POLITECNICO DI TORINO



CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ENERGETICA E NUCLEARE

Standardizzazione processo di start-up in ambito di commessa industry e studio di soluzioni di efficientamento energetico degli impianti esistenti con introduzione di un trigeneratore

Relatore: Prof. Pierluigi Leone Candidato:

Correlatore: Prof. Sonja Sechi Francesco Bigozzi

Matr. 254253

Tutor aziendale: Ing. Andrea Bargellini

Ing. Claudia Carani

ANNO ACCADEMICO

2018-2019

Sommario

ABST	FRACT	6
1. I	NTRODUZIONE	6
2. F	FACILITY MANAGEMENT	8
2.1	Introduzione	8
2.2	Definizione	9
2.3	Il facilty management in Italia	11
2.4	Tecnologie del Facility management	
2.4.	5	
2.4.	2 Computer-Aided Facility Management	14
2.5	Energia e Facility management	15
3. S	STUDIO SULLA PROCEDURA DI START-UP DI UNA COMMESSA	19
3.1	Studio della norma ISO 9001 relativa alla qualità delle procedure	20
3.1.		
3.1.	2 Commenti alla norma	26
3.2	Procedura	27
3.2.		
4. A	ANALISI DATI ENERGETICI E STUDIO EFFICIENTAMENTO ENERGETICO	45
4.1	Descrizione dell'impianto e del processo	45
4.1 4.1.	·	
7.1.	1 Descrizione dei processo	43
4.2	Analisi dei fabbisogni energetici del sito	52
4.2.	1 Consumi elettrici e termici frigoriferi dell'impianto per il 2016	52
4.2.	2 Consumi elettrici dell'impianto per il 2018	61
4.3	Confronto dati	67
4.4.	1 Firma energetica	70
4.4	Riduzione consumi	72
4.4.	1 Individuazione elementi critici	72
4.4.		
4.4.	3 Scelta di una possibile strategia di efficentamento	90
5. A	ANALISI DELL'INSTALLAZIONE DI UN TRIGENERATORE NEL SITO	93
5.1	Verifica della fattibilità di un trigeneratore da 1MW	93

5.1.1		
5.1.2	Calcolo del risparmio energetico e economico	105
5.1.3	Calcolo delle emissioni di CO ₂ per il trigeneratore	
5.2	Studio di fattibilità di un trigeneratore	114
5.2.1	Dimensionamento del trigeneratore	114
5.2.2	Calcolo delle prestazioni del motore per le componenti termiche	119
5.2.3	Analisi energetica, economica e studio delle emissioni	123
5.3	lpotesi e fonti dei dati	127
	ONCLUSIONI	129
6. CC		
	NGRAZIAMENTI	132
7. RI		

Indice delle figure

Figura 1 Rappresentazione interconnessioni Facility management (3)	10
Figura 2 Flusso elaborazione del servizio tramite CAFM (9)	14
Figura 3 Raffigurazione Layer edificio con dimensione delle figure proporzionale alla durata del ciclo di v	
(4)	16
Figura 4 Ciclo Plan-Do-Check-Act, i numeri si riferiscono alle sezioni della norma (17)	
Figura 5 Mappa dell'impianto	
Figura 6 Schema impianto e flussi energetici nel sito	
Figura 7 Schema processo produzione farmaceutica (19)	
Figura 8 Fasi del processo di produzione di un vaccino (21)	
Figura 9 Consumi totale di energia elettrica e consumo per utenze elettriche non di raffreddamento nel	l
2016 e andamento media mobile a 25 e 169 dati per entrambe le serie	
Figura 10 Potenza media consumi elettrici totali	56
Figura 11 Potenza media consumi per utenze elettriche di cooling	57
Figura 12 Potenza media consumi utenze elettriche non di cooling	57
Figura 13 Curva di carico media giorni feriali per consumi utenze elettriche non di raffreddamento	59
Figura 14 Curva di carico media giorni festivi per consumi utenze elettriche non di raffreddamento	59
Figura 15 Variazione percentuale consumi tra inverno e estate per consumi utenze elettriche non di	
raffreddamento	61
Figura 16 Potenza media totale dell'energia elettrica nel 2018 e media mobile a 7 dati	63
Figura 17 Consumi di energia elettrica medi mensili per il 2018	64
Figura 18 Potenza media giornaliera dell'energia elettrica nei mesi di Febbraio, Aprile, Luglio, Agosto,	
Ottobre, Dicembre 2018	66
Figura 19 Temperature esterne medie del sito da 1/1 al 31/8	67
Figura 20 Confronto potenze elettriche medie totali	69
Figura 21 Variazione percentuale dei consumi dal 2016 al 2018	69
Figura 22 Firma energetica, sua espressione e coefficiente di determinazione per l'anno 2016 e 2018	71
Figura 23 Potenza elettrica media per cabina nel 2018	75
Figura 24 Consumi elettrici mensili per cabina nel 2018	76
Figura 25 Firme energetica di ogni cabina nel 2018	78
Figura 26 Potenze elettriche medie per i 12 interruttori della cabina 2 nel 2018	79
Figura 27 Potenza media dell'interruttore 1 della cabina 2 nel 2018 e media mobile a 7 elementi	80
Figura 28 Firma energetica dell'interruttore 1 della cabina 2, sua espressione e coefficiente di	
determinazione	80
Figura 29 Pianta dello stabilimento con evidenziati in arancione gli edifici risultati maggiormente critici	per
il consumo energetico	81
Figura 30 Raffigurazione ombreggiamento al variare delle stagioni durante l'arco della giornata	90
Figura 31 Possibili tipologie di soluzioni per ombreggiamento su edifici (46)	90
Figura 32 Riduzione del consumo energetico dovuto all'implementazione di misure di raffreddamento	
passivo secondo i dati di letteratura	92
Figura 33 Schema impianto e flussi energetici successivi all'installazione di un trigeneratore da 1MW	94
Figura 34 Curve di carico 2016 per consumi elettrici, termici e frigoriferi	
Figura 35 Percentuale consumi di energia frigorifera per il 2016 e andamento scelto per il 2018	
Figura 36 Rapporto tra consumo di calore e consumo elettrico totale per il 2016 e andamento scelto pe	
2018	

Figura 37 Confronto dati 2016 e previsione per consumi elettrici da utenze non frigorifere secondo il	
modello proposto	100
Figura 38 Consumi totali e consumi da utenze elettriche non frigorifere calcolati con il modello proposi	to
per il 2018	100
Figura 39 Confronto tra consumi di calore 2016 e previsione secondo il modello proposto	101
Figura 40 Consumo calore calcolato con il modello proposto per il 2018	101
Figura 41 Curve di carico dei consumi elettrici, termici e frigoriferi per il 2018	103
Figura 42 Curva dei consumi elettrici, termici e frigoriferi per il 2018	104
Figura 43 Net Present Value a venti anni dell'investimento trigeneratore secondo l'analisi svolta e seco	ndo
e indicazioni di massima date dall'azienda	109
Figura 44 Analisi variazione del risparmio ottenuto dall'installazione del trigeneratore al variare dei pre	zzi
del gas e dell'elettricità	111
Figura 45 Analisi di sensitività delle emissioni rispetto al rendimento del trigeneratore	113
Figura 46 Analisi sensitività emissioni rispetto al COP medio delle macchine frigorifere presenti sul sito	113
Figura 47 Analisi di sensitività emissioni rispetto al fattore di emissione della rete	114
Figura 48 schema impianto servito da trigeneratore da 4,3MW con blocchi a sfondo bianco ad indicare	gli
mpianti di backup	115
Figura 49 Produzione e rendimento medio per le varie taglie del trigeneratore considerate per il	
dimensionamento	116
Figura 50 Curva di ottimizzazione efficienza-produzione con identificazione del punto di ottimo(giallo)	e del
punto rappresentativo del motore scelto (giallo)	117
Figura 51 Scheda tecnica motore trigenerazione scelto per l'analisi	118
Figura 52 Schema dei flussi termici presenti nel sistema, l'ampiezza delle frecce è indicativa della quan	tità di
calore del flusso	120
Figura 53 Analisi di pinch point per la potenza al 100% con F sono indicati i cooler con le lettere gli altri	
scambiatori	121
Figura 54 Analisi di pinch point per la potenza al 50% con F sono indicati i cooler con le lettere gli altri	
scambiatori	121
Figura 55 Scheda tecnica assorbitore	123
Figura 56 Net Present Value a 20 anni dell'investimento trigeneratore 4,3MW	126
Figura 57 Net Present Value a 20 anni calcolato considerando i costi medi in Italia per la taglia del sito a	a
confronto con il Net Present Value calcolato precedentemente	126

Abstract

Questo studio è stato realizzato in collaborazione con ENGIE servizi s.p.a. e si prefigge lo scopo di studiare nell'ambito del Facility management la procedura per lo start-up di una commessa e le possibilità di efficientamento energetico dell'impianto studiato. Per lo studio è stata seguita come esemplare una commessa relativa ad impianto farmaceutico toscano. La procedura è stata pensata per il solo ambito industry, secondo la definizione data dall'azienda, e per commesse legate alla manutenzione. Per lo sviluppo di questa è stata analizzata la norma relativa ISO 9001, i cui principi del ciclo PDCA e dell'approccio risk-based sono stati utilizzati nella stesura della procedura. Per l'efficientamento energetico sono stati studiati i consumi elettrici che sono risultati essere eccessivamente elevati durante il periodo estivo e per questo sono state analizzate alcune possibilità di raffreddamento passivo. Infine sono presentati due studi di fattibilità per un trigeneratore, la prima per una taglia di 1MW, la seconda per una taglia di 4,3MW che è risultato essere più conveniente.

1. INTRODUZIONE

Nell'ambito industriale italiano e internazionale le azienda spesso si avvalgono dell'uso di consulenti o società di servizio esterne per la necessità di competenze specifiche di cui l'azienda stessa non dispone. In questo contesto è stato sviluppato il presente studio in collaborazione con la società di servizi ENGIE servizi s.p.a., multinazionale francese con sedi dislocate in tutto il mondo tra cui l'Italia.

ENGIE nasce nel 2015 come la fusione tra compagnia di stato del gas francese Gaz de France e Suez, quest'ultima era la compagnia che si occupò per la parte francese della costruzione del canale di Suez nel 1869. (1) ENGIE si occupa in tutto il mondo di produzione di energia elettrica, di soluzioni di efficientamento e di distribuzione di gas. Essendo un'azienda di origine francese è molto presente in quella nazione mentre in altre, come l'Italia, è ancora in fase di espansione.

In Italia le attività di ENGIE sono meno legate alla produzione e più alla vendita di gas e energia elettrica con una clientela composta per lo più da compagnie e aziende che da privati. Oltre all'ambito energetico ENGIE, tramite ENGIE servizi s.p.a. con la cui collaborazione è stato svolto lo studio, propone anche consulenze a livello di manutenzione degli impianti e di gestione degli edifici.

Il servizio appena illustrato ricade all'interno del cosiddetto Facility management che è la disciplina che si occupa della gestione di asset aziendale con particolare attenzione agli edifici. Lo studio si propone quindi un'analisi del Facility management con particolare attenzione alla declinazione in ambito energetico di questo.

Successivamente ci si propone lo sviluppo di una procedura relativa allo start-up delle commesse che si occupano di questa tipologia di servizio che è proposta ad ENGIE come linea guida per una procedura effettivamente utilizzata dall'azienda. Contestualmente a questo si intende analizzare la norma ISO 9001 relativa alle pratiche di qualità per la redazione delle procedure.

Per la redazione della procedura si fa rifermento alla commessa di un impianto farmaceutico nel sud della Toscana in modo da osservare sul campo le attività che vengono svolte. Il sito industriale studiato presenta una parte molto ridotta di produzione ed è per lo più costituito da laboratori per la ricerca e lo sviluppo e da uffici. L'uso come riferimento di un impianto farmaceutico concede l'opportunità di soffermarsi sulle complesse procedure di accesso ai siti e consente di osservare come aziende altamente sensibili applichino protocolli di sicurezza molto elevati. Purtroppo per questi stessi protocolli l'accesso alle informazioni e agli ambienti è molto difficoltoso e parziale.

Nell'ambito del facility management con declinazione energetica si presenta un'analisi dei consumi dell'impianto per individuare possibili soluzioni di efficientamento. Nello specifico si esaminano principalmente i consumi elettrici e si individuano gli edifici con i consumi maggiori per questa tipologia di risorsa. Definiti gli ambiti in cui è possibile agire per ridurre i costi vengono illustrati le possibilità trovate in letteratura per ottenere un efficientamento del sistema.

Infine è stato richiesto dall'azienda farmaceutica di eseguire una verifica a proposito della realizzazione di un trigeneratore all'interno del sito. Poiché il trigeneratore proposto ha una taglia molto ridotta allo scopo di produrre solo il consumo di base, si è proceduto con uno studio di fattibilità di un trigeneratore con dimensione maggiore per coprire maggiormente i consumi dell'impianto.

2. FACILITY MANAGEMENT

2.1 Introduzione

La figura del Facility manager, e di conseguenza il Facility management, nasce negli anni '70 del XX secolo negli USA. Precedentemente a questo periodo esistevano già figure all'interno di compagnie e aziende che ricoprivano ruoli simili, spesso chiamati Building manager o Property manager, e ricoprivano ruoli marginali nell'organizzazione e avevano compiti limitati rispetto a quelli che attualmente spettano al Facility manager. (2) In particolare nel passato le università, le agenzie governative, le grandi compagnie, che avevano numerose ed estese strutture di proprietà da mantenere e organizzare con budget spesso ridotti, nel tempo avevano sviluppato competenze nell'ambito della gestione degli asset che sarebbero poi ricadute nel Facility management. Allo stesso modo, in quel tempo, le organizzazioni con maggiore disponibilità di capitale o con dimensioni più piccole, e quindi più facili da gestire, non si preoccupavano della gestione delle strutture troppo approfonditamente in quanto tale organizzazione investiva una piccola parte del budget totale. (3)

Questa situazione cambiò quando negli anni '70 si verificò una crisi dell'economia occidentale a causa della crescita del costo del petrolio e dell'inflazione che colpì duramente il sistema produttivo statunitense. In questo contesto divenne quindi fondamentale iniziare a gestire in maniera oculata ogni risorsa. La riduzione dei capitali generata dalla crisi portò alla necessità di aumentare l'efficienza della produzione, la gestione dei vari asset e strutture passò dunque da essere marginale a giocare un ruolo rilevante. Inoltre, per rimanere competitivi a livello mondiale, molte aziende che fino ad allora avevano contenuto la propria dimensione, restringendo la loro area di azione ad una regione specifica, dovettero unirsi e espandersi. Questo portò ad una complicazione nella gestione che favorì ulteriormente la diffusione del ruolo del Facility manager. (3)

Nel corse del tempo il mestiere del Facility manager si evoluto molto anche grazie alle nuove tecnologie che hanno permesso una gestione più automatizzata attraverso l'uso di sistemi informatici: il CAFM (Computer Aided Facility Management) è attualmente lo standard per un effettivo e efficiente Facility management. In generale però il concetto è rimasto lo stesso negli anni e le successive crisi economiche non lo hanno che confermato: per restare nel mercato con buoni risultati è necessaria la gestione non solo degli aspetti principali ma anche di quelli apparentemente secondari.

Nel 1980 negli USA viene fondata la prima associazione mondiale che riunisce gli esponenti del settore: la NFMA (National Facility Manager Association). Un anno dopo questa diviene IFMA (International Facility Manager Asociation) che esiste tutt'ora e alla quale fanno capo le associazioni nazionali dei vari stati. In Europa il Facility management ha cominciato a diffondersi negli anni '90 partendo dall'Inghilterra, la Francia e i paesi del Benelux, in particolare il Regno Unito è stato il primo stato ad avere una propria associazione nazionale affiliata all'IFMA. Nel giro di cinque anni la pratica si è diffusa anche in Germania e nel resto dell'Europa, infine agli inizi del 2000 la figura del Facility manager ha cominciato ad essere presente anche nei paese dell' ex blocco comunista. (2)

Nel 2003 per iniziativa del Dutch Standard Institute è stata creata una commissione per definire gli standard europei in relazione al Facility management. Gli standard vennero approvati nel 2006 e avevano l'obiettivo di migliorare la competitività del mercato europeo migliorando l'efficienza del Facility management e dei suoi processi, aumentando la trasparenza delle procedure e la qualità dei prodotti, sviluppando programmi e sistemi di supporto. L'introduzione degli standard ha dato la possibilità di ridurre ulteriormente i costi e di migliorare la trasparenza e la comunicazione. (2)

2.2 Definizione

Per la sua stessa natura il Facility management è difficile da definire e per questo sono presenti in letteratura e nelle normative varie definizioni. In tutte si identifica il Facility manager come colui che si occupa della gestione e del coordinamento delle facilieties appunto, cosa di preciso si intenda con questa parola varia a seconda di chi formula la definizione. In generale va sottolineato come l'interesse per gli edifici e la loro manutenzione sia connaturato con l'idea di Facility management, sia perché in effetti è uno degli aspetti principali sia per motivazioni storiche per cui la prima occupazione dei manager era la gestione dello spazio fisico.

L'IFMA definisce il Facility management come: "la professione che attraverso varie discipline assicura la funzionalità dell'ambiente costituito attraverso l'integrazione di persone, luoghi, processi e tecnologie" (4). Da questa definizione deriva lo schema mostrato in Figura 1 che sottolinea l'interconnessione dei diversi ambiti tipica del Facility management. Lo standard europeo invece definisce il Facility management come l'integrazione dei processi all'interno dell'organizzazione per fornire e sviluppare i servizi accordati in modo da aumentare e supportare l'efficienza delle attività centrali dell'organizzazione. (2)

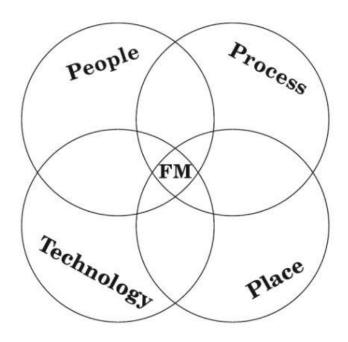


Figura 1 Rappresentazione interconnessioni Facility management (3)

In entrambe le definizioni viene menzionata l'integrazione tra più parti e il carattere interdisciplinare della figura che quindi non si deve occupare banalmente che gli edifici siano agibili e utilizzabili. D'altra parte la definizione dell'IFMA è molto più vaga mentre in quella europea c'è un riferimento diretto all'idea di attività centrali o core business. Molte definizioni date dagli studiosi della materia e riportate in letteratura sono in linea con quella dello standard europeo e vedono nell'integrazioni tra più fasi e nella multidisciplinarietà un fattore caratteristico del Facility management.

La multidisciplinarietà a cui si fa riferimento è veramente molto ampia, non si tratta infatti solo di nozioni di ingegneria o architettura bensì comprendono anche scienze sociali e psicologia dei comportamenti come riportato nella definizione dell'American library of Congress. (5) Queste materie che sembrano distaccarsi dal contesto ingegneristico ed economico del management sono invece fondamentali per l'integrazione delle persone con l'ambiente di lavoro che per molte definizioni è centrale nel ruolo del Facility manager. Alcuni studiosi definiscono il Facility management come uno strumento che le compagnie hanno per fa conciliare i lavoratori con il proprio ambiente di lavoro. Sempre sulla stessa linea di attenzione ai lavoratori si trovano definizioni che individuano il Facility management come uno strumento per armonizzare l'ambiente di lavoro, i lavoratori e le attività attraverso l'ottimizzazione delle attività di supporto. (2)

Altre definizioni sono invece di natura più economica e indicano come obiettivo principale del Facility management il risparmio di capitale senza la necessità di limitare la performance dell'azienda, quindi nella pratica indicano come obiettivo il ridurre al minimo il costo per tutto ciò che non è strettamente legato alla produzione. (2)

Un aspetto ulteriore da sottolineare è come il Facility management non si occupi solo della fase operativa ma anche di quella di design, il Facility manager dovrebbe essere in grado di possedere conoscenze sia di gestione che di progettazione e applicarle sia in fase di progetto della struttura sia nella quotidianità del lavoro operativo. (4)

Risulta dunque complicato trovare una definizione univoca per quanto è evidente che certi concetti siano ricorrenti nello studio della materia. Per quanto riguarda invece l'attuazione del Facility management sono da segnalare tre principali soluzioni adottate dalle organizzazioni:

- Interna
- Outsourcing
- Mista

Nei primi anni di sviluppo la soluzione interna era più diffusa mentre adesso il Facility management è quasi esclusivamente in outsourcing. Questo è dovuto al fatto che le compagnie tendono ad assumere a lungo termine personale legato al proprio core business piuttosto che ad attività collaterali e di conseguenza si appoggia a figure esterne per la gestione di queste (3). Tuttavia nonostante la situazione attuale l'uguaglianza tra Facility management e outsourcing non è corretta. (5)

2.3 Il facilty management in Italia

Nel nostro paese il Facility management, in particolare nella sua declinazione di gestione degli edifici, mostra dei caratteri peculiari dovuti ad una specifica tradizione legata all'amministrazione del patrimonio immobiliare. In Italia infatti il patrimonio immobiliare è stato a lungo poco controllato e gestito sia questo di appartenenza pubblica che privata, spesso investimenti in questi campi hanno prodotto bassi rendimenti e nel tempo si è evidenziato un diffuso disinteresse per la manutenzione. Siamo arrivati quindi ad una situazione in cui il patrimonio immobiliare è molto vasto ma fortemente degradato. (6)

Il problema del degrado sta proprio nel disinteresse alla manutenzione che non è presente solo nella fase operativa ma anche in quella di progettazione. Durante la definizione di un edificio infatti si cerca il più possibile di minimizzare i costi di produzione senza però considerare quelli di manutenzione operativa con il risultato che la gestione di un edifico risulta piuttosto onerosa. (6)

Considerando che nella tradizione in Italia la vita degli edifici è decisamente più lunga rispetto a quella americana o di altre nazioni, circa 80 anni contro i 30 americani (6), diventa fondamentale ridurre i costi di gestione degli edifici e del patrimonio immobiliare e, di conseguenza, l'introduzione della figura del Facility manager.

In Italia il Facility management è arrivato nell'ultimo decennio del secolo scorso e, così come negli altri paesi, sono state proposte più definizioni. Secondo il CRESM il Facility management è definito come: "Coordinamento di tutte le attività che non rientrano nel core business aziendale, ma tuttavia necessarie per il funzionamento dell'organizzazione che possono essere gestite in house o in outsourcing attraverso le tecniche del Facility management. Complesso di attività distinto in tre gruppi: servizi all'edificio (manutenzioni edili, impianti, etc.); allo spazio (supporto alle attività di ufficio, gestione archivi, layout di uffici, arredi, etc.); alle persone (catering, pulizie, sicurezza, etc)."

Anche nella definizione italiana si riprendono i caratteri fondamentali di coordinamento e integrazione del Facility manager e si propone la suddivisione dei servizi in tre gruppi che sono simili agli ambiti di azione descritti nelle altre definizioni (luoghi, persone, processi, tecnologie).

Tuttavia gli obiettivi che le imprese di Facility management si prefiggono nel nostro paese sono per lo più legati alla riduzione dei costi gestione degli edifici come detto sopra. Nello specifico le principali attività di Facility management in Italia sono: (6)

- Riduzione costi di gestione
- Riduzione costi di manutenzione
- Tempestività esecuzione servizi
- Qualità superiore

L'Italia attualmente si trova in una fase in cui il facility management non è ancora entrato in pieno regime. L'attenzione verso al figura del Facility manager è ancora in via di sviluppo e per questo molti studiosi esteri vedono nell'Italia la possibilità di un enorme crescita del mercato legato al Facility management. Questo significa che l'attuale vuoto di domanda potrà in futuro rappresentare

un'opportunità per chi offre tali servizi e l'Italia potrebbe diventare un paese interessante per l'attività di grandi compagnie estere che offrono servizi di Facility management (5).

Una peculiarità del Facilty mangement italiano si trova nella forma di contratto del global service che spesso viene erroneamente associata di default al Facility management. (5) Il global service è un tipo di contratto, in Italia molto diffuso, nel quale nel contratto non sono specificati tanto i servizi che si vanno a svolgere quanto dei risultati che devono essere ottenuti e quindi il soddisfacimento di alcuni KPI. Questo tipo di contratto porta a delle modifiche al concetto generale di Facility management che rendono ancora più complicata la sua definizione.

2.4 Tecnologie del Facility management

2.4.1 Building Information Model

Lo sviluppo di tecnologie informatiche per il supporto alla progettazione, operatività, modifica e raccolta dati degli edifici è stato l'obiettivo della ricerca di numerosi studiosi nel campo del Facility management per molto anni. Il BIM è stato uno dei primi e più importanti strumenti sviluppati. (7)

Il BIM (building information model) nasce negli anni '70 dallo studio di Charles Eastman ed è uno strumento per la rappresentazione digitale di un edificio e dei processi al suo interno in grado di contenere e scambiare un elevato numero di informazioni al suo interno. Il BIM è quindi fondamentale in fase di progettazione di un asset, in particolare di un edificio, mentre risulta poco consono per lo studio della fase operativa dell'edifico stesso. (4)

Il BIM contiene al suo interno un elevatissimo numero di informazioni e questo lo rende poco pratico nel campo della gestione operativa e della manutenzione. Per questo motivo è stato poi sviluppato il CAFM, un sistema creato appositamente per questo scopo. BIM e CAFM sono due sistemi differenti ma comunque legati allo stesso edificio e con campi di interesse simili, per questo motivo nel tempo si è provato ad accoppiare i due sistemi (7).

Con l'uso di sistemi informatici come il BIM e il CAFM si ottiene una riduzione interessante dei costi di manutenzione e un uso migliore dello spazio. Nello specifico utilizzando entrambi sullo stesso edifico si può ricavare una riduzione del 30% del costo operativo di un edificio e un aumento del 15% della disponibilità di spazio. (8)

2.4.2 Computer-Aided Facility Management

Il Computer-Aided Facility Management è un strumento digitale ormai utilizzato regolarmente per il Facility management e divenuto ormai indispensabile per la gestione di grandi quantità di informazioni. Il CAFM nasce negli anni '80 come strumento capace di collegare dei file grafici CAD a informazioni di altro tipo come inventari o database (4). Questo tipo di integrazione tra informazioni grafiche e non permette al manager di assegnare ad ogni tipo di oggetto (lampade, mobili, UTA, etc.) nella sua posizione indicazioni relative allo stato e allo storico dei propri guasti.

Nella pratica il sistema informatico descrive la situazione dell'asset di interesse e quindi interviene per la sua gestione nel tempo e la sua manutenzione indicando quando la manutenzione deve essere fatta e su cosa. Il database di un sistema CAFM produce un modello di simulazione 4D, dove alle tre dimensioni spaziali si aggiunge il tempo, che può essere usato per pianificare, organizzare e ottimizzare i cambiamenti apportati durante gli interventi. Oltre alla dimensioni già citate il sistema può considerarne anche di altre, come quella economica, a seconda delle richieste del cliente o alle necessità del Facility Manager. (9)

È da sottolineare come oltre alla facilità di intervento l'uso di un sistema CAFM offre anche il vantaggio di un immediato accesso ai dati sugli interventi di manutenzione passati e futuri. Il sistema contiene al suo interno una rigida programmazione degli interventi e tutta la serie storica di manutenzione e guasti di un determinato componente, in questo modo il risparmio di tempo è notevole visto che non si perde tempo a ricercare informazioni sugli interventi passati o a calendarizzare quelli futuri. Risparmi di tempo che significa un minore tempo di attesa per il cliente e quindi una maggiore soddisfazione di questo.

Nel caso di interventi manutentivi a richiesta e non programmati il sistema CAFM prevede l'uso e la gestione di ticket. Il flusso del processo di elaborazione del servizio è mostrato in Figura 2.

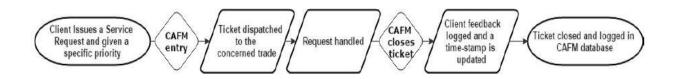


Figura 2 Flusso elaborazione del servizio tramite CAFM (9)

All'inizio del processo avviene l'apertura del ticket da parte del cliente con la richiesta di intervento. La richiesta entra nel sistema CAFM che lo inoltra all'ufficio di competenza che possiede la manodopera per fornire il servizio richiesto. Il servizio viene eseguito e registrato nel sistema e il ticket si può chiudere. L'ultimo passaggio è il feedback del cliente sul servizio svolto e quindi il ticket è definitivamente chiuso e archiviato. L'archiviazione del ticket avviene a seconda della SLA (service level agreement) di riferimento del servizio offerto e della sua priorità. (9)

2.5 Energia e Facility management

Dal punto di vista energetico il Facility management focalizza la sua attenzione sull'aspetto della manutenzione e ristrutturazione degli edifici volta a ridurre i consumi degli edifici stessi. Secondo l'IFMA il 70% degli edifici consuma più energia del necessario e introducendo misure di Facility management si potrebbe ridurre i consumi dal 10% fino al 40% (10).

