione delle fonti di energia permetterebbe di aumentare la sicurezza dell'approvvigionamento. Attualmente, il fattore più critico è il gas naturale, che nel 2021 è stato acquistato in grandi quantità: 4.3 milioni di Sm^3 . Investire in combustibili con filiere meno esposte ai rischi geopolitici mondiali permetterebbe anche di godere di prezzi specifici [€/kWh] più bassi. La limitazione più importante è che gli impianti energetici hanno cicli di vita molto lunghi. Ad esempio, il trigeneratore di Grafica Veneta è stato avviato per la prima volta nel 2018. È realistico prevedere una vita utile di almeno 20 anni. L'azienda è quindi vincolata ad usare gas naturale per molti anni, e questo praticamente impedisce di passare subito a combustibili alternativi. L'autoproduzione dell'energia consumata nello stabilimento è un'altra possibile soluzione al problema dell'approvvigionamento energetico.

La comunicazione fa parte della strategia di sensibilizzazione, come visto in 3.4.4 – *Green labeling e marketing verde*. Grafica Veneta deve coinvolgere gli stakeholder (dipendenti, clienti, ...) in modo che tutti capiscano i doveri e gli impegni intrapresi per usare l'energia in modo più razionale. L'adeguata formazione del personale fa parte di questo programma. La certificazione *carbon neutral* dell'azienda dev'essere un punto di forza in questa comunicazione, ma va detto che è già stato fatto del lavoro su questo fronte.

Attualmente, Grafica Veneta rende esplicativi nella sua politica aziendale l'obiettivo di ridurre l'emissione di gas ad effetto serra in atmosfera. C'è anche l'impegno ad acquistare e usare solo materie prime certificate e non provenienti da fonti controverse. Si può

quindi dire che c'è già l'attenzione ai temi dell'uso razionale delle risorse, anche energetiche. [38]

Si ritiene che gli obiettivi di un programma di sensibilizzazione adatto a Grafica Veneta siano sostanzialmente due. Il più importante è l'introduzione di una documentazione robusta in merito ai buoni comportamenti per ridurre il consumo energetico, aumentando la consapevolezza del valore dell'energia risparmiata. Una seconda iniziativa concerne il miglioramento della pianificazione della manutenzione ordinaria, assieme alla formazione del personale addetto ai lavori di manutenzione.

L'azienda dovrebbe investire in una ricerca mirata a produrre una documentazione dettagliata sulle pratiche migliori da tenere nello stabilimento per razionalizzare l'uso di energia e i comportamenti collegati. Questo permetterà agli stakeholder (principalmente i dipendenti) di fare riferimento a informazioni esplicite e trasparenti, per facilitare i comportamenti virtuosi.

CAPITOLO 7 – Conclusioni

Una volta capita la struttura dei consumi dell'azienda e giudicati i suoi investimenti in energia, si lascia spazio alle conclusioni, un aspetto richiesto anche dalla EN 16247-1. [12]

In questo capitolo si analizzano le conseguenze degli investimenti, ovvero i vantaggi ottenuti dall'azienda relativamente sia all'uso di energia, sia a fattori di altro tipo.

Vengono sottolineati anche gli imprevisti e i limiti dell'approccio usato in questa analisi. In fine si propone una riflessione sul futuro di Grafica Veneta, in particolare sotto il profilo dei consumi di energia.

7.1 – I risultati della diagnosi

In questo lavoro sono state analizzate le modalità di produzione e uso di energia in Grafica Veneta. Dai dati analizzati nel *CAPITOLO 5 – L'azienda*, si è visto che l'ordine di grandezza dei consumi giustifica l'impegno che l'azienda ha dedicato negli anni a migliorare l'efficienza energetica e a ridurre la dipendenza dai fornitori di energia. Dalle analisi in 5.3 – *Profili dei consumi* emerge che i consumi dell'azienda sono ancora abbondanti, e sono cresciuti negli ultimi anni. Si ritiene che ci sia ancora la possibilità di integrare altri impianti di autoproduzione per coprire la domanda interna: questi interventi devono essere fatti nel rispetto degli impegni presi dall'azienda per ridurre la propria impronta carbonica.

Sia dallo studio del caso pratico che dall'analisi della letteratura, è stato possibile apprendere che le diagnosi energetiche sono processi individuali, ma con una standardizzazione ben sviluppata. L'energia ha un ruolo rilevante in Grafica Veneta: incide per l'8.5% sul fatturato e si posiziona tra i costi importanti per l'azienda, quindi è fondamentale studiare il modo per ottimizzare l'efficienza energetica dei processi produttivi riducendo gli sprechi, anche attraverso una diagnosi energetica adeguata, periodica e aggiornata. Si ritiene che, da tale punto di vista, il presente lavoro di tesi aggiunga valore alla documentazione aziendale, perché le dinamiche descritte in questo elaborato sono diverse da quelle del 2018, l'anno di riferimento per l'ultima diagnosi energetica commissionata da Grafica Veneta nel rispetto del D.Lgs. n° 102/2014.

