KERING

CLEAN BY DESIGN

IN ITALIA

April 2017

INDICE

			Pagina
EXECUTIVE SUMMARY			**6**
1	**INTRODUZIONE**		**8**
1.1	SCOPO ED ORGANIZZAZIONE DEL DOCUMENTO		8
1.2	CLEAN BY DESIGN		9
	1.2.1	Clean by Design: cos'è e come funziona	9
	1.2.2	Cambiare mentalità	9
	1.2.3	Le 10 best practices +5	10
	1.2.4	NRDC	13
	1.2.5	Clean by Design, la filiera del lusso, il tessile in Italia oggi	13
1.3	L'IMPEGNO DI KERING		13
1.4	L'IMPORTANZA DI CONDIVIDERE		14
1.5	RISULTATI DEL PROGRAMMA CLEAN BY DESIGN IN ITALIA		14
	1.5.1	Metodologia di monitoraggio e verifica dei risultati	14
	1.5.2	I risultati a fine 2016	15
2	**MONITORAGGIO DEI CONSUMI**		**24**
2.1	TECNICHE DI DIAGNOSI DEI CONSUMI		24
	2.1.1	Approccio Top-Down	24
	2.1.2	Approccio Bottom-Up	26
2.2	MONITORAGGIO, SENSORISTICA E AUTOMAZIONE		27
3	**SISTEMI AUSILIARI**		**32**
3.1	ILLUMINAZIONE		32
	3.1.1	Illuminazione LED	32
	3.1.2	Sensoristica e Sistemi di Controllo	33
3.2	RISCALDAMENTO		34
	3.2.1	Sensoristica e Sistemi di Controllo	35
	3.2.2	Recuperi Termici	36
	3.2.3	Sistemi Efficienti di Produzione del Calore	36
3.3	VENTILAZIONE		38
	3.3.1	Sensoristica e Sistemi di Controllo	39
	3.3.2	Installazione di Inverter sui Ventilatori	39
3.4	RAFFRESCAMENTO		40
	3.4.1	Sensoristica e Sistemi di Controllo	40
	3.4.2	Uso di Schermature Solari	40
	3.4.3	Corretta Manutenzione	41
	3.4.4	Sistemi Efficienti per la Produzione di Freddo	41
3.5	ARIA COMPRESSA		42
	3.5.1	Ricerca e Riparazione delle Perdite nella Rete	43
	3.5.2	Installazione di Valvole di Sezionamento sulla Rete	43
	3.5.3	Vantaggi di un Compressore ad Inverter	44
	3.5.4	Riduzione di Pressione dell'Aria Compressa e Produzione Decentralizzata	46
3.6	VAPORE		46

3.6.1 Installazione di un Economizzatore 47
3.6.2 Miglior Pretrattamento dell'Acqua di Alimento e Ottimizzazione dei Cicli di Spurgo 48
3.6.3 Isolamento Termico della Rete e della Caldaia 49
3.6.4 Manutenzione Preventiva degli Scaricatori di Condensa 50
3.6.5 Recupero delle Condense 51
3.6.6 Riduzione di Temperatura e Pressione del Vapore e Produzione Decentralizzata 53
3.7 OLIO DIATERMICO 53
3.8 ACQUA CALDA E SURRISCALDATA 54
3.8.1 Graduale Incremento dei Recuperi Termici 54
3.8.2 Isolamento Termico della Rete e della Caldaia 55
3.9 RECUPERI TERMICI 55
3.9.1 Recuperi Termici da Gas di Scarico 56
3.9.2 Recuperi Termici da Acque di Scarico e di raffreddamento 57
3.10 COGENERAZIONE 57
3.11 FONTI RINNOVABILI 58
3.11.1 Fotovoltaico 59
3.11.2 Biomasse Combustibili 60
3.12 TRATTAMENTO ACQUE DI PROCESSO 61
3.12.1 Vantaggi dell'Osmosi Inversa per l'Acqua di Alimento Caldaia 61
3.12.2 Vantaggi dell'Osmosi Inversa per l'Acqua di Processo 61
3.13 MOTORI ELETTRICI 62
3.13.1 Sostituzione con Motori ad Alta Efficienza 62
3.13.2 Inverter, Dove e Quando 63
4 I PROCESSI DELL'INDUSTRIA TESSILE 66
4.1 FILATURA, ORDITURA E TESSITURA 66
4.1.1 Descrizione del Processo 66
4.1.2 Problemi Tipici e Margini di Miglioramento 67
4.1.3 L'Impianto Ottimizzato 68
4.2 TINTORIA E FINISSAGGIO 69
4.2.1 Descrizione del Processo 70
4.2.2 Problemi Tipici e Margini di Miglioramento 70
4.2.3 L'Impianto Ottimizzato 72
4.3 STAMPERIA 73
4.3.1 Descrizione del Processo 73
4.3.2 Problemi Tipici e Margini di Miglioramento 73
4.3.3 L'Impianto Ottimizzato 74
4.4 IMPIANTI A CICLO INTEGRATO 75
4.4.1 Descrizione del Processo 76
4.4.2 Problemi Tipici e Margini di Miglioramento 76
4.4.3 L'Impianto Ottimizzato 77
4.5 UFFICI E MAGAZZINI 77
5 CONCLUSIONI 80
LISTA DELLE FIGURE 82
LISTA DELLE TABELLE 82

EXECUTIVE SUMMARY

This report outlines best practices on resource efficiency within the Italian textile industry, based on the **learnings of the Kering Clean by Design programme which has been running at 24 of Kering's key textile suppliers for the past two years**. Clean by Design is a programme to improve resource efficiency, processes and plant management in textile mills via actions that are easy to implement, with a low upfront cost and short payback time. Initially developed by the **National Resources Defence Council (NRDC)**, America's largest environmental advocacy organisation, the programme aims to **improve both the economical and environmental efficiency** of participant mills. Focused on 10 best practices, the programme seeks to improve current management, maintainence, and processes, whilst also implementing new technological improvements to improve auxiliary systems such as metering and control.

Following a pilot phase, which ran from 2013 to 2014, the Kering programme was fully launched in late 2014 across 24 of the Group's textile mills. Specialising in dyeing, printing, weaving or spinning, the mills selected to participate represent a true sample of both Kering's supply chain and of the Italian textile sector. Each mill firstly went through a resource efficiency audit, with a tailor-made action-plan then drawn up, with a timeline of projects to be implemented by end of 2017. The mills committed to implement **more than 150 actions** for resource efficieny improvement.

By the end of 2016 significant improvements has already been made, and Kering thus decided to publish the results in this report. Thus far, participating mills have already **significantly reduced their electricity and natural gas usage.** Some reductions in water usage and opportunities to switch to renewable energy have also been identified, in addition to the consequential financial savings.

The most significant improvement to date is that **all participating mills have eliminated their use of fuel oil**, by either connecting to a natural gas grid or installing a wood chip boiler. As a result of the aforementioned actions, **Greenhouse Gas (GHG) Emissions at each mill have already been reduced by an average 11.5%** (155,200 kg CO_{2e} per year per mill), with a projected reduction of up to 19% by the end of 2017. **Five mills reduced their GHGs emissions of 20% or more**, the top two exceeding 25%. Ten mills achieved 15% reduction or more. In total, the 24 mills have achieved a **reduction of 3,730 tons CO_{2e}/year** (5.7% of a total of 65,300 tons CO_{2e}/year for all the mills), with a projected reduction of 7,850 tons CO_{2e}/year by the end of 2017.

The difference of total figures with average figures shows an interesting fact: **small and medium-sized mills made more improvements and moved faster than the larger mills**. This is only partly due to the higher efficiency of larger and better-structured mills respect to the smaller ones. An important aspect that came out is that the smaller mills have shorter decision chains, and are able to define and implement interventions faster. To date, there is no clear findings on the potential for savings in dry processes versus wet processes, although the latter tend to have much larger energy consumption, especially due to thermal energy.

From an economic point of view, the programme is creating significant benefits with the actions implemented thus far (total investment of €2,200,000) resulting in **a total annual savings of €940,000 in running costs** and thus translating to an average **Return on Investment of 2.5 years.** Taken on a mill per mill basis, this equates to an investment of €91,000 which generates an annual saving of €39,000. Aside from the actions and investments made under the Clean by Design programme, participant mills also made other significant investments in machineries

over the course of the pilot, primarily driven by a need to expand production and substitute obsolete machineries. These additional investments total €6,700,000 and resulted in an additional annual savings of up to €1,100,000.

Actions and investments, as well as the resulting financial and natural resource savings were continuously monitored by Kering throughout the pilot via monthly calls. An on-site evaluation was also carried out at each mill at the end of 2016, to verify the final investments and improvements.

Across the 24 mills, the most common action implemented was the replacement of fluorescence tubes by LED lighting. Although is somewhat related to the evolution of the lighting industry and a cross-sector trend to move to LED, the Clean by Design programme accelerated the mills' switch to more efficient lighting systems. Two other common actions implemented by the mills were the optimisation of steam systems and thermal recoveries. Important savings were also made my numerous mills via the optimisation of electric motors; the improvement of ventilation and air conditioning; the optimisation of compressed air systems; and improvements in site management practices. A full picture of the results achieved to date, as well as projected results for 2017 can be found in *Chapter 1*.

One key focus over the course of 2017 will be to implement energy efficiency actions including; energy self-production, combined heat and power plants, and energy metering. Metering serves to provide a deeper knowledge of where energy (and water, if metered) goes and where it is used for what. *Chapter 2* of the report is fully dedicated to this issue.

Chapter 3 is dedicated to auxiliary systems, which represent a core part of the Clean by Design programme. These systems range from steam, thermal oil and hot and overheated water boilers and networks, energy recoveries, compressed air, to HVAC, water and electric systems. **The most economically efficient strategy is to produce just what is needed in the moment when it is needed**, thus eliminating any transport, conservation and overdimensioning losses and unnecessary energy uses (e.g. lights on in an empty corridor, or steam available in an empty department), **and recovering of all possible waste heat, water and material flows**. These tips and the development of such strategies for the different types of plants are detailled in *Chapter 4*.

To conclude, the results of the Clean by Design programme to date are discussed in *Chapter 5*. These results remain preliminary, with participating suppliers set to continue improving their mills' efficiency over the coming year and the projected total savings to thus be higher by time the mills have fully implemented their action plans at the end of 2017.

Commencing with the sole goal of improving energy and water efficiency, the Kering Clean by Design programme has also generated far more benefits, including greater transparency and closer collaboration across our supply chains. **In sharing our experiences to date in this report, we hope to encourage others across our sector to join the Clean by Design programme** so that together we can build a more environmentally friendly, resource efficient and economically competitive future for the Italian textile industry.

1 INTRODUZIONE

Alla fine del 2013, Kering (allora PPR) attivava un progetto di ampia portata volto alla comprensione dei consumi energetici ed idrici nella filiera del tessile dei propri marchi di alta moda ed alla loro riduzione.

Questa iniziativa trovò una concretizzazione nell'incontro tra **Kering** ed il **National Resources Defense Council (NRDC)**, la più grande organizzazione per la difesa dell'ambiente degli Stati Uniti d'America, che aveva attivato già da alcuni anni un programma di questo tipo con importanti marchi americani e globali ed i loro fornitori. Il programma, avviato nel 2009 ed oggi in corso, si chiama **Clean by Design (CBD)**.

Il programma prevede, per i fornitori che aderiscono al programma, la realizzazione di diagnosi dei consumi energetici ed idrici volti all'**identificazione di interventi di efficientamento**, con particolare attenzione a quelli con **tempi di ritorno brevi, investimenti inziali limitati e nessun impatto sulla qualità e la tempistica della produzione**. Alla diagnosi, finanziata dal marchio ed effettuata da consulenti specializzati, segue l'implementazione di alcuni degli interventi da parte del fornitore attraverso un piano d'azione concordato. Gli interventi sono finanziati dal fornitore stesso, che gode in seguito dei loro benefici.

Il programma, sviluppato da NRDC a partire dagli Stati Unit,i ha visto nel corso degli anni la partecipazione di svariati marchi e di decine di fornitori. L'interesse del gruppo Kering per il programma è iniziato nel 2013 a partire dal brand Stella McCartney, che ha poi coinvolto l'intero gruppo nella valutazione dell'applicabilità di questo programma ai fornitori del lusso, situati prevalentemente in Italia. Durante la quale sono stati coinvolti 25 fornitori. Gli audit sono stati effettuati tra la fine del 2014 e la metà del 2015; 24 di loro si sono poi ufficialmente impegnati concordando con Kering un piano di azione volto all'implementazione degli interventi di efficientamento tra la fine del 2015 ed il 2017.

Agli impianti che si sono prestati a questa iniziativa, va un sentito ringraziamento da parte del Gruppo Kering.

1.1 SCOPO ED ORGANIZZAZIONE DEL DOCUMENTO

Questo rapporto è un manuale di buone pratiche per il risparmio di energia ed acqua nel settore tessile in Italia. Le tecniche e tecnologie indicate ed i risultati conseguibili sono basati sui risultati ottenuti ad oggi dal programma Clean by Design, sviluppato in Italia da Kering con il supporto del National Resources Defense Council (NRDC).

Questo rapporto è pensato per essere utilizzato come strumento di lavoro per chi nelle aziende tessili si occupa specificamente di consumi di energia ed acqua, ma anche per chi – proprietà e/o dirigenza – definisce quali interventi finanziare all'interno delle aziende, per altri brand e distributori che come Kering hanno intenzione di attivare programmi ambientali all'interno delle proprie filiere, per chi – analisti, divulgatori, giornalisti – si occupa di sostenibilità ed efficienza energetica e di produzione e per il mondo della ricerca e della formazione, dove i temi dell'efficienza energetica ed idrica sono sempre più temi di interesse per l'ambito tecnico-industriale, ma sempre più anche gestionale ed economico.

Questo documento riporta le buone pratiche tecniche e tecnologiche individuate nelle aziende coinvolte, sostanziandole con i risultati ottenuti ad oggi dal programma. I risultati sono ancora parziali, in quanto i 24 impianti completeranno gli interventi concordati nei loro piani d'azione nel 2017. Ciò nonostante i risultati già ottenuti sono estremamente interessanti, con vari impianti le cui emissioni serra si sono ridotte del 20% e più, e con interventi già messi in atto per tutti i tipi di buone pratiche proposti. Nell'ultimo paragrafo dell'introduzione sono riportati i risultati ottenuti ad oggi.

Il documento si articola nel modo seguente:

- In questo capitolo si descrivono il programma e le ragioni per cui è nato, e si illustrano i risultati ottenuti a fine 2016;
- Il capitolo 2 è dedicato alla misura base per l'efficientamento, ossia la misurazione dei livelli di consumo;
- Il capitolo 3 è dedicato all'ottimizzazione dei sistemi ausiliari;
- Il capitolo 4 analizza i vari tipi di impianto tessile incontrati durante il programma, propone gli obiettivi a cui tendere e descrive l'impianto "ideale" dal punto di vista della gestione delle risorse;
- Il capitolo 5 riporta le conclusioni che Kering trae in questa fase del programma.

1.2 CLEAN BY DESIGN

1.2.1 Clean by Design: cos'è e come funziona

Clean by Design è una campagna dedicata all'efficientamento degli impianti tessili, volta a ridurne i consumi di energia, acqua e dove possibile prodotti chimici. Il settore tessile, ancorchè considerato un'industria leggera, è un settore altamente inquinante che consuma enormi quantità di acqua ed energia, rilasciando – direttamente o indirettamente – nell'ambiente quantità di acque di scarico, rifiuti ed inquinanti altrettanto grandi. A livello globale, il tessile può essere considerato la seconda industria più inquinante dopo quella petrolchimica.

Il programma avviato da NRDC funziona, come già accennato, coinvolgendo i marchi. Il marchio finanzia la diagnosi energetica ed idrica dell'impianto fornitore, il quale si impegna poi ad implementare alcune delle misure proposte entro un piano concordato.

Anche se gli interventi di efficientamento proposti si ripagano da soli in tempi limitati, il ruolo dei brands è fondamentale: nella mentalità corrente, infatti, i consumi di energia ed acqua sono normalmente considerati come necessari, e raramente la loro riduzione è considerata come una possibilità per migliorare il business.

Il ruolo del brand quindi quello di offrire, in parallelo al risparmio economico – figlio di quello di energia ed acqua – inizialmente non scontato, un'opportunità di visibilità e di approfondimento dei legami con il fornitore, ed è essenziale.

Nel programma avviato da Kering in Italia, Kering non si è limitata ad invitare i fornitori a partecipare ed a finanziare gli audit, ma ha seguito e sta gestendo direttamente l'intero programma, dalla raccolta dati iniziale al monitoraggio della realizzazione degli interventi presso i foritori.

1.2.2 Cambiare mentalità

Clean by Design è un'iniziativa volta, in primo luogo, a cambiare il modo di pensare in chi gestisce e progetta gli impianti tessili: il programma è basato non tanto sulla promozione di tecnologie innovative e pulite, quanto soprattutto sul miglioramento della gestione dell'impianto, introducendo l'efficienza tra i parametri principali con cui gestire e far sviluppare le attività.

In un impianto tessile normalmente tutta l'attenzione del personale tecnico è orientata alla cura del macchinario produttivo, mentre la cura per i servizi ausiliari è ridotta al minimo e questi sono progettati per condizioni di utilizzo massimo spesso irrealistiche. Così tutti i servizi ausiliari (aria compressa, vapore, olio diatermico, acqua surriscaldata, riscaldamento) tendono ad essere sovradimensionati, utilizzati a carichi normalmente minimi e manutenuti il minimo necessario, con attività di monitoraggio dei consumi e delle condizioni reali di carico pressocchè inesistenti.

La conseguenza di questo modo di operare è che, anche se l'energia costituisce il 10-20% del fatturato di un impianto tessile (e nelle tintorie facilmente si arriva al 30%), quasi nessun impianto monitora i consumi a livello di macchinario principale o anche solo di reparto limitandosi a registrare i consumi totali attraverso le bollette mensili. Circa le manutenzioni dei sistemi ausiliari, un esempio significativo è nella gestione dell'aria compressa: la quantificazione sistematica delle perdite è una rarità, così come l'esistenza di una routine ben definita di ricerca ed eliminazione delle stesse. Quando la quantificazione viene fatta, i risultati sono spesso sconcertanti: negli impianti in cui si sono fatte valutazioni per quantificare le perdite del sistema aria compressa, in varie occasioni è risultato che le perdite arrivano all'80% della produzione.

Il cambiamento di mentalità consiste nel guardare i sistemi ausiliari (che non fanno la differenza nella produzione come le macchine tessili e la capacità di usarle bene, ma senza le quali l'impianto non funziona) sotto una nuova luce e porsi domande che normalmente non ci si pone, quali: il sistema è al meglio della propria efficienza? Quanto consumano le varie macchine? Questo consumo si può ridurre? Si sa quanto consumano i vari reparti, e se i servizi ausiliari sono dimensionati in modo corretto? Si sa dove passano i tubi? Il modo in cui si produce un servizio (esempio: il calore usato in un lavaggio) è quello ottimale? O si può usare qualcosa di più economico (esempio: acqua calda invece che vapore), magari recuperato (esempio: da un recuperatore di calore sullo scarico di un camino del finissaggio a secco)?

Porsi queste domande, farsi venire delle idee e verificarle è alla base del cammino di efficientamento più efficace, perchè permette di individuare inefficienze non evidenti e di effettuare grandi interventi di rinnovo con un'affidabilità molto maggiore circa le previsioni ed i risultati.

1.2.3 Le 10 best practices +5

Il programma Clean by Design sviluppato da NRDC si basa su 10 "best practices", all'interno delle quali si possono collocare la maggior parte degli interventi di efficientamento.

Pur essendo state sviluppate con riferimento al settore tessile in Asia, queste 10 pratiche trovano un ottimo riscontro anche in Italia, anche se con alcune importanti differenze legate principalmente al fatto che in Asia il fabbisogno termico è soddisfatto principalmente con il carbone o oli combustibili pesanti, mentre in Italia si utilizza in massima parte gas naturale.

Le 10 best practices sono le seguenti, per ciascune di queste si riporta un commento relativo alla loro applicabilità nel contesto del tessile italiano:

1. **Misurare i consumi, individuare le perdite**: nella maggior parte degli impianti coinvolti i consumi vengono misurati soltanto mensilmente. Questo implica che nell'impianto non si conoscano, se non in modo estremamente grossolano, i consumi delle varie parti dell'impianto, e che tutti i consumi in eccesso dovuti ad apparati inutilmente accesi o a malfunzionamenti non possano essere facilmente individuati. Installare sistemi di misura dei consumi a livello di reparti e di macchinario, leggere i dati e e svolgere periodicamente analisi sui consumi delle singole macchine con un dettaglio maggiore è la prima e più importante pratica, da applicare con decisione nel contesto italiano. Individuare le perdite è un aspetto complementare: se in Italia individuare grosse perdite d'acqua o perdite di vapore nell'ambiente è relativamente raro, le reti dell'aria compressa hanno perdite spesso significative – se ne parla alla best practice numero 10 – e le linee vapore non hanno un programma di manutenzione preventiva – a questo è dedicata la misura 7.

2. **Raccogliere e recuperare le condense nelle reti vapore: quando il vapore** condensa nuovamente allo stato liquido è acqua purissima e già calda, prestandosi ottimamente a essere riportata in caldaia per produrre nuovamente vapore. In Italia questa pratica è piuttosto diffusa, ciononostante esistono ancora molti processi con vapore a perdere e situazioni in cui la condensa non viene recuperata, con conseguente spreco di acqua ma soprattutto di energia.

3. **Riusare l'acqua di raffreddamento**: questa pratica, in Italia, è la prassi ed è raro trovare impianti che la sprechino. Anzi, in Italia di acqua calda se ne recupera "troppa", in quanto spesso si cerca di raffreddare i bagni di tintura a fine processo il più rapidamente possibile; per farlo si usa tantissima acqua di raffreddamento che si riscalda di pochi gradi. Un miglioramento operativo a costo zero è legato al rallentare, nelle tintorie, il processo di raffreddamento post tintura. Più il processo è lento, meno acqua di raffreddamento si usa, più è alta la sua temperatura. Il risultato è un consumo minore di acqua ed un forte risparmio energetico, in quanto recuperare meno acqua con una temperatura maggiore la rende molto più facilmente e convenientemente riutilizzabile.

4. **Riutilizzare l'acqua di processo e le acque grigie**: in varie situazioni acque poco sporche possono essere riutilizzate per processi in cui un'elevata qualità dell'acqua non è essenziale (per esempio il primo risciacquo dopo una tinta scura o il lavaggio dei quadri di stampa). Una soluzione efficace – anche per in Italia e nella filiera del lusso – è legata al lavaggio in controcorrente.

5. **Recuperare calore dall'acqua calda**: recuperare il calore residuo dalle acque calde e sporche di lavaggio è una ottima pratica di risparmio energetico, che è stata ampiamente proposta ed implementata dai vari impianti partecipanti al programma.

6. **Aumentare l'efficienza delle caldaie**: anche in Italia si possono ottenere grandi miglioramenti nell'efficienza della generazione del calore. Spesso negli impianti si trovano caldaie molto vecchie, la cui sostituzione con un boiler più moderno ed efficiente ha tempi di ritorno anche brevissimi. Una seconda possibilità di efficientamento sta nell'installare un economizzatore sul condotto di scarico, che recupera calore ulteriore dai fumi preriscaldando acqua o l'aria comburente, incrementando l'efficienza di generazione del calore dipicamente del 5%. Un'ulteriore miglioramento possibile, per quel che riguarda i sistemi a vapore, si può cogliere migliorando la qualità dell'acqua in ingresso alla caldaia (normalmente solo addolcita) ed ottimizzando gli spurghi. Il passaggio dall'acqua addolcita all'acqua osmotizzata permette di ridurre gli spurghi di almeno 10 volte e conseguentemente risparmi energetici pari dal 5% al 10% sul gas utilizzato. Ulteriori risultati si migliorando la deareazione dell'acqua in ingresso ed isolando il mantello le caldaie laddove non lo sono, o dove l'isolamento originario è stato rimosso.

7. **Manutenere gli scaricatori di condensa ed il sistema vapore**: per quanto osservato, è rarissimo che un impianto abbia un programma di manutenzione preventiva di sostituzione degli scaricatori di condensa, con il risultato che quote significative di vapore vengono sprecate. Questa cattiva pratica di manutenzione comporta inefficienze nei processi e grosse perdite energetiche, che facilmente raggiungono il 5% dei consumi di vapore.

8. **Migliorare l'isolamento**: nonostante mediamente le linee vapore, olio diatermico e acqua surriscaldata siano ben isolate nei tratti rettilinei, spesso non è così per i circuiti di ritorno delle condense, per le curve, per i raccordi e per le flange. In queste situazioni l'intervento più efficace è isolare con cuscini isolanti smontabili, in quanto questi punti sono quelli dove più spesso si interviene per manutenzioni e modifiche e sistemi di isolamento fissi finiscono con essere smantellati e non risistemati a fine lavori. Questa misura è tra quelle a tempo di ritorno più breve, dell'ordine di 6 mesi o meno, e dagli investimenti più limitati.

9. **Recuperare calore dai camini e dall'olio diatermico**: anche nelle tintorie, stamperie e finissaggi italiani ci sono eccellenti possibilità per recuperare calore dallo scarico di asciugatoi, vaporizzi, rameuses e sistemi olio diatermico in forma di acqua riscaldata a 80-90 °C. Il problema che si pone spesso però è che tutta quest'acqua calda gli impianti, per come sono organizzati, spesso non sono in grado

di utilizzarla, in quanto gli scambiatori di calore a bordo macchina sono molto spesso a vapore mentre per sfruttare quest'acqua appieno servono scambiatori diversi.

10. **Ottimizzare l'aria compressa**: gli impianti aria compressa sono tra i meno efficienti tra i servizi ausiliari degli impianti coinvolti in Clean by Design**.** Nelle – ancora poche - situazioni in cui durante il programma l'impianto coinvolto ha quantificato le perdite, queste sono risultate molto elevate, fino all'80% dell'aria prodotta. Misurare i consumi al compressore e stabilire routines periodiche ti individuazione ed eliminazione delle perdite sono il primo passo, da affiancare con una valutazione della possibilità di ridurre la pressione operativa della rete e di installare compressori ad inverter.

Nella situazione italiana, in cui si sono valutate non soltanto tintorie e stamperie ma anche tessiture e filature, si sono individuate ulteriori azioni di miglioramento, interessanti soprattutto considerato l'alto costo dell'energia in Italia. Questi interventi si richiamano fondamentalmente a queste categorie:

1. **Produzione di calore con sistemi a combustione diretta**: dovunque possibile, l'utilizzo di macchine (di tintura o finissaggio) dove il calore necessario è generato direttamente da un bruciatore a gas a bordo macchina è la soluzione più efficiente rispetto all'uso acqua surriscaldata, vapore o olio diatermico generati altrove e portati alla macchina in questione con lunghe tubazioni. Si risparmiano le perdite dovute a uno scambio di calore in più tra combustione ed utilizzo e quelle di trasporto. La soluzione è da considerare ogni volta che si sostituisce una macchina che può funzionare a gas diretto, ma anche molte esistenti possono essere convertite a gas diretto sostituendone solo alcune parti.
2. **Efficientamento dell'illuminazione**: l'illuminazione sta vivendo in questi anni una rivoluzione, con il passaggio ai sistemi a LED di quasi tutti i sistemi di illuminazione precedente. A questo vanno aggiunti a seconda della situazione dei sensori di movimento o presenza, temporizzatori e sensori di luce naturale, onde evitare di produrre illuminazione quando non è necessario.
3. **Ottimizzazione dei sistemi HVAC:** una quota rilevante dei consumi nelle tessiture e nelle filature è dovuta a climatizzazione e ventilazione. L'installazione di generatori di calore e freddo efficienti, a gas, elettrici o a biomassa, permette di ridurre sensibilmente i consumi di energia e le emissioni. Lo stesso vale per la ventilazione, la cui potenza deve poter essere regolata in accordo al numero di macchine in funzione, che variando durante la giornata genera più o meno polveri da rimuovere con la ventilazione.
4. **Ottimizzazione dei motori elettrici**: l'adozione di motori ad alta efficienza e di inverters dove i motori devono funzionare a regimi variabili è un punto chiave per ridurre i consumi elettrici, largamente determinati dai motori stessi.
5. **Autoproduzione energetica:** nonostante gli incentivi siano da tempo molto limitati, il fotovoltaico ha visto negli ultimi anni un crollo dei prezzi così consistente da renderne il costo di investimento ed il tempo di ritorno molto più ridotti rispetto agli anni in cui erano disponibili incentivi elevati. Al di là del fotovoltaico, gli impianti tessili – e soprattutto quelli integrati, dove i consumi elettrici e termici sono molto bilanciati – si prestano alla cogenerazione. Infine, molte filande e tessiture sono storicamente nate lungo corsi d'acqua in zone montane per sfruttarne la forza motrice, prima dell'avvento della rete elettrica. Spesso queste situazioni presentano ancora parti delle infrastrutture idrauliche del passato, abbandonate, che possono essere talvolta recuperate per la generazione idroelettrica.

1.2.4 NRDC

Il National Resources Defense Council (NRDC) è la più grande organizzazione per la difesa dell'ambiente americana, fondata nel 1970. L'organizzazione lavora su moltissimi programmi con staff dedicato, in partership con aziende, politici eletti e gruppi di cittadini per assicurare il diritto delle persone ad avere aria pulita, acqua pulita e comunità in salute. Oggi l'organizzazione conta più di mezzo milione di associati, e Clean by Design è uno dei principali programmi attivi sull'industria.

1.2.5 Clean by Design, la filiera del lusso, il tessile in Italia oggi

Kering ed NRDC concordarono sull'avviare questo programma nella filiera produttiva tessile dell'alta moda. Clean by Design in Italia nasce dalla volontà di Kering di raggiungere obiettivi ambiziosi in tema di sostenibilità, e dalla consapevolezza che il modo più efficiente ed efficace di ottenere questi obiettivi parte da una conoscenza, spesso non scontata e da sviluppare, di dove e perchè si consumano energia ed acqua nella filiera.

La filiera tessile mondiale, quando si parla di lusso, è in gran parte italiana. Per i marchi del gruppo Kering, ma anche per gli altri. Al contempo, il settore tessile italiano nel suo complesso ha visto un forte ridimensionamento a partire dagli anni '90 fino agli ultimissimi anni, e solo da un paio d'anni si notano segni di ripresa. Nel corso di questa lunga fase di contrazione gran parte della produzione di massa italiana ha chiuso o è stata delocalizzata in paesi con costo del lavoro più basso e minori vincoli sociali ed ambientali, e chi è sopravvissuto ci è riuscito grazie all'alta qualità dei propri prodotti, dovuta a competenze ed eccellenze non facilmente ritrovabili altrove. Si può quindi dire che oggi, se da un lato la produzione mondiale del tessile di alta qualità è concentrata in Italia, la produzione tessile italiana è concentrata nel lusso.