La manutenzione è un aspetto fondamentale per la gestione degli edifici in quanto anche nei casi in cui è svolta a dovere si riscontra comunque una riduzione delle prestazioni vicina al 15% nel giro di 2-3 anni. (10) In questo contesto l'inserimento del Facility manager può portare un miglioramento continuo delle prestazioni, o una riduzione del calo della stessa, tramite un controllo proattivo dell'operatività e della manutenzione e strategie di manutenzione a basso costo o addirittura a costo nullo. (11)

Per la manutenzione e l'intervento sugli edifici dal punto di vista energetico si individuano due categorie di accorgimenti e tecnologie che possono essere applicate in modo da diminuirne il costo di mantenimento oltre che l'impatto ambientale e aumentarne la sostenibilità: misure passive e misure attive. Le prime comprendono tutte quelle soluzioni di progetto che riguardano la struttura in sé e che fanno in modo che certi bisogni dell'edificio (riscaldamento, raffrescamento, illuminazione, etc.) siano in parte o del tutto soddisfatti senza l'utilizzo attrezzature meccaniche o elettroniche ma autonomamente dalla configurazione dell'edificio. Le misure attive invece sono quelle in cui si utilizzano sistemi meccanici o elettrici per soddisfare suddetti bisogni. (4)

Questi due modi di affrontare la questione degli edifici e la loro sostenibilità non sono autoescludenti ma possono ovviamente essere integrati in soluzioni miste, la definizione della corretta soluzione finale è compito anche del Facility manager. Per affrontare questo problema nel 1974 è stato proposto da Duffy (12) il modello del Layered system nel quale l'edifico viene scomposto in differenti sezioni, questa suddivisione è fatta in base al ciclo di vita degli elementi coinvolti nei processi all'interno dell'edificio. Il modello permette di analizzare gli edifici come

processi in continua evoluzione e non come elementi definiti solo in momenti precisi e finite nel tempo come la costruzione e la ristrutturazione. Molti infatti nell'ambito del Facility management propongono l'idea che la fase di commissioning non sia delimitata nel tempo alla costruzione dell'edificio ma sia da considerarsi lungo tutta la vita dello stesso, vedendo l'edifico come oggetto in evoluzione e non definito in eventi singoli. (11)

Inoltre questo processo permette di identificare le opportunità di intervento a favore della sostenibilità che sono principalmente date da quegli strati che hanno un ciclo di vita basso e che quindi necessitano di un relativamente frequente ricambio.

Nella Figura 3 sono mostrati i vari layer che secondo il modello descrivono l'edificio. Come già detto, minore è il ciclo di vita del layer maggiore è la possibilità di apportare cambiamenti in favore della sostenibilità. Per questo motivo con i layer a più alto tempo di ciclo di vita diventa fondamentale il principio di adottare la soluzione giusta al primo tentativo. (4)

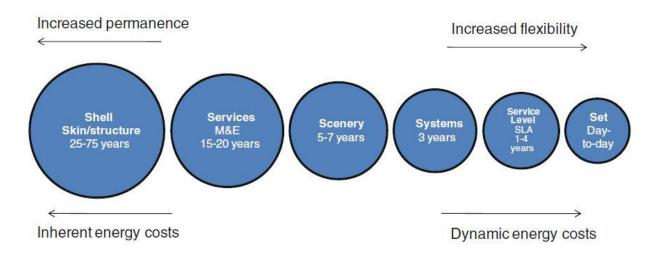


Figura 3 Raffigurazione Layer edificio con dimensione delle figure proporzionale alla durata del ciclo di vita (4)

Il primo layer è quello denominato shell che corrisponde alla struttura e al suo aspetto comprendendo cioè sia la parte strutturale di sostegno sia la facciata e vari rivestimenti, la sua vita è la stessa dell'edificio per cui dell'ordine di decine di anni. Gli elementi chiave di design sono quelli tipici di un'edifico come dimensioni e orientamento che se ben ottimizzati possono influire molto positivamente sul carico energetico dell'edificio. Su questo layer si applicano soprattutto misure passive.

Il secondo layer è quello relativo ai servizi meccanici ed elettrici ed ha una vita di circa 15-20 anni. Questa parte è molto delicata perché se da una parte è fondamentale per tutti i sistemi attivi d'altra parte un eccesso nell'utilizzo dei servizi implica un aumento di carico energetico e quindi una minore sostenibilità. In questo layer si utilizzano per lo più sistemi attivi con gli accorgimenti detti sopra.

Il terzo layer riguarda l'introduzione di elementi architettonici come controsoffitti o partizioni di spazi, comuni in molti uffici, la cui vita è dell'ordine di alcuni anni. Questa sezione è la prima che non è più strettamente dipendente dal costruttore dell'edificio bensì è in controllo al proprietario della struttura che ne dispone come meglio si conviene per la sua organizzazione. In questo layer l'attenzione deve esser rivolta a non stravolgere con l'introduzione dei nuovi elementi la configurazione ideata dal progettista. L'inserimento di divisori per esempio può ostruire il passaggio della luce o la diffusione del riscaldamento o del raffreddamento. Una cattiva gestione di questo layer può quindi portare all'introduzione di sistemi attivi, originariamente superflui, che aumentano il carico energetico.

Il quarto layer, dalla durata media di circa 3 anni, concerne i sistemi informatici e le relative reti all'interno dell'edificio. Questo layer riguarda gli apparecchi elettronici e informatici come i computer che vanno inevitabilmente a modificare carico elettrico e termico.

Il quinto layer è relativo ai servizi e non era presente nella definizione originale di Duffy. È stato introdotto per evidenziare maggiormente il contributo del Facility manager che progettando adeguatamente i servizi di manutenzione e pulizia può influenzare molto sulla prestazione dell'edificio e sulla sua sostenibilità. In particolare può impattare su: la durata dei componenti, il reperimento di prodotti sostenibili per l'edifico, le ore di utilizzo dell'edificio, il profilo di carico dell'edificio e la sua stagionalità, la possibilità di tenere sempre accesi i sistemi informatici.

L'ultimo layer ha scadenza quotidiana e riguarda il mobilio, gli accessorie e l'equipaggiamento con il quale interagisce l'utilizzatore finale dell'edificio. Anche in questo caso una disposizione errata degli oggetti o la loro stessa natura possono portare ad una variazione negativa del carico energetico totale.

In definitiva la struttura a layer prevede un carico intrinseco dato dalle misure passive introdotte nei layer a più lungo ciclo di vita che dovrebbe essere progettato così da essere il più basso possibile.

A questo si somma un carico variabile che dipende dall'utilizzatore finale e dall'ambiente esterno, compreso il carico stagionale, che viene coperto con misure attive. Nella situazione reale difetti di progettazione portano ad un errato carico intrinseco che deve essere sopperito da misure attive che quindi aumentano il carico totale oppure si assiste ad aumenti di carico dovuti ad utilizzo sbagliato dei layer a breve ciclo di vita che vanifica la buona progettazione dei layer a più lungo ciclo.

3. Studio sulla procedura di start-up di una commessa

L'azienda ENGIE servizi s.p.a. offre ai propri clienti diverse tipologie di prestazione, non solo legate all'energia ma anche ad altri ambiti industriali tra cui il Facility management. Ogni commessa che viene aperta con un cliente prevede tre fasi dopo la firma del contratto:

- Start-Up
- Erogazione servizio a regime
- Close-Up

La fase di Start-Up consiste nel transitorio tra il servizio erogato da un'altra azienda e il servizio a regime erogato da ENGIE. In questa fase si ha il conoscimento delle due aziende, la redazione dei documenti di sicurezza, le richieste di accesso al sito, la due diligence e altre attività di cui si parlerà in seguito.

Tra quelle appena elencate la due diligence è forse quella meno conosciuta e meno immediatamente identificabile. Poiché successivamente si farà riferimento a questa attività, si propone la seguente definizione presa dalla procedura per maggiore chiarezza: "Attività di investigazione e di approfondimento di dati e di informazioni relative all'oggetto di una commessa, al fine di valutarne la convenienza e di identificarne i rischi e i problemi ad essa connessi, sia per negoziare termini e condizioni del contratto, sia per predisporre adeguati strumenti di garanzia, di indennizzo o di risarcimento." Nella pratica la due diligence consiste in un censimento dell'impianto in cui si annotano le macchine presenti e in generale le varie componenti dell'impianto, di queste si tiene conto del numero e dello stato di ognuna di esse in modo da avere certezza delle strutture che si prendono in carico.

Dopo la fase di Start-Up inizia la fase in cui i servizi vengono erogati a regime. In questo lasso di tempo le attività restano le stesse della fase precedente e non si hanno modifiche degli elementi presi incarico. Nel caso che il contratto sia rinnovato si procede con l'erogazione a regime, senza nuove Start-Up. L'ultima fase è quella di Close-Up in cui avviene la dismissione dei servizi, questa fase avviene nel caso in cui i contratti vengano interrotti.

Nell'ambito delle fasi di sviluppo di una commessa ci si focalizzati sulla parte di Start-Up ed è stata realizzata una procedura al riguardo. Per meglio comprendere le attività e osservare nella pratica quello che sarebbe poi stato redatto come procedura si è seguito una commessa con cliente un'industria farmaceutica toscana, della quale si parlerà più approfonditamente più avanti.

La procedura riguarda nello specifico le commesse di manutenzione per il settore industriale e dunque tratta di servizi strettamente legati al Facility management. La procedura non tratta tanto dei servizi specifici che si andranno a svolgere nel sito ma piuttosto di come questi servizi devono essere avviati, lo Start-Up appunto, e quali sono i passi da compiere. Facendo riferimento ad un'azienda farmaceutica si è dato particolare risalto alle procedure legate agli ingressi in quanto questi sono strettamente codificati e normati. La procedura è stata sviluppata e quindi proposta ad ENGIE per una valutazione in funzione di un eventuale adozione da parte dell'azienda.

Di seguito verrà esposta la procedura ma prima si è scelto di analizzare la norma ISO 9001 relativa alla qualità per la scrittura delle procedure ovvero indica cosa deve contenere una procedure affinché il processo che regola sia eseguito con qualità.

3.1 Studio della norma ISO 9001 relativa alla qualità delle procedure

Le aziende e le organizzazioni in tutto il mondo vivono da sempre in una situazione di forte competizione, negli ultimi anni questa situazione è diventata più complessa con aspettative del cliente sempre più alte e la concorrenza sempre più globale. Le aziende hanno quindi cercato nuovi modi di aumentare le proprie performance ed efficienza così da risultare vincenti nel mercato globale. In questo contesto sono nati gli studi sulla qualità e le relative norme (13).

Le norme di riferimento più usate a livello internazionale sono quelle della famiglia ISO 9000 nelle quali sono indicati i requisiti di base per implementare un quality managemente system (QMS) all'interno di un'organizzazione, sia questa piccola, media o di grandi dimensioni, che si occupino di servizi o siano aziende manifatturiere (14).

La famiglia delle norme ISO 9000 comprende: ISO 9000:2005, ISO 9001:2015, ISO 9004:2009; tra queste la norma ISO 9001 è sicuramente la più popolare e usata (14). Questa certificazione è nata nel 1987 e nel tempo ha subito varie modifiche nel 1994, 2008 e l'ultima nel 2015. La diffusione della ISO 9001 è partita principalmente dall'Europa dove molte compagnie hanno cominciato a richiedere ai propri fornitori la certificazione di qualità, questi, per evitare che la mancanza di certificazione diventasse un impedimento al mercato internazionale, si sono prodigati per ottenerla. In questo modo la certificazione si è diffusa per motivi di concorrenza e per via dello scambio di conoscenze manageriali dovuto al commercio internazionale (15).

Nel 2013 le certificazioni attestate in tutto il mondo sono state 1 129 446 in 187 paesi con un aumento del 3% rispetto al 2012. La situazione è considerata essere arrivata a saturazioni in molte parti del mondo ma il trend è quello di una diffusione comunque in crescita in particolare nei paesi asiatici e dell'est Europa dove le certificazioni sono partite solo negli ultimi anni. Nel 2013 i paesi con più certificazioni erano Cina, Italia e Germania e quelli con la crescita maggiore del numero di certificazioni erano Italia, India e USA (16).

3.1.1 Normativa

La normativa stessa definisce per prima cosa i benefici derivanti dalla certificazione come: l'abilità di fornire prodotti e servizi secondo i requisiti del cliente ma anche tenendo presente gli statuti e i regolamenti aziednali, lo sviluppo di opportunità per aumentare la soddisfazione del cliente, la gestione di rischi e opportunità associate con il contesto e gli obiettivi e la possibilità di dimostrarsi conformi ai requisiti del QMS.

La normativa definisce poi i principi su cui basare il QMS, definiti come:

- Attenzione al cliente;
- Leadership;
- Impegno del personale;
- · Approccio al processo;
- Miglioramento del sistema;
- · Decison making basato su prove;
- · Gestione delle relazioni.

La normativa suggerisce l'applicazione del ciclo Plan-Do-Check-Act ad ogni processo e al QMS in totale, proponendo un approccio in coerenza con i principi elencati e di tipo risk-based allo scopo di identificare i rischi e le opportunità derivanti dai processi.

Il ciclo PDCA illustrato in Figura 4 prevede quattro fasi fondamentali: pianificazione (Plan), fare (Do), controllo (Check), agire (Act).

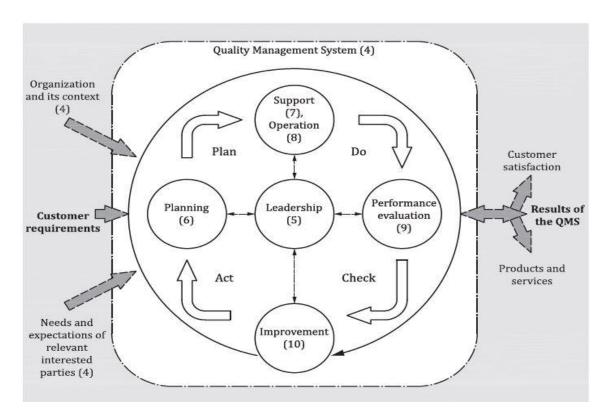


Figura 4 Ciclo Plan-Do-Check-Act, i numeri si riferiscono alle sezioni della norma (17)

La fase di pianificazione è la fase in cui si stabiliscono gli obiettivi del sistema e del processo e le risorse necessarie per fornire servizi e prodotti secondo le richieste del cliente e le politiche dell'azienda, inoltre si individuano i rischi e le opportunità derivanti dai processi.

Nella fase del fare si implementa quanto pianificato.

Dopo aver eseguito le operazioni pianificate inizia la fase di controllo in cui si misurano e monitorano i risultati dei prodotti e servizi forniti rispetto alle richieste del cliente, la politica aziendale e gli obiettivi pianificati. Il risultato del controllo viene poi raccolto e va a creare una documentazione dettagliata.

Nell'ultima fase si prendono in considerazione i miglioramenti possibili da apportare al sistema e si implementano per quanto possibile.

Una particolare attenzione è riservata al concetto di approccio risk-based che permea ogni ambito della normativa ed è considerato essenziale per assicurare l'efficienza del QMS. Con questo approccio si intende l'attitudine durante la progettazione a considerare tutte le possibili fonti di rischio per il processo e quelle che sono le possibili opportunità in modo da limitare le conseguenze negative impreviste e sfruttare al meglio le circostanze positive. Con opportunità infatti si intende una situazione in cui si verifica una contingenza inaspettata che, invece di essere negativa come nel caso del rischio, può portare beneficio al processo.

La normativa si compone di 10 punti, i primi 3 sono generali mentre dal quarto si comincia a definire i requisiti per la certificazione. Questa sezione è relativa al QMS in generale e infatti si parla dell'individuazione delle parti interessate e delle questioni interne ed esterne relative alla fornitura di prodotti o servizi. Sempre in questa sezione la norma si occupa della definizione dello scopo del QMS e la dichiarazione di conformità allo standard. Alla fine della sezione c'è un riferimento al ciclo PDCA e si individua quello che deve essere stabilito secondo la norma, nello specifico: input, output, sequenza e interazione processi, criteri per il controllo, le risorse, le responsabilità e ovviamente i rischi e le opportunità.

La sezione successiva è dedicata alla leadership che all'interno del ciclo PDCA è posizionata al centro del ciclo a interagire con tutte le fasi del ciclo. In questa sezione sono specificate le responsabilità del top manager rispetto all'organizzazione e quindi al processo interno di QMS e rispetto al cliente. Nella pratica viene evidenziato come le buona riuscita del QMS e delle sue fasi sia una responsabilità del top manager che deve garantire e promuovere i principi del QMS come l'approccio risk-based.

Il top manager oltre a quanto detto sopra è anche incaricato di definire la politica aziendale rispetto alla qualità ed è definito anche come questa politica deve essere comunicata all'interno dell'organizzazione e come deve essere disponibile per la consultazione. A fine della sezione sono indicati gli incarichi del top manager in merito alle figure di responsabilità che devono essere nominate e come devono poi essere comunicate.

La sesta sezione è dedicata alla pianificazione, prima parte del ciclo PDCA. All'inizio della sezione si evidenzia subito come durante la pianificazione si debba tenere conto e prevedere rischi e opportunità e come devono essere gestite nel caso sorgano durante i processi. Successivamente la normativa si occupa della definizione degli obiettivi di qualità e delle loro caratteristiche, per esempio devono essere obiettivi misurabili, e di cosa deve essere definito nella fase di pianificazione. L'ultima parte della sezione è dedicata alla pianificazione dei miglioramenti al QMS e cosa deve essere considerato in quei casi.

La seconda fase è descritta da due sezioni: la settima, relativa al supporto, e l'ottava, relativa alle operazioni. Nella prima delle due sezioni ci si occupa delle risorse necessarie alle operazioni, siano queste risorse fisiche, di personale, infrastrutturali o ambientali. Si fa riferimento anche alle risorse necessarie al monitoraggio e al controllo dei risultati delle operazioni e inoltre si definiscono le caratteristiche della strumentazione nel caso sia necessaria la tracciabilità dei dati. L'ultimo tipo di risorsa considerato nella normativa è relativo alle conoscenze tecniche che il personale e in generale l'organizzazione deve possedere per soddisfare le richieste del cliente e fornire prodotti e servizi conformi.

Successivamente la normativa fa riferimento alle comunicazioni specificando di cosa il personale debba essere a conoscenza e prescrive una definizione delle comunicazioni interne in merito a cosa, quando, a chi e come comunicare. L'ultima parte della sezione è dedicata alla documentazione necessaria al QMS specificando cosa questa deve contenere e come questa debba essere conservata e controllata. In generale in ogni sezione si fa riferimento alla documentazione e come sia importante mantenere prova delle varie fasi e dei processi.

Nell'ottava sezione, la seconda all'interno della fase operativa, la normativa si occupa delle operazioni stesse. Dopo una descrizione generale dei requisiti per l'implementazione delle operazioni, la norma si occupa più nello specifico delle azioni da intraprendere. Per prima cosa si occupa del rapporto col cliente e della comunicazione con l'organizzazione. La norma prescrive che nella comunicazioni sia definito il prodotto e il servizio offerto e che siano stabilite le richieste del cliente comprese quelle derivanti da statuti e regolamenti. Nella comunicazione con il cliente devono essere compresi anche dei feedback da parte del cliente stesso e il trattamento delle proprietà del cliente.

L'organizzazione deve assicurarsi di essere in grado di assecondare le richieste del cliente e per questo la norma prescrive che sia fatta una revisione per considerare tutto quello che è necessario alla fornitura di prodotti e servizi secondo tutti i requisiti stabiliti non solo dal cliente ma anche da regolamenti o necessari per l'uso specifico. In generale la norma sottolinea più volte come ci debba essere la certezza delle richieste del cliente con particolare attenzione alle richieste differenti da quelle precedentemente definite che devono essere state risolte.

Dopo di che la norma passa a occuparsi dei processi di progetto e sviluppo necessari per garantire la fornitura di prodotti e servizi. Nella definizione degli stadi del processo la norma prescrive all'organizzazione di considerare numerosi aspetti come: il tipo di processo e la sua durata, la necessità di un controllo e di una verifica del progetto, le risorse necessarie al processo e i responsabili di questo.

La norma sottolinea ancora una volta la necessità di una definizione delle richieste prescrivendo di individuare le richieste essenziali per gli specifici prodotti e servizi da progettare e sviluppare e occupandosi della definizione degli input del processo specificando come questi debbano essere adeguati, completi e non ambigui.

Nella parte successiva la norma si occupa degli output e dei controlli su questi e durante tutto il processo. Secondo la norma gli output devono: soddisfare le richieste di input, essere adeguati ai processi successivi, includere richieste di monitoraggio secondo criteri di accettazione, specificare le caratteristiche essenziali dei prodotti. La norma prescrive che controlli, verifiche e validazioni

siano fatti durante tutto il processo in modo che gli output soddisfino le caratteristiche richieste e che un ulteriore analisi degli output deve essere fatta a fine del processo in modo da garantire la conformità.

Le attività di controllo degli output devono essere eseguite anche sui prodotti e servizi forniti esternamente all'organizzazione in modo da garantire la conformità dei prodotti e servizi forniti e da non compromettere la conformità anche di quelli forniti internamente dall'azienda. Per questo motivo l'organizzazione, secondo la norma, deve stabilire con i suoi fornitori esterni criteri di valutazione, selezione e monitoraggio delle prestazioni.

La norma prescrive poi anche l'attenzione da parte dell'organizzazione delle proprietà dei clienti e dei fornitori esterni nel momento in cui sono usate dall'organizzazione stessa. Nel caso in cui le proprietà sono perse, danneggiate o in generale rese non utilizzabili la norma prescrive che il fatto debba essere riportato e adeguatamente documentato.

Quindi la norma si occupa degli output e delle analisi che devono essere fatte su questi per assicurare la conformità. L'organizzazione deve identificare lo status degli output rispetto ai requisiti di monitoraggio e deve controllare l'identificazione unica degli output quando è richiesta la tracciabilità.

La norma si occupa poi delle attività di post-fornitura e di come queste devono essere definite considerando non solo le richieste del cliente bensì anche i regolamenti, gli statuti e i rischi e le opportunità ad esse legati.

Infine la norma si occupa degli output non conformi e di come devono essere gestiti, l'organizzazione deve identificare e controllare gli output non conformi e intraprendere azioni per limitarli e eliminarli, inoltre prevede che i requisiti di conformità debbano essere verificati dopo la correzione delle non conformità.

La fase di controllo è descritta nella sezione 9, nella prima parte si prescrive subito di determinare cosa deve essere misurato, il metodo di misurazione e come assicurare la validità dei dati, quando le misure e il monitoraggio devono essere effettuati e quando i dati devono essere analizzati. Viene poi definito cosa deve essere stabilito tramite l'analisi dei dati come la qualità della prestazione servita, la soddisfazione del cliente e la conformità dei prodotti e servizi.

La normativa prescrive poi lo svolgimento di audit interno al riguardo del QMS per capire se questo è adeguato alle richieste interne e degli standard e per capire se questo è effettivamente implementato. La normativa definisce poi quali caratteristiche dell'audit devono essere preventivamente definite come lo scopo e i criteri utilizzati. L'ultima parte della sezione è dedicato al controllo da parte del top manager al QMS stesso che, secondo la norma, deve essere rivisto ad intervalli regolari pianificati per assicurarne la stabilità, l'adeguatezza ed efficienza. La norma indica poi cosa deve essere considerato nella fase di verifica del QMS e cosa deve includere il report finale della revisione.

L'ultima sezione è dedicata ai miglioramenti ovvero l'ultima fase del PDCA. La sezione si apre prescrivendo all'organizzazione di determinare e selezionare le opportunità per implementare miglioramenti e ogni azione necessaria per soddisfare le richieste del cliente. Dopo di che la normativa si occupa nuovamente delle non conformità e cosa si deve fare nel caso avvengano e come contrastarle e eliminarle. Infine si fa riferimento all'obbligo dell'organizzazione di mantenere la documentazione relativa ad ogni non conformità incontrata.

3.1.2 Commenti alla norma

Da quando la norma è stata pubblicata e le organizzazioni hanno cominciato a certificarsi, studiosi e accademici si sono occupati dell'analisi dei risultati dati dall'applicazione della norma. Molte sono le grandezze che possono essere studiate per individuare gli effetti positivi e negativi relativi alla certificazione ma l'aspetto economico-finanziario è sicuramente quello più rilevante.

In questo ambito si trova in letteratura una prima distinzione legata alla motivazione per cui un'organizzazione procede alla certificazione, sono individuati due tipi di motivazione: interna e esterna. Con motivazioni interne si intende che l'azienda decide di certificarsi conforme alla norma per migliorare la propria organizzazione interna così da migliorare i processi di produzione e fornitura dei servizi. Le aziende con motivazioni esterne sono invece quelle che scelgono la certificazione come strumento di marketing per migliorare la propria posizione nel mercato (15).

Dagli studi riportati in letteratura emerge che distinguendo le organizzazioni certificate in base alla motivazione di certificazione le aziende con motivazione interna hanno performance finanziarie migliori di quelle con motivazione esterne. La causa di questo si pensa essere legata al fatto che una motivazione interna produca un effetto migliore e più radicale sulla struttura dell'azienda (18) (15).

Ma la distinzione più importante è sicuramente quella tra organizzazioni certificate e quelle non certificate, in questo ambito però i risultati sono meno chiari e soprattutto sono contrari alle attese. Infatti vari studi (16) (14) (18) riportano come le performance delle compagnie certificate siano statisticamente minori rispetto a quelle non certificate.

Questo risultato ha giustamente sorpreso gli studiosi ben convinti, e non senza motivazione, che l'implementazione di un sistema di qualità porti ad una migliore prestazione a livello di produzione e fornitura di servizi. Le giustificazioni che gli studiosi hanno addotto sono legate al tipo di analisi fatta e al campione preso in esempio, facendo riferimento come dei vari aspetti economici che possono essere considerati (posizione, grandezza azienda, settore ...) la certificazione è l'aspetto meno statisticamente significativo. Alcuni studi hanno per esempio considerato allora solo alcuni settori o solo una certa grandezza di azienda nel campione e hanno trovato un aumento dell'importanza della certificazione ma non abbastanza da poter definire una regola, senza considerare che la ISO 9001 è strutturata per essere universale (16).

Lo studio a proposito della certificazione e dei suoi effetti sulla performance aziendale, in particolare quella economica e finanziaria, continua con l'obiettivo di individuare una relazione più soddisfacente. Tra gli studiosi si è poi sollevato il dubbio se il metodo della certificazione vada ancora bene o se debba essere ripensato in modo che sia meglio individuabile chi davvero segue la norma e chi invece è semplicemente certificato ma nella pratica agisce in altro modo (16).

3.2 Procedura

Si riporta di seguito il file della procedura sviluppata per commesse di Facility Management e proposta ad ENGIE per un'eventuale adozione come procedura aziendale.

1. SCOPO

Descrivere e disciplinare le modalità operative e le responsabilità degli attori della fase di start-up di una commessa relativa alla fornitura integrata dei servizi di facility management, per i casi in cui Provider IFM si configuri come ditta Affidataria e/o Esecutrice, con l'obiettivo di garantire lo svolgimento delle attività previste nel rispetto degli obblighi contrattuali.

In particolare, vengono descritte le modalità per: organizzare l'avviamento della commessa, la gestione dei subappalti, l'amministrazione dei servizi da erogare, condurre le procedure di healt & safety, la presa in carico degli impianti, la predisposizione del sistema informativo, la definizione della reportistica per la misurazione del livello di servizio (KPI), la gestione della contabilità.

2. CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente procedura è applicabile a tutti i contratti di facility management stipulati dalla business line BtoB, appartenente al perimetro industry di PROVIDER IFM in Italia.

3 DEFINIZIONI E ACRONIMI

3.1 DEFINIZIONI

Cen	sime	ento)

Rilevazione statistica diretta ad accertare l'entità e lo stato dell'arte degli asset oggetto della commessa in un dato momento, allo scopo di acquisire il maggior numero di informazioni possibili in merito a quantità, caratteristiche e condizioni di siti, asset, equipment e loro componenti.