Qui l'attenzione è stata rivolta all'analisi dei flussi di energia aggregati mensili e degli indici di prestazione (EnPI). L'indicatore di prestazione energetica più rilevante per il settore delle *altre stampe* (ATECO 18.12) è il consumo specifico di energia [kWh/t]. Rappresenta l'energia [kWh] necessaria per produrre 1 tonnellata di merce stampata. Questo indice

può essere calcolato solo in modo generale, cioè considerando tutta l'energia consumata dal sito produttivo. Per ottenere un dato relativo solo all'attività principale (stampa e brossura), considerando i dati di consumo del processo produttivo o delle singole macchine, sarà necessario un sistema di misura più dettagliato.

Questi indicatori sono influenzati da diversi fattori, come il mix di prodotti stampati, le condizioni atmosferiche e l'efficienza della tecnologia utilizzata. Forniscono comunque informazioni valide su come viene utilizzata l'energia, permettendo di individuare eventuali anomalie e un uso scorretto dell'energia. Tuttavia, non sono ancora abbastanza dettagliati da suggerire le aree (o le macchine) in cui intervenire.

La sintesi generale dei risultati di questa tesi può essere utile ad un'associazione di categoria, con il suggerimento di adottare la metodologia in modo che diventi uno standard per il settore. Lo studio degli EnPI è un metodo valido per valutare l'efficienza energetica del sito produttivo, analizzando eventuali anomalie ed individuando possibili miglioramenti. In base a questo, si ritiene che gli obiettivi concordati con Grafica Veneta (visti in 4.1 – *Informazioni su questo energy audit*) siano stati centrati con successo: l'azienda ora dispone di un'analisi aggiornata dei propri consumi energetici, con un livello di dettaglio compatibile con i dati forniti. Oltre alle osservazioni sui consumi attuali, Grafica Veneta potrà usare le EPIA di questo elaborato per integrare il suo piano di investimenti.

7.2 – Conseguenze degli investimenti

Le EPIA analizzate nel CAPITOLO 6 – *Gli investimenti* hanno conseguenze generalmente positive per Grafica Veneta, ma qui si vuole sviluppare una riflessione su quelle più importanti. Si ritiene che gli investimenti più vantaggiosi siano due: il sistema di gestione EnMS certificato ISO 50001 e gli impianti di autoproduzione da FER. In questo lavoro di tesi è stata confermata la fattibilità dell'impianto fotovoltaico da 2200 kWp voluto da Grafica Veneta. È stato anche proposto un nuovo cogeneratore a biomassa con una potenza elettrica di 600 kW.

La sostituzione delle macchine di stampa e brossura non è stata nemmeno presa in considerazione. Investimenti del genere, infatti, non sono così semplici da valutare. Si tratta di macchinari dedicati ad una specifica funzione e la loro sostituzione dipende da scelte strategiche molto più ampie del solo aspetto energetico. Si ritiene che Grafica Veneta sia più disposta ad accettare investimenti su singoli impianti o dispositivi dedicati

solo a processare l'energia, come la EPIA in *6.5.7 – Installazione degli azionamenti a velocità variabile*. Ad esempio, si ritiene che rimpiazzare un singolo motore elettrico obsoleto, o accoppiarlo ad un inverter, sia una proposta di intervento più convincente rispetto alla totale sostituzione di una linea di brossura.

Tra le EPIA consigliate, il EnMS è assolutamente fondamentale, soprattutto per la parte di *energy data management*. Lo stato dell'arte prevede il monitoraggio costante di dati raccolti frequentemente e da fonti distribuite. Devono essere installati gli strumenti di misura nelle posizioni elencate in *6.5.1 – Struttura di energy data management* e i valori (dell'energia in transito) devono essere raccolti almeno ogni ora. Questi dati sono, lo si vuole ripetere, indispensabili per costruire profili dei flussi di energia più dettagliati, in modo da superare i limiti della diagnosi svolta in questo lavoro di stage. Lo scopo è di modellizzare al meglio due fenomeni:

- il funzionamento degli impianti che erogano (trasformano) energia
- il profilo di consumo dei terminali energivori

Gli impianti di produzione sono dotati della strumentazione di misura fornita dal costruttore, quindi i dati che potrebbero servire a Grafica Veneta sono già misurati. Bisogna però raccoglierli in un sistema connesso, ben integrato, aggiornato e coerente. Si tratta, appunto, del EnMS. Per quanto riguarda la misura dei consumi nelle macchine energivore, c'è ancora molto da fare. I dati sono raccolti solo a livello aggregato, non c'è distinzione per macrocategoria (produzione, ausiliari, generali) né per area funzionale (Figura 19). In questo lavoro di tesi si propone una struttura di *energy data management* che va a misurare i consumi a livello della singola macchina, almeno per quelle più energivore. Le percentuali di copertura dei consumi sono abbastanza indulgenti, e sempre minori del 65%, quindi si ritiene che questo EnMS sia un investimento fattibile e molto vantaggioso.

L'altro tema affrontato riguarda gli investimenti in autoproduzione di energia, in particolare di energia elettrica. Si è visto che Grafica Veneta ha scelto di acquistare E.E. prodotta da FER, trovandosi quindi a pagare prezzi maggiori della media. Gli investimenti in impianti energetici per produzione in sito hanno tempi di ritorno molto bassi, sempre inferiori ai 3 anni e mezzo. Persino il trigeneratore attualmente installato, con i prezzi del gas naturale del 2021, potrebbe quasi essere un investimento da rifare, sebbene il tempo di ritorno di 8 anni sia un po' troppo alto per convincere i più scettici.