L'iniziativa di Clean by Design portata avanti da Kering è quindi un'iniziativa sull'industria tessile italiana, volta al suo efficientamento ed ad il miglioramento della propria performance ambientale.

I fornitori coinvolti nel programma, tutti italiani, coprono il 40% circa della produzione tessile del Gruppo.

1.3 L'IMPEGNO DI KERING

Kering ha da anni integrato la sostenibilità all'interno del proprio DNA e della strategia del gruppo. La prima strategia ambientale complessiva del gruppo, con obiettivi pubblicamente dichiarati, è stata creata nel 2012.

Il primo obiettivo del 2012 era di sviluppare un metodo per misurare gli impatti del gruppo. Questo metodo è l'**EP&L** (*Environmental Profits and Losses account*). Questo indicatore aggregato è costruito a partire dalle attività operate lungo le filiere che portano ai prodotti dei Brands del Gruppo, partendo dalla produzione delle materie prime (fibre animali, vegetali e artificiali, legno, pelle, metalli preziosi e non, pietre preziose e non...) ed arrivando ai prodotti finiti. Attraverso dati raccolti direttamente nelle strutture interne e presso i fornitori lungo le catene di approvigiamento del gruppo, analisi di tipo *LCA* e bilanci di massa vengono valutati gli impatti ambientali delle attività e delle produzioni del gruppo, quantificando gli impatti ambientali attraverso decine di indicatori su sei categorie di impatti ambientali principali: inquinamento dell'aria, cambio climatico, utilizzo di suolo, utilizzo di acqua, produzione di rifiuti, inquinamento dell'acqua. Successivamente viene stimato il costo che questi impatti provocano sulla società umana (in termini di costi dei servizi ambientali che non vengono più prodotti dall'ecosistema, di danni alla salute ed all'economia) e si giunge ad una valutazione, materiale per materiale, Stato per Stato, attività per attività, del costo ambientale delle attività del gruppo. Questo innovativo sistema permette di dare un costo ambientale alle singole attività del gruppo, e di misurare e valutare l'impatto delle sue scelte. Dopo anni di messa a punto, la

prima valutazione complessiva dell'EP&L del gruppo è stata calcolata per l'anno 2015 e da allora si è iniziato a calcolarlo ogni anno.

Oltre allo sviluppo della metrica, nel 2012 il gruppo si è dato **degli obietivi molto ambiziosi da raggiungere entro il 2016**. Tra questi obitettivi spiccavano la volontà di ridurre del 25% consumo di acqua, emissioni di CO_2 e produzione di rifiuti, di eliminare l'uso del PVC, di promuovere l'utilizzo di pellami di origine responsabile e controllata e pelli pregiate che non provochino la conversione di ecosistemi sensibili in pascoli o in terreni agricoli destinati all'alimentazione degli animali allevati. Questi obiettivi hanno spinto il gruppo a sviluppare varie iniziative e programmi, tra i quali Clean by Design, per cercare di ridurre gli impatti lungo le filiere.

Nel 2016 Kering ha comunicato i risultati raggiunti, che in alcuni casi hanno centrato pienamente l'obiettivo (ad esempio, il PVC è stato completamente eliminato), mentre in altri casi il raggiungimento è stato solo parziale. Sulle emissioni di CO2, ad esempio, si è andati più lenti ed i risultati sono stati raggiunti soltanto per metà.

Nel 2016 il Gruppo ha avviato lo sviluppo di una nuova strategia della sostenibilità, Advance, che prevede tra gli altri **l'obiettivo di ridurre l'impatto ambientale del 40% in termini di EP&L rispetto alle vendite entro il 2025**.

Sempre nel 2016 il Gruppo ha accettato la sfida posta dalla "Science Based Targets initiative" impegnandosi ad una fortissima riduzione delle proprie emissioni con un piano di riduzione graduale ma intenso da oggi al 2025.

1.4 L'IMPORTANZA DI CONDIVIDERE

Dati questi aspetti, Kering ritiene importante condividere i risultati e le esperienze fatte per due ragioni principali:

1. Kering da sola può fare molto, ma riuscire a coinvolgere altri marchi con produzioni analoghe può dare risultati ancora più grandi: tutti i produttori lavorano per più marchi, e se l'esigenza di elevati livelli di sostenibilità è richiesta da più clienti un'azienda è maggiormente stimolata a raggiungerli;
2. I risultati ottenuti dagli impianti coinvolti sono interessanti non solo per l'ambiente ma anche per il business, in quanto i consumi energetici sono una componente importante del bilancio delle aziende coinvolte, e ridurli può avere un impatto notevole sui risultati economici, soprattutto in paragone agli utili.

1.5 RISULTATI DEL PROGRAMMA CLEAN BY DESIGN IN ITALIA

1.5.1 Metodologia di monitoraggio e verifica dei risultati

La metodologia adottata da Kering attraverso i propri consulenti per monitorare gli interventi di efficientamento eseguiti e calcolare i risparmi energetici conseguiti prevede una serie di interazioni con le aziende aderenti al programma:

- un aggiornamento mensile attraverso contatto telefonico con il referente aziendale per monitorare l'avanzamento degli interventi, in termini di decisioni prese dall'azienda, preventivi richiesti a possibili fornitori, interventi realizzati, etc.;

- la raccolta di documenti significativi, relativi o all'azienda in generale (es.: bollette di energia elettrica e gas, dati di produzione, etc.) o a specifici interventi pianificati o realizzati (es: preventivi di possibili fornitori, fatture, schede tecniche dei componenti installati, etc.); i documenti vengono forniti in forma elettronica e successivamente analizzati ed eventualmente discussi in ulteriori contatti telefonici con le aziende;
- una visita in sito, effettuata a fine 2016, mirata a prendere visione degli interventi realizzati, ad effettuare eventuali misure puntuali, ad acquisire dati mancanti per la stima dei risparmi conseguiti ed eventualmente proporre ulteriori miglioramenti rispetto a quanto suggerito nell'audit e pianificato o realizzato dall'azienda.

A seguito di queste fasi, i risparmi sono determinati in modo diverso in funzione del tipo di intervento. Ciascun metodo di calcolo è caratterizzato da un livello di accuratezza diverso e più approfondito di caso in caso, ma in ogni caso sufficiente a garantire un'accuratezza tale da poter considerare attendibili le conclusioni quantitative raggiunte. Alla luce di quanto esposto, le soluzioni maggiormente adottate sono le seguenti, elencate in ordine di accuratezza decrescente:

- confrontare i consumi misurati prima e dopo l'intervento e normalizzati per tenere conto delle diverse condizioni climatiche o produttive in anni diversi; questa soluzione può essere adottata solo nel caso in cui sia installato un sistema di monitoraggio dei consumi o se l'intervento riguarda la totalità dei consumi di un vettore (ad esempio se si sostituisce la caldaia e questa è l'unica ad usare gas);
- stimare la differenza dei consumi sulla base della potenza installata prima e dopo l'intervento e del numero di ore di utilizzo dichiarate dall'azienda (è il caso, ad esempio, del passaggio da lampade neon a LED);
- effettuare calcoli analitici basati su misure spot effettuate in campo e dati dichiarati dall'azienda (ad esempio come nel caso dell'isolamento termico di parti di rete vapore, in cui superficie isolata e temperatura sono misurate, ma le ore di funzionamento del sistema sono dichiarate dall'azienda);
- stimare un consumo in base a potenza installata e ore di funzionamento stimate, ed applicarvi percentuali tipiche di risparmio da letteratura per il calcolo dei risparmi.

Una volta calcolati i risparmi di energia elettrica, gas naturale ed eventuali altri combustibili, sono poi calcolati i risparmi di energia primaria e le emissioni di gas serra evitate, sulla base di fattori di conversione e di emissione tratti da fonti ufficiali e stabiliti a livello nazionale o europeo. I risparmi economici sono invece calcolati sulla base del prezzo dell'energia dichiarato dall'azienda o rilevato dalle relative bollette.

1.5.2 I risultati a fine 2016

In questo paragrafo sono riportati i risultati ottenuti ad oggi del programma Clean by Design con le 24 aziende tessili sottoposte ad audit tra il 2014 ed il 2015. Tra queste sono presenti filature, tessiture, tintorie, stamperie e impianti verticalmente integrati; a causa di questa varietà di attività realizzate e del diverso livello di efficienza, dipendente dall'età dello stabilimento e dall'attenzione verso l'uso efficiente delle risorse, i potenziali risparmi identificati negli audit sono risultati notevolmente variabili.

In particolare, nelle aziende sottoposte ad audit si sono identificate opportunità di riduzione del fabbisogno di energia primaria tra il 4% ed il 29%, potenziali abbattimenti delle emissioni di CO_2 tra il 9% ed il 53% e possibili riduzioni dei consumi di acqua tra il 3% ed il 16% (nei soli processi ad umido). La differenza anche rilevante tra le possibili riduzioni delle emissioni di CO_2 e quelle dei consumi di energia primaria, grandezze che in genere sono strettamente correlate, è dovuta principalmente al potenziale identificato per la produzione energetica da

fonti rinnovabili, che riducono a zero le emissioni climalteranti ma non il fabbisogno di energia primaria, per il passaggio da olio combustibile a combustibili più puliti e per la cogenerazione.

Durante il 2015 Kering ha richiesto alle aziende partecipanti di elaborare un piano d'azione per l'uso efficiente di energia e risorse col quale impegnarsi a realizzare gradualmente una parte degli interventi proposti negli audit, entro la fine del 2017.

In questo contesto è in corso il monitoraggio degli interventi realizzati da parte delle aziende in relazione agli impegni sottoscritti nel proprio piano d'azione, ed il calcolo dei risparmi ottenuti grazie alla messa in pratica delle azioni migliorative. Allo stato attuale (Dicembre 2016), i 127 interventi già avviati hanno portato ad una riduzione complessiva delle emissioni climalteranti del 5,7% rispetto al totale di 65,300 tonnellate di CO_{2e} annue, con una riduzione per azienda tra l'1% ed il 26%. La riduzione media delle emissioni per impianto è stata, ad oggi, dell'11.5% (pari a 155,200 kg di CO_{2e} annui per azienda), con valori mediamente maggiori negli impianti medio-piccoli rispetto a quelli più grandi. La percentuale di avanzamento delle aziende rispetto agli impegni assunti è in media pari al 68%, con circa la metà delle aziende che mostra un avanzamento superiore all'80% e addirittura sette di esse che sono in anticipo, anche significativo, rispetto agli impegni presi.

A fine 2017, grazie agli interventi che le aziende si sono impegnate a realizzare, il taglio delle emissioni di CO_2 rispetto ai valori precedenti all'audit sarà il 12%, con un valore medio per impianto pari al 19%.

In valore assoluto, l'andamento delle emissioni evitate verificato fino a fine 2016 e le previsioni per il 2017 sono mostrati (e confrontati con le previsioni iniziali) in Figura 1.1. Si può notare che ad oggi, grazie agli interventi realizzati, si sono evitate 3.730 t/a di emissioni climalteranti e che tale valore sarà di 7.850 t/a entro fine 2017.

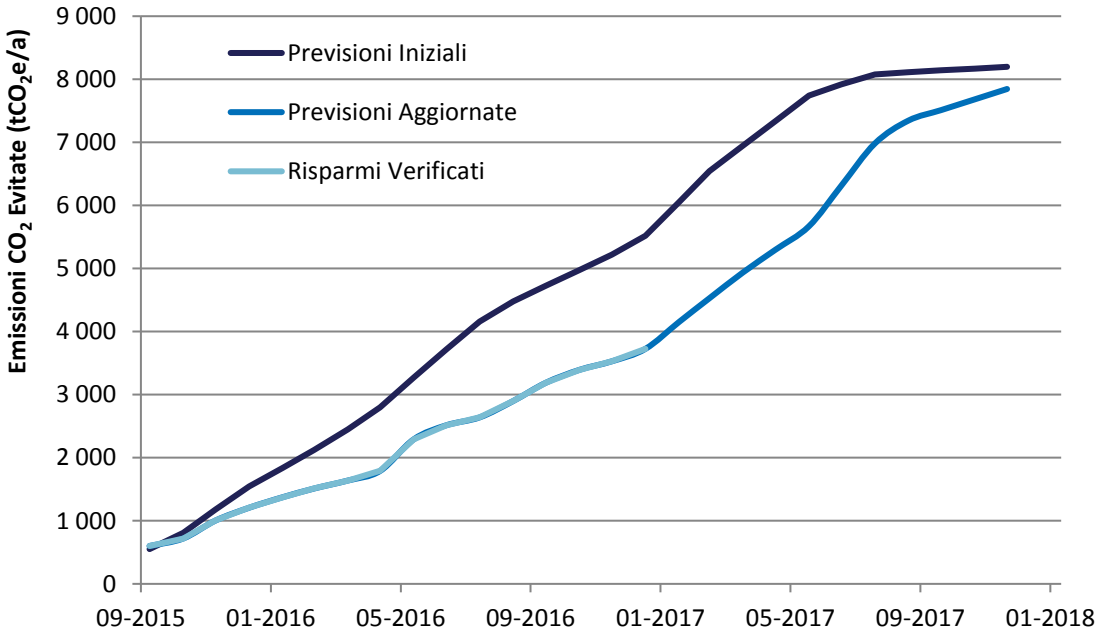


Figura 1.1: Andamento Emissioni CO_2 Evitate, 2015-2017

Le Figure seguenti confrontano invece i risultati ottenuti a fine 2016, in termini di emissioni di CO_2 evitate (Figura 1.2), di risparmi di energia primaria (Figura 1.3) e di acqua (Figura 1.4) con l'impegno assunto dalle aziende entro fine 2017 e con le opportunità identificate negli audit. In particolare, le Figure raggruppano le aziende partecipanti a Clean by Design in fasce di risparmio e mostrano il numero di aziende per fascia. Si può notare che circa un terzo delle aziende ha ottenuto una riduzione delle emissioni di CO_2 e dei fabbisogni di energia primaria

al di sotto del 5%, ma vi sono comunque molte aziende che hanno risparmiato più del 10%, con picchi vicini al 30% dei consumi pre-audit. Per quanto riguarda l'acqua, invece, la maggior parte delle aziende con processi ad umido significativi (dodici in tutto) non ha effettuato alcun intervento di efficientamento, cosa dovuta in parte al costo limitato dell'acqua.

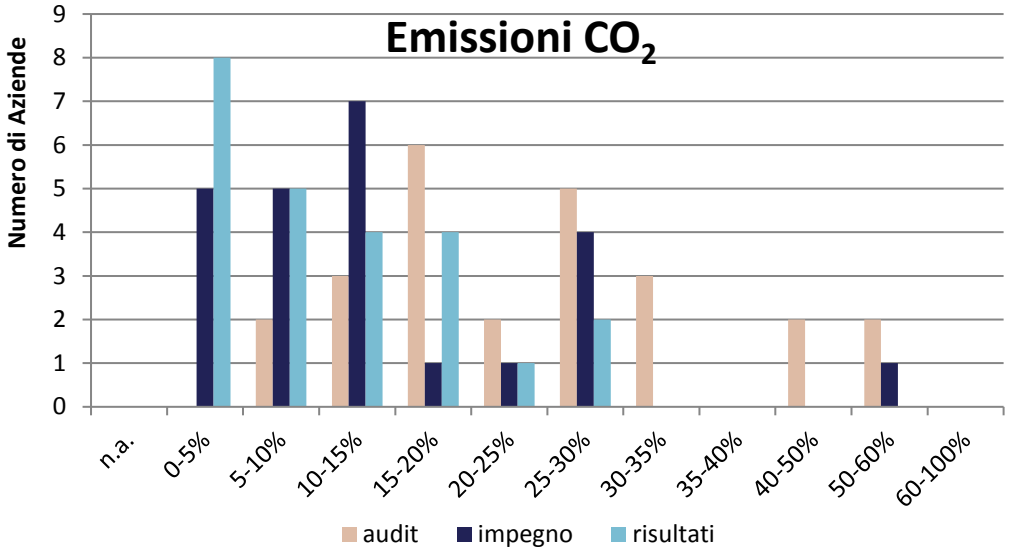


Figura 1.2: Numero di Aziende per Classe di Emissioni di CO_2 Evitate

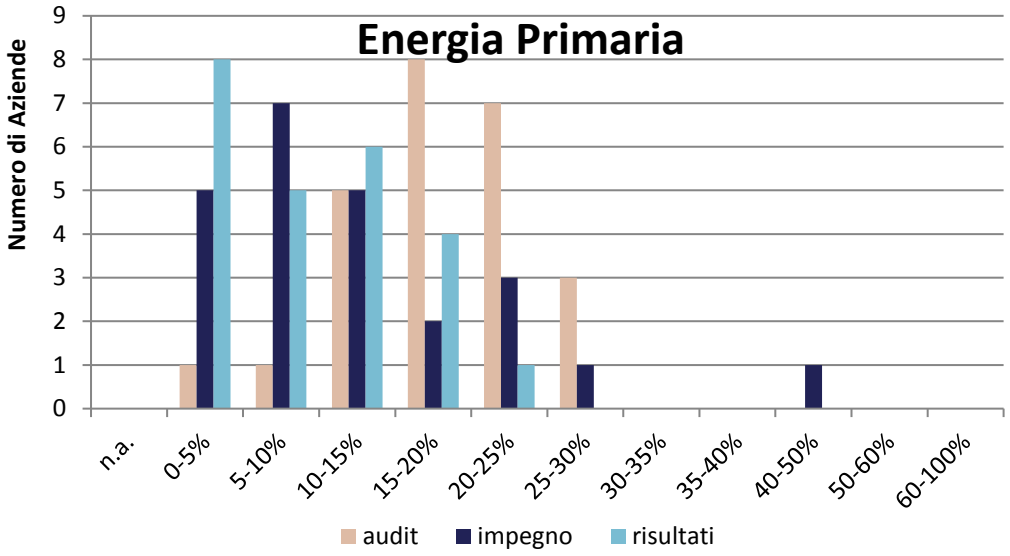


Figura 1.3: Numero di Aziende per Classe di Risparmi di Energia Primaria

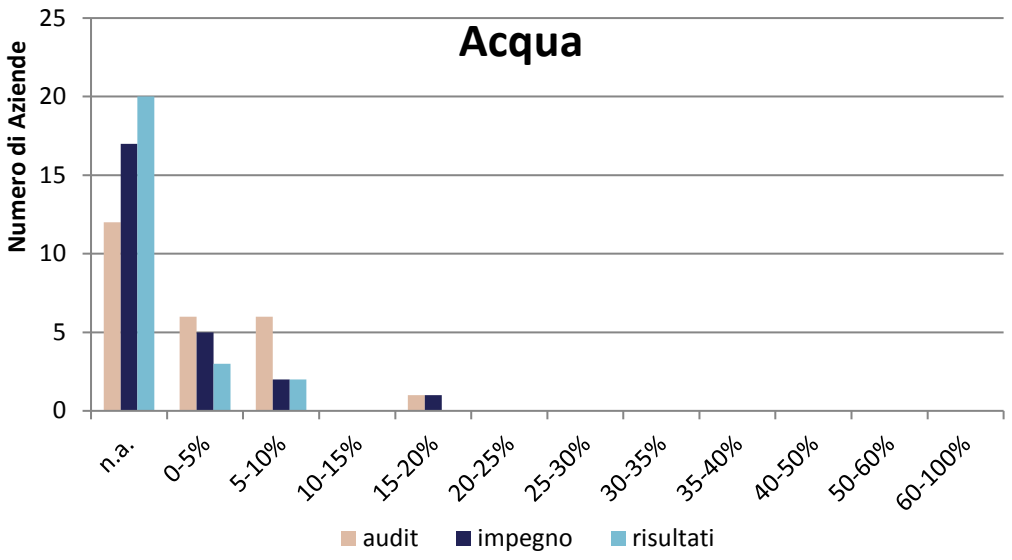


Figura 1.4: Numero di Aziende per Classe di Risparmi d'Acqua

La seguente analisi valuta il contributo delle diverse tipologie di intervento di efficientamento rispetto al totale delle emissioni climalteranti evitate. In particolare, la Figura 1.5 mostra i risultati di tale analisi sui dati di fine 2016, mentre la Figura 1.6 li mostra sulle previsioni a fine 2017.

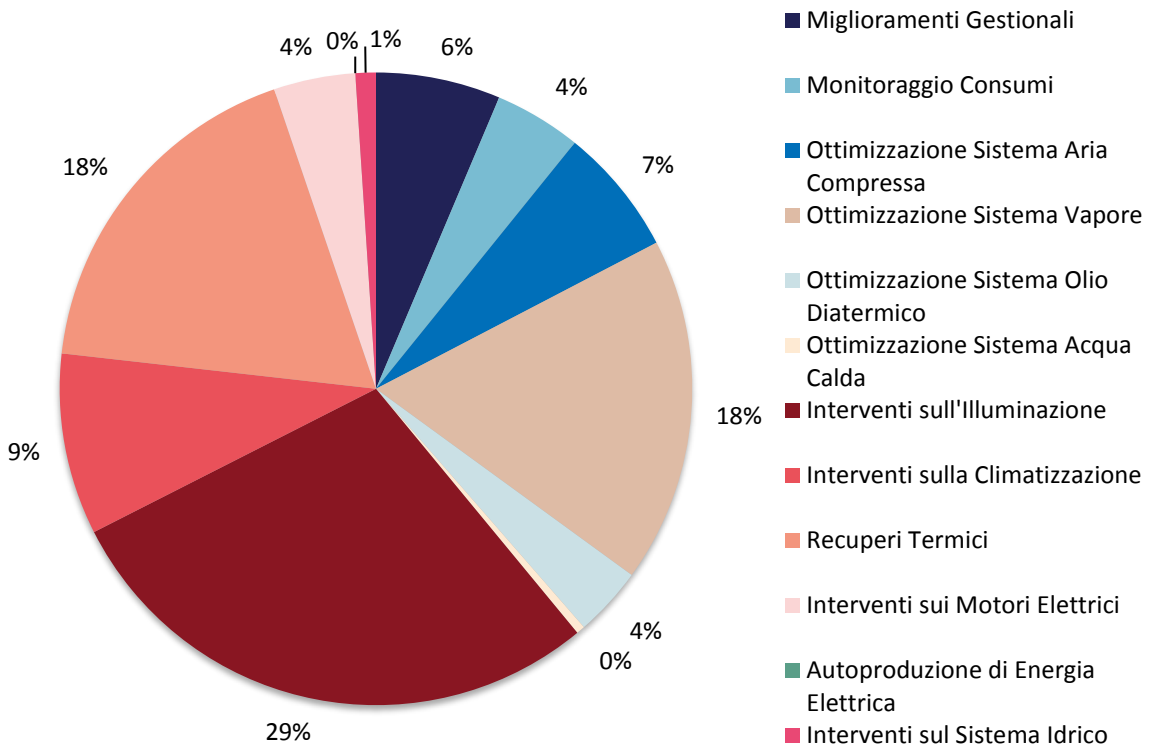


Figura 1.5: Contributo delle Tipologie di Intervento al Totale delle Emissioni di CO_2 Evitate a Fine 2016

Si può notare che ad oggi la maggior parte delle emissioni evitate (29%) è dovuta agli interventi sui sistemi di illuminazione, ovvero dalla sostituzione delle lampade fluorescenti con LED,

completata o in corso in tutte le aziende partecipanti a Clean by Design; a seguire, i contributi più importanti sono dati dall'ottimizzazione del sistema vapore (18%) e dai recuperi termici (18%), categorie che comprendono svariati interventi realizzati nei reparti di tintoria, stampa e finissaggio.

A fine 2017 si prevede una situazione leggermente diversa, con un aumento rilevante delle emissioni evitate grazie all'installazione di sistemi di autoproduzione di energia elettrica (18%), ovvero di impianti di cogenerazione ed in qualche caso di sistemi fotovoltaici (ed in un caso, la riattivazione di un impianto idroelettrico integrato nell'impianto), ed all'introduzione di sistemi di monitoraggio dei consumi (16%). Resterà comunque rilevante il contributo al totale delle emissioni evitate fornito dagli interventi sull'illuminazione, sul sistema vapore e sui recuperi termici (16% ciascuno).

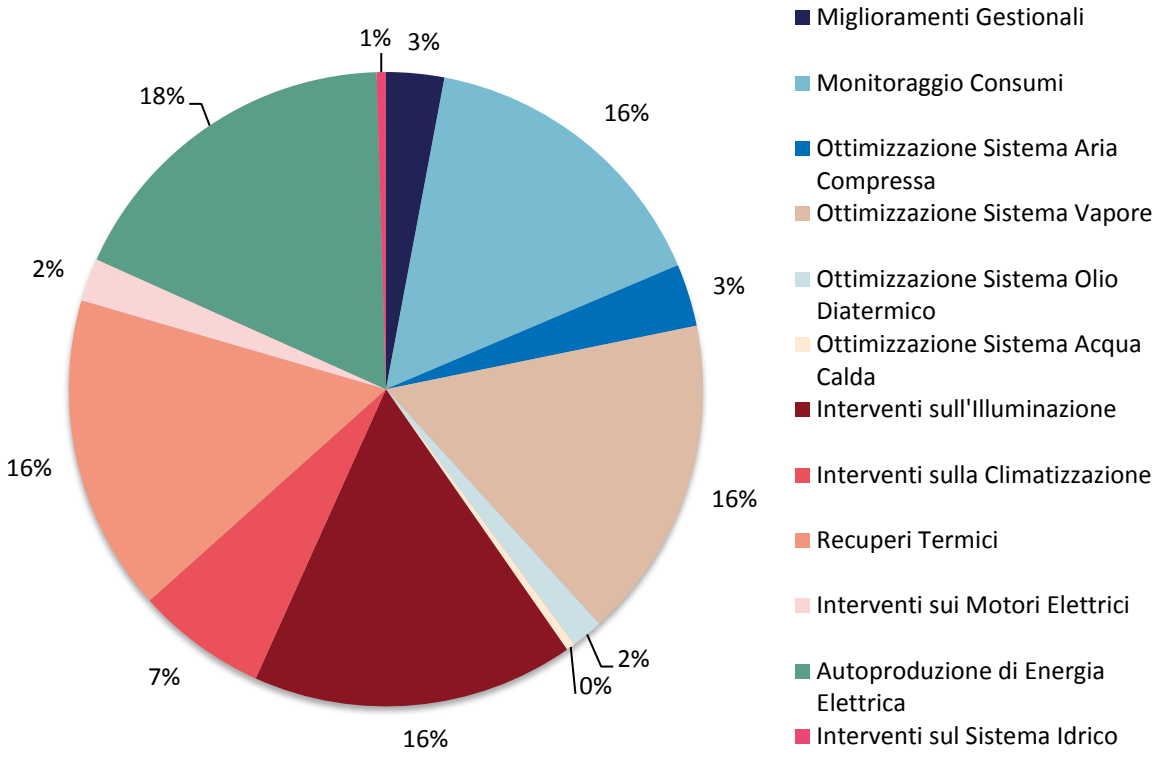


Figura 1.6: Contributo delle Tipologie di Intervento al Totale delle Emissioni di CO_2 Evitate a Fine 2017

Sotto il **profilo economico** i risultati sono altrettanto interessanti. E' utile a questo proposito sottolineare che alcuni impianti non si sono limitati a fare parte degli interventi proposti in fase di diagnosi, ma hanno effettuato anche altri interventi, più legati al processo e più onerosi. Questi interventi, volti principalmente al potenziamento della capacità produttiva e/o alla sostituzione di materiali obsoleti, hanno contribuito relativamente poco alla riduzione dei consumi ma hanno richiesto investimenti decisamente al di sopra di quanto suggerito in fase di audit. Dei 127 interventi avviati entro la fine del 2016, 101 rientrano tra quelli proposti, mentre 26 sono quelli avviati autonomamente dagli impianti, o mutuati da quelli proposti ma attraverso soluzioni più costose e radicali (quale, ad esempio, la sostituzione di un compressore anzicchè il suo retrofitting con inverter, soluzione in alcuni casi inevitabile).

Figura 1.7 mostra investimenti e risparmi annuali degli interventi, suddivisi per fasce di tempi di ritorno. E' interessante notare come la maggior parte dei risparmi conseguiti si hanno con interventi dal tempo di ritorno brevissimo (meno di un anno) e breve, rimanendo al di sotto dei 3 anni. Le prime cinque categorie da destra considerano i 101 interventi "Clean by Design", mentre l'ultima categoria, fuori scala – il valore complessivo di questi investimenti supera i 6.7

milioni di Euro – considera i 26 interventi maggiori compiuti dagli impianti, al di fuori di quanto suggerito inizialmente. Tra questi interventi si annoverano soprattutto grandi interventi sugli impianti HVAC ed interventi sul macchinario produttivo.

Soffermandosi sulle prime cinque categorie è importante sottolineare che, **anche dal punto di vista economico, il programma Clean by Design mostra benefici importanti: gli interventi suggeriti hanno permesso risparmi annuali per 940,000 Euro, grazie ad un investimento compleessivo di 2,200,000 Euro**.

In media, tralasciando i 26 interventi più cari, **ogni impianto ha risparmiato 39,000 Euro a fronte di un investimento medio di 91,000 Euro**.