Committente (COM)

Soggetto che commissiona lavori, prestazioni, prodotti e servizi a fronte di un <u>contratto</u> che preveda <u>obbligazioni</u> reciproche ad un <u>fornitore</u> in cambio di corrispettivi economici. All'interno dell'organizzazione aziendale coincide con il Datore di Lavoro o i soggetti da lui delegati.

Computer Aided Facility Management (CAFM)

Tecnologia software che permette l'accesso a tutte le informazioni relative agli asset patrimoniali ed ottimizza la loro gestione e manutenzione, attraverso un sistema integrato di database alfanumerici e grafici In particolare, il CAFM comprende la gestione dello spazio, la pianificazione immobiliare, la gestione dei progetti, le operazioni di costruzione, la manutenzione preventiva.

Contract Manager (CM)

Persona incaricata della gestione economica ed operativa della commessa, mantenendo il coordinamento con la committente e con gli eventuali fornitori, subappaltatori, partner o dipendenti; si occupa di garantire la conformità con i termini e le condizioni previsti nei contratti, oltre a gestire la documentazione e l'accordo su eventuali cambiamenti o emendamenti che possono verificarsi durante il periodo contrattuale.

Contratto d'opera

Documento con il quale una persona si obbliga verso "un'altra persona fisica o giuridica" a compiere un'opera o un servizio, con lavoro prevalentemente proprio e senza vincolo di subordinazione nei confronti del committente (art. 2222 c.c.).

Documento Unico di Valutazione dei Rischi Interferenti (DUVRI) Documento elaborato dal datore di lavoro committente che indica le misure adottate per eliminare o, ove ciò non sia possibile, ridurre al minimo i rischi da interferenze. Tale documento è allegato al contratto di appalto o di opera e va adeguato in funzione dell'evoluzione dei lavori, servizi e forniture.

Dispositivi di Protezione Individuale

Ogni tipo di attrezzatura e accessorio destinato ad essere indossato e tenuto dal lavoratore allo scopo di proteggerlo contro uno o più rischi che minacciano la sicurezza o la salute durante il lavoro stesso.

Due Diligence (DD)

Attività di investigazione e di approfondimento di dati e di informazioni relative all'oggetto di una commessa, al fine di valutarne la convenienza e di identificarne i rischi e i problemi ad essa connessi, sia per negoziare termini e condizioni del contratto, sia per predisporre

adeguati strumenti di garanzia, di indennizzo o di risarcimento.

Erogazione del servizio

Insieme di attività volte ad ottenere le prestazioni previste contrattualmente in termini di efficienza, economicità, rispetto delle norme di sicurezza, comfort degli utenti, risparmio energetico, salvaguardia ambientale.

Field Manager

Professionista che supervisiona i dipendenti, a lui sottoposti, che lavorano presso le sedi dei clienti e/o con cui intrattengono un rapporto lavorativo. In genere sovrintende a un gruppo di dipendenti in un'area territoriale specifica per assicurarsi che stiano adempiendo alle loro responsabilità quotidiane.

Hard service

Servizi di manutenzione tecnici, non usati direttamente dalle persone; si riferiscono alla parte fisica dell'edificio e non possono essere rimossi previsti dalla legge in quanto "elementi essenziali" che garantiscono la sicurezza e il benessere dei dipendenti (ad esempio: manutenzione impianti elettrici, meccanici, speciali, elevatori, civili idraulica, sicurezza antincendio).

Health&Safety office (HSO)

Ufficio preposto alla formazione dei dipendenti in materia di sicurezza e a tutte le attività, come le visite mediche, necessarie affinché ogni lavoratore possa svolgere il proprio lavoro in sicurezza.

Human Resources office (HR)

Ufficio preposto alla pianificazione, <u>reclutamento, selezione ed inserimento in azienda, formazione, valutazione, carriera</u> e mobilità del personale aziendale; si occupa della politica retributiva e gestisce le relazioni sindacali e i rapporti con i dipendenti.

Informativa dei rischi specifici dell'appalto (IdR) Documento elaborato dall'affidataria e dalle esecutrici al fine di dettagliare i rischi relativi alle attività svolte nello specifico appalto. Al suo interno vengono descritte le modalità operative con cui l'azienda intende operare nonché i rischi introdotti e le misure di prevenzione e protezione che intende adottare.

Circostanza in cui si verifica un evento rischioso tra il personale del committente e quello dell'appaltatore o tra il personale di imprese diverse che operano nella stessa sede aziendale con differenti contratti quali ad esempio:

- rischi derivanti da sovrapposizioni di più attività svolte da operatori di appaltatori diversi;
- rischi immessi nel luogo di lavoro del committente dalle lavorazioni dell'appaltatore;

Interferenza

- rischi esistenti nel luogo di lavoro del committente, ove è previsto che debba operare l'appaltatore, ulteriori rispetto a quelli specifici dell'attività propria dell'appaltatore;
- rischi derivanti da modalità di esecuzione particolari richieste esplicitamente dal committente (che comportino pericoli aggiuntivi rispetto a quelli specifici dell'attività appaltata).

IT staff

Personale dell'azienda avente funzioni ausiliarie di alto livello che si occupa dei sistemi informativi tecnologici utilizzati in azienda; nel caso specifico, si dedica a mettere in relazione le attività IT e le persone in esse coinvolte con business, clienti e utilizzatori.

Key Performance Indicator (KPI)

Gli indicatori chiave di prestazione sono indici dell'andamento di un processo aziendale, vengono quindi utilizzati per misurare i risultati conseguiti dall'organizzazione stessa. Oltre ad essere uno strumento di controllo delle performance, si configurano come mezzo di pianificazione utile a programmare le attività future in un'ottica di miglioramento.

Manutenzione

Combinazione di tutte le azioni tecniche, amministrative e gestionali durante il ciclo di vita di una entità, destinate a mantenerla o riportarla in uno stato in cui possa eseguire la funzione richiesta.

Manutenzione correttiva a guasto

Manutenzione eseguita a seguito della rilevazione di una avaria e volta a riportare l'entità nello stato in cui essa possa eseguire una funzione richiesta.

Piano di manutenzione

Serie strutturata e documentata di impegni che comprende le attività, le procedure, le risorse ed il tempo necessario per eseguire la manutenzione.

Planned Preventive

Manutenzione preventiva pianificata, o manutenzione programmata, che viene eseguita su

Maintenance (PPM)

una risorsa (ad es. una parte di equipaggiamento, una proprietà o un elemento di una proprietà) su base regolare, allo scopo di contribuire a preservare la condizione dell'asset e prevenire il verificarsi di problemi, quali guasti o anomalie e costi di manutenzione imprevisti.

PROVIDER IFM

Una qualsiasi azienda ceh offer servizi di facility management

Responsabile Sicurezza Prevenzione e Protezione (RSPP) Persona in possesso delle capacità e dei requisiti professionali di cui all'articolo 32 designata dal datore di lavoro, a cui risponde, per coordinare il servizio di prevenzione e protezione dai rischi" (D.Lgs 81/08 art. 2, punto f).

Service Level Agreement (SLA)

Il SLA (accordo sul livello di servizio) è uno strumento contrattuale mediante il quale si stanziano le metriche di servizio che devono essere rispettate dal fornitore di servizi nei confronti del committente. Esso assume il significato di obbligo contrattuale dal momento in cui viene stipulato il contratto.

Soft service

Servizi di manutenzione non-tecnici, usati direttamente dalle persone; hanno lo scopo di rendere il posto di lavoro più sicuro e piacevole (ad esempio: sicurezza dell'edificio, pulizia, estetica (decorazione o paesaggio, ecc.), gestione della posta, catering, facchinaggio, manutenzione aree verdi).

Start-up staff (o Transition staff)

Risorsa che si occupa delle attività di pianificazione, implementazione, gestione, avviamento e controllo di una commessa.

Studio di Ingegneria

Team di professionisti che, in caso di necessità, supporta il transition staff durante la fase di presa in carico dei servizi, effettuando indagini di tipo tecnico quali il censimento e attività di due diligence.

Subappaltatore (o subfornitore)

Soggetto che si obbliga nei confronti dell'appaltatore a fornire un'opera e/o una prestazione con mezzi propri.

Subappalto

Contratto fra appaltatore e subappaltatore cui è estraneo il committente. L'appaltatore non può dare in subappalto l'esecuzione dell'opera se non autorizzato dal committente (art. 1656 c.c.).

Ufficio acquisti (UA)

Ufficio deputato alla pianificazione e gestione gli approvvigionamenti dell'azienda e del coordinamento e monitoraggio delle attività di acquisto di beni e servizi, per garantire l'efficienza e miglioramento dei flussi e dei processi di approvvigionamento, ridurre i costi al fine di assicurare un *saving* nel budget di competenza.

Ufficio amministrativo (UAM)

Ufficio impiegato alla organizzazione, gestione e coordinamento dei i servizi amministrativi, contabili e finanziari dell'azienda.

3.2 ACRONIMI E ABBREVIAZIONI

CAFM Computer Aided Facility Management

CM Contract Manager

COM Committente
DD Due Diligence

DPI Dispositivi di Protezione Individuale

DUVRI Documento Unico di Valutazione dei Rischi Interferenti

FM Field Manager

HSO Health&Safety office

HR Human Resources office

IdR Informativa dei Rischi specifici

IT Information Technology

KPI Key Performance Indicator

RSPP Responsabile Servizio Prevenzione e Protezione

SI Studio Ingegneria

SLA Service Level Agreement

SUS Start-up staff

PPM Planned Preventive Maintenance (Manutenzione preventiva programmata)

UA Ufficio Acquisti

UAM Ufficio Amministrativo

4 RESPONSABILITA'

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa che individua, per ciascun soggetto coinvolto nel processo descritto, le responsabilità derivanti dal presente documento.

Soggetti coinvolti nel processo	Responsabilità
Contract Manager (CM)	Identificare la struttura operativa della Start-Up Identificare i team per le manutenzioni non specialistiche Identificare le aziende per le manutenzioni specialistiche Analizzare i bisogni formativi Redigere o aggiornare il piano formativo annuale Occuparsi della formazione delle procedure aziendali PROVIDER IFM Implementazione e firma DUVRI Eseguire prequalifica PROVIDER IFM nel portale di sicurezza del cliente Firma DUVRI aggiornato Selezionare i partner per il subappalto Verificare che il subfornitore abbia completato la prequalifica Inviare richiesta di autorizzazione al subappalto Iscrivere PROVIDER IFM alla piattaforma di accessi del cliente Definire le modalità di fatturazione dei servizi Canone e Extra Canone Valutare le discrepanze emerse dalla due diligence Completare l'adeguamento contrattuale Valutare i PPM di fase Start-Up Lanciare i PPM di fase Start-Up Identificare workflow Avviare i sistemi CAFM Valutare e approvare il sistema di controllo e la struttura del report Condividere i report con il cliente Analizzare e condividere con gli operativi la contabilità della commessa Eseguire il confronto di marginalità in uscita dalla fase di Start-Up rispetto alle previsioni di gara Condividere il confronto di marginalità e i motivi degli scostamenti Indire la riunione di fine Start-Up
Dipendente	Svolgere la formazione prevista del cliente
Field Manager (FM)	Eseguire la definizione operativa della Start-Up nella riunione di kick-off Individuare il CM
Healt&Safety office (HSO)	Organizzare visita medica per nuovi assunti Organizzare formazione e aggiornamento sicurezza
Human Resources office (HR)	Analizzare i bisogni formativi Organizzare corsi di aggiornamento delle competenze lavorative
IT staff	Inserire dati nel sistema informatico

Soggetti coinvolti nel processo	Responsabilità
	Inserire struttura geografica nel sistema Inserire nel sistema gli utenti e i responsabili per la gestione dei tiket Correggere eventuali bug
Responsabile Servizio Prevenzione e Protezione (RSPP)	Eseguire analisi dei DUVRI e delle procedure di sicurezza del cliente Eseguire sopralluogo nell'azienda cliente Redigere IdR Analizzare gap formativo sicurezza del personale
Studio Ingegneria (SI)	Eseguire la due diligence Redigere Documento di presa in carico Redazione dei PPM fase Start-Up
Start-Up Staff (SUS)	Verificare la necessità di strutture operative Inviare richiesta all'UA per indire le gara di appalto Analizzare i bisogni formativi Redigere o aggiornare il piano formativo annuale Inserire dati formazione nel portale di sicurezza del cliente Redigere lista del personale, dell'attrezzatura di PROVIDER IFM e dei subfornitori e inserirla nel portale di sicurezza del cliente Associare i dati della prequalifica con i DUVRI Eseguire sopralluogo nell'azienda cliente Controllare e integrare i DUVRI Preparare i pacchetti di gara Completare il passaggio del personale in articolo 4 Raccolta documentazione subfornitori Presentare richiesta accessi al sito Presentare richiesta accessi al sito Presentare richiesta di accesso ad aeree specifiche Organizzare l'archivio dei documenti (building database) per la parte amministrativa Organizzare le modalità di gestione dei servizi Extra Canone Analizzare le consistenze impiantistiche e i PPM Analizzare le consistenze impiantistiche e i PPM Analizzare le criticità Valutare i \(\Delta \text{ assets} \) Redigere Documento di presa in carico Redazione dei PPM fase Start-Up Preparare dati per la fase di CAFM (censimento, PPM. Workflow) Identificazione struttura geografica Identificazione workflow Raccogliere dati utenti e responsabili per la gestione dei tiket Provare il sistema e valutare corretto funzionamento Definire il sistema e valutare corretto funzionamento Definire il sistema di controllo e la struttura del report Conservare i report Analizzare e condividere con gli operativi la contabilità della commessa Eseguire il confronto di marginalità in uscita dalla fase di Start-Up rispetto alle previsioni di gara Condividere il confronto di marginalità e i motivi degli scostamenti
Ufficio Acquisti (UA)	Indire gara di appalto Occuparsi della contrattazione con i subfornitori Firmare il contratto con i subfornitori
Ufficio Amministrativo (UAM)	Ricevere le modalità di fatturazione dei servizi Canone e Extra Canone

MODALITA' OPERATIVE

La presente procedura descrive le modalità operative di gestione della fase di start-up di un contratto, definendo il quadro generale dei processi attinenti l'inizio dell'erogazione del servizio. La fase di start-up è definita come il periodo che intercorre tra la comunicazione di aggiudicazione definitiva di un nuovo contratto ed il momento in cui si concludono tutte le attività necessarie affinché i servizi previsti dal capitolato possano essere erogati a regime. Tale fase non è prevista per le proroghe contrattuali.

L'erogazione del servizio è l'insieme delle attività volte ad ottenere le prestazioni previste contrattualmente in termini di efficienza, economicità, rispetto delle norme di sicurezza, comfort degli utenti, risparmio energetico e salvaguardia ambientale.

Indipendentemente dalla tipologia di servizio, il processo è suddiviso nelle seguenti fasi:

- Organizzazione
- Formazione
- Health & Safety
- Subappalti
- Logistica
- Amministrazione
- Presa in carico dei servizi
- CAFM
- Reportistica
- Governance
- Chiusura Start-Up

ORGANIZZAZIONE: è la fase in cui si definiscono i ruoli operativi nel processo di start-up e le strategie da adottare per la fornitura di servizi, in questa fase si definisce quale servizio erogare internamente e quale in subappalto inoltre si verificano le necessità delle attrezzature operative;

FORMAZIONE: è la fase in cui avviene l'analisi dei bisogni formativi e la conseguente formazione del personale per quanto riguarda la sicurezza, le competenze lavorative e le procedure in base agli standard sia di PROVIDER IFM che del cliente dove il personale andrà a svolgere il servizio;

HEALT&SAFETY: è la fase relativa alla sicurezza in cui si effettua un sopralluogo nell'azienda cliente e si compila il DUVRI relativa all'appalto, inoltre in questa fase avviene la qualifica dell'azienda, dei subfornitori e del personale;

SUBAPPALTI: è la fase in cui vengono indette le gare di appalto per i servizi che sono erogati esternamente, viene poi raccolta tutta la documentazione e si richiede l'autorizzazione al subappalto;

LOGISTICA: è la fase in cui si predispone l'accesso al sito e il reperimento dell'attrezzatura necessaria all'operatività;

AMMINISTRAZIONE: è la fase in cui si definiscono le modalità di gestione della fatturazione per i servizi a Canone e Extra Canone;

PRESA IN CARICO DEI SERVIZI: è la fese in cui viene eseguita la Due Diligence, che è la base per l'eventuale adeguamento contrattuale, e in cui viene definito il PPM all'interno del documento di presa in carico;

CAFM: è la fase in cui viene costruito il sistema informatico sulla base delle manutenzioni che si andranno a svolgere presso il cliente. Consiste nel caricamento dei dati anagrafici del sito e dei servizi erogati, del PPM e dei responsabili dell'apertura dei ticket, il sistema viene poi provato e verificato il buon funzionamento;

REPORTISTICA: è la fase in cui viene definita la struttura della reportistica facendo riferimento a SLA e KPI;

COMUNICAZIONE E GOVERNANCE: è una fase trasversale in atto durante tutta la commessa e focalizzata sulla definizione dei flussi e dei processi per il controllo e il monitoraggio del servizio. Il CM con SUS definiscono la frequenza e la cadenza dei meeting di governance con il cliente.

CHIUSURA START-UP: fase in cui avviene l'analisi della contabilità della commessa e si chiude la fase di Start-Up.

5.1 ORGANIZZAZIONE

Una volta che il contratto con il cliente è stato firmato, durante la riunione di kick-off, il FM stabiliste i referenti della commessa. In particolare, vengono identificate le figure necessarie allo start-up, viene nominato il CM e vengono ipotizzati gli eventuali partner e subfornitori, in relazione alla loro capillarità sul territorio e dei servizi specialistici richiesti.

Il SUS e il CM nominato definiscono lo staff della commessa a livello amministrativo ed operativo, identificano se e quali manutenzioni verranno svolte dal team operativo interno e quelle per le quali è necessario appoggiarsi a dei subfornitori. Per quanto concerne il team interno, una volta on-boarding, è necessario verificare le specifiche esigenze formative a livello di Health&Safety e HR (competenze tecniche). Nel caso in cui invece si decida di affidare dei servizi in subappalto, deve essere inviata la richiesta all'UA per indire la gara di appalto da parte dello SUS. Lo stesso iter è previsto nel caso di manutenzioni specialistiche da svolgere con aziende esterne. Anche in questo caso lo SUS deve predisporre la richiesta all'UA per indire la gara di appalto per individuare il provider.

Nei casi in cui è previsto da contratto l'affiancamento con la ditta uscente o il passaggio del personale, è previsto che il CM coordini anche gueste attività.

Definita la struttura operativa, lo SUS, al fine di iniziare l'erogazione dei servizi, verifica le attrezzature operative e il materiale di consumo necessario allo svolgimento dei servizi. Di pari passo si predispongono gli accessi del personale al sito/sito e lo SUS richiede a HR la predisposizione del cartellino identificativo secondo D.lgs. 81/08 da esporre durante erogazione del servizio (fase Logistica).

Nel caso di subappalto il CM e lo SUS devono verificare che le attrezzature operative individuate dall'azienda fornitrice siano conformi a quanto stabilito nel DUVRI, con particolare attenzione ai DPI.

ORGANIZZAZIONE (Matrice RAM)					
Attività	Responsible	Accountable	Consulted	Informed	
Definizione operativa della Start-Up nella riunione di kick-off	FM				
Individuazione del CM	FM				
Identificazione team manutenzione	SUS,CM	SUS,FM	UA, HR,HSO		
Identificazione aziende per manutenzioni specialistiche	SUS,CM	SUS,FM	UA		
Verifica necessità strutture operative	SUS			СМ	
Richiesta di indire gara d'appalto	SUS		UA	СМ	

5.2 **FORMAZIONE**

Sia nel caso di personale neoassunto che già presente in PROVIDER IFM presso altro cliente/struttura viene eseguita un'analisi dei bisogni formativi da parte dell'HR in collaborazione con CM e SUS. L'analisi formativa riguarda diversi aspetti: la sicurezza, le competenze lavorative (tecniche-manageriali) e le procedure interne. Sulla base dell'analisi dei bisogni formativi viene redatto dal CM e dallo SUS per ogni dipendente un piano formativo annuale o aggiornato quello in essere sulla piattaforma aziendale. Sarà cura di HSO e HR organizzare i corsi e condividere il calendario delle attività formative con il CM di riferimento.

Nel caso di nuove assunzioni, l'ufficio HSO si occuperà anche della compilazione della scheda di valutazione del rischio del dipendente e in funzione delle mansioni specifiche fisserà con il Medico Competente la visita medica per verificare l'idoneità sanitaria alla mansione e le eventuali visite specialistiche/analisi o vaccini che si dovessero rendere necessari per l'espletamento delle attività. Se si dovesse impiegare personale già presente in azienda, sarà sempre e comunque necessario valutare le capacità tecniche e la formazione conseguita a livello H&S e dove necessario, integrare il piano con ulteriori esigenze formative e aggiornamenti previsti per specifiche mansioni.

A corredo, sarà cura del CM e del personale in staff PROVIDER IFM, la verifica e il recepimento delle procedure PROVIDER IFM e di quelle richieste dal cliente in essere da parte dei nuovi assunti. L'azienda inoltre mette a disposizione di tutti i suoi dipendenti un portale con accesso ai principali applicativi e alla sezione documentazione e procedure in vigore.

L'HR è in capo invece all'organizzazione dei corsi, online o in aula, per la formazione o l'aggiornamento delle competenze lavorative in base all'analisi dei bisogni formativi precedentemente fatta.

Gli attestati di frequenza ed idoneità ricevuti a seguito dei corsi frequentati, vengono condivisi con il cliente per certificare l'idoneità alla mansione del dipendente. Alcune aziende utilizzano piattaforme informative come scadenziario dei certificati ricevuti e per la verifica costante dell'idoneità alla mansione. Il cliente è informato del livello di formazione del personale che opera nel suo sito tramite il portale per la sicurezza dove ogni lavoratore è iscritto e qualificato.

Nel settore farmaceutico è industriale è richiesta in aggiunta una formazione specifica rispetto le normative di settore e sulle procedure redatte dal cliente per la corretta gestione ed erogazione delle attività, soprattutto nel caso in cui siano applicabili le norme in campo GMP. Nel caso specifico, in maniera similare a quanto previsto sopra, viene identificato dal Training Coordinator (lato cliente) un piano di training per ogni risorsa in funzione della specifica mansione. I corsi da seguire per completare questa formazione sono erogati per lo più tramite mezzo informatico.

Se il dipendente era già presente sul sito, prima dall'assunzione in PROVIDER IFM, il piano formativo richiesto dal cliente consiste nel un aggiornamento delle procedure, dove previsto. Se il dipendente neoassunto invece, non risultasse stato presente sul sito deve svolgere la formazione attinente alla sicurezza, alle procedure e alle procedure specifiche (per es, GMP) proprie del cliente.

FORMAZIONE (Matrice RAM)					
Attività	Responsible	Accountable	Consulted	Informed	
Analisi dei bisogni formativi	CM,SUS	SUS,FM	HR,HSO		
Redazione o aggiornamento del piano formativo annuale	CM,SUS	SUS,FM	HR,HSO		
Organizzazione corsi di aggiornamento competenze lavorative	HR	СМ		SUS	
Organizzazione visita medica	HSO	CM		SUS	

FORMAZIONE (Matrice RAM)					
Attività	Responsible	Accountable	Consulted	Informed	
Organizzazione formazione sicurezza	HSO	СМ		SUS	
Organizzazione formazione procedure aziendali PROVIDER IFM	СМ	FM			
Accreditamento portale di sicurezza del cliente	SUS	SUS	HSO	Cliente	
Svolgimento formazione cliente (sicurezza e procedure)	Dipendente	CM		Cliente	

5.3 HEALTH & SAFETY

Lo SUS si occupa dell'accreditamento di PROVIDER IFM come fornitore in conformità a quanto previsto dalle norme in maniera di sicurezza, presentando, ove presente, su piattaforma informativa, i documenti societari e di regolarità contributiva (camera di commercio, DURC...). Viene inoltre predisposta dallo SUS una lista del personale e delle attrezzature di PROVIDER IFM e degli eventuali subfornitori che entreranno nell'azienda cliente per svolgere il servizio, e condivisa con il cliente per autorizzazione all'accesso.

Il processo di prequalifica ed accreditamento del subappaltatore PROVIDER IFM e subfornitori si conclude con la valutazione da parte del HSO del cliente e con la richiesta di accessi nelle aree specifiche del DUVRI.

All'inizio della commessa avviene un sopralluogo sul sito a cui partecipano il RSPP e lo SUS per individuare i possibili rischi di interferenza dovuti alla presenza del personale e allo svolgimento dei servizi. Il DUVRI redatto dal cliente e le procedure di emergenze vengono inviate al CM affinché possa essere compilato per la parte relativa ad PROVIDER IFM e i subfornitori. In virtù del sopralluogo lo SUS e il RSPP sono in possesso delle informazioni necessarie alla compilazione del DUVRI che viene poi approvato e firmato dal cliente e dal CM. Quindi le misure individuate vengono implementate dal CM per la parte relativa alla fornitura dei servizi. La compilazione e firma del DUVRI risulta essere la conditio sine qua non affinché risulti possibile l'accesso sul sito insieme alla lista del personale e l'autorizzazione dei subappalti.

Il RSPP, oltre al DUVRI, produce anche l'IdR. In questo documento è individuato un piano operativo in cui si evidenziano le mansioni, le attività, i rischi e i DPI correlati per ogni dipendente.

HEALTH&SAFETY (Matrice RAM)					
Attività	Responsible	Accountable	Consulted	Informed	
Accreditamento portale di sicurezza del cliente: doc. amministrativa	SUS	SUS	HR,HSO	Cliente	
Accreditamento portale di sicurezza del cliente: doc. personale	SUS	SUS	HR,HSO	Cliente	
Sopralluogo	RSPP	CM	SUS	Cliente	
Compilazione e firma DUVRI	CM	FM	RSPP	RSPP	
Completamento prequalifica e creazione appalto	SUS	SUS		Cliente	
Eventuale revisione DUVRI e procedure di emergenza del cliente	RSPP	HSO	SUS		
Redazione IdR	RSPP	HSO	SUS		
Controllo e integrazione DUVRI finale	СМ	FM	RSPP		
Firma DUVRI aggiornato	CM	FM	RSPP		

HEALTH&SAFETY (Matrice RAM)						
Attività	Responsible	Accountable	Consulted	Informed		
Analisi gap formativo su sicurezza del personale coinvolto	СМ	RSPP	RSPP,HSO			

5.4 **SUBAPPALTI**

Nel caso in cui in fase di organizzazione sia stata prevista l'erogazione dei servizi tramite fornitori terzi, la richiesta per il subappalto viene inoltrata dallo SUS allo UA. La gara di appalto viene indetta da parte dell'UA sia nel caso di subappalto di Hard service che nel caso di Soft service. I pacchetti di gara (consistenze, PPM, Capitolato) vengono preparati dallo SUS e la selezione dei vincitori è svolta dal CM della commessa.

Nel caso in cui il servizio fosse erogato in subappalto anche nella precedente gestione si può predisporre di utilizzare lo stesso subfornitore in quanto già accreditato presso l'azienda. In questa eventualità anziché indire la gara di appalto si può procedere con una proposta di contratto sulla riga di quello che precedentemente vigeva tra subfornitore e azienda uscente.

Una volta definito il subfornitore utilizzato, avviene la contrattazione con il subappaltatore e la stesura del contratto di cui si occupa l'UA.

Se il fornitore scelto non è già presente nel sistema di fornitori PROVIDER IFM questo deve accreditarsi alla piattaforma dedicata di PROVIDER IFM. Eseguito questo passaggio, se il cliente utilizza un propria piattaforma di accreditamento per la raccolta della documentazione sulla sicurezza, deve avvenire tale procedura. Affinché questo avvenga deve essere stato completato l'accreditamento sulla medesima piattaforma del cliente da parte di PROVIDER IFM. Nell'accreditamento vengono inseriti tutti i documenti relativi al subfornitore così che questi possano essere analizzati dal cliente per l'approvazione. Lo svolgimento delle attività suddette da parte del subfornitore deve essere vigilato da parte del CM.