I bassi tempi di payback sono anche dovuti al fatto che Grafica Veneta non appare nel registro delle imprese energivore, quindi non riceve gli incentivi previsti. [W.20]

Si ritiene che, per massimizzare l'autoproduzione di energia elettrica nello stabilimento, Grafica Veneta possa concentrarsi sul fotovoltaico e la cogenerazione. Nel fotovoltaico sono già stati fatti investimenti importanti: i decisori hanno capito il valore di questa tecnologia. La cogenerazione, a sua volta, può basarsi su combustibili di diverso tipo. Si ritiene che Grafica Veneta dovrebbe evitare investimenti in nuovi impianti a gas naturale, perché l'approvvigionamento di questo combustibile è incerto e costoso.

Il nuovo cogeneratore proposto in questa tesi usa cippato: Grafica Veneta dovrebbe contattare un'azienda costruttrice per discutere la fattibilità di questo investimento, che permetterebbe di avere un cogeneratore alternativo all'Ecomax attuale, in grado di produrre E.E. usando un combustibile molto meno costoso del gas naturale. In 6.5.5 – *Nuovo cogeneratore a biomassa* si è visto che il tempo di ritorno dell'investimento è di 22 mesi, grazie alla possibilità di ridurre la quantità di E.E. e gas acquistati. Quel risultato, tuttavia, è frutto di ipotesi semplificative abbastanza generose. In particolare, risulta poco credibile l'ipotesi di usare tutto il calore co-generato per rimpiazzare parte dei consumi di gas naturale. Si potrebbe approfondire la valutazione andando a studiare (per l'uso del calore co-generato) un profilo annuale, con valori diversi per ogni mese, in modo da avere un modello più realistico. Per il trigeneratore a gas è stata fatta un'indagine simile in Figura 57 di 5.3.4 – *Flussi di energia nel trigeneratore*.

In questo lavoro di tesi sono stati individuati e proposti diversi interventi (EPIA) da implementare per migliorare le prestazioni energetiche. Una volta attuati i tre appena commentati, Grafica Veneta potrà ridurre significativamente gli acquisti di energia elettrica e di gas naturale. Questo porta vantaggi sia all'azienda, che realizza buoni risparmi in bolletta, sia alla comunità in generale: una riduzione della domanda di energia (sia elettrica che come gas naturale) riduce la quantità di combustibili fossili che vengono impiegati, direttamente o indirettamente, per soddisfarla. Questo a sua volta riduce le emissioni di gas serra e la dipendenza dell'Italia dai paesi fornitori di combustibili fossili, generando effetti positivi a lungo termine.

7.3 – Prospettive future

Con questo lavoro si sono individuate le linee guida che possono essere seguite da qualsiasi azienda per capire i propri consumi di energia e sviluppare un piano di investimenti adeguato, in modo da garantire un regime di lavoro più efficiente. Affinché l'analisi sia sempre al passo con le nuove tecnologie e con le norme vigenti, non può

limitarsi ad un singolo anno ma deve essere svolta periodicamente. Prima di tutto, è necessario avere un ottimo sistema di misura come quello proposto in *6.5.1 – Struttura di energy data management*, dettagliato per ogni tipo di utenza. Questo metterà a disposizione dati aggiornati, facilitando il lavoro dei consulenti e dei decisori.

Una limitazione dei risultati ottenuti in questo stage è che difficilmente si possono applicare ad altre imprese del settore. Come visto in Tabella 43, Grafica Veneta è un'azienda molto grande, sia per il numero di dipendenti che per il consumo energetico: la tipica impresa di stampa (ATECO 18.12) in Italia ha dimensioni molto inferiori. Anche se le considerazioni sviluppate per Grafica Veneta non si possono applicare direttamente ad un'altra azienda dello stesso settore, gli interventi proposti in *6.5 – Investimenti consigliati* sono generali e si possono applicare a molte altre imprese.

Si ritiene che il modo migliore per prepararsi ad affrontare le future sfide del mercato energetico sia di ultimare il sistema di gestione dell'energia. Il EnMS, infatti, darà le informazioni utili a capire meglio la propria situazione e quindi a pianificare gli investimenti per migliorarla. Questo si basa sulla premessa che i responsabili del processo decisionale in Grafica Veneta abbiano capito i vantaggi del EnMS, anche a fronte di tutti i costi collegati alla sua implementazione. Essendo un investimento che richiede anche cambiamenti nel comportamento del personale, è probabile che ci siano critiche e resistenze, anche numerose. È compito dei professionisti offrire soluzioni concrete ai problemi e ai dubbi, anche legittimi, che gli investimenti in efficienza energetica possono introdurre.

Questo stage è nato dall'idea di fornire a Grafica Veneta una maggiore consapevolezza della realtà dei suoi consumi di energia, individuando sia le criticità, sia il programma di investimenti per superarle. Si ritiene che, implementando gli interventi proposti in questo elaborato, l'azienda potrà migliorare la sua efficienza energetica, riducendo l'impatto ambientale.

Queste sono azioni concrete per accelerare la transizione verso un futuro più sostenibile.

Ringraziamenti e riconoscimenti

Desidero ringraziare il Professor Arturo Lorenzoni per la presenza e la disponibilità accordatami durante lo sviluppo di questa tesi, per la sua cortesia e per i preziosi consigli.