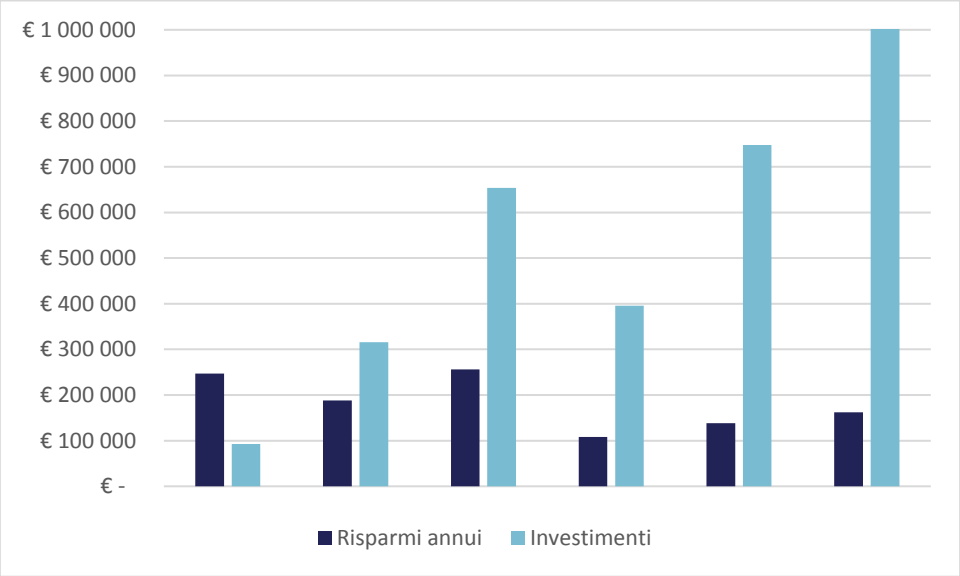
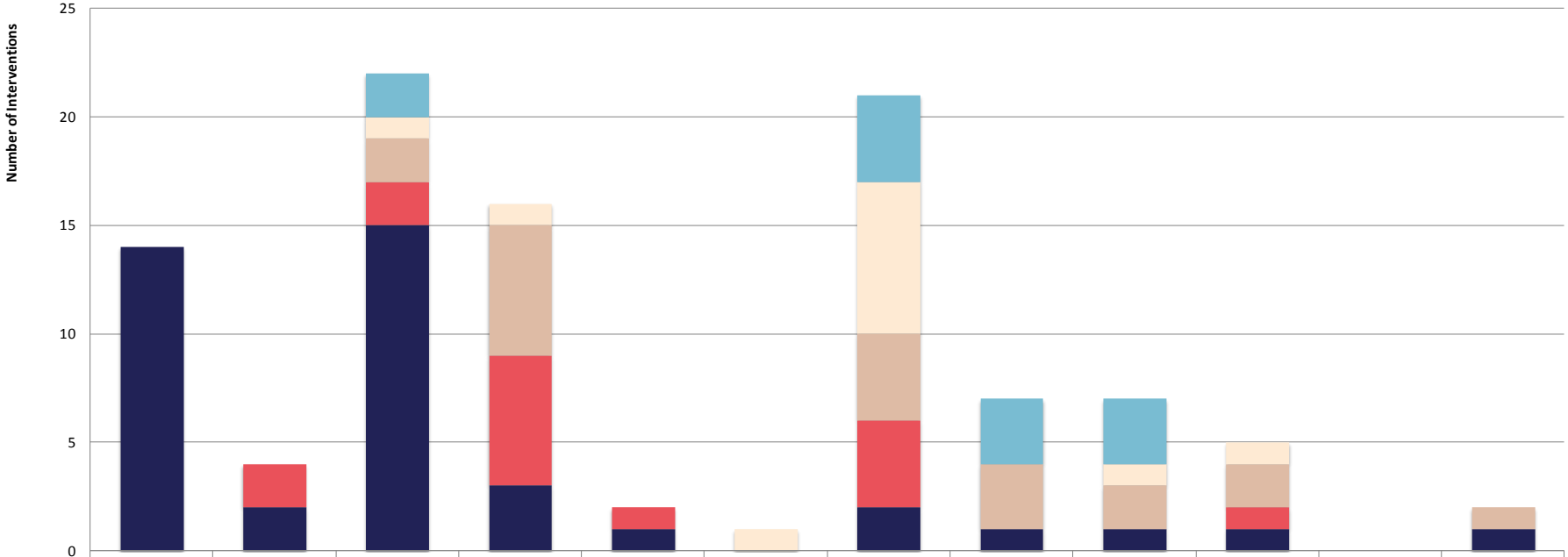


Figura 1.7: Investimenti Effettuati entro la Fine 2017 e Risparmi Annui Conseguenti per Fasce di Tempo di Ritorno (PBT)

Figura 1.8 mostra invece l'analisi (basata sulle previsioni a fine 2017) dei 101 interventi "Clean by Design" e del relativo tempo di ritorno dell'investimento per ciascuna categoria, con l'indicazione dei tempi di ritorno dei singoli interventi. Si può notare che gli interventi di miglioramento della gestione ordinaria degli impianti (chiamato housekeeping in generale), sui sistemi vapore, aria compressa e sull'illuminazione sono quelli più numerosi.

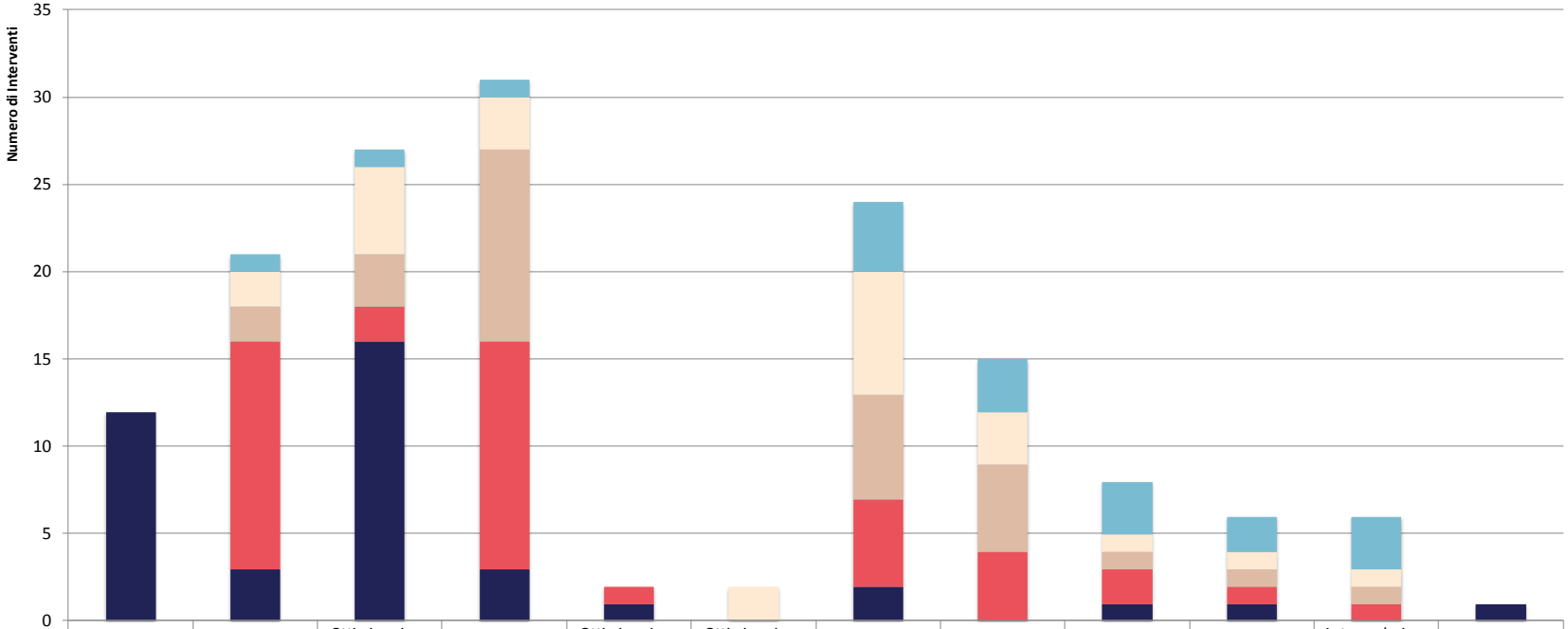
Gli interventi di miglioramento gestionale sono quelli che comportano gli investimenti più limitati (spesso nulli), seguiti dagli interventi gestionali e manutentivi sull'aria compressa. Gli interventi dal tempo di ritorno più lungo sono quelli di recupero del calore, di intervento sui sistemi HVAC e di illuminazione.

Per concludere, la Figura 1.9 mostra l'analisi (basata sulle previsioni a fine 2017) del numero di interventi realizzati dalle aziende e del relativo tempo di ritorno dell'investimento per ciascuna categoria.



	Miglioramenti Gestionali	Monitoraggio Consumi	Ottimizzazione Sistema Aria Compressa	Ottimizzazione Sistema Vapore	Ottimizzazione Sistema Olio Diatermico	Ottimizzazione Sistema Acqua Calda	Interventi sull'Illuminazione	Interventi su Ventilazione e Climatizzazione	Recuperi Termici	Interventi sui Motori Elettrici	Autoproduzione di Energia Elettrica	Interventi sul Sistema Idrico
PBT>4	0	0	2	0	0	0	4	3	3	0	0	0
3<PBT<4	0	0	1	1	0	1	7	0	1	1	0	0
2<PBT<3	0	0	2	6	0	0	4	3	2	2	0	1
1<PBT<2	0	2	2	6	1	0	4	0	0	1	0	0
PBT<1	14	2	15	3	1	0	2	1	1	1	0	1

Figura 1.8: Analisi dei Tempi di Ritorno (in anni, legenda in basso a sinistra) degli Investimenti per Categoria di Intervento – Interventi Effettuati entro la Fine del 2016



	Miglioramenti Gestionali	Monitoraggio Consumi	Ottimizzazione Sistema Aria Compressa	Ottimizzazione Sistema Vapore	Ottimizzazione Sistema Olio Diatermico	Ottimizzazione Sistema Acqua Calda	Interventi sull'Illuminazione	Interventi sulla Climatizzazione	Recuperi Termici	Interventi sui Motori Elettrici	Autoproduzione di Energia Elettrica	Interventi sul Sistema Idrico
>4	0	1	1	1	0	0	4	3	3	2	3	0
3-4	0	2	5	3	0	2	7	3	1	1	1	0
2-3	0	2	3	11	0	0	6	5	1	1	1	0
1-2	0	13	2	13	1	0	5	4	2	1	1	0
<1	12	3	16	3	1	0	2	0	1	1	0	1

Figura 1.9: Analisi dei Tempi di Ritorno (in anni, legenda in basso a sinistra) degli Investimenti per Categoria di Intervento – Interventi Attesi per la Fine del 2017

2 MONITORAGGIO DEI CONSUMI

Uno dei principi fondamentali dell'efficienza energetica recita "*what gets measured, gets controlled and what gets controlled, gets efficient*" – "*quello che si misura si controlla, e quello che si controlla diventa efficiente*". Questa affermazione risulta molto valida anche per il settore tessile italiano, e per questa ragione il monitoraggio dei consumi merita un capitolo a sé in questo documento: senza un controllo dei consumi attraverso misure saltuarie, periodiche o continue, è impossibile valutare le inefficienze dell'impianto. Le inefficienze la cui eliminazione è più vantagiosa sono quelle legate ad un miglioramento delle pratiche gestionali e manutentive e sono spesso poco evidenti.

2.1 Tecniche Di Diagnosi Dei Consumi

Nella piccola e media industria italiana, tipicamente l'unica fonte di dati sui consumi energetici dello stabilimento sono le bollette per la fornitura di energia elettrica, gas o altri combustibili. Le aziende più virtuose effettuano un'analisi dei consumi fatturati dal fornitore mettendoli in relazione con la produzione del periodo, le altre si limitano a controllare se l'importo della fattura è in linea con quello dei mesi precedenti.

Il settore tessile non si differenzia dagli altri comparti industriali italiani. Basti notare che tra le 25 aziende coinvolte, solo tre hanno in funzione un sistema centralizzato per il monitoraggio dei consumi elettrici a livello di reparto e solo una monitora i consumi di gas naturale degli utilizzatori principali. Nessuna di esse tiene sotto controllo i consumi termici (vapore, olio diatermico, acqua calda o surriscaldata), né quelli dell'acqua di processo.

In questa situazione, l'identificazione di consumi anomali avviene solo in caso di problemi macroscopici (che possono comportare, in casi estremi, anche dei danni alle macchine) o in caso di evidenti variazioni nelle bollette in rapporto alla produzione effettivamente realizzata nel periodo.

I paragrafi che seguono sono dedicati alla descrizione delle tecniche più comuni di diagnosi dei consumi applicabili agli stabilimenti dell'industria tessile; in particolare si descriveranno due approcci, uno top-down – quello maggiormente applicato nell'ambito di Clean by Design – in cui le opportunità di miglioramento sono identificate a partire dall'analisi dello stato attuale dello stabilimento, ed uno bottom-up in cui le azioni migliorative sono individuate confrontando i fabbisogni specifici di energia ed acqua dell'azienda con una serie di benchmark relativi all'attività produttiva realizzata.

2.1.1 Approccio Top-Down

Tra le aziende partecipanti a Clean by Design, come accennato sopra, erano molto poche quelle dotate di un sistema di monitoraggio dei consumi di energia e risorse. Per questo motivo, al momento di effettuare l'audit energetico, si è resa necessaria l'adozione di un approccio di diagnostica differente, dato che l'analisi della situazione attuale dal punto di vista dei consumi è il primo passo per l'identificazione dei potenziali miglioramenti.

In primo luogo l'analisi si è basata sulla valutazione dei dati di consumo mensili rilevati dalle bollette per la fornitura di energia elettrica e gas naturale. Per l'acqua la situazione è ancora peggiore, con i dati monitorati in modo estremamente saltuario (spesso i consumi d'acqua

annuali richiesti erano approssimati alle decine di migliaia di metri cubi, indicando una valutazione decisamente imprecisa).

Nel caso specifico dell'energia elettrica esistono un paio di opportunità aggiuntive: l'analisi della ripartizione dei consumi tra le diverse fasce orarie (F1, F2, F3 come riportate in fattura) e quella delle curve orarie di prelievo.

Quest'ultima tematica merita una discussione più dettagliata in quanto può rappresentare un primo passo, a costo zero, per il monitoraggio dei consumi di energia elettrica a livello di stabilimento. Infatti, il fornitore dell'energia elettrica è tenuto in base alla normativa italiana a fornire alle utenze elettriche allacciate in media tensione (cioè tra 6 e 15 kV), e anche alle utenze in bassa tensione oltre un certo livello di potenza (attorno a 50 kW), le curve orarie di prelievo.

Tali curve, di cui un esempio è mostrato in Figura 2.1, permettono di conoscere la potenza media assorbita in ciascuna ora del giorno per ciascun giorno dell'anno, e di conseguenza consentono di identificare anomalie (come utilizzatori che restano accesi al di fuori dell'orario di lavoro) e opportunità di miglioramento (come una miglior gestione o regolazione di servizi generali ed ausiliari dello stabilimento).

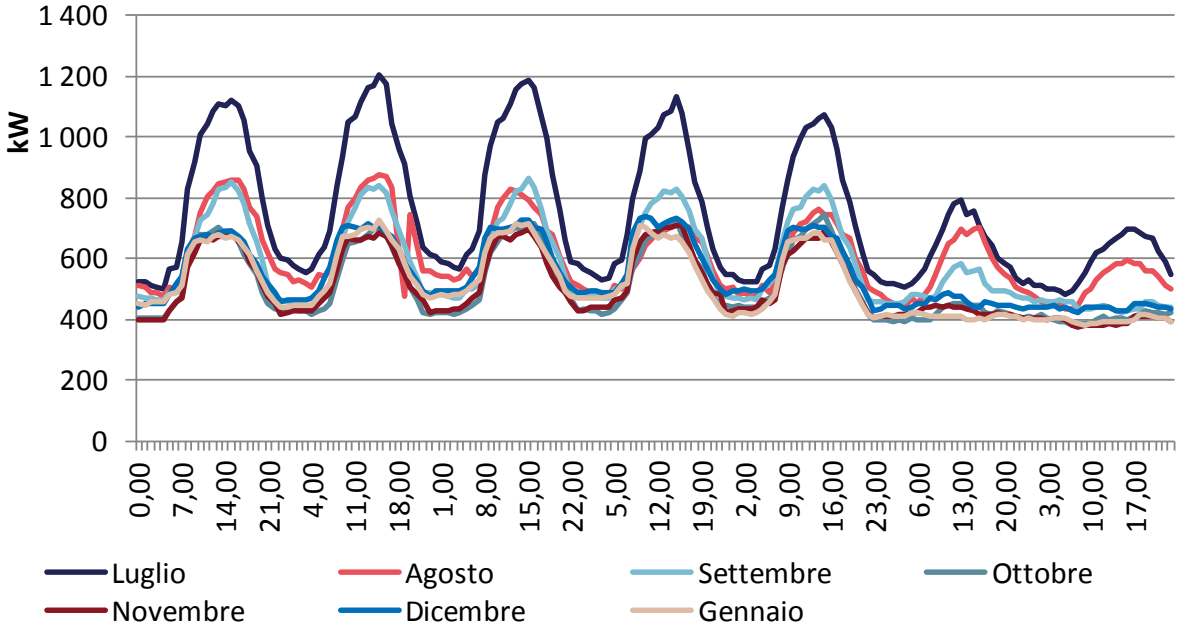


Figura 2.1: Esempio di Curve di Prelievo Elettrico su Base Oraria

Una volta valutato il consumo totale su una scala temporale il più possibile raffinata, una prima stima della ripartizione dei consumi tra gli utilizzatori può essere effettuata basandosi sulla potenza (elettrica o termica) e sulle ore di effettivo funzionamento degli utilizzatori. Il passo fondamentale è dunque rappresentato dal censimento degli utilizzatori di energia presenti in azienda, da quelli nei reparti produttivi (telai, orditoi, macchine di filatura, tintoria, finissaggio, ecc.) ai sistemi ausiliari (compressori, pompe, caldaie, ecc.) ed ai servizi generali di stabilimento (lampade, impianti di climatizzazione/ventilazione, uffici, ecc.).

In questa fase dell'analisi è necessaria una stretta collaborazione col personale dei reparti produttivi che conosce nel dettaglio modalità e tempi di utilizzo di ciascuna macchina. Infatti, quando ad esempio si calcola il consumo elettrico annuo di una macchina effettuando il prodotto della potenza installata per le ore di funzionamento, si ottiene un valore di consumo tipicamente molto più elevato di quello reale.

Questo dipende da vari fattori: la potenza effettiva assorbita dalla macchina in condizioni di funzionamento normalmente è al di sotto del valore nominale (che rappresenta il suo assorbimento massimo), e varia con la specifica lavorazione o fase di lavorazione effettuata. Spesso, poi, il numero di ore di utilizzo (registrato solo raramente) è stimato in modo diverso da un dipendente all'altro che la seguono.

Ancora più marcata è l'influenza di questa problematica nella valutazione dei consumi dei sistemi ausiliari: un compressore non assorbe la potenza nominale per tutte le ore di lavoro ma il suo consumo varia con la domanda di aria della rete e, nel caso sia privo di inverter, è funzione di numero e durata dei cicli di funzionamento a vuoto/sotto carico. Analogamente una caldaia vapore non consuma la portata nominale di gas naturale per tutte le ore di funzionamento ma una quantità inferiore, variabile con la domanda di vapore della rete.

Si rende dunque necessario valutare il "fattore di carico medio" per la stima dei consumi energetici della specifica macchina, attività o reparto in esame. I valori numerici di questi fattori sono fortemente variabili da impianto ad impianto e, per lo stesso stabilimento, tra un anno e l'altro: per questa ragione non si ritiene opportuno riportarne il valore in questo documento, sebbene l'esperienza dei 25 audit energetici effettuati in Clean by Design abbia permesso di conoscere gli intervalli tipici per i fattori di carico delle macchine più comuni.

Seguendo questa logica si riesce ad ottenere un quadro ragionevolmente dettagliato della ripartizione dei consumi dello stabilimento per l'energia elettrica, il gas naturale e in qualche caso l'acqua. Ragionamenti analoghi si possono fare per vapore, acqua calda ed aria compressa ma con un livello di incertezza maggiore dato dal fatto che il più delle volte non se ne conosce la produzione complessiva, che sia a livello annuale o mensile.

Al di là dell'incertezza residua nel bilancio determinato come sopra, la conoscenza del "peso" relativo di ciascun reparto o utilizzatore sul totale permette di identificare potenziali miglioramenti e di valutare in maniera più dettagliata gli effetti delle azioni migliorative identificate.

Misure spot, per periodi limitati di tempo (alcune ore, giorni o settimane, tipicamente un giorno o una settimana), dei consumi delle singole macchine permettono di avere un quadro migliore rispetto alla stima qualitativa, anche se riflettono il consumo esatto di un particolare periodo che può non essere pienamente rappresentativo della media annuale. Le misure spot sono fattibili, utili e precise in particolare per le utenze elettriche.

Detto questo, è evidente come la soluzione migliore per conoscere la ripartizione dei consumi tra i diversi utilizzatori ed al contempo tenere sotto controllo il valore istantaneo degli assorbimenti identificando ulteriori azioni migliorative sia l'installazione di un sistema centralizzato per il monitoraggio dei consumi. A questo specifico intervento è però dedicato un paragrafo successivo.

2.1.2 Approccio Bottom-Up

Un approccio complementare, più laborioso ma estremamente utile (soprattutto per le utenze termiche) passa attraverso la conoscenza puntuale dei consumi delle macchine, la loro

registrazione per un certo periodo ed il confronto tra la somma dei singoli consumi stimati ed il consumo complessivo degli impianti nello stesso periodo.

Per fare un esempio pratico, in una tintoria si conoscono (o si possono stimare) l'utilizzo di acqua, vapore diretto e le relative temperature e pressioni di utilizzo per ciascuna macchina e ciascuna lavorazione. Da questi dati si può calcolare l'energia termica necessaria per ciascuna operazione su ogni macchina, per cui fissato un dato periodo è possibile conoscere l'utilizzo dell'energia termica *netta* calore utilizzata dall'impianto. Un confronto tra questo valore ed il consumo di combustibile delle caldaie dell'impianto permette di avere una visione estremamente precisa di quella che è l'efficienza complessiva dei consumi termici di un impianto. I risultati che si ottengono sono spesso sorprendenti, facilmente l'efficienza reale della rete termica (dell'olio diatermico, del vapore, dell'acqua surriscaldata partendo dal sistema meno efficiente a quello meno inefficiente) di una tintoria è al di sotto – a volte molto al di sotto – del 50%, indicando che **il potenziale di miglioramento dell'efficienza energetica dell'impianto senza cambiare le modalità di produzione né il macchinario di processo vale, in metri cubi di combustibile, in KWh o in Euro, metà o più delle bollette del gas**. Un'analisi di questo tipo permette di valutare quanto sia il potenziale di risparmio attuando una politica di miglioramento delle manutenzioni, di isolamento delle reti, di gestione delle stesse e di miglioramento tecnologico delle reti, e può essere molto precisa. Tale tecnica risulta piuttosto semplice da implementare in impianti dove un software gestionale registra tutte le lavorazioni che vengono effettuate, mentre può essere complicato e più approssimato se questi dati non vengono misurati.

2.2 MONITORAGGIO, SENSORISTICA E AUTOMAZIONE

Nei paragrafi precedenti si è fornita una descrizione delle tecniche più comuni per la diagnostica dei consumi energetici nei casi in cui gli unici valori di consumo misurati con costanza sono quelli mensili riportati nelle fatture.

Un maggiore livello di dettaglio nell'analisi dei consumi si può ottenere:

- monitorando i consumi dei singoli reparti o dei singoli utilizzatori principali di energia ed acqua;
- monitorando non solo l'elettricità e/o il gas ma anche vettori secondari quali l'aria compressa, il vapore, l'olio diatermico, l'acqua calda o surriscaldata.

La soluzione ottimale per il monitoraggio dei consumi è l'installazione di un sistema elettronico centralizzato, composto da una serie di misuratori installati a livello di reparto o di singoli utilizzatori e da un sistema di gestione ed analisi dati centralizzato, connessi tramite una rete che può essere di tipo cablato o wireless. I dati rilevati da ciascun misuratore sono automaticamente raccolti ed elaborati dal software, che mette a disposizione dei tecnici dell'impianto i dati di consumo sia in tempo reale, sia aggregati al livello desiderato (giornaliero, mensile, ecc.).

Il monitoraggio è utile perché permette di avere una visione chiara di dove e come vengono utilizzate le risorse e di identificare pratiche ed operazioni che provocano consumi eccessivi di acqua ed energia: macchine che restano attive quando non necessario, elementi sovradimensionati, perdite nelle reti di distribuzione di vapore, acqua e aria compressa, ecc.

Più in generale, il monitoragio permette un'analisi sistematica e dettagliata dei consumi e di conseguenza porterebbe ad una maggior consapevolezza dei costi energetici ed ambientali

legati alla produzione dello stabilimento e ad un aumento graduale dell'efficienza energetica e dell'uso di risorse, con conseguenti benefici economici per l'azienda.

Conoscendo esattamente i consumi di uno specifico reparto o di una specifica macchina sarà possibile valutare con più precisione, prendendo decisioni più consapevoli, gli investimenti da realizzare nello stabilimento. Questo beneficio non riguarda soltanto gli interventi strettamente legati all'efficienza energetica, ma anche gli investimenti maggiormente legati allo specifico processo realizzato nell'impianto quali la sostituzione di una macchina produttiva come una rameuse, un vaporizzo, una macchina di tintura o un lavaggio in continuo.

Come accennato nel paragrafo precedente, a tutte le aziende italiane oggetto di analisi nel programma Clean by Design è stata proposta la realizzazione di un sistema centralizzato per il monitoraggio dei consumi, poiché o ne erano sprovviste o erano dotate di un sistema molto limitato per estensione o per vettori energetici analizzati.

La struttura-tipo del sistema di monitoraggio, di cui un esempio è riportato in Figura 2.2, va definita in funzione delle caratteristiche dell'impianto.

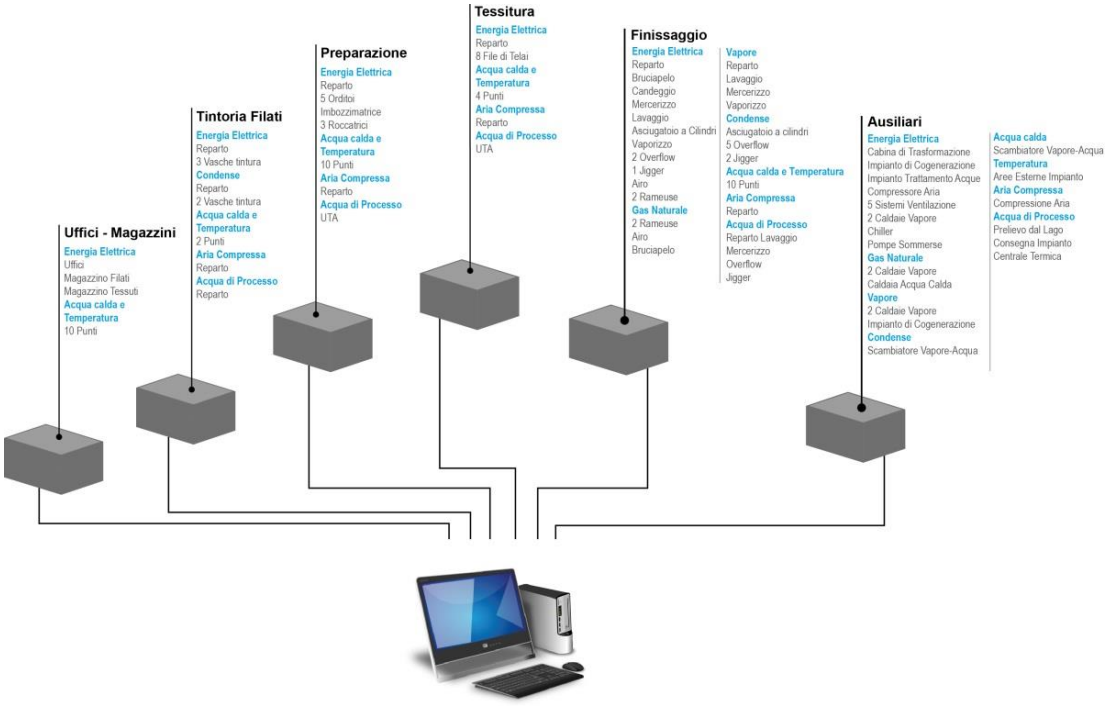


Figura 2.2: Esempio di Sistema di Monitoraggio in un Impianto Tessile

I punti da monitorare dovrebbero essere identificati secondo la seguente procedura:

- si effettua un censimento delle macchine presenti in ciascuna area dello stabilimento valutandone la potenza elettrica/termica di ciascuna e le ore di utilizzo; ove possibile si effettuano delle misure spot, ad esempio utilizzando pinze amperometriche per rilevare gli assorbimenti elettrici;
- si raggruppano le macchine presenti nell'impianto in aree funzionali, corrispondenti ai reparti ed ai principali servizi ausiliari/generali dello stabilimento;

- si analizzano gli schemi dell'impianto elettrico e di quelli di distribuzione del gas naturale, dell'acqua di processo, dell'aria compressa e dei vettori termici (vapore, olio diatermico, acqua calda o surriscaldata);
- si identificano le utenze di vettori primari da monitorare:
  - per l'energia elettrica, la cabina di trasformazione più eventuali sistemi di produzione da fonti rinnovabili (es.: impianti fotovoltaici) e non (es.: impianti di cogenerazione), le aree funzionali dello stabilimento definite in precedenza, gli utilizzatori principali (ovvero quelli che hanno consumo teoricamente più elevato, in base al prodotto tra potenza installata e tempo di utilizzo),
  - per il gas naturale, il contatore generale, la centrale termica (con uno o più misuratori a seconda del numero delle caldaie e della relativa configurazione impiantistica) e tutti gli utilizzatori di taglia rilevante quali, ad esempio, le rameuse,
  - per l'acqua, il contatore generale più eventuali punti di prelievo da pozzi o corsi d'acqua, nonché gli utilizzatori principali, presi sia aggregati per area funzionale (es.: reparto tintoria, reparto finissaggio, centrale termica) che singolarmente (es.: lavaggio in continuo);
- si identificano le utenze di vettori secondari da monitorare:
  - per l'aria compressa, vale la pena di procedere con un monitoraggio più dettagliato a livello di produzione e consumi (dei reparti e delle singole utenze) quando i consumi elettrici per la compressione dell'aria sono significativi (es.: superiori al 3-5% degli usi elettrici complessivi dello stabilimento);
  - per il vapore, risulta di interesse monitorare la produzione delle singole caldaie (anche per metterla in relazione con i consumi di combustibile della caldaia stessa e determinarne l'efficienza reale) e degli utilizzatori principali; dato il costo piuttosto elevato dei misuratori di portata di vapore, spesso è più conveniente tenere sotto controllo la quantità di vapore utilizzata dagli utilizzatori indiretti (es.: macchine di lavaggio/tintoria, rameuse, asciugatoi, ecc.) misurando la portata dei ritorni di condensa, ed installare misuratori di vapore diretto solo a livello delle utenze principali in cui il vapore è utilizzato "a perdere" (es.: vaporizzi);
  - per l'olio diatermico, ove presente, valgono le stesse indicazioni fornite per il vapore; tipicamente conviene dunque monitorare la produzione delle caldaie ed il consumo degli utilizzatori principali quali ad esempio scambiatori olio/vapore, olio/acqua e macchine di processo quali rameuse, asciugatoi, ecc.;
  - per l'acqua calda, in genere negli impianti tessili italiani non si trovano reti dedicate per l'alimentazione delle macchine di processo (questa tematica sarà affrontata in un paragrafo successivo); è però interessante, specialmente negli stabilimenti in cui l'unico utilizzo di energia termica è quello per il riscaldamento dei locali, monitorare la ripartizione dei consumi tra le diverse aree del fabbricato, cosa che può spesso essere effettuata installando dei misuratori a livello del collettore principale dell'impianto di riscaldamento.

Un sistema di monitoraggio come quello descritto ha come output una serie di dati di consumo istantanei o mediati, che possono essere visualizzati nelle forme più variegate su una sorta di "pannello di controllo" dello stabilimento ed esportate in forma di tabelle, grafici, ecc. Una modalità di visualizzazione molto efficace è rappresentata dal cosiddetto "carpet plot" (di cui

un esempio è riportato in Figura 2.3) in cui sull'intervallo di tempo selezionato a ciascuna ora del giorno è associato un colore che rappresenta l'intensità del consumo. Con questo tipo di grafico è possibile identificare a colpo d'occhio le anomalie, e specialmente i consumi anomali che si verificano in fasce orarie in cui lo stabilimento dovrebbe essere fermo o lavorare a carico ridotto.