Una volta che sono avvenuti i necessari accreditamenti, lo SUS si occupa della raccolta della documentazione necessaria relativa al fornitore e si presta alla preparazione della richiesta di autorizzazione al subappalto che viene vagliata dal cliente. Se viene accettata la richiesta, avviene la firma dell'autorizzazione da parte del CM e del cliente.

Nel caso i servizi riguardino personale assunto con il CCNL multiservizio lo SUS si occupa, se necessario, del passaggio a PROVIDER IFM del personale dipendente dell'appaltatore uscente, secondo quanto previsto dall'art. 4 del CCNL-Pulizia/multiservizi.

SUBAPPALTI (Matrice RAM)							
Attività	Responsible	Accountable	Consulted	Informed			
Richiesta di indire la gara di appalto	SUS,CM	SUS,FM	UA	СМ			
Preparazione pacchetti di gara	SUS	SUS	UA	CM			
Proposta dei partner	SUS,CM SUS,FM		UA	Cliente, UA			
Contrattazione col subfornitore	UA			SUS,CM			
Passaggio personale multiservizio in articolo 4	SUS,CM	HR	HR	Cliente			
Raccolta documentazione subfornitori	SUS	FM	UA	UA			
Controllo iscrizione e prequalifica subfornitori	SUS	FM		UA			
Presentazione richiesta di autorizzazione al subappalto	SUS	FM		Cliente			

5.5 LOGISTICA

La fase prevede due sottofasi:

- Richiesta accessi e creazione badge
- Accesso attrezzature e strumenti

Per la parte richiesta di accessi è richiesta la compilazione dell'anagrafica su piattaforme di accesso (es, FIELGASS) per ogni dipendente, per il quale viene richiesta la generazione di un account e la dotazione lavorativa per lavorare sul sito, ed è associato un manager di riferimento. A seguito dell'approvazione dal manager del cliente, viene consegnata la dotazione e viene richiesta la creazione di badge di accesso agli spazi comuni e successivamente alle specifiche aree d'accesso.

Per completare il processo di accesso il dipendente deve essere autorizzato anche dal punto di vista H&S dall'ufficio HSO del cliente. Oltre a questo PROVIDER IFM deve aver completato con successo l'iter di accreditamento presso il cliente. Nel caso di subappalto per avere l'accesso è inoltre necessario che sia firmata l'autorizzazione al subappalto.

Le azioni compiute in questa fase sono:

- compilazione dell'anagrafica su piattaforme di accesso eseguita dal CM;
- richiesta di accesso del personale alle aree comuni eseguita dallo SUS;
- creazione di account personale e dotazione del badge da parte del cliente;
- richiesta di dotazione aggiuntiva al cliente presentata dal dipendente;
- svolgimento della formazione lato cliente da parte del dipendente (come illustrato nelle fase di formazione)
- presentazione da parte del SUS della richiesta di accesso alle aree specifiche.

Una volta che la formazione è terminata, è avvenuto l'integrazione degli accessi per le aree specifiche e si è ottenuta una valutazione positiva dell'iter di qualifica relativo alla sicurezza per PROVIDER IFM e i subfornitori, può iniziare l'erogazione del servizio.

LOGISTICA (Matrice RAM)						
Attività	Consulted	Informed				
Compilazione anagrafica fornitore su piattaforma cliente	SUS,CM	SUS,FM		Cliente		
Richiesta accessi al sito e account	SUS	SUS		Cliente		
Creazione account e dotazione badge accesso	Cliente		SUS	Dipendente		
Richiesta dotazione: PC	SUS	SUS	Dipendente	Cliente		
Richiesta accessi aree specifiche	Dipendenti	CM	Cliente	Cliente		

5.6 AMMINISTRAZIONE

Lo SUS organizza l'archivio dei documenti (building database) , contenente l'insieme dei dati e delle informazioni relative agli asset soggetti alla fornitura dei servizi.

La definizione delle modalità di fatturazione dei servizi definiti a Canone e dei servizi definiti Extra Canone, in conformità a quanto pattuito contrattualmente, avviene in riunioni apposite a cui partecipano il CM e il

cliente. Lo SUS può partecipare e collaborare con il CM. Una volte definite le modalità di fatturazione queste vengono inviate all'UAM di PROVIDER IFM.

Le modalità di gestione dei servizi solo Extra Canone devono essere definite dal CM e dallo SUS e poi condivise con il cliente che le deve approvare.

AMMINISTRAZIONE(Matrice RAM)								
Attività Responsible Accountable Consulted								
Organizzazione Archivio	SUS	SUS						
Definizione modalità di fatturazione Canone	SUS,CM	SUS,FM	UAM	UAM				
Definizione modalità di fatturazione Extra Canone	SUS,CM	SUS,FM	UAM	UAM				
Organizzazione modalità gestione Extra	SUS,CM	SUS,FM	Cliente	Cliente				

5.7 PRESA IN CARICO DEI SERVIZI

Completata la fase di Logistica è possibile l'inizio dell'attività. Ad inizio commessa viene eseguita dallo SUS un'analisi delle consistenze impiantistiche e dei PPM, ovvero i piani di manutenzione programmata, di gara redatti dal cliente. Successivamente avviene la richiesta da parte dello SUS allo SI di effettuare il censimento degli impianti e la DD in cui viene investigato la composizione e lo stato manutentivo degli elementi dell'impianto.

Il censimento e la DD vengono effettuati dallo SI attraverso il sopralluogo dell'azienda cliente. Concluse queste operazione viene consegnato allo SUS una relazione relativa all'attività. Quindi vengono individuate dallo SUS le criticità e le differenze tra gli asset dichiarati dal cliente e gli asset riscontrati nella DD.

In base all'analisi dello SUS, le discrepanze emerse vengono identificate e valutate dal CM e dal cliente congiuntamente. Se le discrepanze sono ritenute critiche può avvenire una fase di adeguamento contrattuale in cui il CM concorda con il cliente le modifiche da apportare al contratto. Quando il nuovo contratto è stato approvato e firmato viene redatto il documento di presa in carico finale da parte dello SUS e del SI. In questo passaggio, se gli asset interessati dall'adeguamento contrattuale sono trattati in subappalto, può essere necessario un passaggio dell'UA per negoziare un adequamento contrattuale con i subfornitori.

Avvenuta la presa in carico, viene rivisto il PPM da parte dello SUS e dello SI. Il PPM redatto consta di un calendario delle manutenzioni programmate considerando le frequenze indicate dal cliente e le variazioni a queste proposte per migliorare il servizio e in base alla DD. Il PPM viene analizzato dal CM se viene ritenuto adeguato è inviato al cliente per l'approvazione. Una volta approvato il PPM può entrare a regime.

Completati i passaggi è compito dello SUS redigere la documentazione necessaria al sistema CAFM. Tale documentazione comprende: la lista di asset derivata dalla DD, il calendario degli interventi, il PPM e il workflow.

PRESA IN CARICO SERVIZI (Matrice RAM)						
Attività	Consulted	Informed				
Analisi consistenze impiantistiche e PPM	SUS,CM	SUS,FM		SI		
Censimento e Due Diligence	SI		SUS,SI	Cliente		
Valutazione Δ assets	SUS,CM	SUS,FM				
Contrattazione e firma adeguamento contrattuale	SUS,CM	SUS,FM		Cliente		

PRESA IN CARICO SERVIZI (Matrice RAM)									
Attività Responsible Accountable Consulted Inf									
Redazione documento di presa in carico	SI		SUS,SI						
Redazione PPM	SUS	SUS	CM,Cliente	Cliente					
Preparazione dati censimento, PPM, workflow per CAFM	SUS	SUS	CM,Cliente						
Lancio del PPM	SUS,CM	FM		Cliente					

5.8 **CAFM**

Nel momento della presa in carico dei servizi vengono inseriti nel sistema informatico dall'IT: la struttura geografica del cliente indicando le posizioni di ogni sito, gli impianti e il PPM. Questi ultimi due elementi derivano dalla DD, se ancora non è stata effettuata la DD si inserisce una lista provvisoria fornita dal cliente che sarà poi aggiornata. Vengono poi identificati i workflow dal CM e dallo SUS e vengono inseriti nel sistema dall'IT.

· Per manutenzione a GUASTO.

Una lista di asset e i relativi referenti deve essere fornita dal cliente. Devono poi essere individuate individuare le varie autorizzazioni ad aprire i ticket, approvarli e consultarli, di questa operazione è responsabile lo SUS. Le informazioni ottenute dal cliente e individuate dallo SUS devono poi essere inserite nel sistema dall'IT. Oltre a questo devono essere definiti gli stati dei ticket e la loro sequenza dal CM e dallo SUS per poi condividerli con il cliente.

Definito tutto, si procede con l'avvio del sistema per la gestione di interventi a richiesta da parte del CM e si informa il cliente. L'emissione di ticket e i guasti sono poi raccolti all'interno del sistema IT.

Per manutenzione ORDINARIA

Il sistema informatico costruito dall'IT viene testato dallo SUS e ne viene valutato il corretto funzionamento. Con questo si intende che tutte le informazioni necessarie devono essere all'interno del database e che i non ci siano errori nel sistema. Se la valutazione del SUS riguardo al sistema è negativa, le correzioni necessarie sono in capo l'IT. Se la valutazione è positiva, il sistema viene testato dal cliente e ne viene valutato il corretto funzionamento. Se la valutazione del cliente è negativa le correzioni sono in capo allo SUS e all'IT. Se la valutazione del cliente è positiva si procede con l'avvio del sistema con piene funzionalità da parte del CM.

CAFM (Matrice RAM)								
Attività Responsible Accountable Consulted 1								
Inserimento dati, struttura geografica e responsabili nel sistema	IT		SUS					
Identificazione workflow	CM,SUS	SUS,FM	Cliente, IT					
Definizione lista utenti ed approvatori	SUS	SUS	Cliente, IT					
Prova del sistema e valutazione corretto funzionamento	IT,SUS	SUS						
Avvio del sistema	IT	FM		Cliente				

5.9 REPORTISTICA SLA-KPI

Una volta che i servizi sono avviati è necessario produrre dei report per monitorare l'andamento dei servizi. La struttura del report viene definita dallo SUS indicando quali KPI e quali altri dati inserire sulla base del SLA. La struttura viene poi valutata dal CM e quindi proposta al cliente. Ulteriori modifiche alla struttura possono essere proposte dal cliente.

Una volta definita la struttura del report questi devono essere prodotti e conservati, di questa operazione se ne occupa lo SUS. Quando la commessa è a regime il CM è in capo alla condivisione dei report con il cliente. La condivisione avviene circa ogni tre mesi. Nella fase di start-up la condivisione può avvenire anche con maggiore frequenza, per esempio mensile o settimanale.

REPORTISTICA SLA-KPI (Matrice RAM)								
Attività Responsible Accountable Consulted In								
Definizione sistema di controllo e struttura del report: SLA , KPI	SUS,CM	SUS,FM	Cliente	Cliente				
Conservazione e aggiornamento dei report	SUS	CM						
Condivisione trimestrale dei report con il cliente	SUS,CM	SUS,FM	Cliente	Cliente				

5.10 COMUNICAZIONE E GOVERNANCE

La governance comprende tutte le figure di alto livello nella gestione della commessa, il CM e lo SUS. La governance si occupa dell'integrazione informativa tra cliente e PROVIDER IFM garantendo la corretta esecuzione dei servizi nei suoi vari aspetti e interfacciandosi con gli uffici operativi e con il cliente.

Durante il periodo di start-up avviene una continua comunicazione con il cliente allo scopo di monitorare il servizio e ricevere feedback allo scopo di arrivare in condizione di erogazione del servizio a regime. Le modalità di comunicazione vengono definite dal referente del contratto di PROVIDER IFM, il CM in collaborazione con il SUS, con il referente del cliente.

Una modalità di comunicazione sono le riunioni a cadenza settimanale o mensile a cui partecipano la governance e il cliente. Lo scopo della comunicazione con il cliente è di verificare:

- Lo sviluppo delle fasi di start-up sopra descritte,
- la contabilità della commessa,
- l'andamento del servizio (fatturazione, sistema informatic CAFM), etc.),
- la reportistica della commessa e la sua condivisione.

Le riunioni tra governance e cliente sono le occasioni anche per riesaminare il contratto nel caso sorga la necessità. Allo scopo di ampliare i contratti in essere, è compito della governance individuare possibilità per proporre al cliente studi di reingegnerizzazione e efficientamento energetico dell'impianto. In capo a quest'ultima attività vi è il tema di efficientamento energetico, un reparto dell'azienda PROVIDER IFM dedicato allo studio di soluzioni di efficientamento energetico.

COMUNICAZIONE E GOVERNANCE (Matrice RAM)								
Attività Responsible Accountable Consulted Info								
Definizione modalità comunicazione con cliente	CM, SUS	FM,SUS	Cliente	Cliente				
Analisi contabilità della commessa ed andamento	CM,SUS	FM,SUS	Cliente	Cliente				
Proposte di reingegnerizzazione dei servizi	CM,SUS	FM,SUS	SI	Cliente				
Proposte di efficientamento energetico	Team eff. En.		CM,SUS	Cliente				

5.11 CHIUSURA START-UP

Nella gestione globale della commessa è compresa la contabilità della commessa. La governance è quindi in carico all'analisi della contabilità della commessa ed è suo compito identificare i referenti del contratto all'interno di PROVIDER IFM e della struttura cliente.

L'analisi eseguita è poi condivisa con gli operativi e viene effettuato da parte del CM e dello SUS il confronto di marginalità in uscita dalla fase di start-up con le previsioni di gara. Il confronto di marginalità e motivi degli scostamenti vengono poi condivisi con il FM.

Al termine della fase di Start-Up viene convocata dallo SUS la riunione di chiusura start-up con definizione del margine operativo lordo.

COMUNICAZIONE E GOVERNANCE (Matrice RAM)							
Attività Responsible Accountable Consulted I							
Confronto marginalità in uscita dalla fase start-up rispetto alla previsione di gara	CM,SUS	FM,SUS					
Condivisione confronto di marginalità e motivi scostamenti	CM,SUS	FM,SUS		FM			
Riunione di chiusura start-up	CM,SUS	FM,SUS		FM			

3.2.1 Commenti alla procedura

La procedura illustrata è piuttosto complessa in quanto il processo che regola è molto vario, stilare una procedura che possa valere per ogni tipo di manutenzione non è semplice e rende inevitabile una certa genericità. Nonostante questo la procedura presenta comunque una linea di seguire che può risultare utile soprattutto per chi non è esperto del settore.

Per quanto riguarda l'applicazione della norma ISO 9001 alla procedura, questa non è stata applicata con l'intento di una certificazione ma si possono riscontrare nella procedura alcuni principi base proposti della normativa.

Il ciclo PDCA è ben visibile in quanto proposto dalla procedura. La prima fase identificata è quella di organizzazione in cui viene individuato a priori il personale che andrà a svolgere la manutenzione e se questo sarà interno o esterno, si assiste quindi ad una pianificazione generale della commessa così come suggerito dalla norma.

L'azione è descritta nelle fasi successive e a questa è sempre legata una fase di controllo, sia questo interno o in relazione con il cliente. Tramite i vari portali informatici il cliente è sempre informato di quanto avviene durante la fase di Start-Up e quindi si ha un continuo scambio di informazioni e feedback. Inoltre alcune fasi sono strettamente legate al controllo delle attività, la fase di contabilità, ad esempio, in cui si esegue un controllo interno a verificare se i ricavi sono quelli previsti o meno. Una volta fatto il controllo è sempre prevista una possibilità di miglioramento secondo quanto rilevato.

Un altro concetto fondamentale esposto dalla norma è quello del risk-based e anche questo aspetto è rispettato dalla procedura. Innanzitutto nella fase di organizzazione in cui viene considerata la commessa nel suo intero e quindi anche possibili criticità. L'esecuzione dell'attività di censimento e due diligence è in questo senso basilare per evitare futuri problemi e sfruttare a pieno opportunità positive non preventivate.

Anche altri aspetti sono ben rispettati. L'identificazione univoca dell'attore che svolge ogni compito è ben chiara nella procedura e soprattutto negli schemi. Allo stesso modo è definito chi deve controllare l'operato del personale, in particolare tramite l'utilizzo dello strumento della matrice RAM. La norma dedica molto spazio al tema dell'archiviazione dei dati e della documentazione e nella procedura ci sono varie fasi di building database e si dedica una fase intera alla reportistica, inoltre grazie all'utilizzo del sistema CAFM parte della documentazione è prodotta in automatico.

In definitiva, nonostante la procedura non possa essere certificata, questa presenta molti aspetti in linea con quelli presentati dalla normativa a evidenziare come a prescindere dalle certificazioni le aziende tendono a lavorare seguendo principi razionali e di buon senso come il ciclo PDCA l'approccio risk-based.

In generale l'idea della redazione di una procedura riguardante il processo di Start-Up è stata ben accolta dell'azienda e vista come necessaria, tanto che in contemporanea con la stesura della procedura illustrata, pensata per l'area industry, è stata redatta un'altra procedura per la Start-Up per l'area del settore terziario.

La necessità di regolamentare il processo di Start-Up derivava da una modifica delle posizioni all'interno dell'azienda. Alcuni dipendenti hanno cambiato mansione e hanno dovuto scontrarsi con un'attività che non conoscevano e che fino ad allora era stata gestita grazie a conoscenze personali e non strutturate all'interno dell'azienda. La procedura così redatta permette una comprensione anche a personale non esperto del settore.

4. ANALISI DATI ENERGETICI E STUDIO EFFICIENTAMENTO ENERGETICO

4.1 Descrizione dell'impianto e del processo

Sempre all'interno dell'ambito del Facility management si sposta adesso l'attenzione sui consumi energetici degli edifici e sulla loro possibile riduzione e, in tal caso, quali strategie adottare. Nello specifico è stata condotta un'analisi dei consumi elettrici di un plesso industriale farmaceutico nella parte meridionale della Toscana. Il plesso presenta per lo più uffici e laboratori di ricerca, solo una porzione molto piccola e residua è dedicata alla produzione di farmaci in quanto la maggior parte della produzione è stata spostata in una zona limitrofa dove era permesso l'uso di spazi più ampi e quindi più consoni alla produzione su larga scala.

Il plesso, mostrato in Figura 5, è suddiviso all'interno in tante strutture più piccole, molte di queste erano un tempo case abitate e non uffici e tale è rimasto il loro aspetto esterno. L'insieme di uffici e laboratori si presenta quindi da fuori come un piccolo quartiere dove la vita residenziale ha lasciato spazio a quella lavorativa. Alcune strutture sono invece di nuova costruzione pur rimanendo ben integrate nel panorama architettonico generale.

Il fatto che molte strutture non siano di recente costruzione e che fossero progettate come case residenziali e non per l'impiego odierno presenta, ovviamente, ricadute dal punto di vista energetico per quanto molti ambienti siano stati ristrutturati.



Figura 5 Mappa dell'impianto

Poiché l'analisi dei dati è stata condotta per conto di ENGIE e non direttamente dall'azienda farmaceutica, anche se ENGIE ha un contratto per la fornitura di vari servizi e ha cominciato a lavorare in stretta collaborazione con questa, l'accesso ai dati utili non è stato immediato. Nelle realtà farmaceutiche, data l'altissima sensibilità delle informazioni riguardo ai prodotti, l'accesso a qualsiasi dato deve passare per lunghe procedure nonostante questo non sia strettamente legato alla produzione e alla ricerca di farmaci. L'accesso ai luoghi è allo stesso modo strettamente regolamentato e per questo non è stato possibile osservare direttamente l'interno degli edifici di cui si avevano i dati dei consumi se non in rarissimi casi.

A livello impiantistico non è stato possibile avere accesso ai siti e quindi la conoscenza degli impianti è superficiale. Per quanto riguarda gli uffici il riscaldamento è effettuato tramite un circuito di acqua calda alimentato con caldaie, queste possono servire un solo edificio oppure un gruppo contenuto di edifici. Il raffrescamento degli uffici è invece soddisfatto tramite l'uso di climatizzatori a parete.

Nei reparti in cui avviene la produzione o sono presenti laboratori e macchinari sono necessari flussi di acqua fredda, di acqua calda e di vapore utili ai processi, a questo si aggiunge il riscaldamento e il raffrescamento ambientale. Il plesso è costituito da 55 edifici e all'interno di 23 di questi vengono svolti processi come la conservazione di ceppi batterici, la cultura batteriche, la purificazione e, dato l'utilizzo di patogeni, la sterilizzazione. Una presentazione dei processi tipici dell'industria farmaceutica è mostrata in seguito. La produzione di calore per il riscaldamento e per la generazione di vapore avviene tramite caldaia. Il raffreddamento degli ambienti e l'energia frigorifera necessaria al processo sono prodotti da chiller alimentati ad energia elettrica. Esistono nello specifico quattro centri di produzione di energia frigorifera: reparto di produzione, reparto di ricerca, reparto di sviluppo e la villa, edificio storico presente nel sito. I circuiti di acqua calda e fredda di questi reparti sono limitati agli edifici che servono, tuttavia è stata presa in considerazione l'unione progressiva dei circuiti.

Una rappresentazione dei flussi energetici nell'impianto è data in Figura 6.

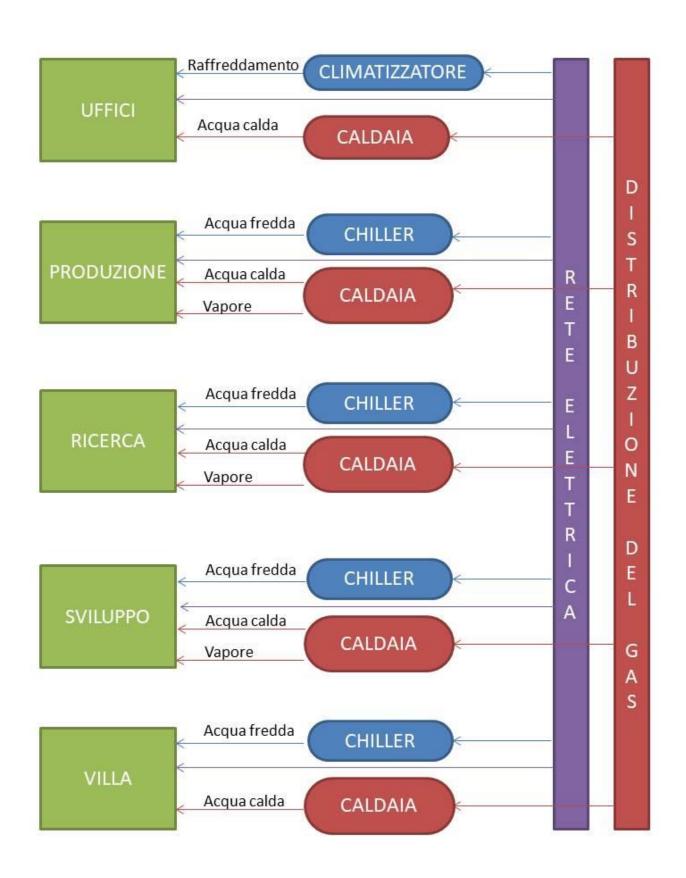


Figura 6 Schema impianto e flussi energetici nel sito

Sono stati forniti dati per quanto riguarda i soli consumi elettrici relativi agli anni 2016 e 2018 e i consumi termici relativi al 2016. I dati sono stati forniti in modalità differenti e con dettagli differente, l'analisi dei suddetti dati è illustrata nelle pagine seguenti.

Non è stata fornita alcuna indicazioni in merito alla suddivisione dei consumi tra il processo, le attività di ufficio e il riscaldamento o raffrescamento ambientale. È stata quindi effettuata una stima della percentuale dei consumi legati al processo; per questo calcolo sono stati utilizzati i dati relativi al 2018 ricavati come illustrato successivamente nello studio e rappresentati in Figura 42. Per i consumi termici si è proceduto ritenendo come legato al processo il consumo residuo costante durante tutto l'anno. Per il consumo di calore si è considerato come valore di fondo la media del consumo a luglio pari a 3385 kW, il fabbisogno legato al processo risulta quindi intorno al 70%. Il consumo frigorifero di fondo è stato calcolato come la media di consumo dei primi tre mesi dell'anno e risulta pari a 1475 kW, del consumo totale circa il 60% risulta legato al processo. Per i consumi elettrici questo calcolo non può essere fatto in quanto un gran parte del consumo di fondo è imputabile agli uffici. Considerando che, come detto prima, circa la metà degli edifici è adibita al processo e considerando che le attività industriali sono più energivore rispetto a quelle di ufficio, è presumibile che la quota parte del consumo elettrico del processo sia poco maggiore del 50%, in un range che va dal 50% al 70%.

4.1.1 Descrizione del processo

A livello di processo in ambito farmaceutico si distinguono tre tipi di attività all'interno dello sviluppo del prodotto. (19) La prima fase è quella della ricerca e sviluppo ed è quella che richiede anche la maggior quantità di tempo, al suo interno si divide in altre quattro momenti. Nel primo, chiamato pre-clinico, i prodotti vengono testati sugli animali per verificare l'attività biologica e la sicurezza del farmaco. Il secondo momento prevede la prova del farmaco sugli umani che coinvolgono progressivamente sempre più persone. Per prima cosa si verifica la sicurezza del farmaco, quindi l'efficacia. Le fasi pre-clinica e clinica hanno una durata media di sei anni, completate queste un farmaco può essere approvato e prodotto. Una volta sul mercato continua il monitoraggio del farmaco e della sua sicurezza. Nella fase di ricerca e sviluppo, che è preponderante nel caso studiato, non si individuano quindi processi specifici soprattutto a livello energetico.

Come già detto, se la fase di ricerca e sviluppo va a buon fine può iniziare la produzione del prodotto. La produzione farmaceutica può avvenire per: sintesi chimica, estrazione, fermentazione o una combinazione di queste.

La sequenza del processo di sintesi chimica di sostanze farmaceutiche può considerarsi abbastanza standardizzata, uno schema di questa è mostrato in Figura 7.

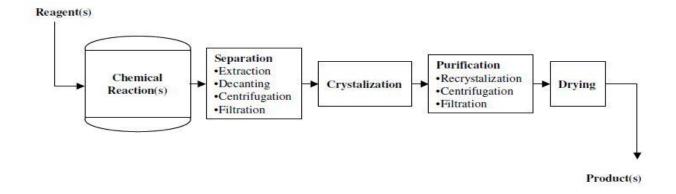


Figura 7 Schema processo produzione farmaceutica (19)

Il primo stadio del processo prevede l'introduzione delle sostanze reagenti in un reattore all'interno del quale si compiono reazioni chimiche che possono necessitare apporto o asportazione di calore. Dopo che le razioni chimiche sono avvenute è necessario separare le componenti utili al farmaco dagli scarti. La separazione può avvenire in diversi modi: estrazione per separare le soluzioni liquide, decantazione per rimuovere liquidi da parti solide, centrifuga per rimuovere parti solide da flussi liquidi, filtrazione.

Il terzo passo del processo prevede la cristallizzazione. La cristallizzazione consiste nella creazioni di cristalli di un prodotto ed è anch'essa un processo di separazione che può essere applicato da solo o in tandem con alcuni dei processi di separazione esposti precedentemente. La cristallizzazione può essere eseguita con reazioni chimiche, con l'evaporazione dei solventi o con il raffreddamento o con altri processi che portano ad una super saturazione di una soluzione. Dopo la cristallizzazione il prodotto viene purificato fino al livello desiderato e asciugato facendo evaporare il solvente.

Nel processo di estrazione si estraggono gli ingredienti necessari da prodotti naturali che li contengono in parti molto piccole. Per effettuare l'estrazione si utilizzano metodi come: la precipitazione, la purificazione e l'estrazione del solvente.

La fermentazione prevede l'utilizzo di reazioni chimiche per la produzione con la peculiarità che queste reazioni sono compiute da microorganismi durante il loro naturale metabolismo. Affinché i microorganismi proliferino è necessario un attento controllo del PH, della temperatura e della quantità di ossigeno nel fermentatore. La fermentazione si compie in tre stadi: seed preparation dove viene preparato l'elemento che contiene gli organismi, la fermentazione vera e propria dove si inseriscono gli organismi nel fermentatore, il recupero del prodotto.

Dopo la fase di produzione la sostanza finale deve essere tratta per ottenere una forma utilizzabile come: pastiglie, capsule, liquidi, creme, unquenti e così via. La forma più comune è quella delle

pastiglie in cui la sostanza viene mescolata ad un filler ed è creata tramite la compressione di polveri. La seconda soluzione più comune è quella delle capsule in cui viene creata una matrice solida all'interno della quale, per iniezione o sfruttando la porosità, viene inserito l'ingrediente farmaceutico.