Questo lavoro è stato supportato dallo staff di Grafica Veneta S.p.A. che mi ha permesso di svolgere lo stage per la stesura della tesi su un argomento interessante, stimolante e di utilità pratica. In particolare, la mia gratitudine va ad Antonio Dicensi, per la professionalità, la disponibilità ed il supporto datomi nel corso di questa esperienza di stage.

Ringrazio infinitamente mio padre e tutta la mia famiglia, per avermi sostenuto sia economicamente che moralmente in questi anni, per avermi sempre incoraggiato durante questo percorso di studi e per essermi stati vicini rispettando le mie scelte.

Per produrre questo elaborato è stato impiegato il software git, powershell, visual studio code, Microsoft word, diagrams.net, sankeymatic.com, paint.net e Microsoft Excel.

Ringrazio il Dipartimento di Ingegneria Industriale (DII) dell'Università di Padova e i colleghi con cui ho condiviso i traguardi di questi anni accademici.

Ringrazio tutte le persone e le istituzioni che mi hanno sostenuto, direttamente e indirettamente, permettendomi di arrivare a questo importante punto della mia carriera.

Grazie per aver creduto in me.

Manuel

Bibliografia

- [1] British Petroleum, Statistical Review of World Energy 2021, 70° edizione
- [2] Bloomberg New Energy Finance (NEF), NEO Outlook 2020
- [3] International Energy Agency, World Energy Investment 2021
- [4] Enerdata 2006
- [5] International Energy Agency, Net Zero by 2050 - a Roadmap for the Global Energy Sector. Aggiornamento di maggio 2021
- [6] Normativa ISO 50015:2014
- [7] Normativa BS ISO 17741:2016
- [8] Normativa BS EN ISO 50001:2018
- [9] Normativa BS EN 15900:2010
- [10] Normativa ISO/IEC 13273-1:2015
- [11] Normativa BS EN 16212:2012
- [12] Normativa BS EN 16247-1:2022
- [13] Normativa BS EN 16247-5:2015
- [14] GSE, Guida alla Cogenerazione ad Alto Rendimento CAR, Aggiornamento dell'edizione 1, marzo 2018
- [15] Decreto interministeriale 1° luglio 2020 - Certificati Bianchi. Ampliamento del catalogo dei progetti ammissibili
- [16] Decreto legislativo 30 maggio 2008, n° 115, che implementa la direttiva 2006/32/CE
- [17] Legge 9 gennaio 1991, n. 10 - Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso nazionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia
- [18] Direttiva (UE) 2018/2002 del parlamento europeo e del consiglio, dell'11 dicembre 2018, che modifica la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica
- [19] Normativa BS EN ISO 14001:2015
- [20] Normativa BS EN 16247-2:2022
- [21] Normativa BS EN 16247-3:2022
- [22] Normativa BS EN 16247-4:2022
- [23] Normativa BSI PAS 2060:2014
- [24] Direttiva europea 2018/2001/UE "RED II" del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2018, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili

- [25] FSC, Certificazione della Catena di Custodia FSC-STD-40-004 V3-0 (versione italiana)
- [26] PEFC, Schema di Certificazione della Catena di Custodia dei prodotti di origine forestale PEFC ITA 1002:2013
- [27] Decreto Legislativo n° 102 del 4 luglio 2014
- [28] Decreto Legislativo n° 199 del 2021
- [29] Andreas Jess, "What might be the energy demand and energy mix to reconcile the world's pursuit of welfare and happiness with the necessity to preserve the integrity of the biosphere?", Rivista "Energy Policy", Volume 38, Numero 8, Anno 2010, Pagine 4663-4678, ISSN 0301-4215, Consultabile attraverso [DOI](#) e [ScienceDirect](#)
- [30] International Energy Agency, World Energy Outlook 2019
- [31] Unem, Data Book 2021
- [32] Rapporto tecnico UNI TR 11775:2020
- [33] ENEA DUEE-SPS-ESE, La Diagnosi Energetica ai sensi dell'Art. 8 del D.lgs. 102/2014 Linee Guida e Manuale Operativo. La clusterizzazione dei siti, il rapporto di diagnosi ed il piano di monitoraggio, 2° edizione, settembre 2021
- [34] MiSE, maggio 2015, CHIARIMENTI IN MATERIA DI DIAGNOSI ENERGETICA NELLE IMPRESE AI SENSI DELL'ARTICOLO 8 DEL DECRETO LEGISLATIVO n° 102/2014
- [35] Normativa BS EN 17267:2019 "Energy measurement and monitoring plan - Design and implementation - Principles for energy data collection"
- [36] Grafica Veneta SpA, Rapporto sui GHG – Anno di rendicontazione 2020, Revisione 1 del 15/12/2021
- [37] Grafica Veneta SpA, Dichiarazione esplicativa della qualifica carbon neutrality secondo PAS 2060, Qualifying Explanatory Statement (QES), Revisione 1 del 15/12/2021, Periodo di riferimento 2020
- [38] Grafica Veneta, POLITICA AMBIENTALE E PER LA SICUREZZA E LA SALUTE DEI LAVORATORI, Trebaseleghe, 3 dicembre 2021
- [39] ENEA, Laboratorio DUEE-SPS-ESE, Guidelines for Energy Audits Under Article 8 Of The EED: Italy's Implementation Practices and Tools, 1 agosto 2019
- [40] ASSOCARTA, Progetto associativo per la redazione di Linee guida per la diagnosi energetica nel settore cartario ai sensi del D.lgs. 102/2014, edizione 1 revisione 1, luglio 2015
- [41] Ministero dell'Interno, Dipartimento dei Vigili del fuoco, del Soccorso pubblico e della Difesa civile, Direzione centrale per la Prevenzione e la Sicurezza tecnica, Testo coordinato dell'allegato I del DM 3 agosto 2015, Codice di prevenzione incendi