Un elemento essenziale per sviluppare un sistema di monitoraggio efficace è però il fattore umano. Un sistema di misura non serve a nulla se nessuno lo usa. E' quindi importante definire chiaramente fin dal principio le responsabilità di chi analizza queste informazioni, formarlo e partire con un approccio graduale, iniziando con l'installazione di pochi misuratori e di un software gestionale dedicato, per poi affinare il sistema e misurare i consumi su scale a maggiore definizione.

Un'ultimo aspetto importante riguarda le caratteristiche di compatibilità di ciò che si installa: è in generale utile evitare soluzioni chiuse, dove il software e l'hardware di misura vengono venduti come un unico pacchetto in cui il sistema di comunicazione non è agevolmente interfacciabile con altri elementi (nella misura, nell'analisi dati e nella trasmissione degli stessi) di fornitori diersi. E' altresì utile, soprattutto dove l'azienda non ha servizi di interni gestione energetica e/o IT di livello sufficiente, avvalersi di società esterne che offrano oltre al servizio di monitoraggio dei consumi servizi di supporto all'analisi dei dati raccolti e di formazione per il personale sull'uso del sistema.

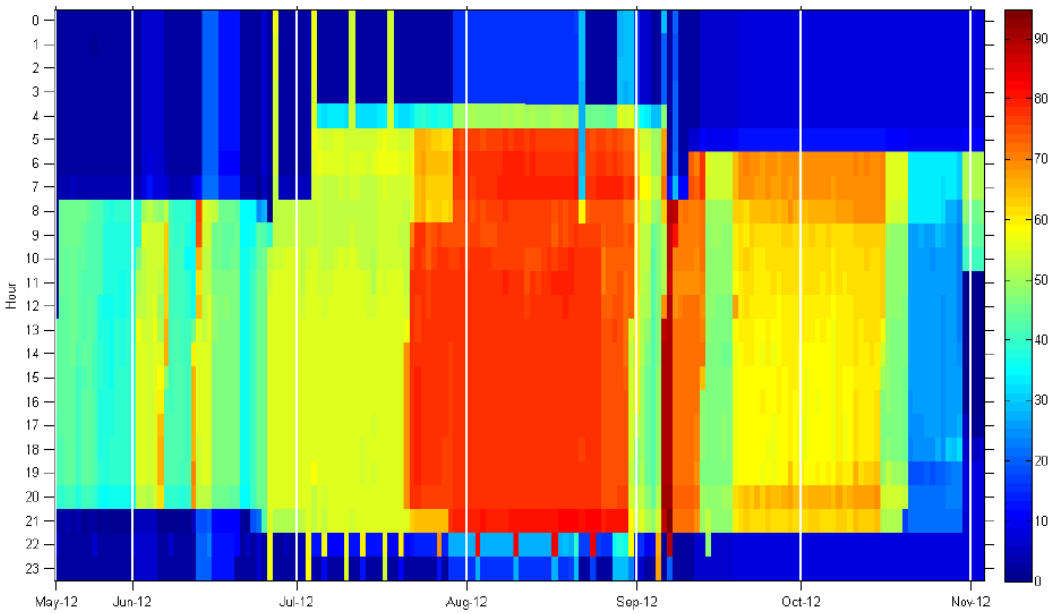


Figura 2.3: Esempio di "Carpet Plot" Prodotto da Sistema di Monitoraggio

3 SISTEMI AUSILIARI

Il programma Clean by Design è focalizzato al miglioramento dell'efficienza nell'uso di energia e risorse con misure che non impattino sulle modalità di produzione. La maggiore attenzione viene quindi posta sui sistemi ausiliari, ovvero quelli che forniscono **supporto alle attività produttive dell'azienda** pur non essendo direttamente collegati al processo. I sistemi ausiliari sono, oltrettutto, quelli cui viene prestata meno attenzione nella manutenzione di ogni giorno e nella programmazione e progettazione. Per queste ragioni tali sistemi normalmente offrono molte più opportunità di efficientamento con misure gestionali ed investimenti low cost rispetto al macchinario produttivo.

Nei paragrafi seguenti sarà fornita una descrizione dei principali sistemi ausiliari presenti negli stabilimenti tessili e saranno descritte le buone pratiche per il loro efficientamento. Si tratterà in particolare di:

- illuminazione;
- climatizzazione (riscaldamento, raffrescamento, ventilazione);
- aria compressa;
- distribuzione vettori termici (vapore, olio diatermico, acqua calda e surriscaldata);
- autoproduzione energia elettrica e calore (cogenerazione, impianti a fonti rinnovabili);
- trattamento acque (di processo, reflue);
- motori elettrici.

3.1 ILLUMINAZIONE

Nell'industria tessile un elevato livello di illuminazione è fondamentale per molti processi, ed il relativo consumo è piuttosto importante. Al momento degli audit di Clean by Design l'illuminazione era responsabile di una quota variabile tra il 10% e il 20% dei consumi elettrici, con i valori massimi in impianti di pura tessitura e minimi in impianti a ciclo integrato. Il tipo d'illuminazione prevalente era a fluorescenza, al neon.

In seguito alle indicazioni fornite negli audit energetici ed alle condizioni di mercato favorevoli, ormai **tutte le aziende partecipanti a Clean by Design hanno sostituito (o stanno sostituendo) le lampade al neon con LED**, conseguendo risparmi attorno al 60%. All'illuminazione a LED si abbina molto bene l'utilizzo di sensori di presenza o movimento per le aree meno utilizzate degli impianti, e quello di sensori di illuminazione naturale in aree dotate di ampie superfici vetrate.

3.1.1 Illuminazione LED

Allo stato attuale la tecnologia LED risulta sufficientemente matura e poco costosa per poter essere applicata nella maggior parte delle aziende con notevoli benefici energetici ed economici. Gli interventi di rifacimento degli impianti di illuminazione effettuati dalle aziende aderenti a Clean by Design negli ultimi due anni sono una conferma della validità di questa tecnologia.

Generalmente, l'intervento che viene realizzato dalle aziende tessili è costituito dalla sostituzione dell'intera plafoniera. Le lampade comunemente più diffuse sono i tubi fluorescenti da 58 W, di lunghezza pari a 150 cm, che vengono sostituiti con analoghi tubi LED da 24 W, di potenza luminosa leggermente superiore.

Un ulteriore vantaggio dei LED rispetto alle lampade fluorescenti è legato alla **maggiore durata rispetto a qualunque altra lampada**. Infatti, se le migliori lampade al neon garantiscono un massimo di 10.000 ore di funzionamento, i LED possono funzionare con luce di qualità costante per almeno 30.000 ore.

Infine, le aziende tessili che hanno installato LED nei reparti produttivi hanno notato anche benefici in termini di miglioramento della qualità della luce. Infatti, i LED erogano un flusso luminoso costante, senza l'intermittenza caratteristica delle lampade al neon ed hanno anche un'**ottima resa cromatica** .

Questi notevoli vantaggi, insieme agli ottimi riscontri forniti dai primi impianti che hanno installato sistemi a LED, hanno convinto le aziende partecipanti a Clean by Design ad applicarli negli ambiti più disparati: dall'illuminazione generale dei reparti produttivi a quella di specifiche macchine (telai, orditoi, specole, ecc.), dagli uffici ai magazzini, dalle zone di passaggio agli spazi esterni.

Dal punto di vista economico le lampade installate hanno un costo specifico medio tra 2 e 2,50 Euro per W di potenza installata, dunque una plafoniera con due tubi LED da 24 W ciascuno ha un costo di circa 100-120 Euro.

Il tempo di ritorno dell'investimento varia in funzione dell'utilizzo dell'illuminazione, che dipende principalmente dal numero di turni di lavoro: i valori tipici di tempo di ritorno per la sostituzione di lampade fluorescenti con LED sono tra **1-2 anni (per impianti che lavorano su tre turni giornalieri)** e 4-5 anni (per aziende che operano su un solo turno).

La Tabella 3.1 riporta i valori tipici di risparmio ottenibili con la realizzazione dell'intervento descritto in due tipologie di stabilimento: una tessitura pura ed un impianto tessile verticalmente integrato.

Tabella 3.1: Risparmi Tipici per Sostituzione Lampade Neon con LED

	Consumi Totali En.El. (MWh/anno)	*Consumi Neon (%)*	*Consumi LED (%)*	*Risparmi En.El. (MWh/anno)*	*Risparmio Economico (€/anno)*
Tessitura	500-2.000	6-20%	2-8%	30-250	5.000-40.000
Impianto integrato	1.000-6.000	3-10%	1-4%	30-400	5.000-60.000

3.1.2 Sensoristica e Sistemi di Controllo

Nella maggior parte delle aziende si presta poca attenzione alla gestione dell'illuminazione, che è lasciata alla discrezione degli operatori e non automatizzata. In questo modo si consuma energia inutilmente quando l'illuminazione resta accesa in aree non utilizzate in quel momento o con luce naturale sufficiente. L'applicazione di sensori e sistemi di controllo dell'illuminazione permette di ridurre questo tipo di inefficienze.

I tipi principali di sensore utilizzabili sono due:

- **sensori di illuminazione naturale**, da installare negli spazi dotati di grandi superfici vetrate, per ridurre il flusso luminoso erogato dalle lampade e di conseguenza la potenza elettrica assorbita, in presenza di sufficiente luce naturale;
- **sensori di movimento o di presenza**, da installare principalmente nelle aree di passaggio e nei magazzini, per accendere le lampade soltanto in presenza di personale.

I **massimi benefici dell'impiego di sensori si hanno quando applicati a LED**, che sono dimmerabili (cioè variano il flusso luminoso erogato con la corrente assorbita e dunque l'energia consumata) e non risentono di frequenti cicli di accensione-spegnimento.

In genere la realizzazione di un sistema di controllo dell'illuminazione basato su sensori porta a risparmi dell'ordine del 25-40% per le lampade controllate da sensori di luce naturale, fino all'80% per quelle con sensori di movimento in aree poco frequentate (corridoi, magazzini, aree di parcheggio). I risparmi assoluti, e quindi l'impatto sul bilancio energetico, dipendono fortemente dall'estensione delle aree in cui vengono installati i sistemi di controllo, così come i costi necessari; in linea di massima si può comunque considerare un costo unitario medio di circa 80-100 Euro per sensore.

Tra le aziende partecipanti a Clean by Design, al momento dell'audit nessuna era dotata di sistemi di controllo dell'illuminazione, ma in seguito ai consigli ricevuti, alcune di esse li hanno applicati o li stanno applicando congiuntamente al passaggio dai tubi al neon ai LED.

3.2 RISCALDAMENTO

Per quanto riguarda il riscaldamento negli impianti tessili, si distinguono principalmente tre casi: quelli che realizzano processi "asciutti" (filatura, orditura, tessitura), quelli che realizzano processi ad umido (tintoria, stamperia, finissaggio) e gli uffici.

Nel caso dei **processi "asciutti"**, il **fabbisogno di riscaldamento può essere rilevante**, poiché per garantire la qualità del filato ed il corretto funzionamento delle macchine è necessario mantenere una temperatura di 24-25°C ed un'umidità relativa del 60-70%. Il calore rilasciato dalle macchine copre una parte del carico termico ma è comunque sempre necessario utilizzare un impianto di riscaldamento, generalmente con erogazione ad aria. In particolare per la seta è bene che in tessitura la temperatura si mantenga anche al di fuori dell'orario lavorativo dell'impianto.

Nel caso dei **processi ad umido**, invece, le macchine produttive lavorano tutte a temperatura elevata, da un minimo di 30-40°C di alcuni processi di lavaggio e tintura fino ai quasi 100°C della tintura della lana ed alle temperature ancora più alte dei processi di tintura di alcune fibre sintetiche, di vaporizzo, asciugatura e trattamento in rameuse. Il **calore rilasciato è dunque più che sufficiente per coprire il fabbisogno** e l'utilizzo degli impianti termici (con erogazione ad unità di trattamento aria o ad aerotermi) è necessario solo per il preriscaldamento degli ambienti dopo pause produttive più prolungate, quali i fine settimana.

Infine, negli uffici il riscaldamento è tipicamente attivo nelle fasce orarie lavorative, con un minimo di preriscaldamento nelle prime ore del mattino nei periodi più freddi dell'anno; la temperatura di comfort è in genere di circa 20-22°C ed è garantita tramite diversi tipi di terminali

di erogazione, dai radiatori che operano con temperatura dell'acqua più elevata, ai fan coil che operano anche con temperatura dell'acqua inferiore.

Per quanto riguarda i sistemi di produzione del calore, negli stabilimenti che realizzano processi "asciutti" sono tipicamente installate caldaie a gas naturale (o in rari casi a gasolio, GPL o olio combustibile, tema affrontato in un'altra sezione) che producono l'acqua calda necessaria per il riscaldamento. Negli impianti che realizzano processi ad umido, invece, data la presenza di caldaie vapore di grande taglia, anche il riscaldamento degli ambienti è realizzato con l'uso di vapore, o direttamente in aerotermi o indirettamente, riscaldando acqua in appositi scambiatori.

Le buone pratiche più comuni per i sistemi di riscaldamento sono il miglioramento dei sistemi di controllo, lo sfruttamento di recuperi termici, l'utilizzo di sistemi efficienti di produzione del calore. Le questioni legate all'erogazione del calore da parte dei sistemi di ventilazione sono invece discusse nella sezione successiva.

3.2.1 Sensoristica e Sistemi di Controllo

I vantaggi dell'utilizzo di sensori ai fini della diagnostica dei consumi sono validi anche per i sistemi di riscaldamento. In questo contesto, però, l'applicazione di sensori è utile anche per il controllo e la regolazione della caldaia in funzione delle condizioni ambientali esterne ed interne all'edificio.

Le principali applicazioni di sensori all'impianto di riscaldamento sono tre:

- se la caldaia è particolarmente datata e non modulante, si può installare un **cronotermostato** che garantisca la temperatura desiderata in ogni locale e per ogni fascia oraria agendo sulla pompa di circolazione; questa soluzione è semplice ma non troppo efficiente in quanto non varia né la potenza erogata né la temperatura dell'acqua e provoca frequenti cicli on-off del bruciatore invece di modularne la potenza;
- per caldaie più recenti e di tipo modulante, il cronotermostato riesce a garantire la temperatura desiderata in ogni locale e per ciascuna fascia oraria regolando la potenza erogata dalla caldaia e dunque variando la temperatura dell'acqua nel circuito;
- sempre per caldaie modulanti, la soluzione più efficiente è quella che regola la potenza erogata tramite un sistema di controllo basato sia su un cronotermostato (per la temperatura interna – come descritto al punto precedente) sia su una **sonda climatica** (per la temperatura esterna).

I componenti necessari per la realizzazione di questi tipi di regolazione sono semplici, economici e forniti da tutte le aziende di termoidraulica. Il vantaggio conseguibile varia con tipologia ed efficienza della regolazione attuata, ma generalmente si aggira sul 5-10% dei consumi della caldaia non dotata di sistemi di regolazione.

Tra le aziende partecipanti a Clean by Design, i sistemi di controllo erano già abbastanza diffusi al momento dell'audit. Vale però la pena di citare il caso di un'azienda che ha sostituito una vecchia caldaia con un nuovo modello a condensazione, modulante e dotato di sistema di crono-termoregolazione e di sonda climatica esterna, conseguendo **risparmi di gas naturale superiori al 20%**.

3.2.2 Recuperi Termici

L'industria tessile offre da un lato numerose fonti di recupero termico, e dall'altro svariate utenze che potenzialmente possono utilizzare il calore recuperato. Il sistema di riscaldamento ambienti è una di queste utenze e costituisce in genere una delle soluzioni più semplici da realizzare poiché impatta poco sulla struttura di impianti e reti dello stabilimento.

Lo schema impiantistico più efficace per integrare il calore recuperato nel sistema di riscaldamento prevede la realizzazione di un serbatoio di accumulo per l'acqua calda recuperata, in cui integrare quella prodotta da caldaia o pompa di calore quando necessario.

Per quanto riguarda invece le fonti di recupero termico utilizzabili, poiché il riscaldamento degli ambienti usa in genere acqua calda a 40-70°C, sono di interesse tutte le fonti di calore a temperatura superiore a questa soglia, i gas di scarico delle caldaie vapore/olio diatermico, l'impianto di cogenerazione ove presente, i vari punti di emissione fumi sparsi per l'impianto (rameuse, asciugatoi, altre macchine di finissaggio dotate di bruciatori a gas), il vapore in uscita dai vaporizzi e quello generato negli asciugatoi a cilindri, l'aria di raffreddamento dei compressori e quella delle macchine di tintura. In tutti questi casi la temperatura dell'acqua calda recuperabile è di 90 °C o più.

Tra le aziende partecipanti a Clean by Design, in un paio di casi l'acqua calda prodotta da un impianto di cogenerazione era utilizzata, già al momento dell'audit, per coprire il fabbisogno di riscaldamento degli ambienti. In seguito all'audit, invece, un'azienda ha messo in pratica un sistema di recupero termico dall'aria di raffreddamento dei compressori, volto a riscaldare un piccolo reparto produttivo senza alcuna necessità di integrazione convenzionale.

3.2.3 Sistemi Efficienti di Produzione del Calore

Nel caso in cui le caldaie installate siano particolarmente datate (più di 10-15 anni), o comunque caratterizzate da bassa efficienza, la soluzione più conveniente in assoluto è la sostituzione con sistemi più efficienti.

Tra questi sistemi sono le caldaie a condensazione, le pompe di calore di diverso tipo (a gas, idrotermiche, geotermiche) e gli impianti di cogenerazione.

Le **caldaie a condensazione** permettono di raggiungere rendimenti molto elevati, fino al 105-107% del potere calorifico inferiore del gas naturale utilizzato, grazie al recupero termico dal vapore prodotto dalla combustione del gas che viene fatto condensare. Il rendimento è tanto maggiore quanto più è bassa la temperatura dell'acqua prodotta; valori molto alti, superiori al 100%, si riscontrano comunque già per temperature attorno a 50°C.

La sostituzione di una caldaia esistente con una a condensazione è molto semplice e vantaggiosa in impianti associati ad unità di trattamento aria come quelle generalmente usate in tessitura, che usano acqua a temperatura medio-bassa. Le caldaie a condensazione hanno un costo limitato, dell'ordine di 70 Euro/kW di potenza termica installata, e portano risparmi superiori al 20% dei consumi di gas della vecchia caldaia; in condizioni climatiche come quelle del nord Italia, il tempo di ritorno medio di questo intervento è attorno a 4 anni.

Una soluzione tecnologicamente diversa ma che in pratica presenta gli stessi benefici è la sostituzione della caldaia con una **pompa di calore ad assorbimento** alimentata a gas naturale, macchina in grado di sfruttare, oltre all'energia apportata dal combustibile, anche una parte del calore presente nell'aria ambiente. L'efficienza raggiunta dalle pompe di calore a gas (intesa come Gas Use Efficiency, ovvero rapporto tra l'energia trasferita all'acqua e quella consumata in forma di gas naturale) arriva fino al 160%, è indipendente dalle condizioni

ambientali esterne ed è massima quando la temperatura di produzione dell'acqua calda è minima.

L'installazione di questo sistema porta notevoli risparmi energetici, circa del 50% rispetto alla vecchia caldaia, ma è piuttosto costosa, attorno a 200-250 Euro/kW di potenza termica installata; con questi costi, il tempo di ritorno tipico di questo intervento è di circa 3-4 anni.

Altri sistemi efficienti per la generazione del calore sono le **pompe di calore elettriche**, che si distinguono principalmente in base alla sorgente termica che utilizzano: aria, acqua, terreno. In questa descrizione si tralasceranno le pompe di calore elettriche che utilizzano aria come sorgente termica, perché hanno efficienza molto inferiore rispetto a quelle che usano acqua (**idrotermiche**) e terreno (**geotermiche**). È interessante sottolineare che queste pompe di calore sono reversibili e dunque adatte per la produzione di acqua refrigerata da utilizzare per la climatizzazione estiva dello stabilimento.

Queste macchine sono in grado di trasferire il calore a temperatura medio-bassa disponibile nella sorgente all'acqua alla temperatura richiesta per il riscaldamento. Anche in questo caso, il rendimento aumenta al diminuire della temperatura dell'acqua prodotta, dunque con un'ottima compatibilità con le unità di trattamento aria tipicamente utilizzate in tessitura. Questi sistemi hanno efficienza molto elevata, con COP compresi tra 4 e 5, ovvero per ogni kWh di energia elettrica fornita alla pompa di calore si ottengono 4-5 kWh di energia termica. Tenendo conto anche del diverso "valore" che hanno energia elettrica e gas naturale in termini di energia primaria, i risparmi sono generalmente del 50-55% del fabbisogno energetico e del 55-60% dei costi rispetto all'uso della vecchia caldaia.

La principale differenza tra le due tecnologie è rappresentata dai requisiti per l'installazione e di conseguenza dai dispositivi necessari per lo scambio termico con la sorgente:

- per le pompe di calore idrotermiche, è necessaria la presenza in prossimità del luogo di installazione di una falda acquifera, che in genere mantiene una temperatura attorno a 10°C per buona parte dell'anno; i dispositivi necessari sono soltanto una tubazione di prelievo ed una di restituzione dell'acqua in falda;
- per le pompe di calore geotermiche, è necessario avere un suolo con caratteristiche geologiche adeguate in termini di temperatura (costante attorno a 15°C durante l'anno – cosa piuttosto frequente) e conducibilità termica; i dispositivi richiesti sono sonde in materiale plastico che vengono interrate verticalmente, fino a raggiungere notevoli profondità, o orizzontalmente a pochi metri di profondità.

Passando agli aspetti economici, il costo specifico delle pompe di calore elettriche, comprensivo dei sistemi per lo scambio termico descritti sopra, si aggira sui 100-150 Euro/kW di potenza termica per le macchine idrotermiche, e sui 200-300 Euro/kW per quelle geotermiche, a causa dell'alto costo d'installazione delle sonde. Poiché l'efficienza delle due tecnologie e dunque i risparmi conseguibili sono simili, l'installazione di sistemi ad acqua è più conveniente rispetto a quelli geotermici (tempi di ritorno medi di 3-4 e 5-6 anni rispettivamente), ma la scelta tra le due non è sempre possibile, dipendendo fortemente dalla disponibilità delle condizioni al contorno.

Infine, un'opportunità interessante è anche l'utilizzo di calore recuperato da cascami termici interni all'impianto (descritto al punto precedente) o da **impianti di cogenerazione**. Della cogenerazione si tratterà più nel dettaglio più avanti, ma è importante anticipare che non è in genere conveniente installare sistemi cogenerativi in aziende in cui l'unico carico termico è

quello di riscaldamento degli ambienti. L'utilizzo a fini di riscaldamento di calore da impianti di cogenerazione è dunque conveniente negli impianti tessili integrati in cui sono presenti sia utenze termiche legate all'attività produttiva (nei reparti tintoria-finissaggio), sia carichi termici di riscaldamento (nei reparti filatura-orditura-tessitura).

Risulta dunque evidente che non esiste una singola soluzione per la produzione di calore che sia sempre quella ottimale nell'industria tessile. Esistono però varie opportunità, tutte convenienti anche dal punto di vista economico, e l'identificazione di quella ottimale va fatta caso per caso, tenendo conto delle caratteristiche della località e dello stabilimento stesso.

Un confronto-riepilogo dei sistemi descritti è mostrato in Tabella 3.2.

Tabella 3.2: Confronto tra Soluzioni Efficienti per la Produzione di Calore

	Risparmio En. Primaria (%)	*Costo Medio Installazione (€/kW$_t$)*	*Tempo di Ritorno Medio (anni)*	*Eventuali Vincoli*
Caldaia a Condensazione	20%	70	4	Nessuno
Pompa di Calore a Gas	50%	200-250	3-4	Nessuno
Pompa di Calore Idrotermica	50-55%	100-150	3-4	Disponibilità falda acquifera
Pompa di Calore Geotermica	50-55%	200-300	5-6	Disponibilità terreno adatto
Impianto di Cogenerazione	n.c.	n.c.	n.c.	Presenza di carichi termici di processo

Tra le aziende che aderiscono a Clean by Design, l'unica tecnologia abbastanza diffusa tra quelle elencate è la caldaia a condensazione alimentata a gas naturale, che rappresenta la soluzione maggiormente messa in pratica anche tra le aziende che sono intervenute sull'impianto di riscaldamento in seguito all'audit. Anche la cogenerazione è abbastanza diffusa, essendo utilizzata in quattro aziende tra quelle sottoposte ad audit.

3.3 VENTILAZIONE

La ventilazione serve per garantire agli ambienti una qualità dell'aria sufficiente in termini di temperatura, umidità ed assenza di pulviscolo e fibre, e dunque il comfort degli utenti ed il corretto funzionamento delle macchine.

Nelle industrie tessili, la ventilazione dei reparti è essenziale nei processi a secco (filatura, ritorcitura, tessitura ecc), attività che generano molta polvere. In questi impianti la ventilazione è tipicamente realizzata in unità di trattamento aria formate da sezioni di riscaldamento, raffreddamento, eventuale recupero termico, filtrazione, umidificazione. A queste si associano i ventilatori di mandata ed estrazione, caratterizzati in genere da una portata tra le decine e le centinaia di migliaia di m^3/h e da una potenza elettrica di svariate decine di kW.

La principale azione migliorativa sui sistemi di ventilazione riguarda il loro controllo ed in particolare la possibilità di variarne la portata e quindi i consumi in funzione del livello di utilizzo del locale, cosa che si ottiene dotando di inverter i motori elettrici dei ventilatori e definendo opportune logiche di controllo.

Tra gli impianti sottoposti ad audit nell'ambito di Clean by Design, all'incirca la metà utilizzava già sistemi di ventilazione ad inverter, mentre gli altri usano regolazioni meno efficienti quali on-off o a serrande. In seguito ai suggerimenti ricevuti nell'audit, due aziende hanno rinnovato alcuni dei propri impianti di ventilazione ed altre tre stanno pianificando il miglioramento dei sistemi di controllo e l'installazione di inverter sui ventilatori.

3.3.1 Sensoristica e Sistemi di Controllo

Nel caso della ventilazione, i **sistemi di controllo** hanno lo scopo di adattare l'intensità del ricambio d'aria al reale fabbisogno, che dipende dalle condizioni ambientali e dall'intensità dell'attività svolta. Ad esempio, in una tessitura in cui solo la metà dei telai sta lavorando o in un grande spazio adibito ad uffici con limitata presenza di impiegati, l'impianto di ventilazione può garantire il comfort con una minor portata d'aria ed un minor consumo. Nei reparti produttivi a secco la ventilazione è controllata in modo ottimale dai livelli di attività, negli uffici ed in altre zone potenzialmente con problemi di affollamento da indicatori della qualità dell'aria: misurazione di temperatura, umidità relativa e/o concentrazione di CO_2. I sensori inviano i dati ad una centralina di controllo che tenendo conto delle condizioni richieste nella specifica fascia oraria agisce sugli inverter dei ventilatori riducendo la portata d'aria trattata al variare delle condizioni ambientali.

La sola installazione di sensoristica e sistemi di controllo della ventilazione (esclusi dunque i vantaggi dell'utilizzo di **inverter**, descritti al punto successivo) porta a risparmi di energia elettrica in genere attorno al 10% dei consumi del sistema di ventilazione di cui si introduce la regolazione. Considerato un costo di alcune migliaia di Euro per acquisto ed installazione dei sensori e della centralina necessari, il tempo di ritorno tipico di questo intervento è, per uno stabilimento che opera su due turni giornalieri, dell'ordine dei 3 anni.

3.3.2 Installazione di Inverter sui Ventilatori

Alla fattibilità ed alla convenienza dell'installazione di inverter sui motori elettrici è dedicato un altro paragrafo di questo documento. In questo contesto si richiamano invece esclusivamente i vantaggi dell'adozione di inverter sugli impianti di ventilazione, che sono uno dei casi coi massimi **risparmi, superiori al 20% e con picchi fino al 50%**.

Infatti, il consumo energetico dei ventilatori è proporzionale al cubo della velocità di rotazione e dunque riducendo la frequenza di alimentazione anche solo del 20% si ottengono riduzioni di consumo del 50%; inoltre, spesso i ventilatori delle unità di trattamento aria realizzate nei decenni scorsi sono **sovradimensionati**, e l'applicazione dell'inverter permette dunque di conseguire risparmi anche in condizioni di massimo fabbisogno di ventilazione.

Il costo specifico di acquisto e installazione di un inverter, compresa la più opportuna definizione delle routine di controllo del motore (sulla base degli input dei sensori descritti al punto precedente), è di circa 150 Euro/kW di potenza installata del motore; questo significa che un ventilatore da 50 kW si può dotare di inverter con un investimento limitato, pari a circa 7.500 Euro. Considerando cautelativamente un risparmio energetico del 20%, si ottiene che il tempo di ritorno medio per un ventilatore installato in un reparto che lavora su due turni giornalieri è compreso tra 2 e 3 anni.

3.4 RAFFRESCAMENTO

Oltre a riscaldamento e ventilazione, il raffrescamento è un servizio ausiliario spesso utilizzato negli stabilimenti tessili per mantenere le condizioni ambientali necessarie al funzionamento delle macchine ed al comfort del personale.

Le buone pratiche per la riduzione dei consumi di raffrescamento nell'industria tessile sono riconducibili a sistemi efficienti di produzione dell'energia frigorifera, di manutenzione e regolazione degli impianti, ma anche alla riduzione del carico termico da asportare.

3.4.1 Sensoristica e Sistemi di Controllo

I vantaggi dell'installazione di sistemi di controllo basati su sensori sono, per gli impianti di raffrescamento, gli stessi citati per riscaldamento e ventilazione: la logica di gestione degli impianti dev'essere quella di regolare il funzionamento degli impianti di refrigerazione con il carico, che dipende principalmente dalle condizioni ambientali esterne, dai carichi interni e dalle condizioni desiderate all'interno del reparto in ciascun periodo del giorno e dell'anno.

Le azioni suggerite sono principalmente due: l'utilizzo di **temporizzatori**, sia a livello di zona (per interrompere l'utilizzo di acqua refrigerata quando il reparto o l'ufficio non è attivo), sia a livello centralizzato (per disattivare del tutto il sistema nelle fasce orarie e nei periodi in cui l'azienda è chiusa), e l'installazione di **termostati** che regolino la quantità di acqua utilizzata al variare della temperatura misurata.

Una regolazione di questo tipo è analoga a quella descritta per la ventilazione ed il riscaldamento, e con un impegno minimo da parte dell'azienda può essere realizzata in maniera integrata, ad esempio tramite un software di "**building management system**".

3.4.2 Uso di Schermature Solari

Il primo passo verso una miglior efficienza dei sistemi di climatizzazione è la riduzione del fabbisogno che l'impianto deve soddisfare; dunque, una buona pratica è il miglioramento dell'isolamento delle pareti opache ed una sostituzione degli infissi con nuove finestre dalla minore trasmittanza.