Il plesso studiato è dedicato principalmente alla ricerca e allo sviluppo e poco alla produzione. Dei processi che vengono eseguiti nello stabilimento non è stato possibile avere informazioni e dato il tipo di impiego è difficile identificare dei processi in quanto la fase di ricerca e sviluppo non prevede processi standard. Si può tuttavia considerare che il plesso è dedicato allo studio e alla produzione di vaccini e riportare da letteratura i processi standard per questa tipologia di prodotto e le temperature. (20) (21) In Figura 8 sono illustrate le fasi necessarie alla produzione di un vaccino.

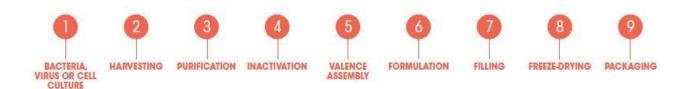


Figura 8 Fasi del processo di produzione di un vaccino (21)

La prima fase del processo di produzione di un vaccino consta nella cultura del patogeno. Nel caso di virus si utilizzano delle cellule animali come ambiente di coltivazione mentre per i batteri si utilizzano mezzi specifici e bioreattori. Successivamente il patogeno è raccolto dalla cultura e viene purificato. Solitamente questo processo avviene tramite centrifugazione della soluzione o attraverso reazioni chimiche, molto spesso vengono utilizzate soluzioni come membrane di filtraggio o cromatografia (22). Dopo la purificazione avviene l'inattivazione del patogeno in modo da ottenerne le proprietà immunologiche, in questa fase il patogeno viene reso inoffensivo, in alcuni casi ucciso tramite l'uso di reazioni chimiche. (23) Una volta che il patogeno non è attivo avviene la combinazione con altri componenti e la formulazione in cui i componenti sono uniti tra loro. La soluzione così creata viene liofilizzata tramite il metodo del freeze drying in modo da mantenere una migliore stabilità e una migliore conservazione che avviene all'interno di unità frigorifere. A questo punto il vaccino può essere confezionato e distribuito.

A livello energetico le prime fasi di cultura del patogeno vengono svolte a temperatura che va dai 20°C ai 40°C ma la temperatura di solito preferita da batteri e virus è intorno a quella corporea, ovvero 37°C. (24) Il processo di inattivazione del virus è compiuto a temperature maggiori di quella di incubazione, con temperature intorno ai 60°C, in alcuni casi fino a 75°C, oppure con cicli a basse temperature, fino a -10°C. (25) . Il freeze drying è effettuata a basse temperature al di sotto del punto triplo dell'acqua e in ambiente a bassissima pressione, tipicamente a temperature che

vanno da -50°C a -80°C. Per il processo di freeze drying si utilizzano macchinari appositi ad alimentazione elettrica. (26). In definitiva si può considerare che per il processo sia necessario un flusso caldo a media temperatura per l'incubazione batterica e, a temperatura poco maggiore, per l'inattivazione. Gli altri processi di assembramento del prodotto finale dipendono dal tipo di reazione e dal prodotto stesso ed è quindi difficile identificare un range di temperature, tuttavia queste devono mantenersi inferiori a 75°C per non inficiare sulla condizione del patogeno nella soluzione. Il vapore è utilizzato invece principalmente per la sterilizzazione degli ambiente e la pulizia necessaria dopo l'uso di sostanze patogene. (27) In Tabella 1 sono riassunti i processi e i flussi energetici principali a loro relativi, in generale è da considerare un consumo di corrente per strumentazione o apparecchiature riconducibile allo svolgimento del processo.

Si ricorda infine che i processi individuati sono stati reperiti in letteratura e quindi è possibile vi sia uno scostamento con il reale processo dell'impianto anche considerando che la principale attività del sito non è la produzione ma la ricerca e lo sviluppo.

Tabella 1 Processi produzione vaccino e fluidi coinvolti

Processo	Energia utilizzata
Incubazione patogeno	Acqua calda bassa temperatura
Harvesting	Elettricità
Purificazione	Elettricità
Inattivazione patogeno	Acqua calda media temperatura
	Acqua e glicole a bassata temperatura
Freeze drying	Elettricità
Conservazione	Acqua fredda
Sterilizzazione	Vapore

4.2 Analisi dei fabbisogni energetici del sito

4.2.1 Consumi elettrici e termici frigoriferi dell'impianto per il 2016

I dati analizzati in questo paragrafo risalgono al 2016, sono stati forniti con dettaglio orario e sono disponibili dal 1 gennaio al 31 agosto. Sono aggregati in quanto riportano i consumi totali senza il dettagli delle cabine. Tuttavia è disponibile una distinzione tra consumi per raffreddamento e consumi elettrici. I consumi denominati di raffreddamento forniti sono intesi come l'energia frigorifera fornita dalle macchine e utilizzata nei circuiti di acqua fredda presenti nell'impianto. Per ottenere l'energia elettrica spesa per generare raffrescamento si è considerato un COP medio pari a 3,5. Questo COP è stato ricavato tramite i valori di targa dei chiller che sono stati analizzati

durante la due diligence. Il consumo elettrico totale del 2016 è stato quindi calcolato come somma dei due consumi.

L'andamento dei consumi da gennaio a agosto con riferimento al tipo di consumo è riportato in Figura 9. Nella figura si è utilizzata la dicitura EL per indicare i consumi non relativi al raffreddamento. Il consumo derivante dalla produzione di energia frigorifera è visibile come la differenza tra il totale e il consumo EL.

Poiché i dati hanno dettaglio orario il grafico dei soli dati grezzi era di difficile interpretazione e per questo sono state calcolate due differenti medie mobili per cercare di ridurre gli andamenti ciclici. La prima media mobile è fatta su 25 dati ovvero poco più di un giorno, in questo modo sono stati appiattiti i vari picchi giornalieri rendendo il grafico più comprensibile.

Rimane tuttavia l'andamento ciclico tipico settimanale in cui nei giorni festivi si hanno dei picchi negativi in quanto non c'è attività lavorativa. Per eliminare anche questa ciclicità è estata effettuata una media mobile a 169 dati e nell'andamento finale non si evidenziano più suddette ciclicità. L' equazione per il calcolo della media mobile a n elementi, con n dispari, della serie Y è l'Equazione 1.

Equazione 1

$$Y_{MM}(t) = \frac{Y_{t-\frac{n-1}{2}} + Y_{t+1-\frac{n-1}{2}} + \dots + Y_{t-1}Y_t + Y_{t+1} + \dots + Y_{t+\frac{n-1}{2}}}{n}$$

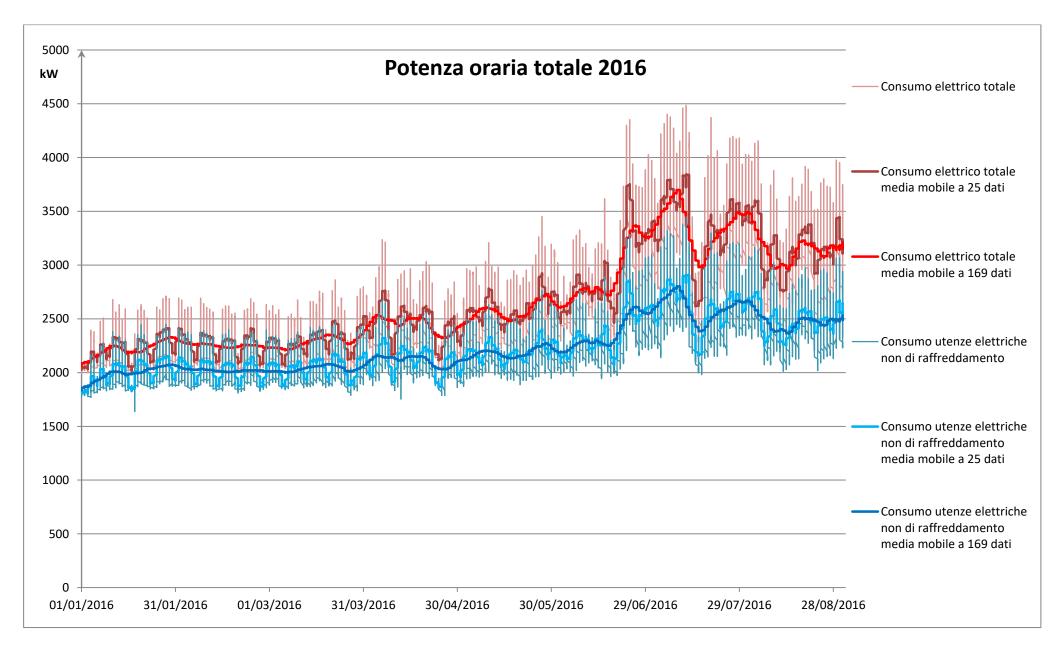


Figura 9 Consumi totale di energia elettrica e consumo per utenze elettriche non di raffreddamento nel 2016 e andamento media mobile a 25 e 169 dati per entrambe le serie

Dai dati relativi ai consumi totali si può notare come questi nei primi mesi dell'anno siano piuttosto stabili, più o meno fino a inizio aprile, mentre si assiste ad una crescita dei consumi da maggio fino a raggiungere il picco a luglio e quindi una lieve decrescita in agosto. Al picco i consumi sono quasi doppi rispetto a quelli del periodo invernale dove ovviamente i consumi da raffrescamento riguardano solo la strumentazione e il processo ma non gli ambienti.

L'andamento individuato per i consumi totali può essere riscontrato, sebbene con dimensioni decisamente minori, anche nel profilo dei dati del consumo elettrico non di raffreddamento denominato EL, ovvero quello legato a tutte le utenze elettriche sia di processo che non che non sono direttamente collegate alla produzione di energia frigorifera (per es. chiller). Anche per questa categoria infatti si individua un picco a luglio che è poco meno del 40% in più rispetto al consumo dei mesi invernali.

Quello rilevato è il tipico andamento di un sistema in cui il raffrescamento degli ambienti nei periodi caldi dell'anno è prodotto con l'utilizzo di singoli climatizzatori split o con l'impiego di chiller a consumo prevalente di energia elettrica, senza quindi l'utilizzo di macchine termiche che sono invece impiegate per il riscaldamento invernale. Le rilevazioni sono quindi coerenti con quanto è presente nel sito a livello di produzione e trasporto di energia.

Purtroppo i dati sono limitati ad agosto e quindi non si può avere la conferma che i consumi diminuiscano nei mesi successivi, come tipico del caso appena descritto, tuttavia già da queste prima osservazioni possono nascere possibili idee di miglioramento per l'efficentamento energetico.

SI è proceduto con lo studio dell'andamento dei consumi per i vari mesi dell'anno. Per fare questo si sono ricavati i consumi giornalieri come somma dei consumi delle ore di ogni giorno e poi sono stati divisi per 24 e messi in funzione del giorno del mese. Questa analisi è stata condotta sia per i consumi totali in Figura 10 che per quelli di solo raffrescamento in Figura 11 e per i consumi EL in Figura 12.

Dai grafici mostrati si ha un ulteriore conferma che i consumi siano legati alla temperatura in quanto i mesi invernali hanno consumi minori e piuttosto costanti rispetto ai mesi estivi dove i consumi sono più variabili, oltre che maggiori. Questo comportamento è estremamente visibile in Figura 11 dove nei primi mesi dell'anno i consumi sono quasi piatti per alzarsi e diventare molto più discontinui all'avvicinarsi della stagione calda.

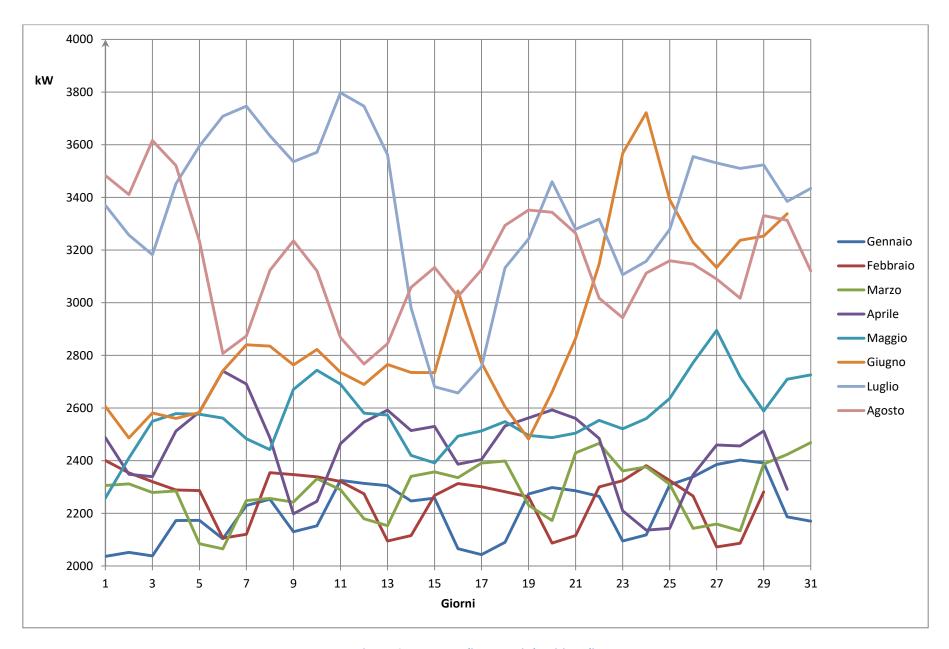


Figura 10 Potenza media consumi elettrici totali

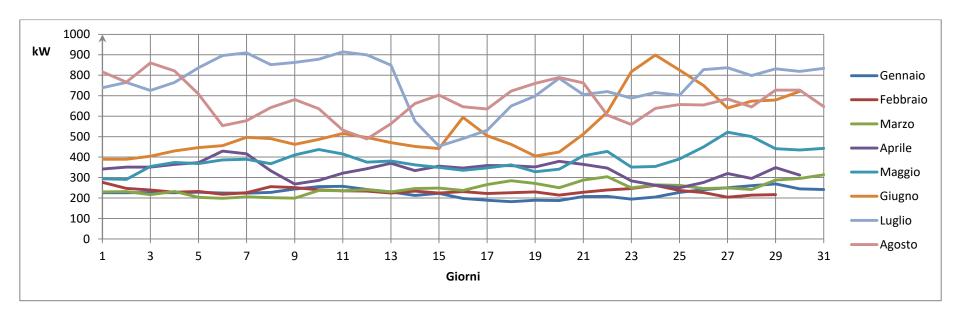


Figura 11 Potenza media consumi per utenze elettriche di cooling

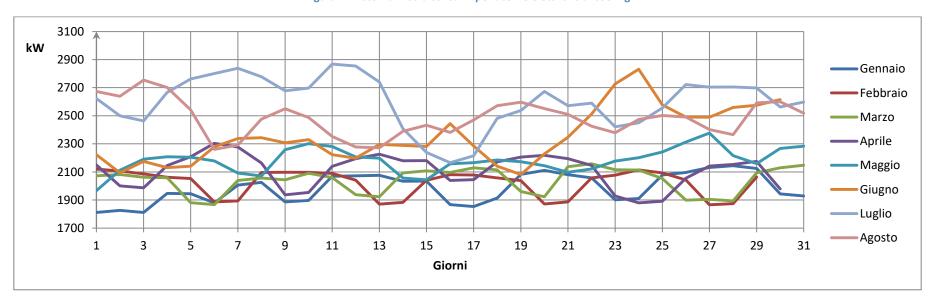


Figura 12 Potenza media consumi utenze elettriche non di cooling

Suddetto andamento non è solo individuabile nei consumi per quanto riguarda il raffrescamento ma anche per i consumi elettrici EL che teoricamente dovrebbero essere indipendenti dalla stagione ma in Figura 12 si distingue bene l'aumento dei consumi tra luglio e gennaio. Questo significa che una parte del raffrescamento è conteggiato all'interno del consumo EL.

Dai grafici in Figura 10, Figura 11, Figura 12 si distingue molto bene nei mesi invernali e primaverili il ciclo settimanale con i consumi di sabato e domenica molto simili tra loro e sempre più bassi rispetto a quelli dei giorni feriali. Nei mesi estivi invece questa differenza tra giorni feriali e giorni festivi va a diminuire e può addirittura capitare che giorni festivi e giorni feriali abbiano consumi simili o addirittura che i consumi festivi siano più alti di quelli feriali come accade per il giorno di ferragosto.

Da questa ultima osservazione si potrebbe dedurre che i sistemi di raffreddamento siano attivi indipendentemente dal giorno. Questo è effettivamente vero in quanto i sistemi legati ai grandi chiller dei reparti ricerca, sviluppo e produzione rimangono accessi costantemente. Per evitare di avere interferenze sulla strumentazione e altra attrezzatura il raffrescamento, anche degli ambienti, è mantenuto costantemente acceso.

Come già detto la distribuzione dei consumi rispetto ai mesi è evidente anche per i consumi EL che in teoria dovrebbero essere slegati dal raffreddamento e dalla stagionalità. La parte di raffrescamento che potrebbe essere compresa all'interno dei consumi EL potrebbe essere quella legata ai climatizzatori dei singoli uffici per i quali il conteggio dei consumi è più difficile, è invece più facile conteggiare il consumo totale dell'ufficio. Nello specifico anche per questi consumi è evidente come all'aumentare della temperatura diminuisca la visibilità dell'andamento settimanale, da queste rilevazioni si può ipotizzare che anche nel caso all'interno dei consumi EL la parte di raffrescamento sia attiva anche durante i giorni festivi. In questi casi non si tratterebbe di un consumo necessario ma anzi di uno spreco sul quale poter intervenire.

Per avere un riscontro dell'ipotesi fatta è stata eseguita la seguente analisi: facendo una media dei dati orari dei consumi EL è stato possibile ottenere delle curve di carico tipiche per ogni mese, distinguendo tra giorni feriali e giorni festivi che, per comodità, sono stati considerati solo come sabato e domenica. I grafici sono mostrati in Figura 13 e Figura 14.

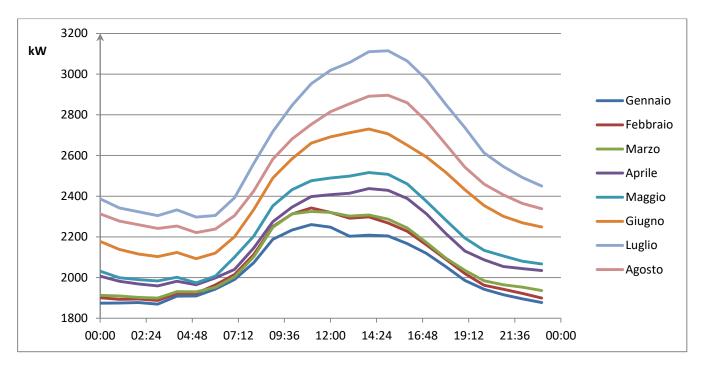


Figura 13 Curva di carico media giorni feriali per consumi utenze elettriche non di raffreddamento

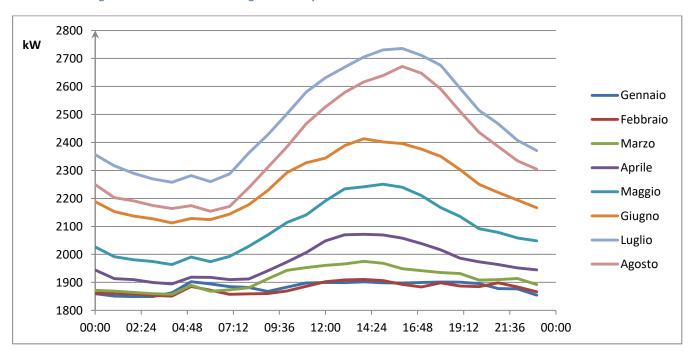


Figura 14 Curva di carico media giorni festivi per consumi utenze elettriche non di raffreddamento

Da questi grafici si riscontra ancora una volta come l'aumento del consumo in estate è probabilmente dovuto al raffrescamento. Se guardiamo ai giorni feriali lavorativi si nota infatti come prima il picco del consumo è nella mattina mentre nei mesi estivi questo si sposta nel pomeriggio e quindi durante le ore più calde. Inoltre è evidente come nei mesi più freddi il carico vari molto poco mentre al cominciare della stagione calde le curve si alzano sempre più fino alla curva maggiore che si ha in luglio.

Il grafico dei giorni festivi evidenzia la stessa tendenza di cui è stato detto sopra, ovvero che con l'aumentare della temperatura esterna aumentano anche i consumi. Le curve relative ai giorni festivi nei mesi freddi sono molto basse e quasi piatte, non evidenziano quindi andamenti marcati. Nei mesi caldi invece le curve seguano l'andamento dei giorni feriali secondo la temperatura esterna.

L'azienda è chiusa durante il fine settimana e dunque i consumi risultano eccessivamente elevati. Per avere un'ulteriore prova che l'incremento dei consumi festivi è effettivamente eccessivo, si è calcolato l'aumento percentuale tra gennaio, mese più freddo, e luglio, mese più caldo, sia dei giorni feriali che festivi. I risultati sono in Tabella 2.

Tabella 2 Variazione percentuale consumi tra inverno e estate

	Gennaio Feriale [kWh]	Luglio Feriale [kWh]	Variazione Feriale	Gennaio Festivo [kWh]	Luglio Festivo [kWh]	Variazione Festivo
00:00	1874	2387	27%	1859	2357	27%
01:00	1875	2343	25%	1851	2317	25%
02:00	1878	2323	24%	1849	2290	24%
03:00	1870	2305	23%	1849	2270	23%
04:00	1909	2333	22%	1863	2258	21%
05:00	1910	2298	20%	1903	2282	20%
06:00	1943	2305	19%	1895	2260	19%
07:00	1991	2392	20%	1885	2288	21%
08:00	2073	2561	24%	1882	2362	26%
09:00	2188	2718	24%	1868	2427	30%
10:00	2234	2847	27%	1883	2503	33%
11:00	2260	2953	31%	1898	2580	36%
12:00	2248	3019	34%	1899	2631	39%
13:00	2203	3057	39%	1899	2669	41%
14:00	2208	3110	41%	1902	2706	42%
15:00	2204	3115	41%	1899	2731	44%
16:00	2167	3064	41%	1898	2736	44%
17:00	2119	2973	40%	1899	2711	43%
18:00	2054	2852	39%	1901	2676	41%
19:00	1986	2737	38%	1901	2594	36%
20:00	1943	2613	34%	1896	2514	33%
21:00	1916	2546	33%	1878	2466	31%
22:00	1895	2492	31%	1877	2407	28%
23:00	1877	2450	31%	1855	2371	28%

I valori mostrati nella Tabella 2 sono molto simili e in alcuni casi la variazione nei giorni festivi è maggiore che nei giorni feriali. Per evidenziare ulteriormente questo fatto i dati sono stati inseriti in un grafico mostrato in Figura 15.

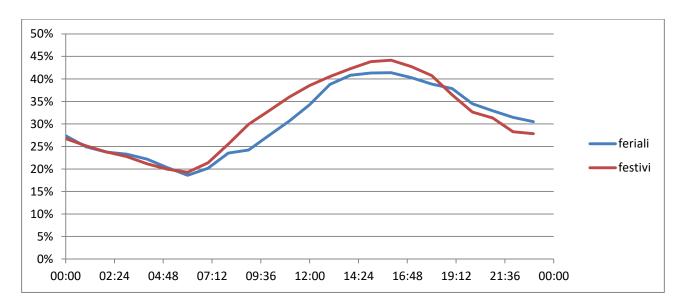


Figura 15 Variazione percentuale consumi tra inverno e estate per consumi utenze elettriche non di raffreddamento

Dal grafico è ancora più evidente come percentualmente la variazione nei giorni festivi sia spesso maggiore di quella dei giorni feriali nonostante, in teoria, nei i giorni festivi il carico dovrebbe essere costante durante l'anno. In definitiva un altro spazio di miglioramento potrebbe derivare dal migliorare il settaggio dei climatizzatori in modo da consumare meno nei giorni in cui gli uffici sono vuoti.

4.2.2 Consumi elettrici dell'impianto per il 2018

I dati finora descritti risalivano al 2016 e, per quanto utili ad individuare possibili campi di miglioramento, sono piuttosto vecchi e nel frattempo la situazione potrebbe essere mutata, senza considerare che erano limitati ad agosto. Per queste ragione era necessario confrontare questi dati con alcuni più recenti, nello specifico l'azienda ha condiviso i dati relativi ai consumi del 2018.

I dati relativi al 2018 sono disponibili per tutto l'anno ma non hanno definizione oraria bensì giornaliera, questo rende impossibile riprodurre analisi a livello di curva di carico giornaliera. Tuttavia non sono stati forniti aggregati ma divisi per le varie cabine, le cabine a loro volta sono suddivise per interruttori così da individuare l'edificio di utenza finale. Non è stata fornita per questi dati la distinzione tra energia elettrica di raffreddamento e quella destinata a altro consumo.

Il carico annuale per il 2018 è mostrato in Figura 16, i dati in figura rappresentano il consumo totale rilevato ogni giorno diviso per le ore giornaliere. Anche in questo caso per eliminare la ciclicità dovuta alle settimane si è provveduto con l'uso di una media mobile a 7 dati.

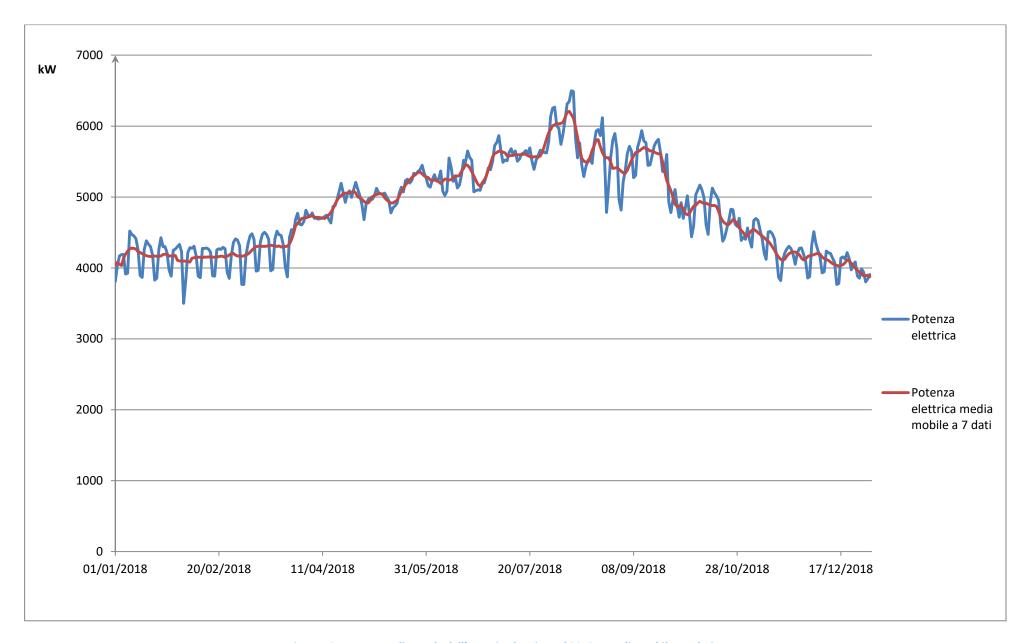


Figura 16 Potenza media totale dell'energia elettrica nel 2018 e media mobile a 7 dati

Dall'andamento in Figura 16 rimane evidente come i consumi abbiano una forte influenza stagionale con un picco dei consumi a agosto in questo caso. Se i dati del 2016, essendo tronchi, non mostravano la riduzione di consumi a settembre e ottobre, in questo caso è ben evidente come i consumi di novembre e dicembre siano simili a quelli di inizio anno.

Per quanto riguarda i consumi giornalieri, questi sono rappresentati in Figura 18 come potenza media giornaliera solo per i mesi che sono rappresentativi delle stagioni, mentre i consumi medi mensili sono mostrati in Figura 17. Anche da questo grafico è possibile vedere come ai mesi più caldi corrispondono potenze maggiori. In particolare, avendo dati per tutto l'anno, si può notare come i mesi siano accoppiati specularmente rispetto al mese con maggiori consumi che nel 2018 è stato agosto.