- [42] Gruppo AB (AB Energy S.p.A.), catalogo Ecomax, luglio 2021
- [43] GSE, "Solare Fotovoltaico - Rapporto Statistico 2020", di luglio 2021
- [44] ENEA, M. Salvio, F. Martini, S. Ferrari, "diagnosi energetiche 2015-2018: Analisi degli Indici di prestazione energetica, valutazione tecnico economica investimenti proposti e sviluppo di strumenti di rendicontazione dei consumi energetici" Report RdS/PTR2019/071
- [45] D. Jepsen, C. Tebert. Best available techniques in the Printing Industry, German background paper for the BAT-Technical Working Group "Surface treatment using organic solvents" organized by the European IPPC Bureau. Per Ökopol GmbH, Hamburg. Commissionato da: Federal Environmental Agency, Berlin, Germany
- [46] EIPPCB, Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency, February 2009, versione corretta di settembre 2021, disponibile nel [sito](#)
- [47] ENEA, Rapporto Annuale Efficienza Energetica 2020, ottobre 2020
- [48] Ing. Nino di Franco, "Energy management. Fondamenti per la valutazione, la pianificazione e il controllo dell'efficienza energetica. Con esempi ed esercizi", FrancoAngeli editore, 2017
- [49] Normativa BS EN 12464-1:2021

Riferimenti a siti Internet

- [W.1] https://www.ilgazzettino.it/nordest/padova/bollette_pazze_aumento_costi_en_ergia-6885535.html consultato il 21/12/2022
- [W.2] <https://www.mercatoelettrico.org/It/Esites/TEE/TEE.aspx> consultato il 28/12/2022
- [W.3] <https://www.mercatoelettrico.org/It/Mercati/TEE/ComeScambiareTEE.aspx> consultato il 28/12/2022
- [W.4] <https://industriale.viessmann.it/blog/energy-manager-ege-differenze> consultato il 29/12/2022
- [W.5] <https://www.iso.org/deliverables-all.html> consultato il 30/12/2022
- [W.6] <https://it.fsc.org/it-it> consultato il 31/12/2022
- [W.7] <https://www.pefc.it/> consultato il 31/12/2022
- [W.8] https://www.graficaveneta.com/it/energia_green consultato il 2/1/2023
- [W.9] <https://eur-lex.europa.eu/> consultato il 2/1/2023
- [W.10] https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency_en consultato il 3/1/2023
- [W.11] <https://www.construction21.org/italia/articles/h/prestazione-energetica-in-edilizia-recepita-la-direttiva-201031ue.html> consultato il 3/1/2023
- [W.12] https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/solar-energy_en consultato il 5/1/2023
- [W.13] <https://www.gse.it/servizi-per-te/fotovoltaico/scambio-sul-posto> consultato il 5/1/2023
- [W.14] <https://www.gse.it/servizi-per-te/efficienza-energetica/conto-termico> consultato il 7/1/2023
- [W.15] <https://www.gse.it/servizi-per-te/autoconsumo/sistemi-semplici-di-produzione-e-consumo> consultato il 7/1/2023
- [W.16] <https://www.efficienzaenergetica.enea.it/servizi-per/impresa/diagnosi-energetiche/indicazioni-operative.html> consultato il 5/11/2022
- [W.17] https://www.graficaveneta.com/it/prod_editoria_libri consultato il 17/1/2023
- [W.18] <https://www.graficaveneta.com/it/azienda> consultato il 17/1/2023
- [W.19] <https://www.efficienzaenergetica.enea.it/servizi-per/impresa/diagnosi-energetiche/linee-guida-settoriali.html> capitolo “settore cartario”, consultato il 7/12/2022