Gli interventi sull'involucro hanno in genere tempi di ritorno piuttosto lunghi, ma esistono comunque soluzioni dal costo limitato che sono più vantaggiose, quale l'introduzione di schermature solari per ridurre questi apporti termici nel periodo estivo (in cui diminuiscono il comfort e provocano maggiori consumi per raffrescamento) e invece sfruttarli al meglio in inverno (quando sono un apporto termico gratuito che riduce i consumi per riscaldamento).

Nel caso degli stabilimenti tessili, le soluzioni più interessanti sono:

- il posizionamento sulle vetrate di **pellicole** che schermano la componente ultravioletta della luce solare riducendo il riscaldamento senza limitare la luminosità naturale;
- l'installazione sulla copertura di **tende parasole** (movimentabili in maniera manuale, automatica o temporizzata) per impedire l'irraggiamento solare diretto;
- l'installazione sui lucernari di **lamelle frangisole** che orientano la radiazione solare in maniera diversa rispetto all'irraggiamento diretto per mantenere l'illuminazione naturale riducendo il carico termico.

La tipologia di schermatura più adatta dipende dalle caratteristiche dell'edificio, sia costruttive che geografiche (latitudine, orientamento, esposizione, ecc.). Di conseguenza, il costo dell'intervento ed i risparmi indotti sono variabili e non si può fornire in questo documento un valore o un intervallo tipico.

3.4.3 Corretta Manutenzione

Una corretta manutenzione è importante in tutte le tipologie di impianti; nel caso degli impianti di raffrescamento, l'efficienza può essere notevolmente ridotta da un'insufficiente manutenzione, specialmente riguardo la quantità di fluido refrigerante nel gruppo frigorifero e la pulizia dei filtri.

Risulta dunque fondamentale la **verifica periodica del livello di fluido refrigerante** nella macchina frigorifera (visiva tramite appositi vetrini o misurata con la pressione nel circuito) ed il conseguente reintegro quando necessario, per compensare le inevitabili perdite da valvole, flange e tenute nel circuito. Questo intervento ha un costo molto limitato e va effettuato dalla ditta incaricata della manutenzione periodica dell'impianto.

Analogamente, è importante effettuare regolarmente la **pulizia dei filtri** per rimuovere i materiali depositati nel tempo, che oltre a penalizzare l'efficienza del sistema, possono causare anche problemi di salute e sicurezza del personale (patologie allergiche e malattie molto rischiose quali la legionellosi). Anche questo intervento va realizzato dalla ditta responsabile della manutenzione dell'impianto, ma per interventi periodici di pulizia e sanificazione più spinta è opportuno affidarsi ad aziende specializzate in grado di intervenire in maniera più invasiva.

3.4.4 Sistemi Efficienti per la Produzione di Freddo

Analogamente agli impianti di riscaldamento, per sistemi di refrigerazione vecchi e poco efficienti, la soluzione più conveniente è la loro sostituzione con sistemi più efficienti.

La maggior parte dei sistemi descritti per il riscaldamento sono utili anche per migliorare l'efficienza dei sistemi di raffrescamento: ad esempio, le pompe di calore a gas, quelle idrotermiche e geotermiche sono reversibili e dunque adatte ad operare anche come gruppi frigoriferi, trasferendo calore dall'interno all'esterno invece che viceversa.

Oltre ai sistemi già citati, esistono due altre tecnologie che meritano di essere descritte: i gruppi frigoriferi ad assorbimento e i raffrescatori evaporativi. In ogni caso, come già detto per il riscaldamento, anche per il raffrescamento la tecnologia migliore va identificata caso per caso secondo le caratteristiche specifiche dello stabilimento.

Il **gruppo frigorifero ad assorbimento** funziona come le pompe di calore a gas, ma il calore necessario non è fornito dalla combustione di gas bensì da acqua calda recuperata all'interno dello stabilimento. Grazie a ripetute concentrazioni e diluizioni di una soluzione acqua-ammoniaca o acqua-bromuro di litio, tipicamente una soluzione di questo tipo riesce a produrre, a partire da 100 kW termici in forma di acqua calda a 60-70°C, circa 70 kW di acqua refrigerata a 5-7°C. Il rendimento è dunque piuttosto basso, ma in questo modo l'acqua refrigerata è prodotta a partire da un cascame termico che altrimenti sarebbe disperso nell'ambiente, dunque con notevoli benefici energetici, ambientali ed economici.

Il costo di un frigorifero ad assorbimento è dell'ordine di 400 €/kW di potenza frigorifera installata, dunque molto alto rispetto ad altre soluzioni; nonostante questo, però, l'intervento ha un tempo di ritorno medio-breve, fino ad un minimo di 4-5 anni nel caso di impianti in cui i consumi elettrici di partenza per la refrigerazione siano consistenti.

I **raffrescatori evaporativi**, invece, sfruttano la capacità dell'aria di saturarsi di umidità sottraendo calore dall'ambiente e riducendone la temperatura. Questi raffrescatori sono normalmente installati a tetto e permettono di aspirare aria esterna che, opportunamente umidificata, ha temperatura notevolmente più bassa (tra 3-5°C e 10-12°C rispetto alla temperatura esterna, secondo l'umidità relativa). Questi sistemi hanno un consumo energetico minimo (quello per il funzionamento del ventilatore e della pompa dell'acqua), non richiedono fluidi refrigeranti e possono essere controllati da remoto. Chiaramente l'effetto di refrigerazione non è comparabile con quello di un impianto basato su gruppi frigoriferi, ma questo sistema è particolarmente adatto per mantenere la vivibilità in ambienti caldi e umidi quali i reparti tintoria e finissaggio degli stabilimenti tessili.

Tra le aziende partecipanti a Clean by Design, i classici gruppi frigoriferi aerotermici sono la tecnologia più utilizzata per la climatizzazione estiva, ma in alcuni casi particolarmente efficienti sono stati installati raffrescatori evaporativi e un'azienda dotata di impianto di cogenerazione ne utilizza il calore per produzione di acqua refrigerata in un sistema ad assorbimento. Inoltre, negli audit è stata proposta ad alcune aziende, in cui esistevano le condizioni, la sostituzione di gruppi frigoriferi ad aria con nuovi modelli idrotermici, ed un paio di queste stanno effettivamente valutando la realizzazione di questo intervento.

3.5 ARIA COMPRESSA

L'aria compressa è utilizzata in ogni stabilimento industriale per varie ragioni: alimentazione di macchine di processo (es.: telai ad aria), di azionamenti pneumatici (es.: valvole) e di utilizzatori spot quali sistemi di pulizia (es.: "pistole").

Tabella 3.3: Riepilogo dei Principali Interventi sul Sistema Aria Compressa

	Risparmio En. Elettrica (%)	*Costo Installazione (-)*	*Tempo di Ritorno Tipico (anni)*
Ricerca e Riparazione delle Perdite nella Rete	20-30%	Basso	<< 1
Installazione di Valvole di Sezionamento sulla Rete	10-15%	Basso	<< 1
Compressore ad Inverter	15-30%	Medio-Alto	3-4
Riduzione di Pressione dell'Aria Compressa e Produzione Decentralizzata	7-10%	Medio	2-3

I sistemi aria compressa sono formati da tre parti principali: produzione, distribuzione e utilizzo. In generale, negli impianti tessili italiani l'aria compressa è prodotta in compressori volumetrici a vite, di taglia tra poche unità e qualche decina di kW; fanno eccezione solo le tessiture con telai ad aria, in cui la potenza elettrica dei compressori installati può essere anche di diverse centinaia di kW.

A valle del compressore si trovano in genere un essiccatore e uno o più accumuli. Il resto del sistema è costituito dalla rete di distribuzione, realizzata con tubazioni disposte ad anello con rami di derivazione che alimentano gli utilizzatori finali.

Le principali buone pratiche per i sistemi aria compressa sono descritte nel seguito, mentre un riepilogo dei relativi costi e benefici è riportato in Tabella 3.3.

3.5.1 Ricerca e Riparazione delle Perdite nella Rete

Le tubazioni della rete aria compressa sono naturalmente soggette a perdite che dipendono dalla formazione di piccoli fori o da imperfezioni nella tenuta a livello di giunzioni, valvole, ecc. Secondo vari studi, e come verificato anche negli audit per Clean by Design, **le perdite d'aria compressa sono responsabili dal 20% al 70% dei consumi del compressore**.

A titolo di esempio, si consideri che:

- a 7 bar, un foro da 1 mm^2 nella rete causa una perdita di quasi 5 m^3/h di aria compressa;
- la potenza elettrica sprecata è pari a circa 0,75 kW per ciascun foro da 1 mm^2;
- in un anno, l'energia elettrica sprecata varia tra 2 e 4 MWh per ciascun foro da 1 mm^2, a seconda dell'utilizzo del compressore (3.000 – 6.000 ore/anno).

Una stima qualitativa delle perdite nella rete aria compressa si ottiene ispezionando l'impianto in giornate non lavorative ed ascoltando il caratteristico sibilo delle perdite d'aria; per una stima quantitativa, invece, in mancanza di un sistema di monitoraggio dei consumi è sufficiente misurare i consumi del compressore in una giornata non lavorativa con una pinza amperometrica.

La buona pratica proposta per la soluzione di questo problema è la definizione od il miglioramento della routine di manutenzione della rete per l'identificazione e la riparazione di fori e perdite. Si tratta di effettuare periodicamente, in giornate o orari non lavorativi, un'ispezione visiva (e uditiva) della rete aria compressa, e successivamente di provvedere alla soluzione dei problemi identificati (chiusura dei fori, riparazione delle tenute, sostituzione delle guarnizioni, ecc.). La corretta manutenzione prevede un primo intervento straordinario per la soluzione dei problemi più evidenti ed una revisione periodica alcune volte l'anno.

Il costo di questo intervento è minimo: le parti di ricambio necessarie (guarnizioni e simili) hanno un prezzo trascurabile e l'unico costo risulta la manodopera, che però in genere può essere fornita da personale interno all'azienda. Durata e frequenza degli interventi di manutenzione variano principalmente con le dimensioni dello stabilimento e la rilevanza dei consumi per la produzione dell'aria compressa.

3.5.2 Installazione di Valvole di Sezionamento sulla Rete

Quando le perdite di aria compressa sono ridotte al minimo grazie alla miglior manutenzione, il modo più efficace di ridurre ulteriormente gli sprechi di energia legati ai compressori è quello di ridurre i tempi in cui la rete resta in pressione e dunque disperdono aria compressa.

Una soluzione a costo zero è costituita dallo **spegnimento del compressore nei periodi in cui lo stabilimento non richiede aria compressa** (notti, fine settimana, ecc. secondo l'organizzazione aziendale), cosa che riduce a zero i consumi del compressore in tali fasce orarie, riducendo con una sola azione gli sprechi dovuti alle perdite ed al funzionamento a vuoto del compressore (se non dotato di inverter).

Tuttavia, la prima soluzione non è sempre applicabile perché può accadere che nello stesso stabilimento alcuni servizi richiedano aria compressa anche nelle ore in cui l'impianto non è operativo. In tal caso, la soluzione più idonea è quella di installare **valvole di sezionamento sulle varie linee della rete** aria compressa, chiaramente a valle di un'analisi dettagliata del layout della rete aria compressa per ridurre al minimo il numero di valvole da installare per ottenere l'effetto desiderato.

Questo intervento è caratterizzato, come già accennato sopra, da costo limitato e variabile tra poche centinaia di Euro (installazione di un timer) ed alcune migliaia di Euro (installazione di una decina di valvole di sezionamento). Dato il costo ridotto, il tempo di ritorno di questo tipo di interventi è brevissimo, il più delle volte nettamente inferiore ad un anno, in particolare in impianti in cui la compressione dell'aria costituisce un consumo energetico rilevante.

3.5.3 Vantaggi di un Compressore ad Inverter

Una volta migliorato il sistema di distribuzione dell'aria compressa come visto sopra, si può passare a migliorare l'efficienza del compressore, in particolare quanto all'uso di inverter.

L'inverter applicato ad un compressore permette di variare la velocità di rotazione del motore con la domanda d'aria compressa, sulla base di un sistema di controllo legato alla pressione dell'aria nell'accumulo.

In Figura 3.1 è confrontata la curva di assorbimento elettrico di due compressori di taglia comparabile, uno con inverter (in alto) ed uno senza (in basso). Si può notare come la corrente assorbita dalla prima macchina sia continua nel tempo, mentre la seconda sia caratterizzata da frequenti cicli on-off, con picchi di assorbimento all'avvio (quasi doppi rispetto al valore nominale) ed elevata potenza assorbita nel funzionamento a vuoto (circa metà di quella nominale).

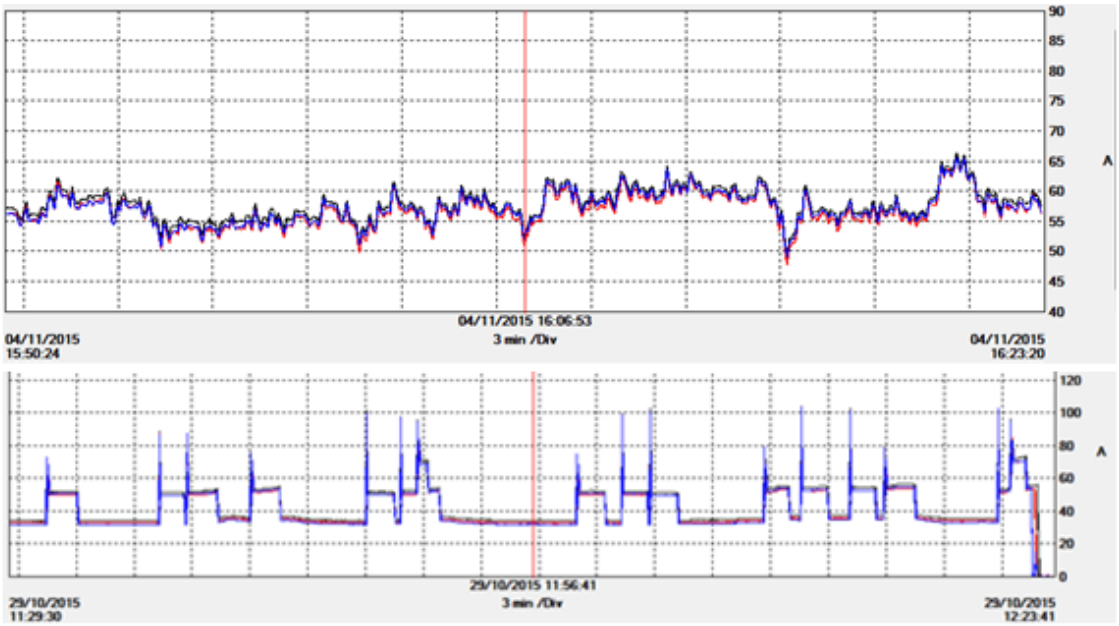


Figura 3.1: Assorbimento Elettrico di Compressori con e senza Inverter

Dal confronto delle curve di assorbimento elettrico mostrate in Figura 3.1 emergono chiaramente i principali vantaggi dell'utilizzo di compressori ad inverter:

- **funzionamento più regolare del motore** e minore stress per la macchina;
- maggior efficienza e **minor consumo** su tutto l'intervallo di potenza (0 – 100%);
- **consumo nullo in assenza di richiesta d'aria**.

Tipicamente, i risparmi di energia elettrica conseguibili col passaggio da un compressore on-off ad uno dotato di inverter sono compresi **tra il 15% ed il 30% dei consumi elettrici del compressore**, coi valori massimi che si ottengono dove la richiesta d'aria è molto discontinua nel tempo. In alcuni casi, come quello di una tessitura con telai ad aria sempre utilizzati, l'utilizzo di un compressore ad inverter potrebbe anche non essere conveniente.

L'installazione a posteriori di un inverter su un compressore esistente e magari non troppo recente è in genere piuttosto complicata, mentre al contrario risulta conveniente sostituire il compressore con un nuovo modello ad inverter. A tale scopo, le aziende fornitrici forniscono anche un servizio mirato a misurare la convenienza della sostituzione del compressore, monitorando gli assorbimenti elettrici della vecchia macchina per una settimana e, sulla base del numero di ore a carico e a vuoto, valutando i risparmi ottenibili con l'installazione del compressore proposto.

Tra gli impianti aderenti a Clean by Design, i compressori ad inverter sono piuttosto diffusi (12 aziende su 25 al momento dell'audit), ma esistono comunque casi in cui questa pratica non era applicata, è stata suggerita e messa in pratica, con notevoli benefici energetici ed economici.

Il costo d'investimento per l'installazione di un nuovo compressore dotato di inverter si aggira attorno a 500 Euro/kW di potenza installata, dunque un compressore da 40 kW come quelli

che generalmente si trovano nelle aziende tessili italiane di piccola-media taglia ha un costo di circa 20.000 Euro.

3.5.4 Riduzione di Pressione dell'Aria Compressa e Produzione Decentralizzata

L'ultima pratica descritta in merito all'aria compressa è la più invasiva in assoluto, poiché altera la pressione operativa della rete.

Allo stato attuale, in tutte le industrie tessili la rete aria compressa opera alla pressione massima tra quelle richieste dagli utilizzatori; se esiste nello stabilimento anche un solo utilizzatore che richiede aria compressa a 6 bar, mentre per tutti gli altri sarebbero sufficienti 4 bar, tutta la rete viene fatta operare a 7 bar, per tenere un certo margine di sicurezza rispetto al valore massimo richiesto.

Questo rappresenta una notevole fonte di spreco: basti pensare che la riduzione di 1 bar della pressione dell'aria compressa, ad esempio da 7 a 6 bar, provoca una diminuzione intorno al 7% del fabbisogno energetico del compressore.

Vale dunque la pena analizzare nel dettaglio la rete e **ove possibile ridurre la pressione nei tratti principali**, installando compressori dedicati e di piccola taglia a supporto dei pochi eventuali utilizzatori che richiedano pressioni maggiori.

Nel caso invece gli utilizzatori con queste caratteristiche non esistano, ma l'aria compressa sia prodotta a una certa pressione per abitudine gestionale, un intervento a costo zero è quello di procedere per tentativi, iniziando a ridurre progressivamente la pressione dell'aria rispetto al valore iniziale e fermandosi al minimo che assicura il regolare funzionamento di tutte le macchine.

Il costo dell'intervento è molto limitato (nullo se è sufficiente ridurre la pressione, o di alcune migliaia di Euro se è necessario installare piccoli compressori dedicati a singoli utilizzatori), dunque il tempo di ritorno risulta molto breve.

3.6 VAPORE

La maggior parte dei fabbisogni di energia termica delle tintorie, stamperie ed impianti integrati visitati è soddisfatta utilizzando come vettore termico il vapore, prodotto a 160-180°C e 8-10 bar (in caldaie a giri di fumo alimentate a gas) e poi distribuito nell'impianto e utilizzato direttamente oppure indirettamente per il riscaldamento di acqua da utilizzare nei processi produttivi.

Questa gestione dei vettori termici è piuttosto inefficiente e costosa poiché usa un vettore termico di alta qualità (ovvero prodotto ad alta temperatura), per soddisfare un carico a temperatura molto inferiore (tra 30 e 90°C per la maggior parte dei processi). La possibilità di modificare la gestione dei vettori termici nell'industria tessile sarà però discussa in un altro paragrafo.

Le caldaie vapore tipicamente utilizzate nell'industria tessile sono caratterizzate da quattro principali fonti d'inefficienza, ovvero le perdite al camino, al mantello, quelle per inefficienza di combustione e per spurgo. Inoltre, le reti vapore sono caratterizzate da criticità legate all'isolamento termico ed alla gestione delle condense.

Le buone pratiche presentate in questo paragrafo mirano a risolvere le problematiche citate sopra e sono applicabili a tutte le industrie tessili che usano vapore, ovvero gli impianti di

tintoria, lavaggio, finissaggio e quelli integrati che comprendono tali processi. Un riepilogo di costi e benefici dei principali interventi proposti è riportato in Tabella 3.4.

Tabella 3.4: Riepilogo dei Principali Interventi sul Sistema Vapore

	Risparmio Gas Naturale (%)	*Costo Installazione (-)*	*Tempo di Ritorno Tipico (anni)*
Installazione di un Economizzatore	5%	Medio	2-3
Miglior Pretrattamento dell'Acqua di Alimento e Ottimizzazione dei Cicli di Spurgo	15%	Medio	1-2
Isolamento Termico della Rete e della Caldaia	3-5%	Basso	2-3
Manutenzione Preventiva degli Scaricatori di Condensa	2-3%	Basso	< 1
Recupero delle Condense	10-50%	Medio-Alto	3-4
Riduzione di Temperatura e Pressione del Vapore e Produzione Decentralizzata	n.c.	Medio	n.c.

3.6.1 Installazione di un Economizzatore

Una delle principali fonti di perdite delle caldaie vapore è data dall'emissione al camino di fumi ad alta temperatura, anche superiore a 200°C. L'economizzatore è uno scambiatore di calore installato in uscita al condotto dei fumi di scarico della caldaia che permette di recuperare questo calore per pre-riscaldare l'acqua in ingresso alla caldaia o l'aria comburente.

Tra le aziende partecipanti a Clean by Design, al momento dell'audit erano 8 quelle in cui le caldaie vapore erano sprovviste di economizzatore e dunque se ne è proposta l'installazione. La maggior parte di esse hanno già realizzato questo intervento, lo stanno prendendo in considerazione o hanno deciso, in maniera più radicale, di sostituire le caldaie più datate con nuovi modelli con economizzatore ed efficienza molto più elevata.

La fattibilità di questo intervento su una caldaia esistente dipende molto dalla disponibilità di spazio sopra la caldaia e dalle opere civili connesse al posizionamento dello scambiatore, dunque in molti casi risulta più semplice sostituire l'intera caldaia rispetto ad adattarla.

Il risparmio energetico ottenibile con l'installazione di un economizzatore è, sia da schede tecniche fornite dai produttori, sia per esperienza diretta su caldaie esistenti, dell'ordine del **5% del gas utilizzato dalla caldaia**.

Considerando un costo di installazione di 30.000 Euro per un economizzatore su una caldaia di taglia medio-piccola (2 MW di potenza, 3 t/h di vapore), il tempo di ritorno di questo tipo di intervento si aggira attorno ai 2 anni per un'azienda che opera su due turni giornalieri (circa 4.000 ore/anno).

3.6.2 Miglior Pretrattamento dell'Acqua di Alimento e Ottimizzazione dei Cicli di Spurgo

Per evitare la precipitazione di alcuni sali ed i conseguenti problemi d'incrostazione all'interno delle caldaie vapore, la loro acqua di alimento va pretrattata per rimuovere alcuni tipi di sali. La tecnica maggiormente utilizzata è l'addolcimento a scambio ionico, che rimuove dall'acqua gli ioni calcio e magnesio e li sostituisce con ioni sodio, i cui sali restano solubili anche ad alta temperatura. Tuttavia, via via che l'acqua passa allo stato di vapore in caldaia la parte liquida sul fondo della stessa diventa gradualmente sempre più salina, il suo ph sale e si rende necessaria l'esecuzione di uno spurgo periodico per evitare fenomeni di corrosione.

Durante lo spurgo, una parte del vapore è dispersa nell'ambiente, causando la perdita dell'energia spesa per produrlo; date le frequenze di spurgo tipiche, queste perdite possono arrivare al **5-10% del consumo della caldaia**. L'entità effettiva degli spurghi e delle perdite correlate dipende principalmente dalla salinità dell'acqua e dal livello di recupero delle condense nella rete vapore.

Nell'industria tessile italiana, secondo quanto emerso negli audit di Clean by Design, gli spurghi sono generalmente attuati secondo due logiche alternative: manuale, secondo valutazioni fatte da fornitori esterni, o automatica a tempo.

E' importante sottolineare che in entrambi i casi i conduttori degli impianti il più delle volte non sono in grado di valutare quanta energia si perde con gli spurghi, né la quantità di acqua espulsa per ciascuno spurgo e per giorno.

L'operazione potrebbe essere molto più efficiente se frequenza e durata dello spurgo fossero affidate ad una centralina automatica che le regoli in base alla salinità misurata nella caldaia. Questa è sicuramente una buona pratica per gli stabilimenti tessili che usano vapore, ma riduce gli sprechi di energia senza ridurre effettivamente la necessità di spurghi.

Una soluzione che invece riduce notevolmente la necessità di spurghi è il passaggio dall'addolcimento a scambio ionico all'**osmosi inversa** come tecnica di demineralizzazione dell'acqua di alimento. Questa tecnica, grazie a membrane semipermeabili selettive, riesce a produrre acqua pura sia quanto ai sali che alle altre sostanze inorganiche e organiche, riducendo dunque di almeno il 90% la necessità di spurghi della caldaia vapore.

Il costo di un sistema automatico per il controllo degli spurghi basato sul livello di salinità dell'acqua in caldaia ha un costo limitato, dell'ordine di poche migliaia di Euro, mentre un impianto di osmosi inversa da 2.000 l/h (adatto ad esempio per una centrale termica con due caldaie da 3 t/h che recuperano circa il 70% delle condense) ha un costo di installazione di circa 30.000 Euro e costi operativi solo leggermente superiori a quelli di un addolcitore.

Considerando un risparmio medio del 15% del consumo di gas naturale delle caldaie grazie alla minor necessità di spurghi, questo intervento ha in genere, per centrali termiche utilizzate su due turni giornalieri (4.000 ore/anno) un **tempo di ritorno tra 1 e 2 anni**.

La convenienza di questo intervento dipende anche dalla salinità dell'acqua disponibile: ad esempio l'acqua del biellese, molto poco salina, è adatta all'utilizzo in caldaia con minimi pretrattamenti e l'installazione di un sistema di osmosi non risulterebbe conveniente.

Tra le aziende partecipanti a Clean by Design, in nove casi è stato proposto il passaggio da addolcimento ad osmosi inversa per il pretrattamento dell'acqua di alimento caldaia, ma ad oggi sono poche quelle che stanno effettivamente valutando questo intervento, principalmente a causa della resistenza al cambiamento ed alla poca conoscenza e fiducia nei confronti dell'osmosi inversa.

3.6.3 Isolamento Termico della Rete e della Caldaia

Negli impianti tessili italiani in genere la rete vapore è mediamente abbastanza ben isolata. In genere la quasi totalità dei tratti rettilinei della rete lo sono, mentre il più delle volte quelli non rettilinei, le discontinuità (es.: valvole, flange, curve), le tubazioni di diametro ridotto, la rete di recupero delle condense ed il relativo serbatoio di accumulo non sono isolate. Inoltre, in alcuni casi ad essere poco isolate sono parti del corpo caldaia quali il mantello e la piastra del bruciatore. In tutti i casi elencati, se le superfici non isolate si trovano ad altezza d'uomo possono dunque costituire un problema di sicurezza per il personale in caso di contatto accidentale.

La Figura 3.2 mostra una termografia di alcune valvole non isolate sulla rete vapore, in cui si nota che buona parte della superficie della valvola è a temperatura superiore a 180°C. Analogamente, la Figura 3.3 mostra un corpo caldaia poco isolato con superfici ad altezza d'uomo a temperatura superiore a 130°C.

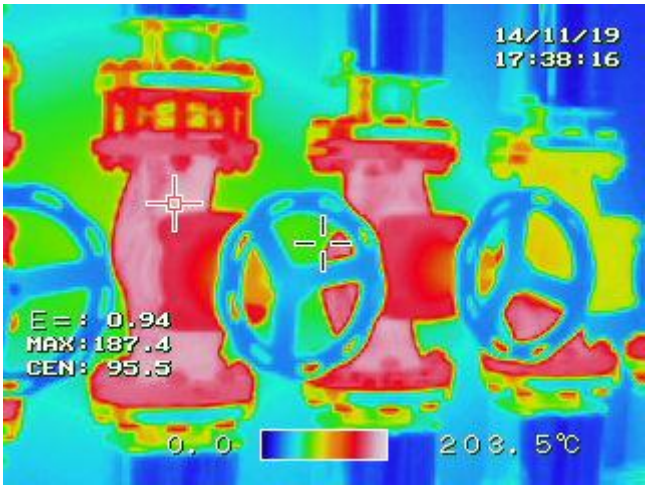


Figura 3.2: Esempio di Valvole Non Isolate sulla Rete Vapore

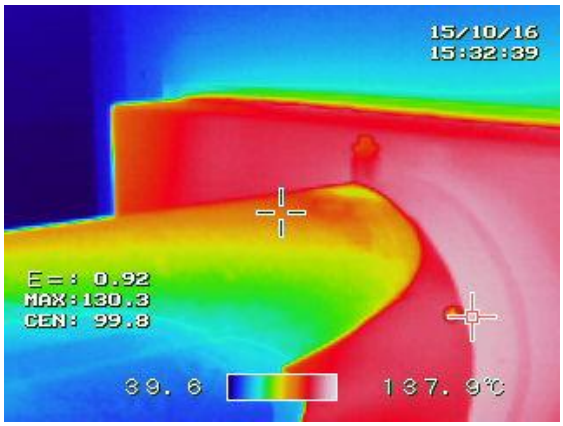


Figura 3.3: Esempio di Corpo Caldaia Non Isolato

La soluzione ai problemi sopra esposti è l'isolamento termico delle parti della rete vapore non correttamente isolate, con uno **strato isolante di circa alcuni cm**, cosa che permette di ridurre del 90-95% le dispersioni dalle parti di rete isolate, oltre a migliorare sicurezza e comfort negli ambienti di lavoro. Un esempio di valvola isolata correttamente è mostrato in Figura 3.4: si nota che la superficie è a temperatura molto più bassa, circa 30-40°C.

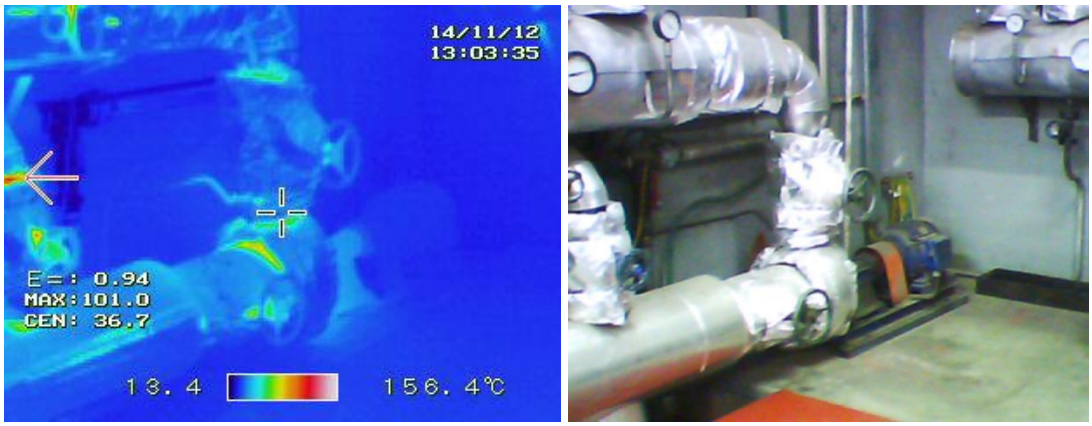


Figura 3.4: Esempio di Valvola Ben Isolata sulla Rete Vapore

Questo intervento è **decisamente poco costoso**, essendo caratterizzato da un costo specifico di circa 30 Euro/m per i tratti rettilinei e 300-500 Euro/m^2 (o 50-100 Euro/pezzo) per le discontinuità come valvole e flange. Dati i costi molto limitati, i tempi di ritorno di questo intervento sono in genere medio-brevi, dell'ordine di **2-3 anni**.