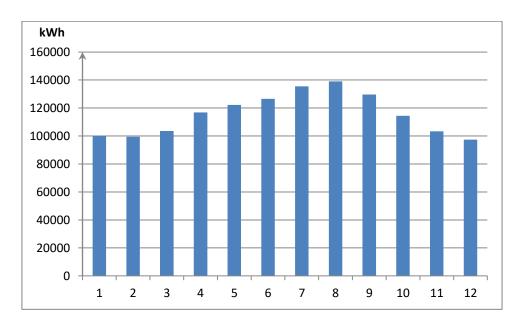


Figura 17 Consumi di energia elettrica medi mensili per il 2018

Per quanto riguarda la variazioni di consumi tra giorni feriali e non anche in questo caso è evidente come nei mesi freddi sia ben netta la separazione tra giorni lavorativi e giorni festivi e come il sabato e la domenica abbiano consumi pressoché identici. Nei mesi caldi invece la separazione rimane ma si fa meno delineata e si ha comunque un notevole aumento dei consumi nei giorni festivi rispetto a quelli che erano in inverno.

Poiché non sono disponibili i dati orari non è possibile fare un'analisi ora per ora della variazione tra i consumi estivi e invernale. È tuttavia possibile fare tale analisi sui consumi medi tra i giorni lavorativi di gennaio e quello di luglio, i risultati di questa analisi sono riportati in Tabella 3.

Tabella 3 Variazione consumi tra periodo estivo e invernale

	Gennaio		Luglio	variazione
Lavorativi	102545 kWh	Lavorativi	136571 kWh	33,18%
Festivi	93389 kWh	Festivi	132604 kWh	41,99%

Anche per il 2018 si evidenzia un aumento dei consumi nei giorni festivi piuttosto marcato e in questo caso anche decisamente maggiore rispetto allo stesso aumento nei giorni feriali. È da considerare però che nel caso del 2016 erano stati analizzati i dati senza considerare i fabbisogni di raffreddamento mentre in questo caso si avevano dati aggregati. Questo può significare che il problema dei consumi festivi persista ma che l'aumento percentuale così elevato sia dato proprio dall'aggregazione dei dati. Dopo una prima analisi dei dati risulta quindi che due possibili interventi per l'efficentamento energetico potrebbero essere legati ai sistemi di raffrescamento e al loro settaggio.

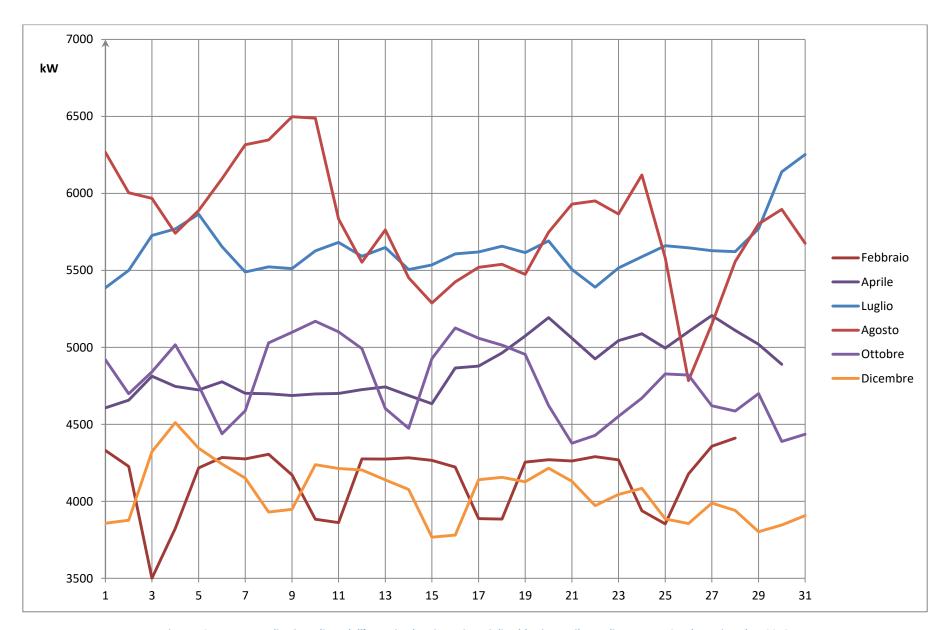


Figura 18 Potenza media giornaliera dell'energia elettrica nei mesi di Febbraio, Aprile, Luglio, Agosto, Ottobre, Dicembre 2018

4.3 Confronto dati

Prima di passare all'analisi delle utenze più critiche e quindi individuare dove meglio intervenire per ottimizzare i consumi, è necessario confrontare i dati dei due anni, 2016 e 2018. Per il confronto sono stati utilizzati i dati del 2018 solo fino al 31 agosto in modo da ottenere una serie temporale coerente con quella del 2016. Per quanto riguarda i dati del 2016 sono stati utilizzati i valori dei consumi di potenza medi giornalieri e non quelli orari in modo da essere in linea con il dettaglio dei dati del 2018.

I dati, come è stato detto prima, sono influenzati dalla temperatura esterna e per questo motivo prima di confrontare i consumi è utile fare un confronto tra le temperature medie che si sono registrate vicino al plesso industriale (28). Le temperature esterne medie sono mostrate in Figura 19.

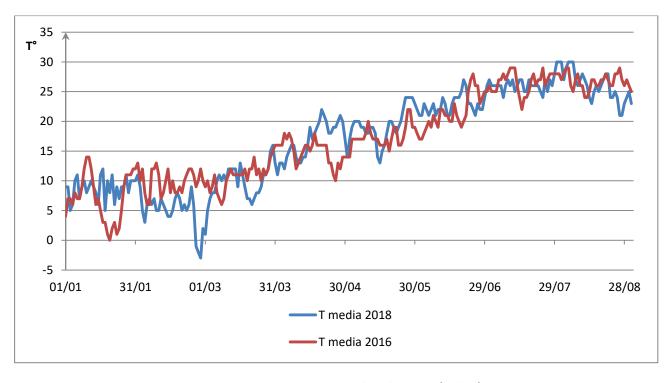


Figura 19 Temperature esterne medie del sito da 1/1 al 31/8

Dal grafico si evince come l'andamento delle temperature sia stato molto simile. Il 2018 è stato più freddo, ma questo non influisce sui consumi, mentre durante l'estate non si riscontrano grandi variazioni tra i due anni.

Appurato che le temperature esterne non sono variate significativamente nel corso dei due anni, le variazioni dei consumi saranno dovute ad altri elementi come la variazione della produttività del sito, le ore di lavoro, il deterioramento delle strutture i cui dati non sono stati condivisi. I consumi

nei due anni sono mostrati in Figura 20. Da questo grafico si vede come il consumo sia aumentato nel corso del tempo.

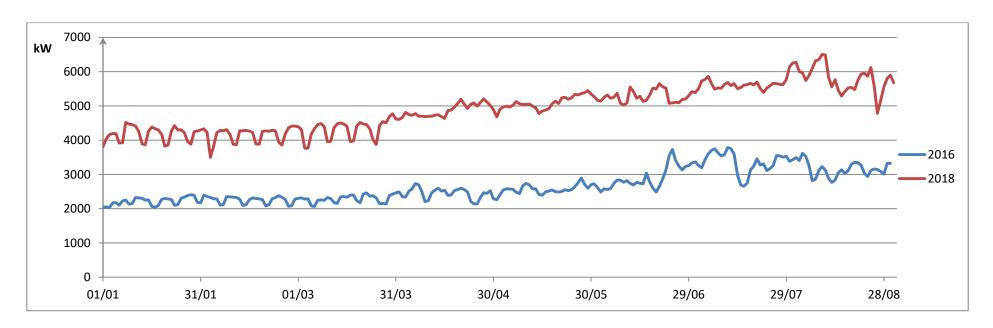


Figura 20 Confronto potenze elettriche medie totali

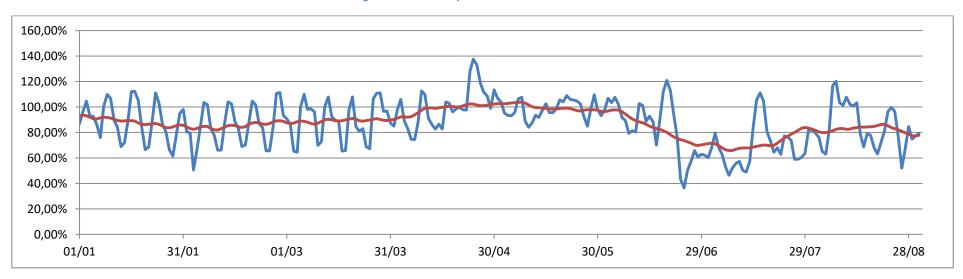


Figura 21 Variazione percentuale dei consumi dal 2016 al 2018

Le variazioni in percentuale tra i consumi del 2016 e del 2018 è mostrata in Figura 21. I consumi, mediamente sono aumentati con una differenza tra i primi mesi dell'anno, più o meno fino a maggio, e i mesi estivi. Da gennaio a aprile si registra un aumento del 90% o poco inferiore rispetto al 2016 mentre a luglio e agosto l'incremento dei consumi si attesta circa al 70%, per cui nella pratica i consumi dei due anni sono quasi raddoppiati nel corso dei due anni.

Il motivo di questo aumento dei consumi, secondo gli addetti dell'azienda stessa, sono dovuti ad un aumento della produzione durante i primi mesi dell'anno. Ma quando la produzione è tornata ai livelli usuali i consumi non si sono abbassati e quindi la variazione tra un anno e l'altro non è diminuita ma rimane ancora piuttosto evidente. Se infatti si guarda alla Figura 16 si nota come la media di consumi dei mesi alla fine dell'anno sia un po' più bassa rispetto a quella di inizio anno ma non abbastanza da giustificare le differenze con il 2016. La motivazione di questo incremento dei consumi non è quindi nota con precisione ma probabilmente è legata al lavoro del reparto di ricerca e sviluppo la cui produzione è più difficilmente quantificabile.

Al di là dell'aumento dei consumi, l'andamento dei due anni è piuttosto simile, come già detto precedentemente. Sia nel 2016 che nel 2018 l'andamento dei consumi nei primi mesi è analogo e non si registrano grandi variazioni, inoltre è ben riconoscibile l'andamento ciclico settimanale. Nei mesi successivi, quando la temperatura aumenta, i consumi aumentano di conseguenza e scompare l'andamento settimanale per entrambi gli anni. Per meglio approfondire l'aspetto relativo alla sensibilità del sistema alla variazione di temperatura esterna è stato utilizzato il principio della firma energetica.

4.4.1 Firma energetica

La firma energetica è un metodo di analisi per correlare i consumi alla temperatura esterna. Considerando i consumi giornalieri in un dato intervallo di tempo si crea un grafico a dispersione di punti dove ogni punto è individuato in ordinata dal consumo giornaliero e in ascissa dalla temperatura media registrata in quel giorno. Quindi dalla nuvola di punti si esegue una regressione lineare per individuare una retta interpolante, questa retta è detta "firma energetica". Se l'interpolazione è rappresentativa dei dati e quindi ha un buon coefficiente di determinazione R², la firma energetica caratterizza il sistema. (29)

Normalmente la firma energetica viene utilizzata per studiare i consumi energetici nel periodo invernale e dunque l'unità di misura dei consumi sono i m³ di gas consumati e la retta interpolante

ha coefficiente angolare negativo in quanto il consumo per riscaldamento aumenta al diminuire della temperatura.

Nel caso in esame si intende studiare i consumi estivi dovuto al raffrescamento effettuato tramite climatizzatori e chiller alimentati a energia elettrica per cui i consumi saranno indicati con i kWh e la retta avrà inclinazione positiva in quanto all'aumentare della temperatura aumenta anche il fabbisogno di energia frigorifera.

La firma energetica per i due anni è rappresentata in Figura 22 dove sono riportate anche le equazioni delle due firme energetiche e i relativi coefficienti di determinazione R². Questi hanno valore rispettivamente per 2016 e 2018 di 0,83 e 0,85 e quindi le due rette possono essere considerate rappresentative e si può affermare che esiste una correlazione tra temperatura esterna e consumi elettrici.

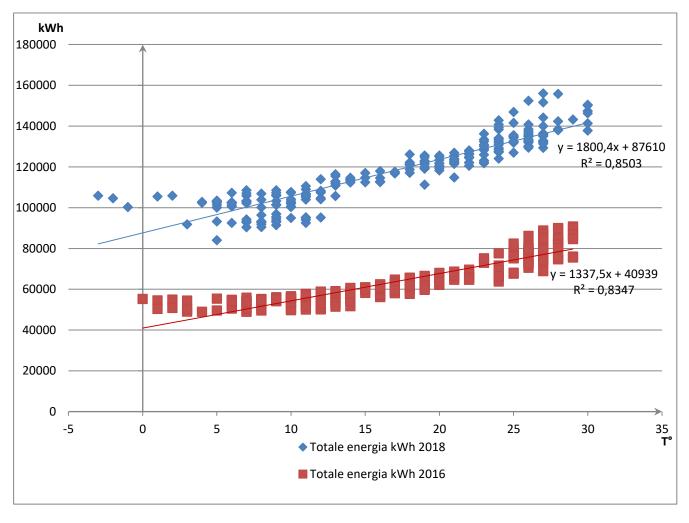


Figura 22 Firma energetica, sua espressione e coefficiente di determinazione per l'anno 2016 e 2018

Si può notare come la firma energetica del 2018 sia più in alto e più inclinata rispetto a quella del 2016, ovvero ha un'intercetta sull'asse delle ordinate maggiore e un coefficiente maggiore. Questo significa che i consumi tra i due anni sono aumentati, e questo era già noto, ma anche che il sistema è diventato più sensibile alla temperatura esterna. Il fatto che la sensibilità si aumentata significa che parte dell'aumento dei consumi è correlato ad un aumento di energia frigorifera e che il sistema invecchiando presenta un'efficienza minore. Gli interventi necessari all'efficentamento energetico legati alla riduzione dei consumi di raffrescamento ipotizzati precedentemente sono quindi sempre attuali e anzi maggiormente necessari.

4.4 Riduzione consumi

4.4.1 Individuazione elementi critici

In modo da individuare dove agire per ridurre efficacemente i consumi si passa ad analizzare, tramite i dati del 2018, la distribuzione dei consumi nelle diverse cabine e nei diversi interruttori. In questo modo è possibili individuare quali sono le utenze più critiche così che nel caso di implementazione di misure di efficentamento si punti prima ad agire dove è più necessario e a non intervenire dove risulterebbe poco utile.

Le potenze medie annuali, divise per le varie cabine, sono mostrati in Figura 23 mentre in Figura 24 sono riportati i consumi mensili per le cabine. In Tabella 4 sono indicati i raggruppamenti secondo i quali sono disponibili i dati, inoltre è indicato quanti interruttori sono collegati ad ogni cabina. I raggruppamenti indicano un numero di interruttori a volte maggiore del reale numero di questi. La causa è data dal fatto che alcuni interruttori sono stati staccati nel coso del tempo ma i numeri identificativi sono rimasti invariati. Nella Tabella 5 sono invece indicati i nomi dei vari interruttori delle cabine.

Tabella 4 Descrizione consumi cabine

Nome	Numero interruttori	Potenza media [kW]
Cabina 1 da 1 a 13	10	860
Cabina 1 da 14 a 26	11	131
Cabina 1bis	7	949
Cabina 2 da 1 a 14	12	1472
Cabina 2 da 15 a 23	9	216
Cabina 3	15	370
Cabina 4	5	521
Sottostazione1	9	225
Villa	1	78

Cabina1
1 GENERALE QSG 0545 - ATTIVA(W)
2 IT FAB 11 - ATTIVA(W)
3 POMPE PARCHEGGIO ANTINCENDIO - ATTIVA(W)
5 FABBRICATO 7 - ATTIVA(W)
6 FABBRICATO 9 - ATTIVA(W)
8 GROTTE - ATTIVA(W)
9 SOTTOSTAZIONE LINEA 1 - ATTIVA(W)
11 FABB 9 UNIVERSITA E CONGELATORI - ATTIVA(W)
12 QUADRO COLLETTORE POMPE - ATTIVA(W)
13 FABBRICATO 6 - ATTIVA(W)
14 QUADRO VECCHIO DEPOSITI - ATTIVA(W)
15 BIBLIOTECA - ATTIVA(W)
16 ILLUMINAZIONE ESTERNA - ATTIVA(W)
18 SOTTOSTAZIONE LINEA 2 - ATTIVA(W)
19 RIFASAMENTO - ATTIVA(W)
20 FABBRICATO 1 - ATTIVA(W)
21 ASILO E POMPE PARCHEGGIO - ATTIVA(W)
22 FABBRICATO 8 - ATTIVA(W)
23 DEPOSITO TORRE ACQUA - ATTIVA(W)
25 PORTINERIA - ATTIVA(W)
26 SERVIZI VARI - ATTIVA(W)
Cabina1 bis
1 GENERALE QBT 0547 - ATTIVA(W)
2 GRUPPO ELETTROGENO - ATTIVA(W)
3 QRO 127 FABBRICATO 11 - ATTIVA(W)
4 RIFASAMENTO - ATTIVA(W)
5 FABBRICATO 35 - ATTIVA(W)
6 FABBRICATO 35 CDZ - ATTIVA(W)
7 FABBRICATO 31 - ATTIVA(W)
Cabina2
1 GENERALE QBT - ATTIVA(W)
2 GRUPPO 3 - ATTIVA(W)
3 CENTRALE TERMICA - ATTIVA(W)
4 FABBRICATO 28 - ATTIVA(W)
6 COMMUTAZIONE UPS IT FAB 11 - ATTIVA(W)
8 RIFASAMENTO - ATTIVA(W)
9 CHILLER FABBRICATO 12 - ATTIVA(W)
10 CLIMAVENETA FABBRICATO 23 - ATTIVA(W)
11 FABBRICATO 36 TLS - ATTIVA(W)
12 CHILLER TLS 1 - ATTIVA(W)
13 CHILLER TLS 2 - ATTIVA(W)

4.004.40.0
14 SCAMBIO SOTTOSTAZIONE - ATTIVA(W)
15 CLIMAVENETA FABBRICATO 12 - ATTIVA(W)
16 GRUPPO 4 - ATTIVA(W)
17 FABBRICATO 23 LINEA 1 - ATTIVA(W)
18 COMPRESSORE 3 FAB 13 - ATTIVA(W)
19 FABBRICATO 23 LINEA 2 - ATTIVA(W)
20 AUSILIARI - ATTIVA(W)
21 COLLETTORE POMPE FAB 23 - ATTIVA(W)
22 FABBRICATO 38 - ATTIVA(W)
23 FABBRICATO 27 - ATTIVA(W)
Cabina3
1 GENERALE QBT - ATTIVA(W)
2 ASPIRAZIONE VOMM - ATTIVA(W)
3 CHILLER INCUBATORI - ATTIVA(W)
4 CLIMAVENETA INGRESSO FAB 30 - ATTIVA(W)
6 COLLETTORE POMPE - ATTIVA(W)
7 CENTRALE TERMICA - ATTIVA(W)
8 CHILLER RF 5778 - ATTIVA(W)
9 AUSILIARI - ATTIVA(W)
10 VOMM 2 - ATTIVA(W)
11 VIRUS 500KW - ATTIVA(W)
12 RIFASAMENTO 1 - ATTIVA(W)
12 RIFASAMENTO 2 - ATTIVA(W)
14 VOMM 1 - ATTIVA(W)
15 ALIM FABBRICATO 30 - ATTIVA(W)
17 CHILLER RF 5777 - ATTIVA(W)
Cabina4
1 GENERALE QBT - ATTIVA(W)
2 CHILLER RF 006 - ATTIVA(W)
3 CHILLER FABBRICATO 11 - ATTIVA(W)
4 RIFASAMENTO - ATTIVA(W)
5 CHILLER RF G5034 - ATTIVA(W)
Sottostazione 1
1 COMPRESSORI OIL FREE 1 E 2 - ATTIVA(W)
2 TD FABBRICATO 12 B - ATTIVA(W)
3 C RICERCHE FABBRICATO 10 - ATTIVA(W)
4 TLS FABBRICATO 11 - ATTIVA(W)
5 CONTROLLI IN VIVO - ATTIVA(W)
6 FABBRICATO 15 - ATTIVA(W)
7 FABBRICATO 13 - ATTIVA(W)
8 FABBRICATO 5 - ATTIVA(W)
9 COMPRESSORE - ATTIVA(W)
Villa
1 GENERALE - ATTIVA(W)

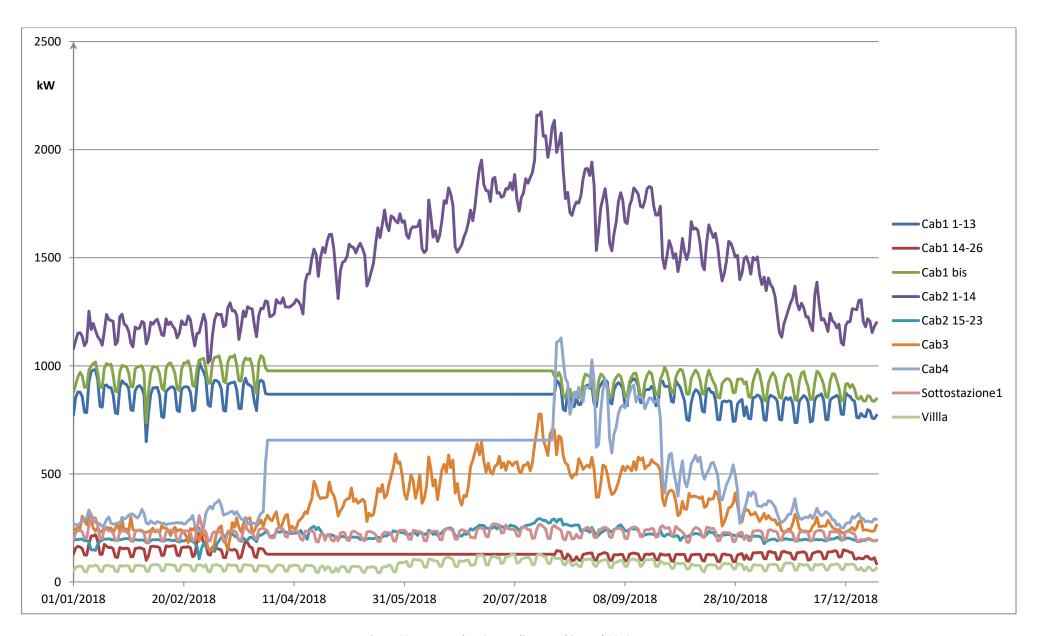


Figura 23 Potenza elettrica media per cabina nel 2018

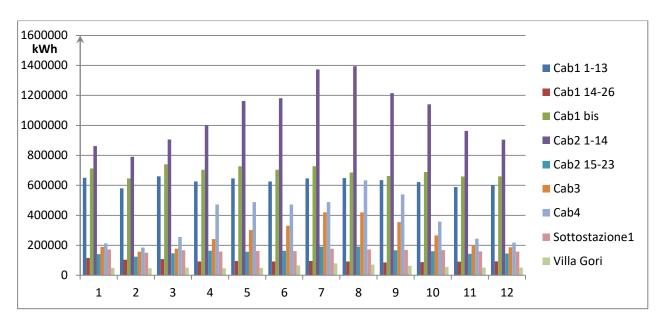


Figura 24 Consumi elettrici mensili per cabina nel 2018

Dalla Tabella 4, dalla Figura 23 e della Figura 24 si vede come il maggiore consumo è imputabile alla cabina 2 negli interruttori da 1 a 14. Il resto delle cabine segna potenze piuttosto minori, in particolare gli interruttori da 1 a 13 della cabina 1 e la cabina 1 bis presentano un elevato consumo per quanto minore rispetto alla cabina 2 negli interruttori da 1 a 14. Anche la cabina 3 e la cabina 4 presentano nel complesso un consumo ragguardevole soprattutto nei mesi estivi.

La cabina 1 negli interruttori da 14 a 26, cabina 2 negli interruttori da 15 a 23, la sottostazione1 e la cabina della Villa presentano invece consumi decisamente minori. Alcune cabine, tutte le cabine 1 e la cabina 4 presentano valori costanti per alcuni lassi di tempo, il motivo di questo andamento è un errore all'interno del sistema di rilevamento dei dati.

Poiché si è individuato nel raffrescamento il principale ambito in cui intervenire per l'efficentamento energetico oltre ad individuare le cabine con i consumi maggiori è necessario individuare anche quelle che presentano una componente stagionale significativa. Già dal grafico di Figura 23 si può dedurre quali cabine subiscono maggiormente l'influenza della temperatura esterna come la cabina 2 negli interruttori da 1 a 13 e le cabine 3 e 4.

Per meglio analizzare queste relazioni è stata costruita la firma energetica per ogni cabina come mostrato in Figura 25. Dal grafico si evince come la cabina 2 negli interruttori da 1 a 13 sia non solo la cabina con maggiore consumi ma anche quella con la firma energetica più alta.

La cabina 1, che pure presenta un elevato consumo, mostra invece una firma energetica praticamente piatta e quindi non sembra suscettibile alla temperatura esterna. Purtroppo la

presenza di un'ampia zona in cui i dati sono costanti non permette di avere una descrizione ottimale della dipendenza dei consumi dalla temperatura, tuttavia le parti precedenti e successive alla zona costante in Figura 23 mostrano un andamento piuttosto costante e quindi si può presupporre che effettivamente non ci sia stagionalità. Lo stesso invece non si può dire della cabina 4 cha ha una zona a consumi costanti ma alle estremità di questa si nota una variazione stagionale significative e infatti la firma energetica di questa stazione è più evidente che rispetto alla cabina 1. Una volte identificata la cabina con i consumi e la firma energetica maggiore è necessario indagare gli interruttori a cui la cabina fa riferimento per individuare l'utenza e l'edificio più sensibile su cui apportare per primo i cambiamenti. Potrebbe essere che l'interruttore con maggiore consumo non sia nella cabina con il maggiore consumo. Per adesso si presuppone che non sia così e si va a studiare la distribuzione dei consumi sugli interruttori all'interno della cabina 2 da 1 a 14 mostrata in Figura 26.

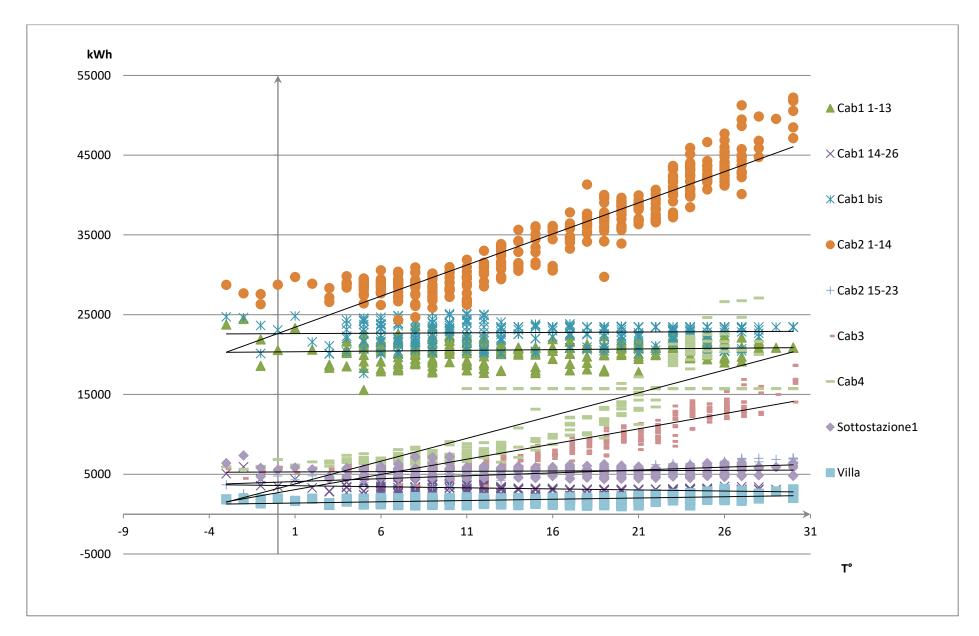


Figura 25 Firme energetica di ogni cabina nel 2018

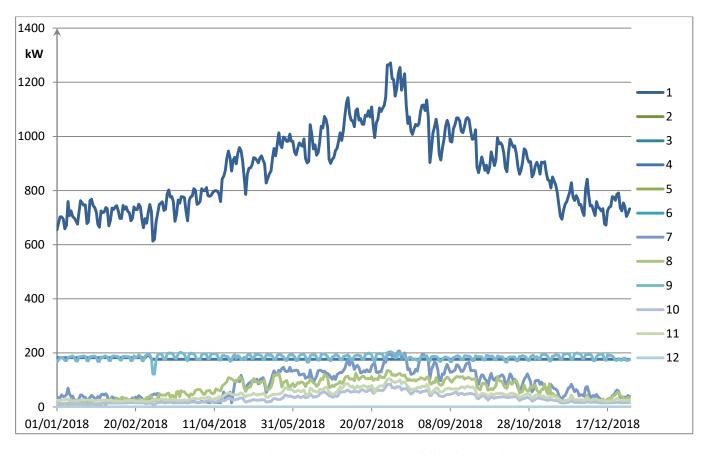


Figura 26 Potenze elettriche medie per i 12 interruttori della cabina 2 nel 2018

L'interruttore con consumi maggiori è il primo denominato come GENERALE QBT. Questo interruttore ha una media di potenza dei consumi di 882 kW per cui è sicuramente più energivoro di tutti gli interruttori delle altre cabine in quanto la media stessa delle cabine è minore di quella dell'interruttore 1 della cabina 2. L'unica cabina con una media di consumi maggiori a quella dell'interruttore in questione è quella della cabina 1bis. L'interruttore con il consumo maggiore nella cabina 1bis ha un consumo medio di 475 kW per cui minore rispetto a quella dell'interruttore 1 della cabina 2.