- [W.20] <https://energivori.csea.it/Energivori/> consultato il 18/1/2023, per il “23° Elenco delle imprese a forte consumo di energia elettrica” del 2021
- [W.21] <https://www.graficaveneta.com/en/news/libri-grafica-veneta-cresce-in-usa-con-la-maggioranza-di-lake-book-manufact> consultato il 18/1/2023
- [W.22] <https://www.kone.it/referenze-blog/grafica-veneta.aspx> consultato il 18/1/2023
- [W.23] <https://www.ufficiocamerale.it/1953/grafica-veneta-spa> consultato il 18/1/2023
- [W.24] <https://www.rainews.it/tgr/veneto/video/2020/12/ven-Mascherine-Veneto-Italia-Grafica-Veneta-73611f28-4d0e-48ae-aad0-cbf6e9f35487.html> consultato il 18/1/2023
- [W.25] https://www.graficaveneta.com/it/libro_h24 consultato il 19/01/2023
- [W.26] https://aziende.pefc.it/aziende_online/scheda?ID=461 consultato il 31/12/2022
- [W.27] <https://connect.fsc.org/fsc-public-certificate-search> consultato il 4/1/2023
- [W.28] <https://www.csqa.it/KPlanciaTools/KPCertificate.ashx?94935232> consultato il 4/1/2023
- [W.29] <https://www.csqa.it/KPlanciaTools/KPCertificate.ashx?94932851> consultato il 4/1/2023
- [W.30] <https://services.acredia.it/> consultato il 14/1/2023
- [W.31] <https://www.certipedia.com/certificates/39+00+0920710> consultato il 21/1/2023
- [W.32] <https://www.certipedia.com/certificates/01+213+1419951> consultato il 21/1/2023
- [W.33] https://www.graficaveneta.com/it/reparto_stampa consultato il 18/12/2022
- [W.34] https://www.graficaveneta.com/it/reparto_digitale consultato il 18/12/2022
- [W.35] <https://www.salvatoreirrito.it/blog/domande-risposte/quali-sono-i-tipi-di-rilegatura-per-una-tesi-o-per-un-libro.html> consultato il 22/1/2023
- [W.36] https://www.graficaveneta.com/it/reparto_rilegatura consultato il 18/12/2022
- [W.37] <https://www.gdslighting.com/prodotti/illuminazione-industriale-led/> consultato il 27/1/2023
- [W.38] <https://www.gruppoab.com/it/trigenerazione/> consultato il 27/1/2023
- [W.39] <https://dgsaie.mise.gov.it/prezzi-mensili-carburanti> consultato il 28/1/2023
- [W.40] <https://www.dali-alliance.org/> consultato il 30/1/2023

[W.41] https://wwwold.arpa.veneto.it/bollettini/storico/2021/0122_2021_TEMP.htm

consultato il 5/2/2023

[W.42] <https://www.holz-kraft.com/en/products/biomass-chp.html> consultato il

16/2/2023

[W.43] <https://energiadallegno.it/prezzo-del-cippato-a-settembre-2022/> consultato il

16/2/2023

Indice delle figure

Figura 1 - Tendenza del prezzo del petrolio. Fonte: BP [1]	9
Figura 2 - Investimenti in energia pulita nel mondo, per settore, dal 2006 al 2020. Fonte: Bloomberg [2].....	10
Figura 3 - Investimenti in energia pulita da parte di alcune compagnie petrolifere. Fonte: IEA [3]	11
Figura 4 – sviluppo della domanda di energia primaria, con “Negajoules”. Fonte: Enerdata [4].....	12
Figura 5 - Investimenti in energia pulita ed efficienza energetica nel mondo, dal 2017 al 2021. Fonte: IEA [3]	13
Figura 6 - Investimenti in efficienza energetica nel mondo per settore. Fonte: IEA [3]	14
Figura 7 - Riduzione di emissioni mondiali, per misura di mitigazione, nel NZE. Fonte: IEA [5].....	16
Figura 8 - Riduzioni medie annuali di CO2 dal 2020 nello scenario NZE. Si nota il ruolo delle diverse misure di efficienza energetica, in giallo. Fonte: IEA [5]	17
Figura 9 – Emissioni mondiali di CO2 nell’industria pesante, riduzioni per misura di mitigazione e categoria di maturità della tecnologia nello scenario NZE. Fonte: IEA [5]	18
Figura 10 - Consumo finale totale e domanda evitata per misura di mitigazione nello scenario NZE. Fonte: IEA [5]	19
Figura 11 - Investimento medio annuale di capitale nello scenario NZE. È evidenziata la componente di efficienza energetica. Fonte: IEA [5]	19
Figura 12 – flussi di energia in un trigeneratore, con rendimenti tipici in percentuale. Fonte: Gruppo AB [W.38]	25
Figura 13 – Il principio dei progetti di risparmio energetico. Fonte: ISO [7].....	30
Figura 14 – Scaletta per l’esecuzione di un energy audit. Fonte: EN 16247 [12].....	44
Figura 15 – il logo di Grafica Veneta. Fonte: [W.17]	66
Figura 16 - La stampa di libri è l’attività principale di Grafica Veneta. Fonte: [W.17]	67
Figura 17 – lo stabilimento di Grafica Veneta, con l’impianto fotovoltaico sul tetto. Fonte: [W.18]	70
Figura 18 – planimetria dello stabilimento di Trebaseleghe. Fonte: Grafica Veneta	71
Figura 19 - divisione dello stabilimento in aree funzionali.....	72
Figura 20 – distribuzione uniforme in pianta delle aperture di smaltimento. Fonte: [41] ..	74
Figura 21 - gli schermi filtranti. Fonte: Grafica Veneta	81
Figura 22 - Adesione al marchio FSC. Fonte: motore di ricerca di FSC [W.27].....	83