Tra le aziende italiane che partecipano a Clean by Design, la buona pratica di isolare anche le discontinuità della rete vapore era già in atto al momento dell'audit presso 5 stabilimenti, mentre un miglioramento del livello di isolamento è stato proposto a 15 aziende, la maggior parte delle quali lo hanno già messo in pratica o lo stanno realizzando.

3.6.4 Manutenzione Preventiva degli Scaricatori di Condensa

Gli scaricatori di condensa rivestono un ruolo fondamentale nelle reti vapore; infatti lungo la rete di distribuzione una parte del vapore condensa e dev'essere spurgata per mantenere la pressione nel sistema e operare in efficienza e sicurezza. Per questa ragione, gli scaricatori di condensa sono collocati lungo le tubazioni ad una certa distanza l'uno dall'altro e devono essere mantenuti correttamente, con l'obiettivo di evitare che, a causa di problemi di tenuta, venga scaricato vapore invece che condense.

Secondo quanto emerso negli audit, gli scaricatori di condensa vengono tipicamente sostituiti alla rottura, ovvero quando la tenuta è compromessa e non si riesce più a mantenere la pressione nello specifico tratto di rete. Quest'approccio è decisamente poco efficiente sia dal punto di vista gestionale (poiché provoca dei fermi impianto, seppur brevi, con conseguenti rallentamenti dell'attività produttiva) che da quello energetico (poiché per tutto il periodo in cui lo scaricatore è danneggiato ma non rotto, che può essere anche piuttosto lungo, si verificano perdite di vapore).

Una prima soluzione a questa criticità è quella di procedere alla **sostituzione preventiva degli scaricatori di condensa** dopo un numero di ore di funzionamento pari a quello dichiarato dal costruttore nella scheda tecnica; così facendo, però, non considera da un lato la possibilità

che si verifichino problemi di tenuta prima della fine della vita utile dichiarata, e dall'altro si rischia di sostituire scaricatori ancora funzionanti.

La soluzione ottimale, invece, prevede la sostituzione graduale degli scaricatori di condensa esistenti con nuovi componenti dotati di **vaposcopio** (come quello mostrato in Figura 3.5) ovvero di un vetro che permette di osservare il flusso di condensa scaricata e dunque di verificare il corretto funzionamento dello scaricatore. Oltre ad installare i vaposcopi, per ottenere la massima riduzione degli sprechi, è opportuno istituire una routine di controllo degli scaricatori ogni 2-3 mesi per verificare il loro corretto funzionamento e per sostituire quelli che presentano perdite.

Figura 3.5: Esempio di Vaposcopio su uno Scaricatore di Condensa

Questa buona pratica era attuata solo in un paio d'impianti tra quelli sottoposti ad audit nell'ambito di Clean by Design, ed è stata proposta agli altri. Infatti, i risparmi conseguibili con questo intervento sono difficili da quantificare ma in ogni caso significativi, e possono ammontare anche al **2-3% dei consumi di gas naturale per la produzione di vapore**.

3.6.5 Recupero delle Condense

Il recupero delle condense nei sistemi vapore è una buona pratica poiché reimmette in caldaia dell'acqua demineralizzata a circa 80-90°C, riducendo i consumi di acqua di reintegro, gas per il suo riscaldamento e reagenti per il suo addolcimento.

Per avere un ordine di grandezza, basti pensare che ogni 100 kg di condensa recuperata i consumi di gas naturale si riducono di oltre 1 Sm^3, dunque una caldaia da 3 t/h che opera su due turni giornalieri e recupera il 70% delle condense consegue un risparmio pari a circa 80.000 Sm^3/anno di gas naturale.

Nonostante il recupero di condense nell'industria tessile italiana sia generalmente buono, esistono una serie di casi in cui esso è basso o addirittura nullo; questo può avvenire principalmente per due ragioni:

- la maggior parte degli utilizzatori di vapore nello stabilimento richiedono vapore diretto, o per ragioni intrinseche di processo (es.: vaporizzi) o per gestione non ottimale (es.: macchine di lavaggio o tintura in cui il bagno è riscaldato tramite gorgogliamento di vapore in acqua);
- non è presente una rete di recupero delle condense, dunque queste vengono convogliate nelle acque reflue e non reimmesse in caldaia.

La soluzione per le due problematiche sopra citate è diversa e in ogni caso non immediata, poiché richiede interventi strutturali sulle macchine o sulle reti.

Nel primo caso, si consiglia la **conversione dei sistemi di riscaldamento da vapore diretto ad indiretto**, installando compatibilmente con le esigenze produttive degli scambiatori che riscaldino l'acqua di processo o valutando la sostituzione di macchine giunte a fine vita utile con nuovi modelli in grado di funzionare ad acqua calda invece che a vapore.

Nel secondo caso, invece, la proposta è quella di realizzare una rete di recupero condense la cui struttura tenga conto delle caratteristiche specifiche del sito e della rete vapore esistente. Il costo di questa misura varia fortemente con le dimensioni dell'impianto ma si può stimare in alcune decine di migliaia di Euro per un'azienda di media taglia; nonostante il costo significativo, il tempo di ritorno tipico è piuttosto breve perché questa misura permette di evitare un notevole spreco di risorse.

Per concludere, si ricorda che esistono alcuni miglioramenti che possono essere realizzati anche nelle aziende già dotate di una rete di recupero delle condense, quali ad esempio l'isolamento termico delle tubazioni di ritorno delle condense e del serbatoio per il loro accumulo. A titolo di esempio, un serbatoio di accumulo condense non isolato è mostrato in Figura 3.6.

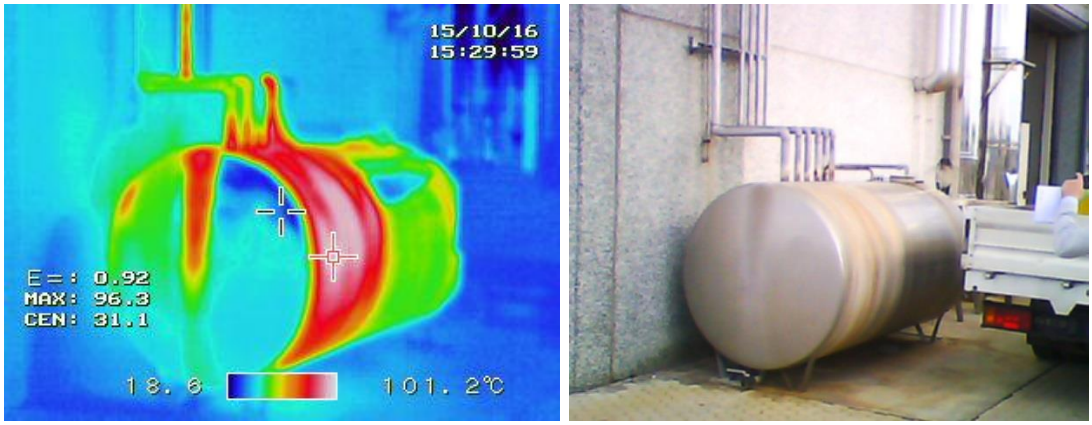


Figura 3.6: Esempio di Serbatoio Accumulo Condense Non Isolato

In merito a questo intervento, valgono le considerazioni tecniche ed economiche fatte in merito all'isolamento della rete vapore, con la differenza che essendo la temperatura delle superfici da isolare inferiore (circa 90°C rispetto ai 160-180°C del vapore), i benefici energetici ed economici sono più limitati ed il tempo di ritorno dell'investimento leggermente più lungo, dell'ordine di 3-4 anni.

3.6.6 Riduzione di Temperatura e Pressione del Vapore e Produzione Decentralizzata

Quest'opportunità di efficientamento del sistema vapore è analoga a quella già descritta per la riduzione della pressione dell'aria compressa e la sua produzione decentralizzata. Infatti, la logica di gestione della rete vapore è simile a quella dell'aria compressa: se esiste un solo utilizzatore che richiede vapore saturo a 10 bar, e per tutte le altre macchine sarebbero sufficienti 6 bar, la caldaia viene comunque scelta e gestita per produrre vapore a 10 bar, con conseguenti inefficienze e incrementi dei consumi di combustibile.

Si propone dunque di identificare le **condizioni minime di temperatura e pressione del vapore che assicurano il corretto funzionamento delle macchine** e di impostare la caldaia per lavorare in queste condizioni, installando caldaie dedicate per alimentare le eventuali utenze che richiedessero condizioni più spinte.

I costi di questa tipologia di operazione sono nulli se l'unico intervento necessario è la riduzione della pressione del vapore prodotto agendo sul pannello di controllo della caldaia, o più elevati, in funzione della taglia della caldaia richiesta, nel caso invece in cui sia necessario installarne una dedicata per una o più utenze di vapore in condizioni più spinte. In ogni caso, i risparmi sono tali da giustificare l'intervento, che è caratterizzato da tempi di ritorno ragionevoli.

In questo contesto rientrano alcuni casi interessanti di interventi realizzati da aziende partecipanti a Clean by Design, tra cui la conversione a gas naturale di una rameuse inizialmente a vapore e l'installazione di una caldaia dedicata per una macchina di vaporizzo rocche che ha permesso di ridurre i consumi della caldaia principale.

3.7 OLIO DIATERMICO

L'uso di olio diatermico come vettore termico all'interno dello stabilimento è diffuso presso un certo numero di industrie tessili italiane (5 su 25 tra le aziende partecipanti a Clean by Design) in alternativa o in aggiunta a quello di vapore.

Il vantaggio dell'olio diatermico è principalmente quello che, a differenza dei sistemi vapore, le relative parti non sono in pressione, con problemi di sicurezza e costi di gestione inferiori. All'opposto, gli svantaggi sono la gestione dell'olio stesso (che è un olio minerale, infiammabile ed inquinante) in caso di perdite, e l'elevata viscosità a bassa temperatura che spesso richiede di mantenere l'olio in temperatura anche nelle fasce orarie non lavorative.

Dati questi vantaggi e svantaggi, l'uso dell'olio diatermico rispetto al vapore è conveniente quando la temperatura richiesta dalle utenze è superiore a 200-250°C, valore che generalmente non si raggiunge nell'ambito dell'industria tessile.

Si **tratta di una tecnologia obsoleta, che si suggerisce vivamente di abbandonare**. Se il numero di macchine alimentate ad olio è ancora elevato o il costo per la loro conversione a gas diretto o a vapore è eccessivo questo intervento va posticipato al fine vita di queste. In queste condizioni vale la pena **isolare bene la caldaia e la rete di distribuzione dell'olio** (stesse considerazioni fatte per il vapore) e può essere utile **installare un economizzatore**, ma un piano di dismissione, anche nel medio termine, dei sistemi a olio diatermico deve essere definito.

Un riepilogo di costi e benefici dei principali interventi proposti è riportato in Tabella 3.5.

Tabella 3.5: Riepilogo dei Principali Interventi sul Sistema Olio Diatermico

	Risparmio Gas Naturale (%)	*Costo Installazione (-)*	*Tempo di Ritorno Tipico (anni)*
Isolamento Termico della Rete e della Caldaia	3-5%	Basso	0.5-3
Installazione di un Economizzatore	5%	Medio	2-3
Graduale Abbandono dell'Olio Diatermico	10-15%	Alto	4-5

3.8 ACQUA CALDA E SURRISCALDATA

Stando a quanto emerso negli audit Clean by Design, la maggioranza delle indusrie tessili sono prive di una rete di distribuzione dell'acqua calda per usi di processo, mentre quelle di acqua surriscaldata sono utilizzate in alcuni casi in sostituzione o ad integrazione di reti vapore o olio diatermico.

L'assenza di reti di distribuzione di acqua calda rappresenta un limite al miglioramento dell'efficienza energetica poiché la maggior parte dei processi produttivi richiede energia termica a temperatura notevolmente inferiore rispetto a quella tipica dei sistemi vapore o olio diatermico.

Per quanto riguarda invece le opportunità di efficientamento sulle reti esistenti, esse sono analoghe a quelle già descritte per vapore e acqua surriscaldata.

3.8.1 Graduale Incremento dei Recuperi Termici

Si è visto come le reti di distribuzione dell'acqua calda non siano particolarmente diffuse negli stabilimenti dell'industria tessile poiché la maggior parte delle macchine che richiedono energia termica sono alimentate con acqua fredda che viene riscaldata localmente facendo uso di vapore diretto (fatto gorgogliare in acqua) o indiretto (tramite appositi scambiatori installati sulla macchina).

Ogni misura che permetta di abbattere questa inefficienza, e di conseguenza di ridurre i consumi di combustibile per la fornitura di calore ai processi produttivi, risulta dunque d'interesse per l'industria tessile. In particolare, una di queste è il **recupero di calore da una delle numerose fonti disponibili nello stabilimento**, quali ad esempio:

- gas di scarico delle caldaie vapore/olio diatermico (tipicamente ad oltre 150°C);
- gas di scarico e acqua di raffreddamento dei motori di cogenerazione, ove presenti (rispettivamente a temperatura superiore a 200°C – adatta per la produzione di vapore – ed a 90°C);
- vari punti di emissione fumi sparsi per l'impianto (rameuse, asciugatoi, altre macchine di finissaggio dotate di bruciatori a gas – tutte con temperatura superiore a 90°C);

- vapore in uscita dai vaporizzi e generato negli asciugatoi a cilindri (temperatura attorno a 90°C);
- aria di raffreddamento dei compressori (tipicamente disponibile a 60-70°C);
- acqua di raffreddamento delle macchine (principalmente di tintura – con temperatura media attorno a 50°C).

Lo schema più semplice per il recupero termico è, ove possibile, lo **sfruttamento dell'energia termica nella stessa macchina da cui è stata recuperata**, come accade ad esempio con l'installazione di un economizzatore sulle caldaie per preriscaldare il fluido di alimento o l'aria di combustione, o con l'installazione di un recuperatore di calore allo scarico dei lavaggi in continuo per il preriscaldamento dell'acqua di lavaggio.

In subordine, però, risulta interessante anche l'installazione di un **serbatoio di accumulo** per l'acqua calda, da cui attingere per l'alimentazione delle macchine che richiedono acqua calda prima di alimentare acqua fredda e riscaldarla localmente. Questa opportunità è però discussa più nel dettaglio in un paragrafo successivo.

3.8.2 Isolamento Termico della Rete e della Caldaia

Valgono considerazioni analoghe a quanto indicato sulle reti vapore.

3.9 RECUPERI TERMICI

In un impianto tessile ideale che operasse nelle condizioni di massima efficienza, i processi ad umido andrebbero alimentati ovunque possibile con acqua calda alla temperatura più bassa possibile, ottenuta dalle varie possibilità di recupero esistenti in un impianto tessile.

Quest'obiettivo si può conseguire convertendo **gradualmente** le macchine al funzionamento ad acqua calda e incrementando i recuperi termici. In questa sezione si descrivono le soluzioni che permettono di recuperare calore su una macchina e riutilizzarlo sulla macchina stessa, aumentandone l'efficienza, quale l'installazione di economizzatori su caldaie, recuperatori di calore dall'acqua di scarico di macchine di lavaggio e tintura, ecc.

Le stesse soluzioni possono però essere sfruttate per recuperare acqua calda, stoccarla in un apposito serbatoio ed utilizzarla successivamente in altri processi. L'opzione più efficiente è un serbatoio di accumulo termico stratificato (schematizzato in Figura 3.7), che favorisce la tendenza dell'acqua a disporsi con temperatura decrescente dall'alto verso il basso ed è dotato di varie porte per il prelievo e l'immissione di acqua a quote diverse in base alla temperatura.

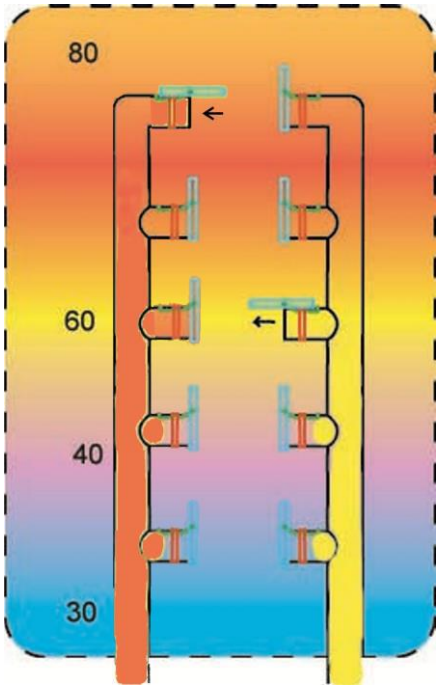


Figura 3.7: Schema di un Accumulo Termico Stratificato

3.9.1 Recuperi Termici da Gas di Scarico

Le soluzioni principali per il recupero di calore da gas di scarico sono due: l'installazione di **economizzatori sulle caldaie** (vapore, olio diatermico, acqua calda) e il recupero termico dalla marmitta dei **motori di cogenerazione**. La prima opzione è già stata descritta e si è visto che permette recuperi fino al 5% del combustibile consumato dalla caldaia; mentre alla seconda soluzione sarà dedicata la prossima sezione, dove si vedrà che essa permette di recuperare acqua calda o vapore a bassa pressione per circa il 22-23% dell'energia fornita al cogeneratore in forma di gas (oltre ad una percentuale equivalente recuperabile in forma di acqua calda dal circuito di raffreddamento del motore). Le tecnologie per mettere in pratica entrambe le opzioni sono consolidate e basate su scambiatori forniti dal produttore della caldaia o del cogeneratore che risultano installabili in qualunque momento.

In un'industria tessile esistono però numerose altre opportunità di **recupero termico da fluidi ad alta temperatura**: è il caso ad esempio dei fumi da rameuse, tumbler o altre macchine di finissaggio alimentate a gas (emessi in genere a 120-130°C o più), del vapore in uscita da vaporizzi e asciugatoi a cilindri (a circa 100°C) o dell'aria di raffreddamento dei compressori (circa 60-70°C).

Benché meno diffusi rispetto ad economizzatori e sistemi cogenerativi, i componenti necessari per il recupero termico da queste fonti stanno iniziando ad essere disponibili sul mercato e possono essere installati dal fornitore della macchina, oppure realizzati dagli impiantisti di fiducia dell'azienda per ottenere sistemi maggiormente personalizzati.

In conclusione, il recupero termico da gas caldi è un'opportunità interessante, ma la fattibilità e la convenienza vanno valutate caso per caso in funzione di potenza termica, temperatura, ore di potenziale funzionamento del recuperatore, presenza ad una distanza ragionevole di

utilizzatori per l'acqua calda recuperata. Non è dunque possibile, in questo contesto, indicare il costo medio per le tipologie di intervento descritte, né un tempo di ritorno tipico.

3.9.2 Recuperi Termici da Acque di Scarico e di raffreddamento

Nell'industria tessile esistono varie fonti di acque reflue che, benché presentino temperature inferiori rispetto a quelle dei fumi, hanno comunque un buon potenziale di recupero termico: è il caso ad esempio dell'acqua di scarico delle macchine di lavaggio e di tintura, disponibile a temperature tra 50 e 80°C.

Per queste macchine, una soluzione molto efficiente è costituita da uno scambiatore di calore rotativo sviluppato da un'azienda specializzata, che permette il **recupero termico da fluidi anche molto sporchi** senza contaminazione dell'acqua in riscaldamento e con minime o nulle esigenze di pulizia. Al momento degli audit Clean by Design erano due le aziende su 25 che avevano installato questo recuperatore di calore, mentre ad oggi sono otto quelle che lo hanno già installato o ne stanno valutando l'installazione.

Dal punto di vista economico, un recuperatore come quello descritto installato allo scarico di una linea di lavaggio in continuo di taglia media ha un costo di circa 30.000 Euro (comprese opere civili e idrauliche): se il lavaggio è attivo per 2.000 ore/anno con una temperatura media di scarico di 60°C, grazie ai risparmi energetici conseguiti si ha un ritorno dell'investimento di circa 2 anni.

Un'altra opportunità di recupero termico è il riutilizzo dell'**acqua di raffreddamento** di macchine come quelle di tintoria: infatti, l'acqua di raffreddamento non viene in contatto né con il tessuto né con detergenti o coloranti e dunque può essere accumulata in un serbatoio ben isolato e quindi riutilizzata direttamente per altre lavorazioni.

3.10 COGENERAZIONE

Gli stabilimenti tessili che sono caratterizzati da **notevoli consumi di energia in forma sia elettrica che termica**; in Italia, tipicamente, l'energia elettrica è prelevata dalla rete e quella termica prodotta internamente usando caldaie a gas. Esiste dunque un buon potenziale per la diffusione della cogenerazione, tecnica particolarmente efficiente che permette di produrre in contemporanea energia elettrica e termica, con efficienza superiore rispetto alla produzione separata e conseguenti risparmi di energia primaria, emissioni di CO_2 e costi.

In particolare, la cogenerazione è applicabile alle industrie con carico termico significativo e costante nel tempo, ovvero a quelle che utilizzano energia termica nel processo produttivo e non solo per il riscaldamento degli ambienti; questo esclude dunque dai potenziali utenti di impianti di cogenerazione gli stabilimenti che realizzano esclusivamente processi asciutti quali filatura, orditura e tessitura.

Gli impianti di cogenerazione si basano in generale su turbine a vapore, turbine a gas o motori a combustione interna. Per le taglie tipiche dell'industria tessile italiana, con potenze elettriche dell'ordine delle centinaia di kW, la tecnologia più adatta è quella dei motori endotermici alimentati a gas. Un motore di questo tipo, per ogni 100 kWh di energia alimentata in forma di gas naturale, restituisce in genere 40-43 kWh di energia elettrica e 45-47 kWh di energia termica (circa la metà in forma di vapore e metà in forma di acqua calda), dunque con un'efficienza complessiva dell'85-90%.

L'aspetto fondamentale da considerare per la cogenerazione è la scelta della taglia ottimale del motore, che influenza direttamente anche la convenienza economica dell'investimento; i **principi da seguire nel dimensionamento** sono i seguenti:

- dare **priorità alla potenza elettrica rispetto a quella termica**, visto il maggior valore (energetico ed economico) della prima rispetto alla seconda e la maggior difficoltà di accumulo dell'energia elettrica rispetto al calore;
- la potenza elettrica dev'essere un compromesso tra il **massimizzare il numero di ore operative** (coprendo buona parte del carico elettrico) ed il **minimizzare l'energia elettrica immessa in rete** (valorizzata poco dal gestore – circa 50 Euro/MWh rispetto ai 160 Euro/MWh del prezzo di acquisto per l'utente finale);
- uno strumento fondamentale sono i dati orari di prelievo elettrico relativi agli anni precedenti, che possono essere richiesti al proprio fornitore dagli utenti in media tensione.

Dall'analisi delle curve di prelievo orario dell'energia elettrica s'identifica piuttosto facilmente la taglia ottimale del cogeneratore. Ad esempio, se uno stabilimento lavora su due turni giornalieri e per tutta la giornata lavorativa assorbe tra 500 e 600 kW, un cogeneratore da 500 kW è la soluzione ottimale poiché lavora circa 4.000 ore/anno in condizioni di carico nominale e massima efficienza.

Dal punto di vista economico, il costo di acquisto e installazione di un motore a combustione interna (tra 300 e 1.000 kW_e) alimentato a gas naturale e dotato di scambiatori per il recupero termico dalla marmitta e dal raffreddamento del motore è di circa 1.000 Euro/kW_e. Dunque, il cogeneratore citato come esempio costerebbe circa 500.000 Euro e darebbe risparmi economici di circa 180.000 Euro/anno, con un tempo di ritorno di poco inferiore a 3 anni.

In linea generale, la convenienza dell'installazione di un impianto di cogenerazione dipende principalmente dalle ore di funzionamento annue: si hanno **tempi di ritorno piuttosto lunghi (oltre 6 anni) in stabilimenti che lavorano su un solo turno**, medi o medio-bassi se l'installazione avviene in aziende che operano su due turni e **decisamente bassi (1-2 anni), per aziende che lavorano a ciclo continuo**.

3.11 FONTI RINNOVABILI

Date le caratteristiche dell'industria tessile, il potenziale di diffusione delle fonti energetiche rinnovabili è limitato ma non trascurabile e dipende dalle caratteristiche specifiche dello stabilimento e della località in cui esso è situato. Le opportunità principali sono tre:

- la produzione di elettrica con **pannelli fotovoltaici** installati sulla copertura degli edifici (anche i pannelli solari termici potrebbero essere interessanti, ma difficilmente riescono a coprire una parte rilevante del fabbisogno di un'industria tessile);
- la sostituzione di combustibili inquinanti (gasolio, oli pesanti) con **biomasse** quali cippato di legno o pellet per il riscaldamento degli ambienti;
- l'uso di **pompe di calore geotermiche o aerotermiche** per la climatizzazione degli ambienti (tecnica già discussa nelle sezioni precedenti).

Inoltre, in casi molto specifici possono esistere altre opportunità legate alle fonti rinnovabili: ad esempio, tra le aziende partecipanti a Clean by Design è stato possibile in un caso proporre

la riattivazione di un vecchio impianto idroelettrico, cosa che l'azienda sta effettivamente valutando di fare. Tuttavia, si tratta di interventi fattibili solo in condizioni molto specifiche, che non sono generalizzabili al settore tessile italiano nel suo complesso.

3.11.1 Fotovoltaico

Il fotovoltaico produce energia elettrica da una fonte rinnovabile e gratuita, quella solare, ed è dunque applicabile agli stabilimenti tessili indipendentemente dai processi che realizzano poiché va semplicemente ad abbattere i prelievi di energia elettrica dalla rete.

L'installazione di moduli fotovoltaici è semplice e si presta ad essere realizzata sulla copertura degli edifici: per l'installazione di un impianto fotovoltaico sulla copertura sono necessari circa 8 m^2/kW_p su tetti inclinati e 20 m^2/kW_p su tetti piani (come quello mostrato in Figura 3.8), oltre ad uno spazio minimo nei locali tecnici per l'installazione degli inverter necessari alla conversione della corrente continua generata dai pannelli in corrente alternata. La massima resa si ottiene disponendo i pannelli inclinati di circa 30-35° sull'orizzontale ed esposti a Sud, ma secondo le caratteristiche dell'edificio è possibile installarli anche con esposizione a Sud-Est o Sud-Ovest e con inclinazioni diverse da quella ottimale senza penalizzazioni eccessive del rendimento: l'importante è mantenere sempre un minimo di inclinazione, almeno di 5-10° sull'orizzontale ed effettuare una **pulizia periodica dei pannelli** per garantirne il funzionamento ottimale.

Figura 3.8: Esempio di Impianto Fotovoltaico Installato sulla Copertura

Secondo la normativa italiana in vigore, le aziende possono avvalersi dello "**scambio sul posto**", cioè possono autoconsumare istantaneamente l'energia elettrica prodotta, oppure immetterla in rete e scontarla dalle successive fatture. Questo meccanismo è molto conveniente poiché permette di usare tutta l'energia prodotta dall'impianto, anche quella prodotta nei periodi in cui lo stabilimento non è attivo, che altrimenti sarebbe valorizzata poco dal gestore della rete.

Allo stato attuale, un impianto fotovoltaico di media taglia (centinaia di kW) ha un costo specifico di installazione "chiavi in mano" di 1.100-1.200 Euro/kW_p; se si considera nel centro-nord Italia per ogni kW_p di fotovoltaico si producono 1.000-1.100 kWh/anno, risulta che il tempo di ritorno dell'investimento si aggira sui **6-7 anni**. Questo risultato economico è sufficientemente buono, specialmente perché pochi anni fa, con alti incentivi pubblici sul fotovoltaico, si installavano impianti con tempo di ritorno di 10 anni e più.

Tra le aziende partecipanti a Clean by Design, al momento dell'audit 8 avevano già installato impianti fotovoltaici; la proposta di installarne uno, o di aumentarne la potenza in caso di sistemi già presenti, è stata avanzata nel corso degli audit a 16 aziende, alcune delle quali stanno effettivamente valutando di mettere in pratica il suggerimento ricevuto.

3.11.2 Biomasse Combustibili

In Italia, la rete di distribuzione del gas naturale è capillare sul territorio e dunque questo combustibile è il più utilizzato in assoluto sia per il riscaldamento che per le attività di processo. Tuttavia, esistono alcune aree non servite dalla rete, in cui le aziende devono usare altri combustibili quali il gasolio, il GPL e gli oli pesanti, caratterizzati da emissioni più elevate rispetto al gas e anche da un costo maggiore.

Una possibile soluzione a questa criticità è costituita dall'utilizzo di biomasse ed in particolare di **cippato di legno e pellet**: la conversione non è particolarmente complessa, poiché non è necessaria alcuna modifica ai sistemi di distribuzione ed erogazione del calore ma è sufficiente sostituire caldaia ed installare i sistemi necessari per l'accumulo e l'alimentazione del combustibile alla caldaia.

Una caldaia a cippato richiede uno spazio leggermente maggiore rispetto ad una a gas o gasolio, più alcuni metri cubi per il serbatoio del combustibile e per quello, minimo, delle ceneri. Inoltre, la manutenzione di una caldaia a cippato è leggermente superiore rispetto a quelle convenzionali, per la maggior necessità di pulizia e smaltimento di residui come appunto le ceneri.

I vantaggi principali sono invece l'abbattimento delle emissioni climalteranti (le biomasse hanno convenzionalmente emissioni di CO_2 nulle) ed una riduzione del costo del combustibile, dagli oltre 100 Euro/MWh del gasolio a meno di 30 Euro/MWh del cippato.

L'investimento per una caldaia a cippato e relativi accessori è di circa 250 Euro/kW di potenza installata; per una caldaia da 400 kW, che costa dunque 100.000 Euro, si ha un risparmio economico di 50.000 Euro/anno e quindi un tempo di ritorno di 2 anni.

In conclusione, **il passaggio a biomassa è molto conveniente se si parte da gasolio, GPL o olio pesante e non esiste possibilità di connettersi alla rete gas con costi e tempi accettabili**. Se invece la possibilità esiste, il suggerimento è di passare al gas, che garantisce una maggiore facilità di gestione, richiede caldaie molto più economiche ed efficienti rispetto a quelle a cippato ed ha costo per unità di energia solo leggermente superiore al cippato (circa 50 Euro/MWh contro 30 Euro/MWh del cippato ed oltre 100 Euro/MWh del gasolio).

> Quest'ultima valutazione è stata proprio quella che ha guidato alcune aziende partecipanti a Clean by Design. Infatti, su un totale di 25 erano 5 gli impianti che facevano uso di combustibili liquidi derivati dal petrolio per soddisfare le esigenze di riscaldamento: di queste, a meno di due anni dall'audit, una è passata al cippato di legno, due al gas naturale, una sta valutando la conversione a gas naturale e solo una sta continuando ad utilizzare GPL.