Per cui l'ipotesi che l'interruttore più energivoro fosse nella cabina con i consumi maggiori è corretta. Come già detto per le cabine, anche nel caso degli interruttori oltre al consumo medio è importante la firma energetica. Anche per questo indicatore risulta evidentemente che l'interruttore 1 della cabina 2 è quello con la firma energetica maggiore all'interno della cabina e in generale tra tutti gli interruttori. In definitiva l'interruttore su cui concentrare gli sforzi per l'efficentamento energetico è il primo della cabina 2 denominato GENERALE QBT e di seguito sono riportati i dati dei consumi annuali in Figura 27 e la firma energetica in Figura 28 dell'interruttore.

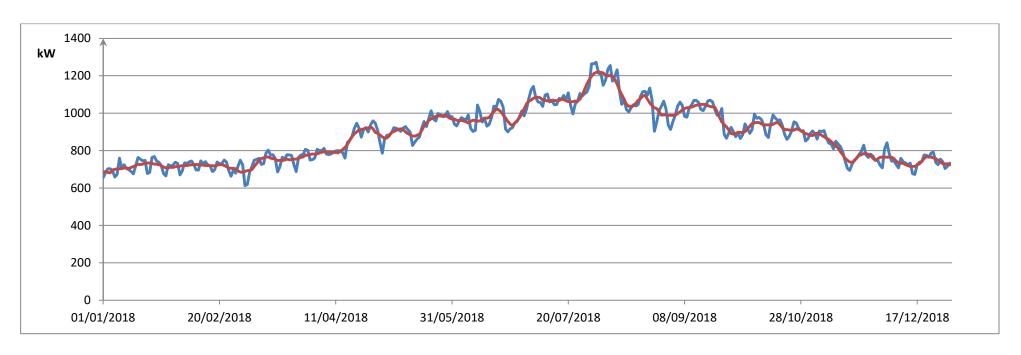


Figura 27 Potenza media dell'interruttore 1 della cabina 2 nel 2018 e media mobile a 7 elementi

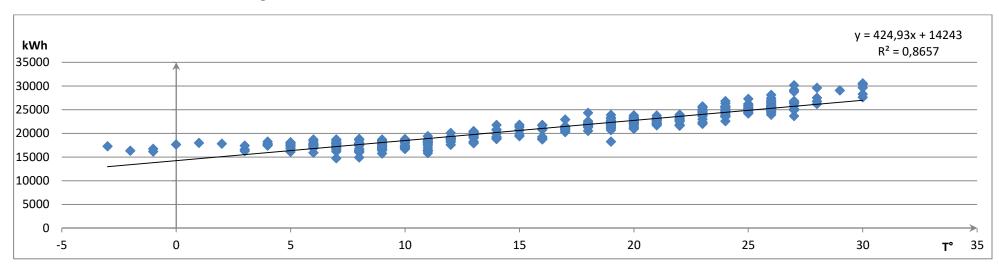


Figura 28 Firma energetica dell'interruttore 1 della cabina 2, sua espressione e coefficiente di determinazione

L'interruttore individuato come più critico è quello relativo al centro ricerche e serve gli edifici 31, 35 e 9, quest'ultimo solo dal 2018, individuati sulla mappa in Figura 29. Essendo relativo al centro ricerche non è possibile agire sulla riduzione delle ore di operazione in quanto questo deve stare costantemente acceso, tuttavia si possono implementare soluzioni per la riduzione del fabbisogno di raffreddamento.

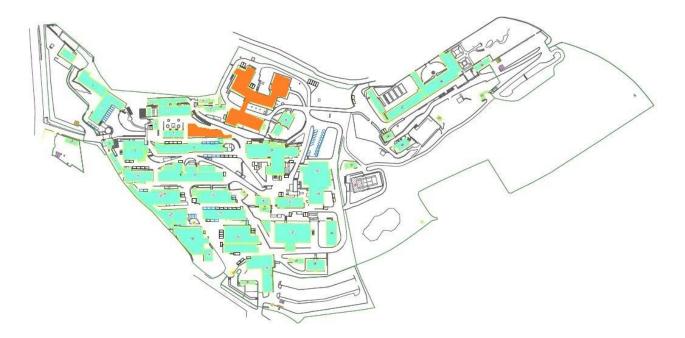


Figura 29 Pianta dello stabilimento con evidenziati in arancione gli edifici risultati maggiormente critici per il consumo energetico

Per quanto riguarda invece la riduzione dei consumi di energia frigorifera non necessaria durante i giorni festivi, questa non deve essere fatta su edifici specifici ma su tutte le strutture, prevalentemente uffici che presentano climatizzatori a muro in ogni stanza. Purtroppo non esiste un sistema di domotica e non in studio non è stata considerata la sua introduzione. Alla situazione attuale i climatizzatori non possono essere settati in modo generale per spegnersi e quindi la loro operatività è data dall'utente che li accende, spegne e setta a suo piacimento. Se l'utente il venerdì sera, o ogni sera, si dimentica di spegnerlo questo continuerà a funzionare anche durante il weekend. Il problema è dunque "culturale" e deve essere affrontato da un altro punto di vista che non è quello tecnico, sebbene resti in parte risolvibile introducendo un sistema di controllo automatico.

L'introduzione di nuovi sistemi attivi più efficienti degli attuali è infatti già stata considerata dall'azienda e in parte messa in atto e non rimane quindi che cercare di rendere gli edifici meno sensibili alla temperatura esterna in particolare durante il periodo estivo. Considerate le soluzioni di

efficentamento già implementate o in corso di implementazione risulta che ulteriori misure di riduzioni dei consumi dovranno essere prevalentemente di tipo passivo.

Facendo riferimento allo schema illustrato precedentemente e schematizzato in Figura 3, non potendo andare ad analizzare l'interno degli edifici, si interverrà principalmente su quella definita come shell, la struttura principale dell'edificio che è il primo layer dell'edificio. Tuttavia, a prescindere da questa necessità, la maggior parte delle misure di raffrescamento passivo che si trovano il letteratura riguardano il suddetto layer. Di seguito sono illustrate le principali misure di raffrescamento passivo.

4.4.2 Sistemi di raffrescamento passivo

Il raffrescamento passivo è il principio secondo cui per diminuire il fabbisogno di energia frigorifera l'edificio è progettato e realizzato per favorire gli scambi termici dall'edificio verso l'esterno e sfavorire quelli in senso opposto. In particolare il raffrescamento passivo si concentra sull'impedire ai raggi solari di entrare nell'edificio e di rimanere intrappolati all'interno e sul rimuovere il calore presente tramite la ventilazione, e infatti i sistemi di raffrescamento passivo sono spesso legati a sistemi di ventilazione passivi. (30)

Uno degli elementi su cui si concentrano le attenzioni delle misure passive di raffrescamento è il tetto degli edifici. Il tetto infatti è l'elemento di un edificio che per più tempo e per più intensità è sottoposto alla radiazione solare e in base alla sua conformazione può assorbire o meno energia in grandi quantità. Il calore assorbito dal tetto, che in certe giornate può raggiungere la temperatura di 90° se scuro, viene poi trasmesso al piano subito inferiore e da questo in tutto il resto dell'edificio aumentando il fabbisogno di raffreddamento.

Per migliorare le prestazioni energetiche del tetto si deve innanzitutto evitare di utilizzare tetti di colore scuro, seguendo questo principio sono disponibili diversi tipi di tegole che riducono il calore assorbito dal tetto. Fra queste sono da segnalare (31)le tegole prodotte in calcestruzzo bianco. Questo tipo di tegole riduce quindi la radiazione assorbita dal tetto e presenta comunque buone prestazioni per quanto riguarda la resistenza agli agenti atmosferici. Altri tipi di ricoprimenti che possono ridurre il calore proveniente dal tetto sono i pannelli solari fotovoltaici che oltre a ridurre il calore lo sfruttano per produrre un effetto utile. Il difetto di questa soluzione sta nel costo e nella manutenzione del sistema che è sicuramente maggiore rispetto all'applicazione di tegole.

Un'altra soluzione per il tetto, per quanto difficile da applicare per edifici preesistenti, è quella della roof plantation che consiste nel creare un'area verde sul tetto dell'edifico. Questo tipo di tetto presenta numerosi vantaggi in quanto la terra è un ottimo isolante e le piante producono un effetto di raffrescamento dell'ambiente. La manutenzione necessaria è molto bassa e tendenzialmente non serve irrigazione inoltre questa soluzione presenta evidenti vantaggia anche dal punto di vista estetico degli edifici. Esistono due categorie di roof plantation che differiscono fondamentalmente per la profondità del suolo: estensivo e intensivo. Nella configurazione estensiva lo spessore della terra sul tetto è minore di 15 cm mentre nella configurazione estensiva lo spessore è maggiore di tale soglia e può raggiungere il metro. Il problema della roof plantation, legato molto anche allo spessore dello strato di suolo, è il peso che si aggiunge alla struttura e in particolare al tetto in quanto la terra ha una densità elevata. (31) L'uso di piante a ricoprimento del tetto porta ad una riduzione ad un efficientamento energetico per edifici che può raggiungere il 40%. (32)

Per quanto questa soluzione mostri aspetti critici, in generale è da sottolineare come l'introduzione di spazi verdi presenti sempre un miglioramento dell'ambiente anche a livello di consumi energetici. Gli spazi verdi assorbono calore e provvedono spesso alla creazione di zone ombreggiate che riducono l'incidenza della radiazione solare sugli edifici.

Un altro sistema di raffreddamento passivo, che in parte è collegato con la struttura del tetto, è il raffreddamento notturno. Questo sistema si basa sullo scambio radiativo tra edificio e cielo durante la notte, in quel momento infatti l'edificio è più caldo del cielo e rilascia calore verso questo, favorendo questo scambio si può produrre un effetto utile di raffrescamento per l'edificio. Il tetto può essere usato come scambiatore verso l'ambiente che in questo caso è considerato come un pozzo di calore, in questo modo si raggiungono flussi dell'ordine di decine di W/m². Si annoverano due tipologie di raffreddamento notturno a seconda del fluido termovettore: sistemi a aria e sistemi a acqua. (33)

Il sistema ad aria prende aria dall'ambiente interno e la raffresca usando il tetto come scambiatore e poi la reimmette nell'ambiente, per la movimentazione dell'aria è quindi necessario un sistema di circolazione con fan. Il tetto è quindi un elemento cruciale nel sistema e la sua configurazione può variare a seconda dei casi con soluzioni più o meno complesse. In generale però tutte le soluzioni risultano piuttosto complicate e costose e questo è sicuramento uno dei difetti di questo sistema. Un altro problema è dato dal fatto che se il tetto è progettato per scambiare calore durante la notte

è in grado di farlo anche di giorno se non sono prese misure adeguate che in ogni caso aumentano ulteriormente i costi, questo porta alla possibilità di avere forte riscaldamento durante il giorno. In generale risulta però un sistema piuttosto semplice da installare e garantisce una riduzione di 2-3° della temperature interna durante la notte, per quanto l'effetto utile può essere sentito principalmente dai piani alti della casa.

Nel sistema ad acqua questa viene fatta circolare con delle pompe attraverso lo scambiatore nel tetto e poi immagazzinata all'interno di un serbatoio isolato. La possibilità di accumulare l'acqua fredda permette di utilizzare l'effetto di raffrescamento non solo durante la notte ma anche durante il giorno e dilazionato nel tempo. In questo modo il sistema riesce a coprire una parte importante del fabbisogno di raffrescamento dell'edificio. Questo sistema è più complesso da installare rispetto a quello ad aria e presenta inoltre maggiori perdite, presenta tuttavia il vantaggio di poter immagazzinare facilmente l'energia frigorifera prodotta, di distribuirlo con più facilità in tutto l'edificio e non solo nei piani alti e inoltre la possibilità di utilizzare radiatori che non sono all'interno del tetto ma esterni. Attraverso l'implementazione del raffreddamento notturno si può arrivare ad una riduzione dei consumi pari al 48%.

Un altro sistema che utilizza l'ambiente come pozzo di calore è quello che utilizza il terreno per lo scambio termico. Durante tutto l'anno la temperatura del suolo ad una certa profondità (circa2-3m) è pressappoco costante, per cui durante l'estate questa risulta minore della temperatura esterna e può essere usata per la dissipazione del calore. Ci sono due strategie che possono essere adottate: contatto diretto con la terra e tubi sepolti. Il primo caso consiste nel realizzare la struttura in parte o interamente in comunicazione col sottosuolo. Questa pratica presenta molti vantaggi in quanto si hanno bassissime perdite di energia e si ha anche una buona protezione del calore del sole, tuttavia riscontra diffusi problemi di qualità dell'aria e di illuminazione e per questo non è molto usata. (34)

La soluzione a tubi sepolti prevede l'utilizzo di tubi installati ad una profondità che va da 1 a 4 m all'interno dei quali l'aria viene fatta circolare con un sistema di fan e si raffredda a contatto con il terreno. Il sistema può essere aperto, se l'aria che circola è aria esterna che poi viene immessa nell'edificio, oppure chiuso se l'aria utilizzata è presa dall'interno dell'edificio.

Questo sistema prevedeva all'inizio molti problemi legati all'accumulo di acqua nei tubi, alla qualità dell'aria interna e la difficoltà di controllo delle operazioni. La definizione delle prestazioni dei tubi è

difficile da ottenere in quanto le variabili sono molteplici tra cui: diametro e lunghezza dei tubi, profondità, temperature dell'aria e del terreno. In generale molti studi si sono occupati di modellizzare il sistema dei tubi sepolti e attualmente questa soluzione può considerarsi sviluppata e efficiente. La riduzione dei consumi che si osserva utilizzando il suolo con pozzo di calore è intorno al 18%. (35)

Un metodo di raffrescamento passivo molto interessante è il raffrescamento evaporativo. In questo sistema viene aspirata aria dall'esterno e messa in contatto con una superficie bagnata, l'aria provoca l'evaporazione di un parte di questa acqua riducendo la temperatura dell'aria e aumentando il quantitativo di vapore al suo interno. (35) Le superfici bagnate sono deli pannelli imbevuti di acqua che a seconda del materiale possono lavorare meglio o peggio e soprattutto consumarsi in tempi brevi o lunghi. Il materiale migliore per i pannelli è il legno, nel particolare il Pioppo, che presenta una buona capacità di assorbimento di acqua e oppone una resistenza molto bassa all'avanzamento dell'aria. Un pannello di legno può essere usato per un'intera stagione di raffrescamento, materiali più duraturi sono compositi di fibra di cellulosa che durano per più stagioni. Alluminio e plastica possono essere utilizzati per la composizione di pannelli piuttosto economici ma con una scarsa durata tanto che devono essere cambiati più volte durante la stessa stagione. (36)

Ci sono due tipi di raffreddamento evaporativo: il sistema diretto e il sistema indiretto. Nel sistema diretto l'aria raffreddata è direttamente immessa nell'ambiente da raffrescare, in questo sistema si assiste ad un aumento dell'umidità nell'aria interna. Il sistema indiretto invece presenta uno scambiatore tra l'aria in uscita dalla superficie bagnata e l'aria che poi viene introdotta nell'ambiente, in questo sistema l'umidità dell'aria non aumenta. Per la movimentazione dell'aria si utilizzano dei fan per cui è presente, sebben ridotto, un consumo di energia per il raffrescamento. Il limite di temperatura che può essere raggiunto con il raffreddamento evaporativo è la temperatura di bulbo umido dell'acqua da raffreddare.

Tra i due il sistema diretto è più semplice e meno costoso ed è stato il primo ad essere sviluppato tuttavia non sempre può essere utilizzato. In zone in cui l'elevata umidità è un problema il sistema diretto non è consigliabile ed è invece preferibile utilizzare il sistema indiretto. Un evoluzione dei due sistemi è il raffreddamento evaporativo a doppio stadio in cui si effettua un preraffreddamento

indiretto prima di uno diretto, in questo modo si hanno buone prestazioni senza aumentare troppo l'umidità.

Il raffreddamento evaporativo può, come del resto quasi tutti gli altri sistemi, essere accoppiato con un altro meccanismo di refrigerazione più tradizionale. Nello specifico l'accoppiamento può essere utile in quanto permetterebbe di utilizzare il sistema evaporativo nei mesi secchi e quello convenzionale nei mesi più umidi. Tuttavia è necessario prestare attenzione in quanto i condotti nei normali condizionatori sono più piccoli di quelli necessari al raffreddamento evaporativo e questo può causare elevate velocità dell'aria e la produzione di rumori. Inoltre va considerato che se entrambi i sistemi sono attivi potrebbe essere che il climatizzatore lavori nonostante la temperatura sia bassa per eliminare l'umidità portata dal sistema evaporativo. (36) In zone aride il risparmio energetico dato dall'introduzione dell'evaporative cooling raggiunge il 60% rispetto all'utilizzo di condizionatori tradizionali. (34)

Una soluzione efficace e relativamente semplice è legata all'utilizzo di vernici che riducono il carico termico di un edificio e riducono l'assorbimento dei raggi solari. Queste vernici sono infatti composte di materiali con alta riflettività e alta emissività, nello specifico i materiali attualmente in commercio hanno una riflettività che va dallo 0,4 allo 0,85 e un'emissività che può raggiungere 0,9. Si trovano vernici, principalmente per il tetto, di vario colore, ovviamente le vernici di colore chiaro sono migliori ma è possibile utilizzare anche vernici scure e ottenere comunque una riduzione del carico termico. L'utilizzo di queste vernici può portare ad un risparmio energetico dei consumi che va dal 11% al 27% a seconda delle località e del tipo di vernice. (37)

Oltre alle vernici con alta emissività e riflettività esistono altri tipi vernici che riducono il fabbisogno di raffrescameno dell'edificio: le vernici con PCM, materiali a cambiamento di fase. Queste vernici contengono al proprio interno dei granuli o microgranuli di PCM e sfruttano l'alta capacità termica del materiale per aumentare l'inerzia termica e ridurre quindi i flussi di calore tra edificio e ambiente. Con l'introduzione della vernice a PCM si nota una riduzione della fluttuazione della temperatura interna e si assiste uno spostamento del picco di carico. Il fabbisogno di raffreddamento mantiene un andamento simile al caso in cui non è estata applicata la vernice ma si osserva una riduzione del valore della richiesta di fredda pari al 25%, per quanto anche questo dato è suscettibile delle condizioni esterne. (38)

Un terzo tipo di vernice unisce le due precedentemente illustrate, all'interno di una vernice ad alta riflettività si inseriscono del PCM incapsulato. Unendo i benefici ottici della vernice ad alta riflettività e l'inerzia termica del PCM si ottiene una riduzione della temperatura superficiale su cui è applicata la vernice che può raggiungere gli 8° rispetto alla vernice normale e 2,5° rispetto alla vernice ad alta riflettività ma senza PCM. Oltre alla riduzione del fabbisogno energetico grazie alla vernice con PCM si ottiene anche uno spostamento del picco di calore e una diminuzione della fluttuazione come tipico del PCM. (39)

Il PCM all'interno dell'ambito dell'energetica dell'edifico è solitamente usato non come vernice ma come materiale mescolato al cemento e usato nelle pareti per aumentare l'inerzia termica dell'edifico, anche questa applicazione può essere considerata come raffrescamento passivo. Anche le vernici ad alta riflettività possono essere usate su materiali strutturali come laterizi per migliorarne le prestazione aumentandone la resistenza termica. Questa seconda soluzione è meno complessa e più economica rispetto all'uso di PCM nelle pareti. (40) Tuttavia queste due soluzione appena esposte non sono ovviamente praticabili nel caso di ristrutturazione di un edificio già esistente.

Oltre al tetto, altri elementi architettonici che giocano un ruolo rilevante per l'economia energetica di un edificio sono le finestre. Le finestre sono gli elementi che permettono la comunicazione tra interno e esterno e per questo motivo sono cruciali anche per lo scambio termico. La resistenza termica di una finestra è infatti minore rispetto a quella di una parete in muratura e inoltre le finestre permettono alla luce di entrare all'interno degli edifici e con questa lasciano penetrare anche il calore radiativo dei raggi solari. Nel momento in cui si cerca di ridurre lo scambio termico tra interno e esterno attraverso la finestra ci si scontra sempre con la necessità di illuminazione interna e di ventilazione degli spazi. Le misure di raffrescamento passivo che intervengono sulle finestre devono tenere conto di questo e non causare problemi al comfort visivo degli occupanti. (41)

Una prima soluzione per ridurre il flusso di calore tra esterno e interno è quella di incrementare la resistenza termica dell'infisso inserendo più strati di vetro, quindi intervenire anche sull'intercapedine dentro la quale può essere fatto il vuoto o possono essere inseriti gas, in particolare gas nobili. (34) Un'altra soluzione è intervenire sulle caratteristiche di trasmissione termica dei vetri tramite la colorazione dei vetri o l'uso di film sulle finestre così da creare delle

barriere per la trasmissione di calore, queste soluzioni hanno il vantaggio di essere facilmente installabili. (31)

Colorazione dei vetri e uso di film sono due processi simili ma presentano comunque differenze notevoli. La colorazione nella pratica spesso avviene tramite l'applicazione di un film di materiale e questo genera una certa confusione nella distinzione tra le due soluzioni. Una prima distinzione sta che tramite la colorazione si interviene maggiormente sul colore e sulla trasparenza del vetro, per questo motivo è maggiormente usata negli edifici commerciali dove la colorazione può aumentare la privacy di un ufficio e limitare i bagliori, la soluzione più radicale in questo senso è l'uso di vetri a specchio che lasciano visibilità solo da un lato. L'uso di film invece è più diffuso in ambito abitativo dove la colorazione dei vetri andrebbe ad inficiare sull'estetica dell'edificio e quindi si prediligono soluzioni che lascino le finestre il più trasparente possibile. Da un punto di vista energetico entrambe le soluzioni proposte producono una diminuzione del carico termico interno ma tra le due l'uso di film porta maggiori vantaggi. (42)

I film applicati sulle finestre sono per lo più a base di poliestere e sono applicati sui vetri tramite più stati di vernice o tramite processi chimici. Oltre al poliestere spesso sono presenti materiali metallici per migliorare le caratteristiche ottiche. I film sono di varia natura e tra le caratteristiche più importanti che li definiscono vi è la quantità di luce che passa attraverso e di conseguenza il colore della finestra, si passa da film praticamente trasparenti ad alcuni più opachi che conferiscono alla finestra una colorazione bronzea. L'uso di film sulle finestre, impedendo la penetrazione dei raggi solari e in particolare elimina del 99% i raggi ultravioletti, produce effetti benefici durante la stagione di raffrescamento ma negativi in quella di riscaldamento. Per questo motivo il risparmi complessivo dato dalla presenza di film è limitato al 2% annuo, tuttavia se si guarda all'energia di raffrescamento si vede come questa diminuisca sensibilmente. Nello specifico si attesta una riduzione del 35% del picco di consumi di energia e una riduzione di uguale entità per i consumi totali di produzione di raffrescamento. Questi dati sono ovviamente relativi a determinate condizioni climatiche e da queste sono fortemente dipendenti; in zone dove la stagione di riscaldamento è meno significativa e lo è invece di più quella di raffrescamento l'introduzione di film sulle finestre può portare a risultati in termini di risparmio energetico migliori. (43)

Un'altra possibilità di riduzione del carico termico di un edificio legato alle finestre è quella di effettuare uno shading, ombreggiamento, e quindi intercettare i raggi solari prima che questi possano attraversare il vetro della finestra ed entrare nell'ambiente. Questo sistema è molto vario e può manifestarsi in tante diverse modalità tuttavia, per la sua stessa natura, questo sistema porta con sé uno svantaggio per quanto riguardo l'illuminazione degli interni che deve essere considerato. Una prima modalità di ombreggiamento e anche banalmente quella delle persiane o degli avvolgibili alle finestre. (44) L'uso di questi oggetti, oltre che impedire il passaggio della luce può inficiare anche la circolazione dell'aria e anche di questo aspetto bisogna tenere conto. Inoltre è importante che questi sistemi siano esterni e non interni, come accade nel caso degli scuri. Se infatti il sistema è interno questo blocca la diffusione dei raggi solari nella stanza ma si viene a creare un oggetto caldo vicino alla finestra che dissipa calore all'interno dell'edificio, in caso di elemento esterno invece il calore è dissipato all'aria.

Oltre alle serrande e altri sistemi simili è possibile ottenere ombreggiamento grazie all'uso di elementi architettonici come balconi, tettucci e altri elementi a sbalzo che possono intercettare la radiazione solare diretta. Il vantaggio di questi elementi è infatti la possibilità di far entrare all'interno la radiazione diffusa che produce l'illuminazione necessaria all'ambiente con una quantità di calore ridotta, inoltre questa non soluzione non presenta alcun blocco per la ventilazione. Un'altra caratteristica interessante dell'uso di elementi a sbalzo per l'ombreggiamento è che l'altezza del sole, e quindi la direzione della radiazione diretta, cambia durante l'anno e nello specifico il sole raggiunge altezze maggiori in estate. La variazione di direzione dei raggi solari può quindi essere sfruttata per permettere ai raggi di entrare durante il periodo invernale, quando il calore è un effetto utile, e di non entrare durante l'estate come illustrato in Figura 30. (45)

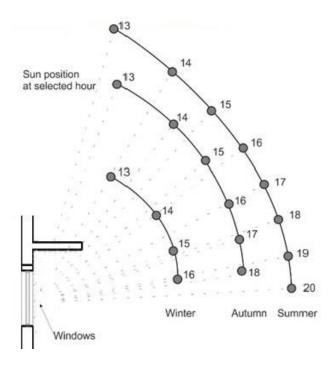


Figura 30 Raffigurazione ombreggiamento al variare delle stagioni durante l'arco della giornata

L'effetto di ombreggiamento per la riduzione del calore all'interno di un edificio può essere fatta non solo sulle finestre ma anche su altre elementi architettonici come le pareti esterne. Introducendo elementi a sbalzo si creano zone d'ombra con temperatura minore che diminuiscono il flusso termico tra interno e esterno attraverso la parete, le parti invece sulle quali batte il sole sono solitamente a sbalzo e quindi hanno la forma simile a quella di un aletta e di conseguenza ne hanno anche i benefici dal punto di vista di scambio termico. In Figura 31 sono mostrate alcune delle possibili configurazione per ottenere effetto di ombreggiamento sulle pareti. (46)



Figura 31 Possibili tipologie di soluzioni per ombreggiamento su edifici (46)

Sistemi di solar shading hanno mostrato di essere particolarmente efficaci per climi caldi ed estivi. La riduzione del consumo dipende quindi dal luogo di installazione, per climi freddi la riduzione è dell'8% mentre in climi più caldi si raggiunge il 20%. (47)

4.4.3 Scelta di una possibile strategia di efficentamento

Come precedentemente detto, attualmente sono già state intraprese delle azioni di efficentamento energetico che sono prevalentemente attive. Il chiller che serve il reparto di ricerca verrà a breve

sostituito con uno a efficienza maggiore, lo stesso vale per il chiller della Villa. Il chiller del reparto sviluppo verrà invece rimpiazzato da un trigeneratore tra 2 o 3 anni, la cui installazione verrà analizzata in seguito, che produrrà energia frigorifera e calore per il reparto oltre e elettricità per tutto il plesso.