Figura 23 – dettaglio della certificazione ambientale ISO 14001 dell’azienda. Fonte: [W.8]	84
Figura 24 - certificazione del Sistema Qualità ISO 9001. Fonte: [W.8]	84
Figura 25 - Certificazione ISO 45001. Fonte: [W.8]	85
Figura 26 - Certificazione PEFC ITA 1002. Fonte: Grafica Veneta [W.8]	86
Figura 27 - Certificazione IMPRIMVERT 2021 di Grafica Veneta. Fonte: [W.8]	86
Figura 28 - Certificazione PAS 2060 della neutralità carbonica. Fonte: [W.8]	86
Figura 29 - flussi energetici di stabilimento, schema generale	88
Figura 30 - diagramma dei flussi energetici in azienda, con numero identificativo	89
Figura 31 - modello energetico del sito di Trebaseleghe	94
Figura 32 - il cogeneratore. In verde il gruppo motore-alternatore. Fonte: Gruppo AB [42]	99
Figura 33 - diagramma di Sankey con i valori totali del 2021	116
Figura 34 – profilo di E.E. utilizzata nel 2021, per mese e per origine	118
Figura 35 – E.E. prodotta da fotovoltaico, con autoconsumo, nel 2021.....	119
Figura 36 - andamento della quota di autoconsumi [%] di energia elettrica nel 2021.....	120
Figura 37 – E.E. prodotta nel 2021 per impianto, in MWh	122
Figura 38 – quota di produzione [%] nel 2021, per mese e per fonte	123
Figura 39 – quota [%] di produzione locale venduta alla rete nel 2021, per mese	124
Figura 40 – E.E. acquistata [MWh], confronto tra 2022 e 2021.....	127
Figura 41 – somma di E.E. prelevata per ogni giorno, in MWh, da luglio a ottobre 2022.	128
Figura 42 – distribuzione E.E. prelevata dalla rete, con curva di Lorenz, per 4 mesi del 2022	129
Figura 43 – E.E. acquistata nel 1° mercoledì del mese, periodo luglio – ottobre	130
Figura 44 – curva di durata per il 1° mercoledì di luglio	131
Figura 45 – curva di durata per il 1° mercoledì di ottobre	132
Figura 46 – E.E. prelevata [kWh] in 15 minuti, profili per ogni giorno della 2° settimana di luglio	134
Figura 47 - E.E. prelevata [kWh] in 15 minuti, profili per ogni giorno della 2° settimana di ottobre	135
Figura 48 - E.E. prelevata [kWh] ogni 15 minuti, per tutta la 2° settimana di luglio e ottobre 2022	136
Figura 49 – curva di durata della 2° settimana di luglio 2022.....	137
Figura 50 – curva di durata del carico della 2° settimana di ottobre 2022	138

Figura 51 – E.E. prelevata [kWh] in 15 minuti, somma dei giorni della 2° settimana del mese, per luglio e ottobre 2022	139
Figura 52 – quantità di gas naturale nelle 2 destinazioni d’uso e somma, per ogni mese del 2021	141
Figura 53 – diagramma di Sankey con i consumi totali del 2021	141
Figura 54 – contributo, in percentuale, del trigeneratore e del risparmio rispetto al consumo totale mensile di gas naturale, per il 2021	142
Figura 55 – quantità di gas naturale [Sm ³] all’edificio e temperatura aria esterna nel 2021	143
Figura 56 – flussi di energia nel trigeneratore di Grafica Veneta nel 2021.....	147
Figura 57 – flussi di energia [tep] del trigeneratore per mese nel 2021.....	148
Figura 58 – quote relative di energia nelle destinazioni del trigeneratore nel 2021.....	149
Figura 59 – ripartizione dell’energia primaria acquistata nel 2021	151
Figura 60 – spesa per l’energia nel 2021	151
Figura 61 – indicatori per il consumo di E.E. finale: energia elettrica pro capite e intensità elettrica, dati EU-28. Fonte: Eurostat.....	168
Figura 62 – EnPI per il consumo di energia primaria, dati EU-28. Fonte: Eurostat.....	169
Figura 63 – Intensità energetica in koe per 1000 € di PIL, valori del 2021. Fonte: Eurostat	170
Figura 64 – EnPI per il consumo finale di gas naturale, con dati EU-28. Fonte: Eurostat..	171
Figura 65 – E.E. prelevata nei primi 10 mesi dell’anno, dal 2020 al 2022, relativamente al 2021	177
Figura 66 – contributi alle emissioni di CO ₂ secondo i dati di Tabella 51	183
Figura 67 – interventi fatti dopo diagnosi energetiche, con classifica dei primi 7. Fonte: ENEA [47]	186
Figura 68 – n° di TEE ricevuti nel 2021 e quota dei ricavi sui costi del combustibile.....	196
Figura 69 – costi, ricavi e utile del trigeneratore contro il risparmio di gas.....	199
Figura 70 – energia elettrica prodotta e tariffa, per mese, dati 2021	205
Figura 71 – flussi di cassa per ritiro dedicato e conto energia, 2021	206
Figura 72 - Project Design Document dell’investimento di Grafica Veneta.....	209