3.12 TRATTAMENTO ACQUE DI PROCESSO

Le aziende tessili che realizzano processi ad umido fanno largo uso di acqua, tipicamente prelevandola da un acquedotto industriale o da pozzi, falde o corsi d'acqua e dunque presentando necessità di pretrattamenti mirati ad ottenere le caratteristiche ottimali per il processo produttivo. Tipicamente, nelle aziende tessili aderenti a Clean by Design, gli unici pretrattamenti adottati erano la filtrazione dell'acqua di pozzo e l'addolcimento dell'acqua di alimento delle caldaie vapore. Le acque utilizzate nel processo, ad esempio nelle fasi di lavaggio e tintura, non sono invece sottoposte in genere ad alcun tipo di pretrattamento.

La tecnica dell'**osmosi inversa** (basata su membrane semipermeabili selettive che impediscono il passaggio dei sali) apporta benefici consistenti sia se applicata all'acqua di alimento caldaia, sia se adottata sull'acqua di processo. In entrambi i casi, **i vantaggi dipendono dalle caratteristiche dell'acqua disponibile ed in particolare sono massimi dove essa è molto salina e minimi nelle aree con ottima qualità dell'acqua** come il biellese.

3.12.1 Vantaggi dell'Osmosi Inversa per l'Acqua di Alimento Caldaia

Come già discusso nel paragrafo sull'ottimizzazione dei cicli di spurgo della caldaia, l'acqua di alimento è generalmente pretrattata tramite addolcimento al fine di ridurre lo sporcamento e l'incrostazione della caldaia. Le caratteristiche di questa tecnica rendono necessario spurgare periodicamente la caldaia, introducendo perdite fino al 10-15% del vapore prodotto.

Il passaggio dall'addolcimento all'osmosi inversa riduce di almeno il 90% le perdite di vapore per spurghi, poiché l'acqua osmotizzata è praticamente priva di sali e altre sostanze organiche e inorganiche (un minimo di spurgo resta necessario per evitare l'accumulo di sali ed altre sostanze che possono contaminare l'acqua lungo le tubazioni).

Come riportato in precedenza, il costo per un impianto osmosi inversa dipende dalla taglia e generalmente è di poche decine di migliaia di Euro. Grazie ai risparmi di acqua e soprattutto di gas, il tempo di ritorno tipico di questo investimento è dell'ordine di 1-2 anni.

3.12.2 Vantaggi dell'Osmosi Inversa per l'Acqua di Processo

I sali di calcio e di magnesio presenti nell'acqua penalizzano l'efficienza non solo delle caldaie vapore ma anche delle macchine di lavaggio dei tessuti, poiché questi sali interagiscono con i detergenti e causano, secondo il tipo di sostanza, la formazione di depositi sul tessuto o di precipitati nella macchina. Questo problema è normalmente risolto aumentando la quantità di sapone utilizzata, cosa che provoca anche un aumento dei consumi di acqua per il lavaggio e di combustibile per il riscaldamento dell'acqua.

La demineralizzazione dell'acqua di lavaggio porta dunque ad una riduzione del consumo di detersivi, di acqua e di combustibile. In quest'ottica, già il passaggio dall'uso di acqua non pretrattata a quello di acqua addolcita può essere vantaggioso, poiché il contenuto di calcio e magnesio è minore rispetto all'acqua di partenza; chiaramente, però, i massimi risparmi si ottengono se l'acqua è osmotizzata, rimuovendo dunque del tutto i sali di calcio e magnesio.

Oltre ai processi di lavaggio, la demineralizzazione porta vantaggi significativi anche se applicata a quelli di tintura; infatti:

- un'elevata concentrazione di sali nel bagno di tintura riduce la capacità dei coloranti di penetrare e legarsi alle fibre, rendendo necessario un maggior utilizzo di agenti chimici, dunque la demineralizzazione permette di ridurre il consumo di coloranti, acqua e gas;
- la variabilità nel tempo della salinità dell'acqua rende necessari continui aggiustamenti della quantità di colorante, del rapporto di bagno o della temperatura, dunque l'uso di acqua demineralizzata, e dunque di qualità costante, permette di definire le ricette di tintoria una volta per tutte.

Dal punto di vista economico, come già accennato, un sistema di osmosi inversa da 2.000 l/h ha un costo di circa 30.000 Euro; considerando un risparmio di acqua del 15-20% ed una conseguente riduzione dei consumi di detergenti e di gas, il tempo di ritorno può essere stimato in 4-5 anni.

3.13 MOTORI ELETTRICI

Nell'industria tessile la maggior parte dei consumi elettrici è dovuta al funzionamento dei motori, presenti in tutte le macchine produttive.

Inoltre, vale la pena notare che in un'ottica di ciclo di vita il costo dell'energia consumata dal motore rappresenta oltre il 95% dei costi totali, comprensivi dell'acquisto e della manutenzione del motore stesso. Dunque, investire nell'aumento dell'efficienza dei motori ha un impatto molto significativo in termini di riduzione dei costi: questa sezione descrive le opportunità principali per l'efficientamento dei motori elettrici, ovvero l'uso di motori ad alta efficienza e l'adozione di inverter.

3.13.1 Sostituzione con Motori ad Alta Efficienza

I motori elettrici sono classificati, per quanto riguarda l'efficienza energetica, in quattro classi, denominate **da IE1 a IE4 in ordine di efficienza crescente**.

Nel 2009, l'Unione Europea ha stabilito che dal 2017 non possono più essere immessi sul mercato motori elettrici di potenza tra 0,75 e 375 kW che siano di classe inferiore ad IE3, con la sola eccezione dei motori controllati ad inverter che devono invece essere di classe minima IE2. Questo riguarda però solo i motori elettrici disponibili sul mercato e dunque non obbliga le aziende a sostituire i vecchi dispositivi con nuovi modelli ad alta efficienza.

Il grafico di Figura 3.9 mostra il rendimento minimo dei motori elettrici di ciascuna classe al variare della potenza nominale: si può notare come il passaggio da un motore di classe IE1 ad uno di classe IE3 porti ad un maggior rendimento compreso tra il 5% ed il 40% a seconda della taglia del motore.

Dunque, il rinnovamento del parco motori, specialmente a partire da quelli più vecchi presenti in azienda, porta a notevoli risparmi energetici. In particolare, **la sostituzione dei motori fornisce il massimo vantaggio se riguarda dispositivi di piccola taglia**, cosa che rappresenta un notevole punto a favore dell'industria tessile, in cui gli utilizzatori di energia elettrica sono molti ma per la maggior parte piccoli, di potenza inferiore ai 10 kW.

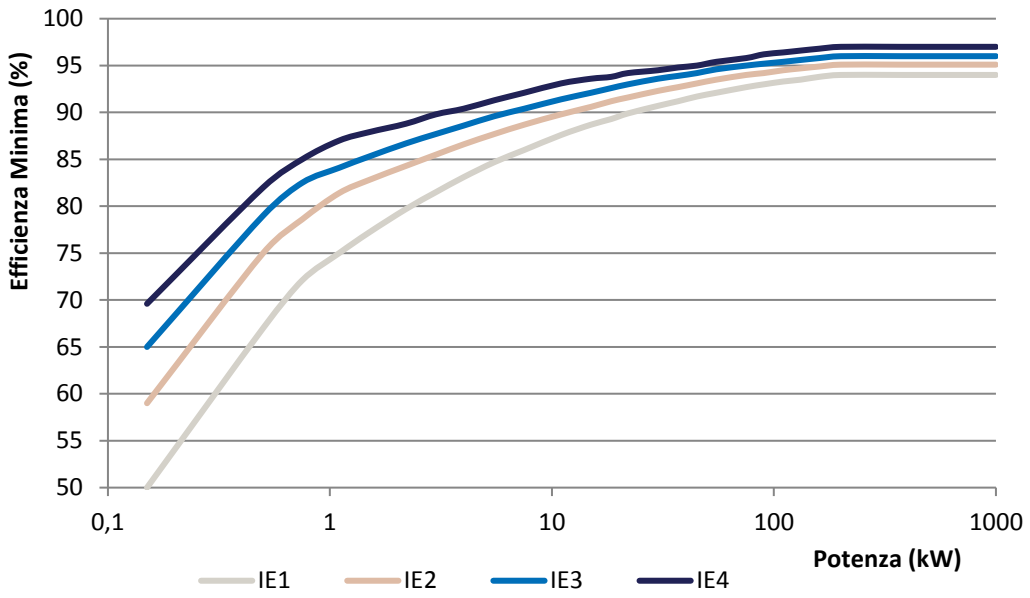


Figura 3.9: Rendimento Minimo Motori Elettrici di Classi Differenti

Per motori IE3 di potenza 2-100 kW, il costo specifico medio è compreso nell'intervallo 70-150 Euro/kW, mentre la differenza di costo è di circa 10 Euro/kW rispetto alla classe IE2 e di 20 Euro/kW rispetto alla IE1. Sia il costo del motore che la differenza di costo tra le diverse classi decrescono con la taglia del motore.

La convenienza economica di questo intervento varia fortemente con l'utilizzo del motore; per un motore da 10 kW che venga sostituito passando da un'efficienza dell'86% (IE1) ad una del 91% (IE3) sostenendo un costo di 1.000 Euro, il tempo di ritorno sarà superiore a 5 anni se il motore è utilizzato per 2.000 ore/anno, ma scenderà a 2,5 anni se è usato per 4.000 ore/anno e a 1,8 anni se le ore annue di funzionamento sono 6.000. **La soglia delle 2.000 ore/anno rappresenta un valore minimo sotto il quale, anche secondo il BREF Energy Efficiency (il documento di riferimento della Direttiva Europea IPPC), non è conveniente o comunque prioritario intervenire con la sostituzione di motori con nuovi modelli di classe di efficienza maggiore**.

3.13.2 Inverter, Dove e Quando

Nel paragrafo precedente si sono descritti i vantaggi della sostituzione di vecchi motori elettrici con nuovi motori dall'efficienza più elevata. Indipendentemente dalla realizzazione di questo intervento, un'altra opportunità che può essere vantaggiosa è l'adozione di **sistemi di controllo dei motori basati su inverter**.

L'inverter, o meglio un dispositivo costituito da un raddrizzatore e da un invertitore di corrente tipicamente chiamato "Variable Speed Drive" o "Variable Frequency Drive", è un dispositivo elettronico che permette di variare la frequenza della corrente alimentata ad un motore per variare la velocità di rotazione del motore stesso, con l'effetto collaterale positivo di ridurre i consumi di energia elettrica.

La sua adozione è dunque conveniente in due casi principali: quando la macchina accoppiata al motore elettrico lavora a carico variabile o quando lavora a carico costante ma diverso da quello nominale. Queste sono condizioni ricorrenti, come già trattato in precedenza, per macchine operatrici come compressori e ventilatori, ma anche pompe (se operano con portata o prevalenza variabile) e, in ambito tessile, anche svariate macchine di processo in cui la potenza richiesta dipende dalla fibra trattata o dallo specifico trattamento realizzato.

Secondo la BREF Energy Efficiency, i motori per cui risulta utile installare un inverter sono quelli che lavorano almeno 2.000 ore/anno, di cui almeno il 20% ad un carico inferiore al 50% del valore nominale. Quest'assunzione è stata verificata anche in Clean by Design, poiché gli interventi con la massima convenienza si sono ottenuti proprio per motori con tali caratteristiche. In particolare, i risparmi energetici ottenibili con un motore dotato di inverter sono tra il 10% ed il 30% dei consumi precedenti all'installazione.

A titolo di esempio, dotare di inverter un motore da 10 kW ha un costo di circa 1.500 Euro; se il motore lavora per 2.000 ore/anno, di cui l'80% a pieno regime ed il 20% ad un carico del 50%, i potenziali risparmi energetici sono di 2 MWh/anno, che portano ad un tempo di ritorno leggermente inferiore a 5 anni.

Un **beneficio economico ancora maggiore** si può ottenere nel caso in cui si decida **contestualmente di sostituire il vecchio motore con uno di classe di efficienza più elevata e dotato di inverter**, intervento che generalmente si presta nel caso di motori elettrici giunti a fine vita utile. In tal caso, infatti, i benefici dei due interventi si sommano, mentre il costo di investimento è decisamente più limitato.

4 I PROCESSI DELL'INDUSTRIA TESSILE

Il capitolo precedente ha fornito un approfondimento sui sistemi ausiliari presenti nell'industria tessile; questa sezione è invece dedicata alle attività principali realizzate in tali aziende, ovvero quelle che portano dalla materia prima al tessuto finito.

Per ciascuna categoria d'impianti sono fornite la descrizione delle attività svolte, dei problemi tipici emersi negli audit di Clean by Design e delle principali opportunità di miglioramento. Le soluzioni proposte sono solo quelle che non rischiano di alterare la qualità del prodotto finale: sono dunque escluse, ad esempio, quelle che alterino la temperatura dei bagni di lavaggio o tintura, o il passaggio da un tipo di detersivo ad un altro, ecc. a meno che non si sia verificato che una modifica del processo porta ad un risparmio di energia o risorse ma al contempo garantisce qualità del prodotto invariata o persino aumentata.

L'analisi che segue è differenziata per tipologia di impianto, dal momento che le attività realizzate influenzano in maniera significativa i consumi di energia e risorse Le attività considerate sono: filatura, orditura e tessitura, tintoria e finissaggio, stamperia, impianti a ciclo integrato, uffici e magazzini.

4.1 FILATURA, ORDITURA E TESSITURA

Gli impianti di questo gruppo realizzano la prima fase del ciclo produttivo dell'industria tessile, producendo tessuto a partire dalla materia prima più semplice, le fibre tessili.

Tra gli impianti sottoposti ad audit nell'ambito del programma Clean by Design, la tessitura è uno dei processi più ricorrenti, effettuato da 16 aziende su 25, o come attività esclusiva (7 aziende) oppure in combinazione con altri processi (9 aziende, di cui 4 lanifici integrati). Quasi tutte le tessiture hanno un reparto orditura dedicato all'interno dell'azienda, a parte alcune che si servono esclusivamente di fornitori esterni per tale operazione preliminare.

Al contrario, la filatura è un processo poco ricorrente tra le aziende che partecipano a Clean by Design: sono solo 4 gli impianti che realizzano questo processo, ed in particolare 3 sono specializzati esclusivamente in questa produzione ed uno la effettua insieme alla tessitura.

4.1.1 Descrizione del Processo

La materia prima dell'industria tessile è costituita al suo stato più grezzo dalla fibra tessile in forma di fiocchi o di tops. Questo vale ad esempio per fibre naturali quali lana e cotone, mentre le principali eccezioni sono la seta e le fibre sintetiche, che per diverse ragioni nascono già in forma di filo e quindi partecipano solo ad una parte del ciclo produttivo.

Il primo passo del processo di filatura è costituito dalla pulizia delle fibre e, se necessario, dalla loro miscelazione per uniformare i materiali di diversa provenienza o, al contrario, per creare un filato con la composizione desiderata. Si passa quindi a cardatura e pettinatura, operazioni che conferiscono lo stesso orientamento a tutte le fibre ed al contempo scartano quelle troppo corte e la sporcizia. Queste operazioni portano alla produzione di uno stoppino, uniforme ma poco resistente e ancora dal titolo troppo elevato (il titolo indica la finezza di un filato ed è in genere espresso in metri di lunghezza del filato per kg di peso). Il processo successivo, ovvero la filatura vera e propria effettuata su appositi fusi, mira invece a torcere ed assottigliare lo stoppino, portandolo ai valori di titolo e resistenza desiderati.

Il filato così prodotto è disposto su rocche, matasse o gomitoli ed eventualmente sottoposto a trattamenti di rifinitura quali la ritorcitura, la binatura, la gasatura, la tintura, tutti mirati a conferire le caratteristiche desiderate di resistenza meccanica e aspetto tattile e visivo.

La fase successiva è rappresentata dalla produzione del tessuto dal filato: questo avviene principalmente nei processi di orditura e tessitura, laddove l'intreccio del tessuto è ortogonale, o di smacchinatura, laddove la lavorazione è a maglia e l'intreccio è curvilineo.

L'orditura ha lo scopo di preparare le catene d'ordito da montare successivamente sui telai per la produzione del tessuto. Una catena d'ordito è costituita da una serie di fili arrotolati in maniera ordinata e parallela su un supporto metallico detto subbio. I subbi prodotti dal reparto orditura sono stoccati in un magazzino e montati quando necessario sul telaio per la fase di tessitura.

Per la maglieria si utilizzano macchine diverse, ossia i telai circolari o rettilinei.

Il tessuto in uscita dai telai rappresenta un semilavorato pronto per la successiva lavorazione in stabilimenti o reparti dello stabilimento specializzati nei processi di tintoria, stampa, finissaggio, descritti nei paragrafi seguenti.

Questi impianti lavorano normalmente su tre turni.

4.1.2 Problemi Tipici e Margini di Miglioramento

Un'azione trasversale che è stata proposta a tutte le aziende sottoposte ad audit nell'ambito di Clean by Design è stata, come già visto, l'**installazione di un sistema centralizzato di monitoraggio dei consumi di energia**. Quest'azione si applica bene anche ad impianti che realizzano tessitura e filatura: infatti, dato che il vettore energetico da monitorare è essenzialmente l'energia elettrica, il sistema da installare è semplice e di costo limitato. Tuttavia, è opportuno specificare che se la compressione dell'aria ha un peso rilevante sul bilancio energetico aziendale, ad esempio in presenza di telai ad aria, anche questo vettore va sottoposto a monitoraggio. Al momento sono già due le aziende di questo gruppo che hanno già installato un sistema di monitoraggio dei consumi di energia elettrica, e altre cinque quelle che stanno valutando o programmando la sua realizzazione.

I consumi energetici dei processi di filatura, orditura e tessitura sono **prevaletemente elettrici**. Infatti, escluse alcune particolari lavorazioni quali la gasatura del filato, in cui il filato viene carbonizzato in superficie per renderlo meno "peloso", e la tintura di cui si parlerà nella sezione successiva, le operazioni svolte sono di tipo meccanico e sono realizzate a freddo.

Se da un lato le attività produttive non richiedono energia termica, per garantire la qualità del filato e del tessuto ed il regolare funzionamento delle macchine i processi devono essere realizzati in un ambiente con condizioni di temperatura ed umidità ben definite e controllate.

Le problematiche tipiche, dal punto di vista dell'uso efficiente delle risorse negli stabilimenti che realizzano filatura, orditura e tessitura sono dunque legate all'ottimizzazione delle macchine produttive e dei servizi ausiliari che fanno uso di energia elettrica. In particolare, le azioni migliorative identificate negli audit Clean by Design e più ricorrenti nelle aziende di questo comparto sono le seguenti:

1. riduzione delle perdite della rete aria compressa e, dove possibile, della pressione di esercizio;

2. installazione di inverter sul compressore o la sua sostituzione se particolarmente datato;
3. efficientamento degli impianti di ventilazione e raffrescamento, col miglioramento dei sistemi di controllo e l'installazione di inverter sui ventilatori per modulare la portata in funzione del fabbisogno;
4. conversione dell'illuminazione a LED e, ove possibile e conveniente, installazione di sensori per il controllo dell'accensione in base alla presenza di personale ed alla disponibilità di luce naturale;
5. sostituzione dei motori elettrici di efficienza ridotta ed installazione di inverter sul macchinario di processo ove opportuno;
6. installazione di impianti solari fotovoltaici, con l'obiettivo di coprire una parte dei consumi elettrici con autoproduzione da fonti rinnovabili.

Tra queste opportunità, nell'ambito di Clean by Design, quella che ha riscosso maggior successo è stata l'installazione dell'illuminazione a LED; anche la miglior manutenzione della rete aria compressa è stata implementata dalla generalità delle aziende, che in alcuni casi hanno provveduto anche a sostituire il compressore con un nuovo modello dotato di inverter. L'ottimizzazione dei sistemi di ventilazione è stata realizzata da un paio di aziende, in aggiunta ad altre che la stanno valutando, mentre in nessuno stabilimento è stato al momento installato un nuovo impianto fotovoltaico.

In aggiunta alle tipiche opportunità di risparmio energetico presentate sopra, gli impianti di questo gruppo sono caratterizzati anche da ampie potenzialità di risparmio di combustibili. Questo tipo di consumi è legato al riscaldamento degli ambienti, particolarmente importante soprattutto nella lavorazione della seta; in questa ottica gli interventi tipici sono:

7. la sostituzione della caldaia esistente, se vecchia e poco efficiente, con un nuovo modello a condensazione o un sistema più efficiente per la produzione di acqua calda quale la pompa di calore a gas;
8. la sostituzione degli impianti a gasolio e olio combustibile con gas naturale o con cippato di legno.

Gli interventi proposti in tema di riscaldamento dei reparti produttivi hanno riscosso particolare successo tra le aziende partecipanti a Clean by Design: sono ben sette le aziende, quasi tutte tessiture, che hanno sostituito la vecchia caldaia con una a condensazione, mentre tutte quelle che utilizzavano combustibili liquidi se ne sono liberati, passando al gas naturale in due casi ed alla biomassa legnosa in uno.

4.1.3 L'Impianto Ottimizzato

Questo paragrafo è dedicato alla descrizione dell'impianto sostenibile, che può essere tale perché realizzato ex novo secondo le migliori tecnologie disponibili oppure diventarlo in seguito ad una graduale conversione.

Le caratteristiche fondamentali di un impianto di filatura e tessitura sostenibile sono:

- un sistema di monitoraggio e gestione dei consumi integrato con tutti i macchinari di processo ed i sistemi ausiliari nonché con il sistema gestionale della produzione;

- un involucro che garantisca un elevato livello di isolamento termico per trasmissione ed uno sfruttamento ottimale della luce diffusa dall'esterno, evitando la luce diretta soprattutto nei mesi estivi;
- l'uso di porte, portali ed ingressi a chiusura ermetica, con apertura e chiusura a sensore;
- un sistema intelligente di climatizzazione, ventilazione e filtraggio dell'aria, in grado di sfruttare al massimo gli apporti energetici gratuiti e di regolare la ventilazione mediante inverter in funzione della reale necessità di ricambio dell'aria;
- sistemi ausiliari di riscaldamento a biomassa o pompa di calore possibilmente geotermica, idrotermica o a gas;
- illuminazione LED con sensoristica di accensione e regolazione adeguata;
- compressori ad inverter e rete aria compressa parzializzabile a livello di reparti e di utenze principali;
- routine di pulizia e manutenzione preventiva delle reti – in particolare dell'aria compressa – volte a minimizzare le perdite e controllare in modo proattivo l'usura dei macchinari;
- autoproduzione di energia elettrica mediante impianti fotovoltaici o altri sistemi a rinnovabili.

Questi miglioramenti possono essere realizzati anche in maniera graduale, e in tal caso è preferibile iniziare dalle pratiche manutentive quali la riparazione delle perdite nella rete aria compressa e la regolazione dei sistemi di climatizzazione e ventilazione. Una volta ottimizzate le manutenzioni, si può pensare agli investimenti, partendo dalla conversione a LED dell'illuminazione, dagli interventi sui motori elettrici come installazione di inverter e sostituzione dei motori più vecchi e dalla sostituzione di vecchie caldaie e gruppi frigo con nuovi sistemi più efficienti. Infine, è molto importante procedere anche con investimenti di sostituzione di macchine di processo, ma questi si giustificano prevalentemente con ragioni produttive e non solo energetiche.

4.2 TINTORIA E FINISSAGGIO

La tintoria ed il finissaggio sono i cosiddetti processi ad umido poiché sono i principali responsabili degli usi di acqua ed energia termica. Questi processi partono dal semilavorato prodotto in tessitura e conferiscono al tessuto le caratteristiche meccaniche ed estetiche desiderate.

Tra le aziende partecipanti a Clean by Design, il finissaggio è il secondo processo più ricorrente dopo la tessitura: sono 14 gli impianti su 25 che lo realizzano, sempre nell'ambito di un ciclo produttivo più articolato (in 6 casi in un impianto integrato, in 3 casi abbinato a tintorie, in 3 casi a stamperie e in 2 a tessiture). Anche il processo di tintoria è frequente: sono 10 le aziende che lo realizzano, di cui 6 nell'ambito di un impianto verticalmente integrato e 3 insieme ad attività di finissaggio, oltre ad uno stabilimento specializzato nella filatura e tintura di filati.

4.2.1 Descrizione del Processo

La tintura è il processo che cambia il colore di un prodotto, di una materia prima o di un semilavorato tessile (fiocco di fibra, filato, tessuto, ecc.) tramite l'immersione in un bagno di tintura, costituito da acqua con disciolti coloranti naturali o artificiali e che segue un programma termico ben definito.

La tintura può avvenire sui filati, disposti in matasse o rocche, oppure direttamente sui tessuti, in corda o in largo. Tipiche macchine di tintura in corda sono "barche" e "foulard", mentre la tintura in largo si realizza generalmente nei "jigger" e nei "siluri". Tutte le macchine elencate sono discontinue, ma esistono anche rari casi di macchine di tintura in continuo.

Le temperature tipiche dei bagni di tintura variano tra i 40-50°C di cotone e viscosa agli 80-85°C delle principali fibre sintetiche, fino ai 98°C di lana e seta e alle temperature superiori ai 100-120°C che si possono raggiungere per particolari fibre in macchine pressurizzate.

Analogamente alle macchine di tintura, anche quelle di lavaggio possono essere continue o discontinue, in corda e in largo. Le macchine più utilizzate sono i lavaggi in continuo, dotati di un numero variabile di vasche ognuna delle quali ha una funzione specifica tra cui ammollo, prelavaggio, lavaggio, risciacquo, ecc.

A valle del lavaggio viene effettuata un'asciugatura, meccanica (tramite spremitura) o termica (con aria riscaldata a vapore, olio diatermico o bruciatori a gas). A scopo asciugatura viene spesso utilizzata anche una delle più comuni macchine di finissaggio, la rameuse, che si presta a numerose lavorazioni descritte nel seguito.

Per quanto riguarda invece il finissaggio, esso comprende una serie di lavorazioni quali:

- il trattamento in rameuse, che può rappresentare una semplice asciugatura oppure un trattamento preliminare alla stampa, o un termofissaggio dei colori, ecc.;
- il vaporizzo e il decatizzo (quest'ultimo, continuo o discontinuo in autoclave), in cui il tessuto è fatto attraversare da un flusso di vapore con l'obiettivo di stabilizzarne le dimensioni e conferire la mano desiderata;
- la garzatura, la pettinatura, la cimatura in cui il pelo del tessuto viene estratto, direzionato e tagliato ad un'altezza uniforme;
- la follatura che fa infeltrire la lana per rendere il tessuto più compatto;
- la calandratura, in cui il tessuto viene reso più stirato e lucido tramite il passaggio tra un cilindro ed un supporto riscaldati;
- il tumbling, in cui il tessuto è trasportato da flussi d'aria e ripetutamente sbattuto contro griglie metalliche con l'obiettivo di aumentarne la morbidezza.

Oltre a quelli citati, i processi di finissaggio sono molto variegati e dipendono dalla tipologia di fibra trattata, di lavorazioni eseguite a monte, di effetto desiderato, ecc. e dunque una descrizione più dettagliata di quella fornita va oltre lo scopo di questo documento.

4.2.2 Problemi Tipici e Margini di Miglioramento

La principale fonte d'inefficienza degli impianti tessili ad umido è l'utilizzo di vettori termici ad alta temperatura per soddisfare fabbisogni a bassa temperatura. Questa problematica è difficile da superare ma può essere affrontata in maniera graduale, convertendo progressivamente le macchine ad acqua calda ed adottando sistemi di recupero termico che permettano di coprire il fabbisogno dei processi quanto più possibile con calore di scarto.

Un altro deficit importante è costituito dall'assenza di schemi ed informazioni dettagliate sulle reti dello stabilimento: in genere esistono gli schemi originali, ma le modifiche occorse nel corso degli anni non vi sono state riportate. Dunque**, il primo passo è realizzare una versione elettronica di piante e layout aggiornato di piante e reti**, per poterla aggiornare facilmente ogni volta che venga attuata una modifica rilevante.

Il secondo passo (o il primo, laddove la documentazione viene mantenuta sistematicamente aggiornata) è installare un sistema di monitoraggio dei consumi di elettricità, calore ed acqua.

In aggiunta rispetto alle problematiche descritte sopra, gli impianti di tintoria e finissaggio mostrano notevoli opportunità di miglioramento degli impianti termici, quali:

1. l'installazione di un economizzatore sulla caldaia;
2. la sostituzione dei vecchi bruciatori con nuovi modelli rigenerativi;
3. l'ottimizzazione dei cicli di spurgo della caldaia e il miglioramento del pretrattamento dell'acqua di alimento;
4. il miglioramento dell'isolamento termico della rete vapore (o olio diatermico, o acqua surriscaldata);
5. l'incremento del recupero di condense;
6. una miglior manutenzione degli scaricatori di condensa.

Inoltre, gli impianti tessili che realizzano processi ad umido sono un sito ideale per installare sistemi cogenerativi poiché hanno elevato carico elettrico e termico.

Oltre a questi margini di miglioramento dei sistemi ausiliari, esistono alcune buone pratiche "di processo" per gli impianti di tintoria e finissaggio, tra cui:

7. la sostituzione dei vecchi vaporizzi aperti, a tappeto libero, con nuovi modelli chiusi che consentono di ridurre notevolmente (fino al 70%) il fabbisogno di vapore; questa soluzione è stata già messa in pratica con ottimi risultati da un'azienda tra quelle aderenti a Clean by Design e un'altra la realizzerà nei prossimi mesi;
8. la conversione a gas naturale di rameuse a vapore o olio diatermico; questo intervento può essere realizzato o sostituendo la macchina (soluzione adottata da due aziende tra quelle sottoposte ad audit) o convertendole sostituendo le batterie di scambio termico vapore/aria o olio/aria con bruciatori a gas (opzione scelta, invece, da una delle aziende);
9. la modernizzazione delle macchine di tintura, con la sostituzione delle più vecchie con nuovi modelli dal minore rapporto di bagno, in genere di almeno il 30%, con conseguenti riduzioni dei consumi di acqua, gas naturale per il suo riscaldamento e sostanze coloranti; questo intervento è messo in pratica in un buon numero di aziende con un numero di macchine variabile a seconda della taglia dello stabilimento;
10. l'introduzione di un sistema di pretrattamento (addolcimento, osmosi inversa) delle acque di lavaggio e tintura, col vantaggio di ridurre l'uso di detergenti e coloranti e quindi la quantità di acqua necessaria e quella di gas naturale utilizzato per il riscaldamento; questa opzione è stata adottata da una delle aziende aderenti a Clean by Design che ne ha apprezzato i benefici produttivi oltre che energetici.

Infine, anche in tintoria e finissaggio vale la pena di convertire l'illuminazione all'uso di LED, di ridurre le perdite di aria compressa, di efficientare i motori elettrici e di installare sistemi di monitoraggio dei consumi. A questo proposito, è particolarmente interessante monitorare non solo i vettori primari (energia elettrica e gas) ma anche quelli secondari quali il vapore o l'acqua calda.

4.2.3 L'Impianto Ottimizzato

Lo stabilimento di tintoria e finissaggio ideale adotta tutte le pratiche descritte sopra, o dal momento della sua realizzazione ex novo, o tramite una graduale conversione.

Dal punto di vista di impianti e reti, l'impianto sostenibile è dotato di un sistema integrato di monitoraggio dei consumi, sia elettrici sia, soprattutto, termici (vapore, acqua calda); utilizza sistemi efficienti di illuminazione (LED) dotati di controllo intelligente (sensori di luce naturale e/o presenza), ventilazione e climatizzazione (particolarmente interessanti in questi impianti sono i raffrescatori evaporativi) ed ha reti di distribuzione del calore efficienti (layout ottimizzato minimizzando la lunghezza delle tubazioni, elevato isolamento termico, scaricatori di condensa dotati di vaposcopi, controllati e manutenuti regolarmente).

Per quanto riguarda invece la gestione dei vettori termici, l'impianto di tintoria e finissaggio sostenibile utilizza quanto più possibile acqua calda invece che vapore o olio diatermico nei processi produttivi. Quest'obiettivo è ottenuto tramite le seguenti soluzioni, presentate nell'ordine logico suggerito per uno stabilimento esistente:

- l'installazione di sistemi per il recupero termico che permettano il riutilizzo diretto del calore nella macchina stessa (es.: recuperatori di calore dallo scarico dei lavaggi);
- la conversione delle macchine da riscaldamento a vapore diretto ad indiretto, con conseguente aumento del recupero di condensa;
- l'installazione di scambiatori per il recupero di calore da gas caldi (rameuse, vaporizzi, altri finissaggi, ecc.) per produrre acqua calda da usare in altre macchine o reparti;
- l'installazione di un serbatoio di accumulo dell'acqua calda recuperata e la realizzazione di una rete di distribuzione dell'acqua calda;
- la revisione delle procedure attuate nei processi di tintoria e lavaggio (ad esempio dei programmi termici applicati ai bagni di tintura) per favorire l'utilizzo di acqua calda riducendo al minimo il fabbisogno di vapore delle macchine;
- l'utilizzo di macchine di moderna concezione, caratterizzate ad esempio da un ridotto rapporto di bagno (in tintoria e lavaggio) o da consumi minimi di vapore (in finissaggio) con conseguenti risparmi energetici ed idrici.

Una volta attuate le misure sopra descritte, o in sede di progettazione dell'impianto o di un suo successivo adattamento, si passerà a rendere efficienti i sistemi di produzione dell'energia termica, ad esempio tramite l'installazione di caldaie vapore o acqua calda ad alta efficienza e di potenzialità adeguata a soddisfare i fabbisogni dello stabilimento e/o l'adozione di sistemi cogenerativi che permettono di autoprodurre anche una parte del fabbisogno di energia elettrica.

4.3 STAMPERIA

La stampa tessile è costituita dall'insieme di attività che decorano un tessuto con un disegno definito tramite l'applicazione di coloranti.

Le attività di stampa tessile richiedono sempre (a monte) una preparazione preliminare del tessuto e (a valle) il finissaggio del tessuto stampato, con l'obiettivo generale di ottenere un legame duraturo dei coloranti con le fibre tessili ed una sufficiente resistenza ("solidità") al lavaggio, all'attrito, ecc.

Le stamperie sottoposte ad audit nell'ambito di Clean by Design sono state 5 su un totale di 25 aziende. Questi stabilimenti effettuano sempre al proprio interno anche le operazioni di preparazione e finissaggio, e inoltre, in un paio di casi, si occupano anche della produzione del semilavorato di partenza, coprendo dunque anche il processo di tessitura.

4.3.1 Descrizione del Processo

La stampa del tessuto può essere realizzata principalmente con tre tecniche diverse: la stampa rotativa e quella serigrafica costituiscono le tecniche tradizionali, mentre quella più recente è la stampa digitale o a getto d'inchiostro (ink-jet).

Qualunque sia la tecnica di stampa, il tessuto richiede un pretrattamento ed un finissaggio (essenzialmente realizzati in rameuse e vaporizzi): queste fasi non saranno analizzate in questa sezione in quanto già trattate nel paragrafo dedicato al finissaggio dei tessuti.

La tecnica di stampa più diffusa tra le aziende aderenti a Clean by Design è quella ink-jet, realizzata in plotter di grandi dimensioni in cui apposite testine depositano il colore sul tessuto grezzo secondo l'input ricevuto da un computer. In genere all'uscita delle stampanti digitali si trova una mansarda in cui il tessuto alimentato in continuo viene asciugato grazie a riscaldatori elettrici, a gas o a vapore.

La stampa tradizionale è invece realizzata utilizzando rulli o quadri e ripetendo l'operazione per ciascun colore da applicare: nel primo caso, la decorazione è impressa tramite l'applicazione di un cilindro metallico su cui il motivo è riportato in negativo, mentre nel secondo tramite l'applicazione del colorante su quadri in metallo forato. La necessità di rimuovere i residui di paste coloranti dai supporti utilizzati fa sì che il processo di stampa tradizionale sia caratterizzato da elevati consumi di acqua.

4.3.2 Problemi Tipici e Margini di Miglioramento

Il processo realizzato nelle stamperie coincide per buona parte, ovvero per la preparazione e la rifinitura del tessuto, con quello realizzato negli stabilimenti di finissaggio: valgono dunque osservazioni e suggerimenti forniti nel paragrafo dedicato ai processi ad umido.

Per quanto riguarda invece i veri e propri processi di stampa del tessuto, le opportunità di miglioramento sono legate essenzialmente alla riduzione dei consumi idrici per il lavaggio dei quadri di stampa dai residui di paste coloranti nel caso della stampa tradizionale e dall'efficientamento dei sistemi di asciugatura del tessuto e di climatizzazione dei locali nella stampa digitale.

In particolare, per la climatizzazione esistono molte soluzioni efficienti, presentate nei capitoli precedenti, mentre per l'asciugatura l'opportunità principale è costituita dalla sostituzione di mansarde elettriche con modelli in cui il riscaldamento dell'aria sia effettuato tramite scambio termico con acqua calda o fumi da combustione di gas naturale in appositi bruciatori. Questo

intervento è già stato completato da due stamperie partecipanti a Clean by Design, ed ha permesso loro di ridurre del 50% del fabbisogno di energia primaria per l'asciugatura del tessuto a valle della stampa.

Per la riduzione dei consumi idrici negli impianti di stampa tradizionale, il suggerimento è quello di accumulare e utilizzare le acque meteoriche (ad eccezione di quelle di prima pioggia) e l'eventuale acqua calda recuperata in eccesso rispetto ai fabbisogni per il lavaggio dei quadri di stampa.

In parallelo rispetto alle opportunità di miglioramento specifiche per le stamperie, valgono le misure di efficientamento già proposte per la riduzione dei consumi in altre aziende, ovvero:

1. **installazione di un sistema di monitoraggio dei consumi elettrici e termici**;
2. potenziamento della manutenzione della rete aria compressa ed efficientamento del compressore con l'installazione di inverter o la sua sostituzione;
3. sostituzione delle lampade fluorescenti con LED, possibilmente controllati da sensori di movimento e illuminazione naturale;
4. sostituzione dei motori elettrici ed installazione di inverter ove opportuno;
5. autoproduzione di energia elettrica con impianti fotovoltaici o produzione combinata di energia elettrica e termica con sistemi cogenerativi;
6. efficientamento delle caldaie con installazione di un economizzatore, eventuale sostituzione dei bruciatori e ottimizzazione dei cicli di spurgo della caldaia e del pretrattamento dell'acqua di alimento;
7. migliorie alle reti di distribuzione dei vettori termici quali l'isolamento termico delle parti di rete non isolate, l'aumento del recupero di condense e la corretta manutenzione degli scaricatori di condensa;
8. interventi sulle macchine produttive quali la sostituzione dei vecchi vaporizzi aperti, a tappeto libero, con nuovi modelli chiusi, il passaggio da rameuse a vapore o olio diatermico a macchine a gas naturale, l'utilizzo di acqua demineralizzata per il lavaggio.

4.3.3 L'Impianto Ottimizzato

L'applicazione delle buone pratiche descritte al punto precedente permette di ottenere una stamperia sostenibile. In particolare, i vantaggi principali in termini di riduzione dei consumi e dell'impatto ambientale associato derivano dall'ottimizzazione dei vettori termici utilizzati nelle fasi di preparazione e finissaggio del tessuto, per i cui interventi valgono i suggerimenti e l'ordine logico indicati nel caso degli impianti che realizzano processi ad umido:

- recupero termico "interno" alla macchina (es.: recuperatori allo scarico dei lavaggi per preriscaldo dell'acqua di lavaggio stessa);
- conversione di macchine che usano vapore diretto (a gorgogliamento) all'uso di vapore indiretto (tramite scambiatori di calore dedicati);
- recupero termico da macchine con emissioni gassose per produrre acqua calda da accumulare e utilizzare altrove (soluzione che prevede l'installazione di un accumulo termico e la realizzazione di una rete di distribuzione acqua calda nell'impianto);

- installazione di caldaie ad acqua calda per l'alimentazione delle macchine di processo ad integrazione dei recuperi termici effettuati, e conseguente spegnimento o dismissione di caldaie vapore non più necessarie.

È chiaro che la realizzazione delle azioni sopra elencate è più semplice se uno stabilimento di stamperia è realizzato da zero, ma risulta fattibile anche procedendo gradualmente. In quest'ultimo caso, il modo più efficiente per intervenire è partire dall'analisi dello stato attuale dello stabilimento in termini di layout di macchine, impianti e reti e di consumi energetici; il primo suggerimento è dunque, come in altre tipologie di aziende, quello di installare un sistema di monitoraggio dei consumi energetici (elettrici e termici) ed idrici.

In ogni caso, nella scelta (nuova installazione o sostituzione) delle macchine di processo si privilegeranno i fornitori ed i modelli che garantiscono un uso più efficiente delle risorse, quali ad esempio rameuse e vaporizzi dotati di sistemi di recupero termico, lavaggi in continuo operanti in controcorrente, stampanti ink-jet con mansarde ad acqua calda o, in subordine, a gas naturale invece di quelle tradizionali elettriche.

Nei reparti di stampa ink-jet, che vengono sempre mantenuti in condizioni di temperatura ed umidità relativa controllate (rispettivamente attorno a 24°C e 50%), la climatizzazione sarà realizzata con sistemi efficienti, ovviamente dopo aver minimizzato il carico da asportare facendo il massimo uso di free cooling nel periodo invernale ed adottando macchine di asciugatura ben chiuse per ridurre la potenza termica dispersa nel locale.

In parallelo a questi interventi di efficientamento specifici per le stamperie, valgono quelli più comuni per la riduzione dei consumi di energia elettrica, combustibile ed acqua, quali l'utilizzo di lampade LED con sensori di movimento e luminosità naturale ove opportuno, l'utilizzo di caldaie efficienti con economizzatori e bruciatori rigenerativi per la produzione di calore di processo, l'adozione di compressori d'aria moderni ed efficienti, l'autoproduzione di energia in forma elettrica con impianti fotovoltaici o combinata elettrica-termica con sistemi cogenerativi.

Inoltre, alla realizzazione di uno stabilimento intrinsecamente efficiente nell'utilizzo di energia e risorse è necessario abbinare l'adozione da parte dell'azienda e del suo personale di buone pratiche manutentive e gestionali, mirate al mantenimento dell'efficienza delle macchine di processo e dei sistemi ausiliari.

4.4 IMPIANTI A CICLO INTEGRATO

Gli impianti a ciclo integrato sono quelli che realizzano l'intero ciclo produttivo del tessuto, partendo da filati come materia prima (o, in alcuni casi, realizzando in proprio anche la filatura) ed effettuando tessitura, stampa o tintura del tessuto ed infine il suo finissaggio.

Tra le aziende partecipanti a Clean by Design, sono 8 su 25 quelle che gestiscono un ciclo produttivo integrato: nella maggior parte (5 aziende) si tratta di un lanificio in cui viene realizzato l'intero ciclo produttivo del tessuto in lana, da orditura-tessitura a tintoria-finissaggio; i restanti tre casi sono differenti tra loro in quanto riguardano un impianto integrato che effettua gli stessi processi del lanificio ma su altri tipi di fibra (cotone-sintetico), uno stabilimento specializzato nella produzione di finta pelle ed una stamperia che realizza l'intero ciclo produttivo in azienda, dalla tessitura a stampa e relativo finissaggio.

Per questa categoria di impianti valgono le buone pratiche descritte nei paragrafi dedicati alle aziende che realizzano i singoli processi; tuttavia, la compresenza nella stessa azienda di

attività così variegate causa da un lato un numero maggiore di problematiche, ma dall'altro crea maggiori opportunità per l'ottimizzazione dei flussi energetici.

4.4.1 Descrizione del Processo

Il processo produttivo realizzato da un impianto tessile verticalmente integrato è formato dall'insieme delle attività descritte nei paragrafi precedenti ed in particolare dai processi descritti nelle sezioni "filatura, orditura e tessitura" e "tintoria e finissaggio".

L'input dello stabilimento è costituito dalle fibre tessili o direttamente dai filati (a seconda che lo stabilimento realizzi all'interno la filatura o meno), mentre il prodotto finale è rappresentato dai rotoli di pezza rifinita; le categorie di processi realizzati sono dunque:

- l'orditura, in cui una serie di fili vengono disposti su supporti metallici in maniera parallela e ordinata per il successivo montaggio sui telai;
- la tessitura, che realizza la produzione del tessuto vera e propria tramite l'intreccio dell'ordito con la trama, effettuato in telai a pinza o ad aria, o in macchine jacquard;
- la tintura (eventuale) in cui si cambia il colore del tessuto immergendolo in un bagno di acqua e coloranti ad adeguata temperatura all'interno di varie tipologie di macchine, discontinue (barche, foulard, jigger, siluri) o continue;
- il finissaggio, con lavorazioni meccaniche e termiche (tra cui ad esempio il trattamento in rameuse, il vaporizzo, ecc.) che conferiscono al tessuto le caratteristiche desiderate;
- il lavaggio e la successiva asciugatura;
- il controllo qualità, effettuato visivamente su postazioni di lavoro dette specole.

4.4.2 Problemi Tipici e Margini di Miglioramento

Poiché gli impianti tessili integrati realizzano processi già analizzati singolarmente in altre sezioni del documento, questo paragrafo non aggiunge molto alle informazioni già fornite.

Il principale margine di miglioramento deriva da una condizione particolarmente favorevole, ovvero gli elevati consumi sia elettrici che termici: questo rende gli impianti tessili integrati un'utenza ideale per la cogenerazione e per l'utilizzo del calore recuperato anche in aree dell'impianto diverse rispetto a quelle in cui avviene il recupero.

Inoltre la complicazione introdotta nello stabilimento dalla compresenza di svariati processi e macchinari rende particolarmente utile l'installazione di un sistema di monitoraggio dei consumi, strutturato in modo da coprire tutti i vettori in ingresso (energia elettrica, gas naturale e acqua) e anche quelli autoprodotti quali vapore, olio diatermico, aria compressa.

Oltre a queste opportunità, restano sono valide tutte le possibili azioni migliorative proposte nelle aziende che realizzano solo alcuni dei processi, ed in particolare:

- sostituzione dei sistemi di illuminazione con l'introduzione di lampade LED e, ove conveniente, di sensori di movimento e luce naturale per il loro controllo;
- efficientamento del sistema aria compressa con installazione di inverter sul compressore e maggiori controlli periodici sulla rete di distribuzione, mirati a ridurre le perdite;
- sostituzione dei motori elettrici poco efficienti ed installazione di inverter ove opportuno;

- installazione di impianti a fonti rinnovabili per l'autoproduzione di energia elettrica;
- efficientamento del sistema di produzione del vapore con caldaie con economizzatori, bruciatori efficienti, spurgo automatico e ridotto grazie alla demineralizzazione spinta dell'acqua di alimento;
- ottimizzazione della rete vapore con un miglior isolamento termico, un incremento del recupero di condense ed un miglior controllo/manutenzione degli scaricatori di condensa;
- sostituzione delle macchine produttive più vecchie con nuove apparecchiature più efficienti, tra cui lavaggi in controcorrente alimentati con acqua demineralizzata, vaporizzi chiusi a basso consumo di vapore, macchine di tintura a basso rapporto di bagno, rameuse e asciugatoi a gas naturale invece che a vapore/olio diatermico.

4.4.3 L'Impianto Ottimizzato

Un impianto tessile integrato che risulti sostenibile si può ottenere o per realizzazione ex novo o tramite ammodernamento di uno stabilimento esistente. In entrambi i casi, le macro-fasi di intervento che si suggerisce di coprire sono le seguenti:

- progettazione ex novo secondo criteri di efficienza energetica o, in caso di adattamento di impianto esistente, analisi approfondita dello stato attuale, recupero di informazioni e documentazione su macchine e dispositivi installati e tracciamento di layout e piante dello stabilimento;
- implementazione di un sistema di monitoraggio dei consumi e analisi dei dati misurati;
- adozione di sistemi di illuminazione, ventilazione, climatizzazione efficienti, nonché di motori elettrici ad alta efficienza, ove conveniente dotati di inverter;
- utilizzo dei modelli più recenti di apparecchiature di processo, caratterizzati da consumi minimi di energia elettrica, calore e acqua;
- applicazione di sistemi di recupero termico da acque di scarico e gas caldi in uscita da macchine di processo, con installazione di uno o più serbatoi di accumulo dell'acqua calda recuperata e di una rete di distribuzione interna allo stabilimento;
- installazione di un impianto di cogenerazione di caratteristiche adeguate dimensionato sulla base del carico elettrico ed in modo da massimizzare il recupero energetico;
- progettazione o revisione della centrale termica con mantenimento delle caldaie sufficienti a soddisfare il fabbisogno termico residuo.

4.5 UFFICI E MAGAZZINI

L'ultimo paragrafo è dedicato a due aree che si trovano in tutte le aziende del settore tessile, non sono direttamente collegate all'attività produttiva ma presentano comunque consumi non trascurabili ed un certo potenziale di miglioramento dell'efficienza energetica: gli uffici ed i magazzini. Queste aree sono presenti in tutte le aziende sottoposte ad audit nell'ambito di Clean by Design ed in particolare una di esse è un converter e dunque la sede presa in esame è costituita esclusivamente da uffici e magazzini.

Sia negli uffici, sia nei magazzini, la quota prevalente dei consumi energetici è imputabile a servizi generali quali la climatizzazione (unica responsabile dei consumi di gas naturale, ove presenti) e l'illuminazione. Utilizzatori di energia più specifici sono invece negli uffici i centri elaborazione dati e i dispositivi elettronici (computer, monitor, stampanti, fotocopiatrici, ecc.) e nei magazzini le postazioni di controllo qualità/confezionamento ed i caricabatterie dei mezzi di movimentazione merci.

Per quanto riguarda climatizzazione ed illuminazione, le azioni migliorative maggiormente applicabili sono le seguenti:

- utilizzo di sistemi efficienti per la produzione di acqua calda e/o refrigerata (recuperi termici dallo stabilimento produttivo – ove possibile – per uso diretto o in frigoriferi ad assorbimento, o in alternativa caldaie a condensazione o pompe di calore reversibili a gas o idro/geotermiche);
- adozione di sistemi efficaci per la cronotermoregolazione dei sistemi di climatizzazione, per evitare che restino attivi quando l'area non è utilizzata;
- sostituzione delle lampade fluorescenti con LED, controllati ove possibile da sensori di movimento (magazzini, archivi, corridoi, bagni) e illuminazione naturale (stanze dotate di grandi superfici finestrate);
- miglior gestione degli impianti di climatizzazione dei locali server, che generalmente sono caratterizzati da un consumo di gran lunga superiore a quello dei server stessi.

Negli uffici, un elemento fondamentale è la **sensibilizzazione del personale** verso un corretto uso dell'energia: tra le linee guida tipicamente applicabili si trova il suggerimento di impostare nei termostati locali un valore di temperatura che non sia troppo basso in estate e troppo alto in inverno, ma di scegliere quello minimo che garantisca il comfort interno; quello di fare un uso razionale dell'illuminazione, spegnendola quando non necessario, e dei dispositivi installati negli uffici, evitando ad esempio di stampare e fotocopiare quando non necessario e spegnendo i computer invece di lasciarli in stand-by.

Risulta inoltre di interesse un **miglioramento della gestione dei veicoli aziendali**, ove presenti, tramite l'adozione di buone pratiche gestionali (monitoraggio dei consumi di carburante e delle percorrenze, dotazione di navigatori satellitari per ridurre i percorsi, ricambio frequente del parco mezzi tramite contratti di noleggio di durata adeguata), manutentive (controlli periodici del motore, utilizzo pneumatici ad alta efficienza, monitoraggio della loro pressione), formative (corsi di guida ecologica-sicura per il personale, incentivi per gli utilizzatori di veicoli aziendali che risparmiano carburante), tecnologici (scelta di veicoli elettrici, ibridi o dotati di tecnologia start-stop).

Nei magazzini, un'opportunità vantaggiosa è costituita dalla **limitazione delle dispersioni termiche** dalle aree adiacenti: oltre alla buona pratica di migliorare l'isolamento termico delle pareti confinanti con l'esterno o con locali non climatizzati, è utile anche l'installazione a livello dei varchi di accesso di portelloni a chiusura rapida (che permettano l'accesso di persone o veicoli riducendo le dispersioni di aria calda) o l'adozione di lame d'aria che formino una barriera al passaggio d'aria da un ambiente riscaldato ad uno non climatizzato.

Infine, per quanto riguarda i muletti elettrici, risulta conveniente sostituire i caricabatterie di vecchia concezione con modelli più moderni ed efficienti, dotati di inverter e di sistemi automatici per il distacco dall'alimentazione elettrica quando non utilizzati o quando la batteria abbia raggiunto il 100% di carica. Queste tecnologie, oltre a portare risparmi di energia

elettrica, contribuiscono anche a mantenere l’efficienza della batteria nel tempo e dunque ad allungarne la vita utile.

5 CONCLUSIONI

Il programma **Clean by Design**, promosso in Italia dal Gruppo Kering sulla base dell'esperienza sviluppata dal National Resources Defense Council (NRDC), ha coinvolto in questa fase 24 aziende tessili tra tintorie, tessiture, stamperie, lanifici.

Queste aziende, tra il 2014 e il 2015 sono state sottoposte ad un **audit** che ha analizzato i loro processi e i loro consumi ed ha infine individuato una serie di possibili interventi per il miglioramento dell'efficienza nell'uso dell'energia e delle risorse. Gli interventi proposti sono caratterizzati in massima parte dall'avere costo limitato, tempo di ritorno breve (minore di tre anni) e nessun impatto sulla qualità della produzione.

A fine 2015 le aziende hanno elaborato un **piano d'azione** basato sui risultati dell'audit e di altri eventuali studi effettuati autonomamente e si sono impegnate alla realizzazione di una serie di interventi entro la fine del 2017.

Ad un anno dalla formalizzazione di questo impegno, ovvero a fine 2016, le 24 aziende avevano complessivamente avviato **127 azioni di efficientamento** (tra grandi interventi impiantistici e misure manutentive e organizzative). Da sole **queste azioni permettono di evitare emissioni di CO_2 in atmosfera pari ad oltre 3.700 t/anno**, ovvero il 5.7% rispetto ai valori precedenti all'audit, con una riduzione media delle emissioni per impianto pari all'11.5%. La differenza tra quest'ultimo dato e quello delle emissioni complessive indica una maggiore efficacia del programma su impianti di dimensioni minori, che da un lato presentano margini leggermente maggiori, e dall'altro hanno risposto con maggiore rapidità e determinazione agli stimoli di Kering.

La realizzazione degli interventi proseguirà nel 2017 e si prevede che alla fine del 2017 il risultato del programma sarà di 8.700 t/anno di emissioni di CO_2 evitate **attraverso più di 150 azioni, pari all'12%** del totale (**una media del 19% per impianto**). Il fatto che nel 2018 le emissioni evitate verranno più che raddoppiate a fronte di un numero limitato di nuovi interventi è dovuto a due fattori: da un lato alcune azioni già avviate non sono ancora pienamente completate, dall'altro gli interventi più importanti hanno avuto necessità di una pianificazione più lunga.

Per quanto riguarda i risultati individuali delle singole aziende, nel primo anno di messa in atto degli interventi di efficientamento 8 impianti hanno ottenuto una riduzione delle emissioni di CO_2 inferiore al 5%; 9 aziende hanno raggiunto riduzioni tra il 5 ed il 15% e 7 hanno superato il 15%, con svariati casi virtuosi in cui le emissioni evitate sono intorno al 20%, e punte del **25-26%**.

L'esecuzione degli audit ed il monitoraggio della realizzazione degli interventi delle aziende permettono di giungere ad alcune conclusioni generali sul panorama tessile italiano e sui **margini di miglioramento** più interessanti.

Le opportunità principali, dall'altissimo rapporto benefici-costi, sono quelle legate al **miglioramento di gestione e manutenzione di reti e impianti** interni allo stabilimento. Le aziende che prestano particolare attenzione a questi aspetti sono generalmente anche quelle più efficienti negli aspetti produttivi e dunque più competitive. Tra gli interventi più efficaci si trova una miglior manutenzione delle reti aria compressa e vapore, mirata alla riduzione delle perdite, ed un miglioramento di gestione e controllo dei sistemi di riscaldamento, raffrescamento e ventilazione.

Oltre a migliorare gestione, controllo e manutenzione degli impianti citati sopra, risulta importante **rendere efficienti i sistemi di produzione**: nell'ambito di Clean by Design sono molte le aziende che hanno sostituito vecchi compressori con nuovi modelli dotati di inverter, oppure cambiato o reso più efficienti le caldaie dedicate alla produzione di vapore o al riscaldamento ambienti, adottando in quest'ultimo caso caldaie a condensazione. Casi di successo sono quelli di aziende che hanno convertito i loro impianti di riscaldamento dall'uso di gasolio a quello di gas naturale (in due casi) o di biomassa (in un caso), ottenendo notevoli incrementi di efficienza, risparmi economici ed una riduzione significativa delle emissioni.

Al di là di questi casi, l'intervento che è stato maggiormente realizzato dalle aziende partecipanti a Clean by Design, e che ha quindi contribuito maggiormente ai risparmi ottenuti, è la sostituzione delle vecchie lampade fluorescenti con **lampade LED**, che permette una riduzione dei consumi elettrici di circa il 60% ed è dunque molto conveniente dal punto di vista energetico e anche economico, specialmente in stabilimenti che operano su due-tre turni. Oltre a questi vantaggi energetico-economici, motivazioni del successo dei LED risiedono anche nella facilità di realizzazione dell'intervento e nella maggiore percezione dell'intervento agli occhi dell'utenza.

Per quanto riguarda invece le opportunità di miglioramento interessanti ma al momento poco sfruttate da parte delle aziende tessili italiane, vale la pena citare l'installazione di sistemi di **monitoraggio dei consumi** di energia ed acqua e la **conversione da vapore ad acqua calda** per la fornitura di calore a svariate macchine di tintoria e lavaggio. Quest'ultima soluzione porterebbe notevoli benefici energetici, superando una fonte di inefficienza importante che è quella di soddisfare carichi termici a temperatura medio-bassa (sotto i 90°C) con un vettore termico ad alta temperatura (160-180°C o più) quale il vapore. Inoltre, aumentare l'utilizzo di acqua calda nei processi produttivi permetterebbe di sfruttare al massimo i **recuperi termici** che possono essere realizzati nelle industrie tessili e di introdurre maggiormente tecnologie efficienti di produzione di energia quali la **cogenerazione**.

Come già detto, la realizzazione degli interventi proseguirà nel corso del 2017; tra un anno sarà dunque possibile tracciare un bilancio più completo sulle opportunità di efficientamento, la loro realizzazione ed i risultati ottenuti. Quello che si può invece già dire è che il percorso verso un settore tessile più sostenibile è iniziato e che le opportunità di miglioramento per le aziende sono tante, realizzabili abbastanza semplicemente e sostenibili economicamente.

LISTA DELLE FIGURE

Figura No.		Pagina
Figura 1.1:	Andamento Emissioni CO_2 Evitate, 2015-2017	16
Figura 1.2:	Numero di Aziende per Classe di Emissioni di CO_2 Evitate	17
Figura 1.3:	Numero di Aziende per Classe di Risparmi di Energia Primaria	17
Figura 1.4:	Numero di Aziende per Classe di Risparmi d'Acqua	18
Figura 1.5:	Contributo delle Tipologie di Intervento al Totale delle Emissioni di CO_2 Evitate a Fine 2016	18
Figura 1.6:	Contributo delle Tipologie di Intervento al Totale delle Emissioni di CO_2 Evitate a Fine 2017	19
Figura 1.7:	Investimenti Effettuati entro la Fine 2017 e Risparmi Annui Conseguenti per Fasce di Tempo di Ritorno (PBT)	20
Figura 1.8:	Analisi dei Tempi di Ritorno (in anni, legenda in basso a sinistra) degli Investimenti per Categoria di Intervento – Interventi Effettuati entro la Fine del 2016	21
Figura 1.9:	Analisi dei Tempi di Ritorno (in anni, legenda in basso a sinistra) degli Investimenti per Categoria di Intervento – Interventi Attesi per la Fine del 2017	22
Figura 2.1:	Esempio di Curve di Prelievo Elettrico su Base Oraria	25
Figura 2.2:	Esempio di Sistema di Monitoraggio in un Impianto Tessile	28
Figura 2.3:	Esempio di "Carpet Plot" Prodotto da Sistema di Monitoraggio	30
Figura 3.1:	Assorbimento Elettrico di Compressori con e senza Inverter	45
Figura 3.2:	Esempio di Valvole Non Isolate sulla Rete Vapore	49
Figura 3.3:	Esempio di Corpo Caldaia Non Isolato	49
Figura 3.4:	Esempio di Valvola Ben Isolata sulla Rete Vapore	50
Figura 3.5:	Esempio di Vaposcopio su uno Scaricatore di Condensa	51
Figura 3.6:	Esempio di Serbatoio Accumulo Condense Non Isolato	52
Figura 3.7:	Schema di un Accumulo Termico Stratificato	56
Figura 3.8:	Esempio di Impianto Fotovoltaico Installato sulla Copertura	59
Figura 3.9:	Rendimento Minimo Motori Elettrici di Classi Differenti	63

LISTA DELLE TABELLE

Tabella No.		Pagina
Tabella 3.1:	Risparmi Tipici per Sostituzione Lampade Neon con LED	33
Tabella 3.2:	Confronto tra Soluzioni Efficienti per la Produzione di Calore	38
Tabella 3.3:	Riepilogo dei Principali Interventi sul Sistema Aria Compressa	42
Tabella 3.4:	Riepilogo dei Principali Interventi sul Sistema Vapore	47
Tabella 3.5:	Riepilogo dei Principali Interventi sul Sistema Olio Diatermico	54

Empowering Imagination