Indice delle tabelle

Tabella 1 – dati identificativi dell'azienda	68
Tabella 2 - valori di riferimento per gli indicatori di prestazione energetica dell'edificio ...	75
Tabella 3 – le materie prime principali. Fonte: [36]	77
Tabella 4 - materiali utilizzati per lavorazioni e manutenzione macchinari. Fonte: [36].....	77
Tabella 5 - scarto tra la materia prima e il prodotto finito. Fonte: [36].....	78
Tabella 6 - i contatori e i flussi misurati.....	90
Tabella 7 – potenza rinnovabile di Grafica Veneta	96
Tabella 8 – dettagli del trigeneratore, informazioni generali	97
Tabella 9 – informazioni su consumi e rendimenti del trigeneratore.....	98
Tabella 10 – dettagli tecnici del gruppo ad assorbimento del trigeneratore	99
Tabella 11 – dettagli del trasformatore del trigeneratore	100
Tabella 12 - energia acquistata nel 2021.....	102
Tabella 13 – inventario degli impianti frigoriferi dello stabilimento.....	103
Tabella 14 - rotative per la stampa a bobina. Fonte: [W.33]	104
Tabella 15 - macchine per la stampa a foglio. Fonte: [W.33].....	105
Tabella 16 - macchine per la stampa digitale. Fonte: [W.34].....	105
Tabella 17 – macchine per la rilegatura. Fonte: [W.36]	106
Tabella 18 – macchine il confezionamento. Fonte: [W.36].....	107
Tabella 19 - consumi di carburante in azienda e costo associato. Fonte: [36]	110
Tabella 20 – inventario dei terminali dell'impianto di illuminazione in Produzione	112
Tabella 21 – flussi di energia elettrica nello stabilimento nel 2021.....	115
Tabella 22 - dettaglio sulla quota di energia elettrica autoconsumata	117
Tabella 23 – flussi di energia elettrica prodotta, con le sue destinazioni, dati 2021	121
Tabella 24 – energia primaria dei flussi di E.E. nel sito, valori totali 2021.....	125
Tabella 25 – E.E. acquistata, 2021 contro 2022, con la variazione	126
Tabella 26 – candidati per integrazione della produzione locale. Fonte: [42].....	133
Tabella 27 – gas naturale usato da Grafica Veneta nel 2021, per mese	140
Tabella 28 - energia primaria dei consumi di gas naturale nel sito, totali 2021	144
Tabella 29 – bilancio dei flussi di energia complessivi del trigeneratore nel 2021.....	145
Tabella 30 – bilancio di prodotti e perdite dell'impianto trigeneratore nel 2021	145
Tabella 31 - vettori energetici acquistati, totale 2021	150
Tabella 32 – trasformazioni interne dei vettori acquistati.....	152
Tabella 33 – indicatori di consumo specifico per lo stabilimento, dati del 2021.....	155

Tabella 34 – grandezze importanti per il calcolo degli EnPI.....	157
Tabella 35 – grandezze energetiche più importanti e confronto con il fatturato	158
Tabella 36 – confronto delle grandezze energetiche con il numero di dipendenti	159
Tabella 37 – confronto dell’energia usata con la massa di merce prodotta nel 2021	160
Tabella 38 – EnPI per le superfici dei reparti produttivi.....	161
Tabella 39 – EnPI che includono anche la superficie dei magazzini.....	162
Tabella 40 – quote di rinnovabili ed elettrificazione.....	163
Tabella 41 – EnPI di riferimento. Fonte: ENEA	165
Tabella 42 - intensità energetica ed elettrica, dati 2021.....	167
Tabella 43 – Grafica Veneta contro l’industria della stampa nel 2020. Fonte: Eurostat ...	172
Tabella 44 – EnPI di Grafica Veneta contro la media italiana del settore	173
Tabella 45 – Sorgenti e destinazioni di energia elettrica nel 2020. Fonte: [36].....	175
Tabella 46 – usi di E.E. totali, 2020 contro 2021	175
Tabella 47 – confronto degli acquisti di E.E. per mese, dal 2020 al 2022	176
Tabella 48 – uso totale di gas naturale nel 2020 e nel 2021. Fonte per il 2020: [36]	178
Tabella 49 – emissioni nel 2020 per gruppo	180
Tabella 50 – KPI per le emissioni di CO2 nel 2020 nel sito di Trebaseleghe	181
Tabella 51 – Le 6 fonti di emissioni di gas serra principali di Grafica Veneta nel 2020	182
Tabella 52 – prezzi di acquisto e vendita nel 2021.....	194
Tabella 53 – ricavi da TEE e costo combustibile, per mese	195
Tabella 54 – valori economici dei flussi di energia del trigenerator, dati 2021	197
Tabella 55 – costi, ricavi e utile del trigenerator, per mese	198
Tabella 56 – valutazione dell’investimento, trigenerator del 2018	201
Tabella 57 – valutazione investimento in impianto fotovoltaico da 3003 kWp	202
Tabella 58 – analisi investimento in impianto FV da 2200 kWp	203
Tabella 59 – contributo incentivi per impianto FV “Paese 998”, dati 2021	204
Tabella 60 - progetti di riduzione dell’impronta carbonica.....	207
Tabella 61 – illuminamento per attività di stampa, industriali e artigianali. Fonte: [49] ..	219
Tabella 62 – flusso luminoso richiesto in Produzione, secondo EN 12464-1.....	219
Tabella 63 – offerta del servizio illuminazione nei reparti di Produzione.....	220
Tabella 64 – confronto delle offerte. Fonte: GDS Lighting [W.37].....	221
Tabella 65 – dettagli tecnici del cogeneratore a legna proposto.....	227
Tabella 66 – calcolo investimento cogeneratore biomassa, parte 1	228
Tabella 67 - calcolo investimento cogeneratore biomassa, parte 2	229
Tabella 68 – classificazione delle conseguenze dell’investimento.....	231