Un'altra riduzione dei consumi sarà data da una riorganizzazione generale del plesso con l'abbattimento di sette edifici e la costruzione di uno nuovo unico. Inoltre la parte di produzione verrà depotenziata e di conseguenza il chiller che la serve dovrà lavorare di meno.

Per quanto riguarda i metodi di raffrescamento passivo che potrebbero essere implementati per ridurre il fabbisogno, e quindi il consumo di energia elettrica, dopo aver analizzato le possibili modalità trovate in letteratura si può individuare le soluzioni migliori per il caso in esame. Le soluzione analizzate sono riassunte nella Tabella 6 dove è indicato la percentuale trovata in letteratura di riduzione dei consumi. Come detto nella sezione precedente, i dati relativi alle riduzione dei consumi dipendono fortemente dalle condizioni esterne, di conseguenza la comparazione dell'efficacia di tali misure è approssimativa.

Tabella 6 Riduzione consumi per soluzioni raffrescamento passivo

Intervento	Riduzione consumi
Roof Plantation	40%
Raffreddamento notturno	45%
Scambio con il suolo	18%
Evaporative cooling	60%
Vernici a basso assorbimento	20%
Vernici con PCM	25%
Window film	35%
Shading	15%

Molte soluzioni sono pensate per essere implementate durante la fase di costruzione degli edifici e non sono quindi adatte per una ristrutturazione di edifici già esistenti. Soluzioni come l'uso delle terreno come pozzo di calore, il raffrescamento notturno, l'uso di forme particolare per l'ombreggiamento delle pareti e l'uso di piante sul tetto sono evidentemente poco applicabili nel caso in esame.

Un altro vincolo imposto dall'azienda è che il PBT sia di 4 anni o inferiore, questo implica che non è possibile implementare soluzioni che prevedano operare murarie che presentano costi elevati in quanto gli edifici interessati perdono produttività durante l'installazione. Inoltre va considerato la generale difficoltà ad avere accesso agli spazi a livello di autorizzazione e quant'altro. In definitiva le soluzioni migliori sono quelle a basso costo, e quindi generalmente anche a impatto minore, e che presentano facilità di applicazione.

Le soluzioni che si ritiene rispettino le caratteristiche suddette, in quanto poco costose e in particolare non prevedono opere murarie invasive, sono quelle che riguardano l'uso di vernici per le pareti e per il tetto, l'uso di film sui vetri delle finestre e l'installazione di coperture per l'ombreggiamento delle finestre. È da segnalare che tra le misure considerate l'uso delle vernici con PCM presenta benefici anche per la stagione invernale, mentre l'ombreggiamento con copertura delle finestre non presenta aspetti negati in inverno come le altre soluzioni. Per una scelta finale della soluzione da adottare bisognerebbe fare un'analisi dettagliata dei costi e del risparmio energetica che si verifica. In Figura 32 sono riassunti i benefici, a livello di percentuale di consumi ridotti, che derivano dall'installazione delle soluzioni reputate applicabili per il caso in esame. Per i casi in cui il valore era variabile a seconda del clima si è considerato un valore medio.

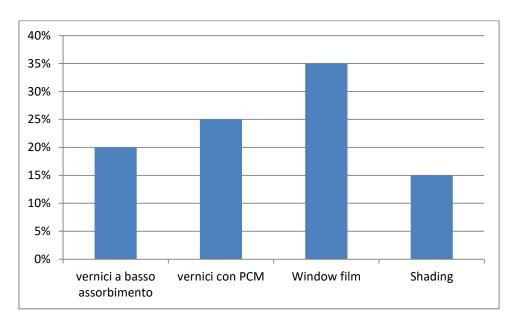


Figura 32 Riduzione del consumo energetico dovuto all'implementazione di misure di raffreddamento passivo secondo i dati di letteratura

Infine è interessante come la struttura dello stabilimento, con tanti edifici riuniti in una sorta di piccolo quartiere, presenta la possibilità di aumentare le zone verdi e la presenza di alberi, queste migliorerebbero oltre al carico termico anche l'ambiente di lavoro generale.

5. Analisi dell'installazione di un trigeneratore nel sito

5.1 Verifica della fattibilità di un trigeneratore da 1MW

All'interno del plesso è prevista l'installazione di un trigeneratore alimentato a gas metano. Un trigeneratore è una macchina termica che produce energia elettrica, calore e energia frigorifera. I trigeneratori possono sfruttare la tecnologia delle turbine a gas, con alte produzioni di calore ad alta temperatura ma bassa efficienza, o la tecnologia del motore endotermico che permette rendimenti elettrici maggiori ma contenute disponibilità di calore. Per impianti come quello studiato è preferibile il motore endotermico in quanto maggiormente efficiente.

Con questa tecnologia l'elettricità è prodotta dal movimento del motore e il calore disponibile è rappresentato dal calore asportato dal motore per il raffreddamento. L'energia frigorifera è prodotta con l'accoppiamento del motore con sistema frigorifero ad assorbimento che sfrutta le eventuali disponibilità di calore. Una scheda tecnica di un trigeneratore è presentata più avanti in Figura 51.

Questi sistemi hanno efficienze che variano in un intervallo da 40% a 48%, il loro funzionamento in regolazione permette di mantenere delle buone efficienze. (48) Il campo di operazione della macchina è fino al 50% della potenza nominale come indicato nella scheda tecnica fornita da ENGIE per lo studio, all'interno della quale sono riportati le condizioni di funzionamento per i casi 100%, 75% e 50% di regolazione.

Il trigeneratore sarà collegato al sistema di acqua calda e di acqua fredda del reparto di sviluppo. Per lo studio eseguito si è considerato come se il progetto di unificazione della rete per acqua calda e acqua fredda fosse avvenuto, il trigeneratore serve quindi tutto l'impianto, in quanto sono stati forniti solo i dati totali dell'impianto. Lo schema dell'impianto considerato è mostrato in Figura 33.

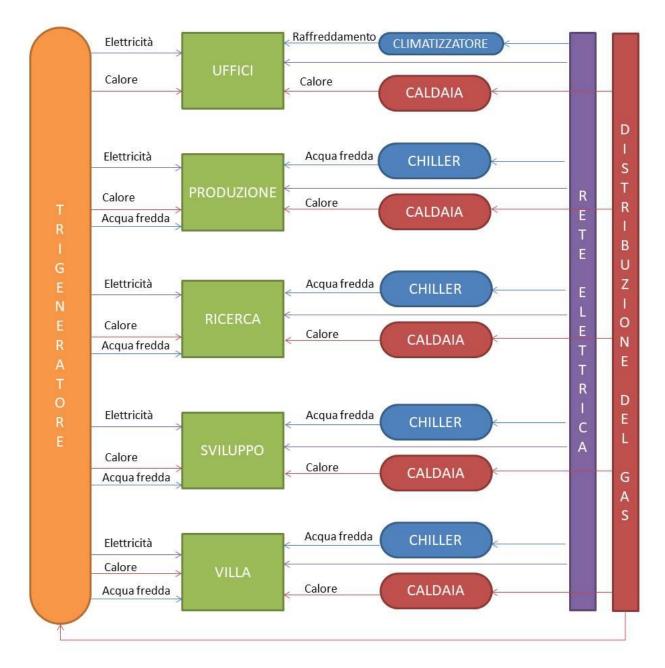


Figura 33 Schema impianto e flussi energetici successivi all'installazione di un trigeneratore da 1MW

La potenza di installazione del trigeneratore che l'azienda ha deciso di installare è pari a 1MW elettrico, le altre specifiche della macchina e i dati necessari all'analisi sono riportati in Tabella 7 mentre le curve di carico dei fabbisogni sono mostrate in Figura 34. Le specifiche tecniche della macchina sono state fornite dall'azienda condividendo lo studio di fattibilità eseguito nel 2016 grazie al quale l'azienda ha deciso per l'installazione del trigeneratore. I dati e i risultati condivisi dall'azienda risultano molto generici, soprattutto nella produzione di caldo si propone una quantità di energia ma senza indicare a che temperatura questa sia disponibile e lo stesso è valido per la produzione di energia frigorifera. I costi di investimento sono stati forniti sempre dall'azienda senza un riferimento preciso ad un motore ma come ordine di grandezza. Il costo dell'investimento per

l'installazione del trigeneratore è stato fornito dall'azienda non con riferimento specifico, per esempio al motore che sarà installato, ma come ordine di grandezza generale. I costi di O&M sono forniti dall'azienda e includono il costo per la manutenzione dell'impianto, ripartito su tutto l'anno, e il costo per la gestione.

Per la verifica della fattibilità del trigeneratore si è scelto di utilizzare il modello proposto dall'azienda in modo da riportare l'analisi condotta per il 2016 con i dati del 2018.

Tabella 7 Specifiche trigeneratore

Pel	Pcool	Pheat	Capex	O&M	Consumo CH₄
1000 kW	546 kW	531 kW	2M€	13 €/h	280 m³/h

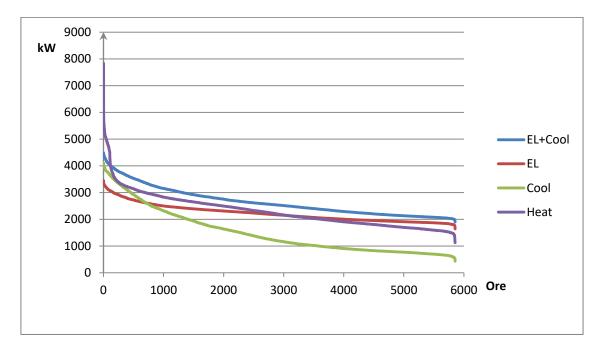


Figura 34 Curve di carico 2016 per consumi elettrici, termici e frigoriferi

In Figura 34 sono riportate le curve di carico relative ai dati 2016, gli unici con dettaglio orario che permettono la costruzione di tali curve. La curva relativa al cooling è ottenuta con i dati del fabbisogno di energia frigorifera e non del consumo elettrico connesso a questo. Purtroppo, come già sottolineato più volte, i dati disponibili sono limitati al 31 agosto e per cui la curva non raggiunge le normali 8760 ore annuali ma si ferma a 5845. Tuttavia essendo compreso nel periodo in esame la parte più importante della stagione del raffreddamento e del riscaldamento la curva può essere considerata indicativa.

Per quanto riguarda il consumo elettrico EL è ben evidente come un solo MW di potenza sia ben al di sotto del consumo minimo registrato. Lo stesso può essere detto del fabbisogno di calore che supera costantemente 1MW mentre il trigeneratore ne fornirebbe solo la metà. Il fabbisogno di calore è da distinguere tra vapore e acqua calda di riscaldamento, tale classificazione non è stata seguita nell'analisi per mancanza di dati e in quanto non era seguita anche nello studio del 2016.

Nel caso della produzione di energia frigorifera si ha che nell'eventualità in cui il fabbisogno frigorifero sia minore della produzione frigorifera del trigeneratore, la produzione di energia frigorifera sarà adeguatamente abbassata e il trigeneratore aumenterà la produzione di calore funzionando maggiormente come cogeneratore. Un chiller ad assorbimento come quelli utilizzati per la trigenerazione può lavorare con un carico ridotto fino al 20%, valori di carico minori possono essere elaborati con una riduzione delle prestazioni molto elevata. Il COP al variare del carico rimane piuttosto costante fino a valori vicino al 30% in cui diminuisce notevolmente. (49)

Il motivo del sottodimensionamento del trigeneratore è dovuto principalmente a due fattori. Il primo e più rilevante è che il contratto con il fornitore di energia non prevede la possibilità di vendere la produzione in eccesso, per cui tutta l'energia prodotta deve essere consumata dallo stabilimento. Considerato questo è stata fatta la scelta di non lavorare mai, o comunque il meno possibile, in regolazione in modo da massimizzare il rendimento energetico e quindi il guadagno economico dell'investimento.

Considerate queste motivazioni rimane il fatto che già con i dati del 2016 il trigeneratore andrebbe a coprire quasi metà del carico di base per cui l'installazione di due trigeneratori dovrebbe comunque garantire il lavoro a pieno carico. Inoltre considerando che nel 2018 si è assistito ad un aumento dei consumi, quello termico di caldo non è dato ma si suppone un andamento coerente con quello elettrico, l'installazione di un gruppo più grande dovrebbe essere preferibile. La ragione per cui in definitiva è stato scelto di adottare la soluzione con un solo trigeneratore è che, come detto precedentemente, il sito affronterà una ristrutturazione importante, 7 edifici saranno abbattuti, e scegliendo una sola macchina si è evitato il rischio di dover lavorare in qualche momento in regolazione.

5.1.1 Costruzione dei profili di consumo per il 2018

L'analisi economica fatta dall'azienda è relativa ai dati del 2016 e, per quanto indicativa, non è completa, vista la natura tronca dei dati oltre che basata su dati lontani nel tempo. Per rendere

l'analisi più significativa si intende applicarla ai dati del 2018 e estenderla a tutto l'anno. Per fare questo è necessario ricostruire un profilo dei consumi di energia frigorifera e EL per i dati del 2018 in quanto questa suddivisione non è data.

Tra le due categorie di consumo quella che è più facilmente studiabile e riproducibile è quella dei consumi EL in quanto questi sono molto meno variabili durante l'anno come è mostrato in Figura 9. Per costruire un profilo per i consumi si è costruito prima un profilo sui dati del 2016 in modo che questo fosse coerente con i dati sperimentali e poi li si è applicato al 2018.

Per ricreare il profilo di consumi EL si è ipotizzato che i consumi siano distribuiti sempre nello stesso modo a seconda del periodo dell'anno ma indipendentemente dalla quantità di produzione, ovvero a parità di giorno dell'anno rimangono fisse le percentuali dei consumi EL e di energia di raffreddamento sul totale. Si è osservato l'andamento della percentuale del consumo di energia frigorifera rispetto al totale nel 2016 per i mesi di cui si avevano i dati. Di questo andamento è stata fatta un'approssimazione con una line spezzata con una parte costante durante l'estate e l'inverno e una variabile durante la primavera. Le percentuali indicate dalla spezzata sono state prese come riferimento per le percentuali di consumi di raffreddamento del 2018. Infine per i mesi successivi a agosto si è specchiato l'andamento delle percentuali della primavera per l'autunno. La percentuale di consumi di energia frigorifera sul totale del 2016 e quella di riferimento per il 2018 sono mostrate in Figura 35.

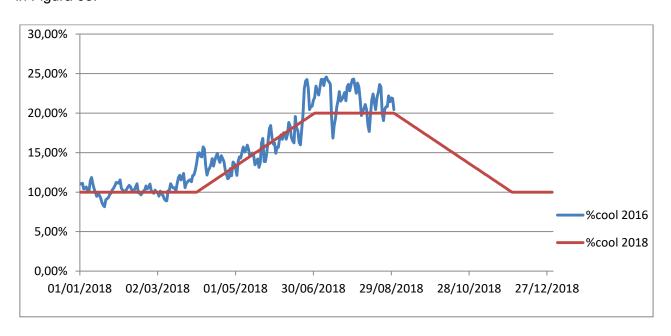


Figura 35 Percentuale consumi di energia frigorifera per il 2016 e andamento scelto per il 2018

Con la distribuzione mostrata per il 2018 si è per prima cosa ricostruito il profilo dei consumi EL del 2016 e si sono confrontati con quelli dati, il confronto tra i dati veri e quelli previsti è mostrato in Figura 37. Dal grafico si vede come i grafici della previsione e dei dati reali sono quasi sovrapposti, l'approssimazione per i dati 2016 può quindi considerarsi piuttosto buona.

In Figura 38 è invece mostrata la suddivisione prevista per il 2018. Il profilo del consumo EL è mostrato nel grafico mentre il consumo di energia frigorifera può essere dedotto dalla differenza tra il consumo totale e il consumo EL. Dal grafico il consumo EL è piuttosto costante, a parte per un aumento dei consumi durante l'estate in quanto, come già detto, solo una parte del raffrescamento è conteggiato nel consumo di energia frigorifera, così come era per il 2016 e questo può essere una prova positiva della bontà della previsione.

Oltre alla suddivisione tra energia elettrica per la produzione di raffrescamento e quella destinata ad altri usi, è necessario ricavarsi per il 2018 anche i dati relativi ai consumi di calore. Per fare questo si ipotizza, come già fatto per i consumi EL, che tra un anno e l'altro il rapporto tra consumo elettrico e consumo di calore sia rimasto costante a parità di giorno dell'anno. Si ricava quindi tale rapporto per il 2016 e lo si applica, con le dovute approssimazioni mostrate in Figura 36, ai consumi del 2018.

L'approssimazione fatta può essere considerata adeguata in quanto, in Figura 39, si osservano valori e andamenti simili tra i dati riprodotti con il modello e quelli registrati sperimentalmente. La natura molto variabile del dato di consumo non permette una sovrapposizione tra i dati come accade nel caso dei consumi EL in Figura 37.

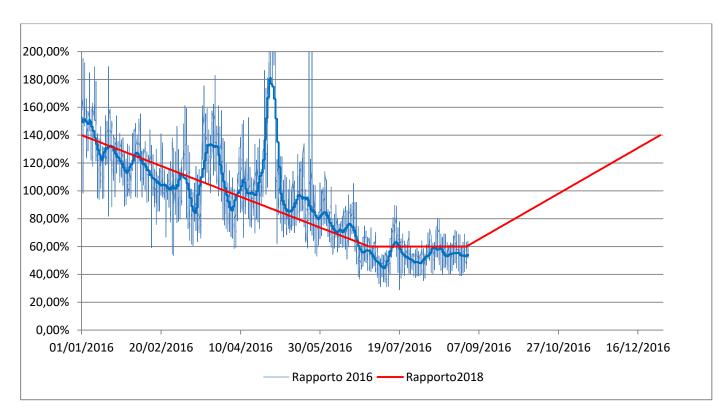


Figura 36 Rapporto tra consumo di calore e consumo elettrico totale per il 2016 e andamento scelto per il 2018

Una volta determinato il rapporto tra consumi elettrici e consumi termici per il 2018 si ricava il dato previsto per il calore che è mostrato in Figura 40.

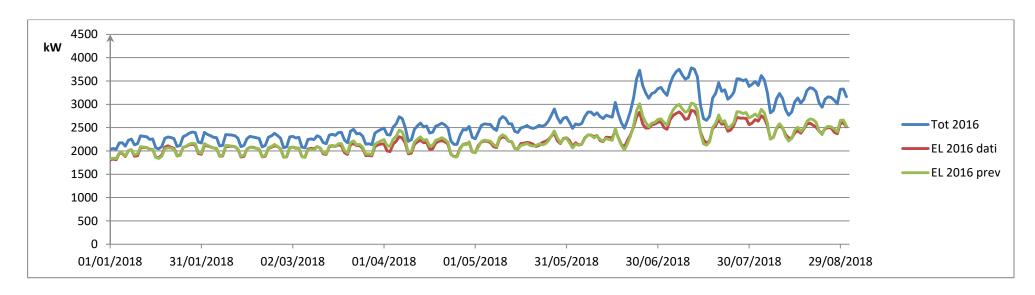


Figura 37 Confronto dati 2016 e previsione per consumi elettrici da utenze non frigorifere secondo il modello proposto

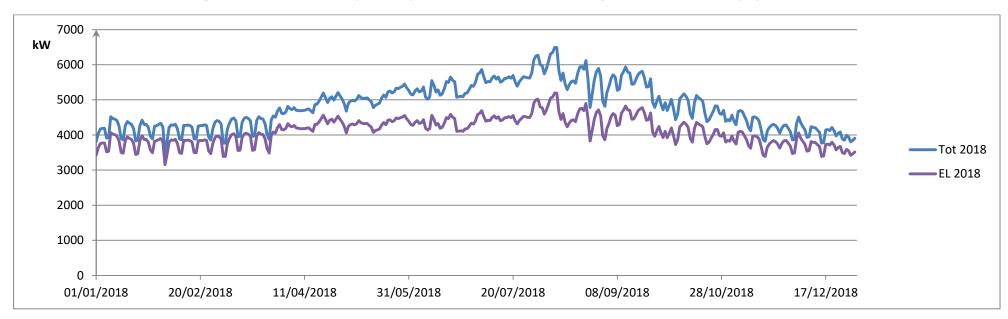


Figura 38 Consumi totali e consumi da utenze elettriche non frigorifere calcolati con il modello proposto per il 2018

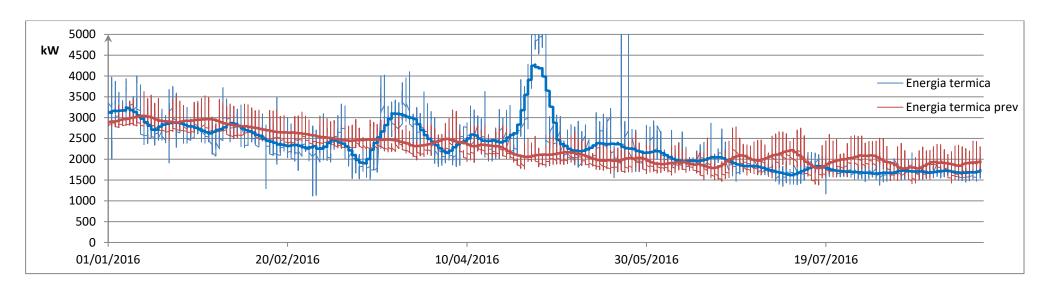


Figura 39 Confronto tra consumi di calore 2016 e previsione secondo il modello proposto

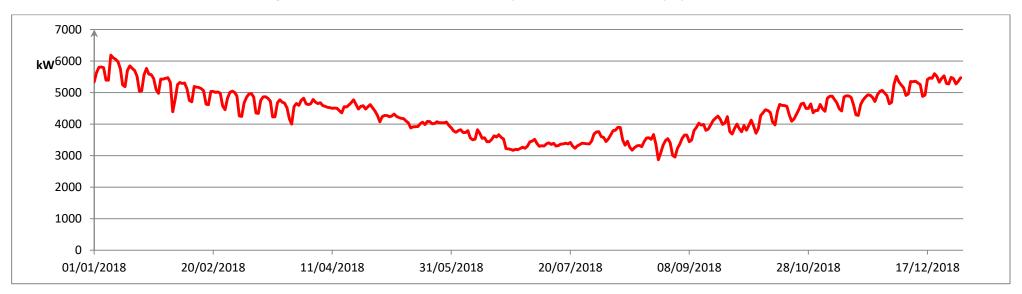


Figura 40 Consumo calore calcolato con il modello proposto per il 2018

Una volta ricavate le curve dei consumi medi giornalieri per EL, energia frigorifera e termica nel 2018 è necessario ricavarsi gli andamenti orari in modo da rendere più dettagliata l'analisi. Poiché durante lo stesso giorni i consumi cambiano notevolmente, con un dettaglio orario è possibile vedere effettivamente le ore in cui il trigeneratore lavora producendo raffreddamento o calore a seconda dei fabbisogni.

Per ricostruire tali curve si sono calcolati gli andamenti giornalieri medi di ogni mese partendo dalle curve ricavate per il 2016 come quelle mostrati in Figura 13 e Figura 14, per i tre tipi di consumi si è distinto tra giorni feriali e giorni festivi. Per i mesi successivi ad agosto si è considerato: settembre uguale a giugno, ottobre uguale a maggio, dicembre uguale a febbraio e per novembre si è fatta una media tra i valori di marzo e quelli di aprile. Le percentuali con cui sono riprodotti i profili è riportato in Tabella 8.

Tabella 8 Percentuali di consumo orario rispetto al consumo medio giornaliero EL per i giorni lavorativi

LAV	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
00:00:00	92%	92%	92%	93%	92%	91%	90%	92%	91%	92%	92%	92%
01:00:00	92%	91%	92%	91%	90%	90%	88%	90%	90%	90%	92%	91%
02:00:00	92%	91%	91%	91%	90%	89%	87%	90%	89%	90%	91%	91%
03:00:00	92%	91%	91%	90%	89%	88%	87%	89%	88%	89%	91%	91%
04:00:00	94%	93%	93%	91%	90%	89%	88%	90%	89%	90%	92%	93%
05:00:00	94%	93%	93%	91%	89%	88%	86%	88%	88%	89%	92%	93%
06:00:00	96%	95%	94%	92%	90%	89%	87%	89%	89%	90%	93%	95%
07:00:00	98%	97%	96%	94%	95%	92%	90%	92%	92%	95%	95%	97%
08:00:00	102%	102%	101%	99%	99%	98%	96%	96%	98%	99%	100%	102%
09:00:00	108%	108%	108%	105%	106%	104%	102%	103%	104%	106%	106%	108%
10:00:00	110%	111%	111%	108%	110%	108%	107%	107%	108%	110%	110%	111%
11:00:00	111%	113%	112%	111%	112%	111%	111%	109%	111%	112%	111%	113%
12:00:00	110%	112%	111%	111%	112%	113%	114%	112%	113%	112%	111%	112%
13:00:00	108%	110%	110%	111%	113%	113%	115%	113%	113%	113%	111%	110%
14:00:00	109%	111%	111%	112%	113%	114%	117%	115%	114%	113%	112%	111%
15:00:00	108%	109%	110%	112%	113%	113%	117%	115%	113%	113%	111%	109%
16:00:00	107%	107%	108%	110%	111%	111%	115%	114%	111%	111%	109%	107%
17:00:00	104%	104%	104%	107%	107%	108%	112%	110%	108%	107%	105%	104%
18:00:00	101%	101%	101%	102%	103%	105%	107%	106%	105%	103%	101%	101%
19:00:00	98%	97%	98%	98%	99%	102%	103%	101%	102%	99%	98%	97%
20:00:00	96%	95%	95%	96%	96%	99%	98%	98%	99%	96%	96%	95%
21:00:00	94%	94%	94%	95%	95%	96%	96%	96%	96%	95%	94%	94%
22:00:00	93%	93%	94%	94%	94%	95%	94%	94%	95%	94%	94%	93%
23:00:00	92%	92%	93%	94%	93%	94%	92%	93%	94%	93%	93%	92%

Una volta che i dati orari sono stati calcolati per tutti i tipi di consumo è possibile costruire una curva di carico annuale molto più significativa rispetto a quella che si potrebbe costruire con i valori medi giornalieri dei fabbisogni. La curva di carico è mostrata in Figura 41.

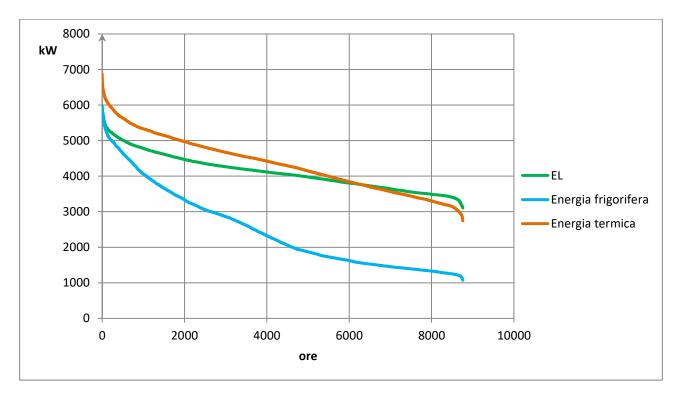


Figura 41 Curve di carico dei consumi elettrici, termici e frigoriferi per il 2018

Dalla curva di carico diventa evidente come, dato l'aumento dei consumi di circa l'80%, la potenza di 1 MW risulti decisamente sottodimensionata. Dal grafico si può inoltre constatare che i consumi frigoriferi superano il valore di produzione del trigeneratore per tutte le ore dell'anno per cui il trigeneratore non lavorerà mai come cogeneratore e sempre alla massima potenza.

Gli andamenti orari dei consumi per i tre tipi di fabbisogno sono mostrati in Figura 42. Poiché i dati non sono reali ma frutto di successive approssimazioni si nota come l'andamento risulti piuttosto fluido, per quanto il dettaglio orario presenti necessariamente una grande quantità di picchi. Il picco massimo sulla media giornaliera per i consumi elettrici si ha alle 15 del mese di luglio ed è pari al 117,19% della media giornaliera. Lo stesso valore per i consumi frigoriferi risulta 132,9% ed è riferito alle 16 di aprile. Per i consumi di calore il picco è 121,75% relativo alle 8 di maggio. I fabbisogni termico e frigorifero, riportati ai dati del 2018, prevedono un consumo sempre maggiore rispetto alla produzione del trigeneratore. Questo significa che non necessariamente tutti i circuiti dell'acqua devono essere connessi, è sufficiente che lo sia un insieme di edifici tali per cui il fabbisogno è maggiore o uguale alla produzione del trigeneratore.

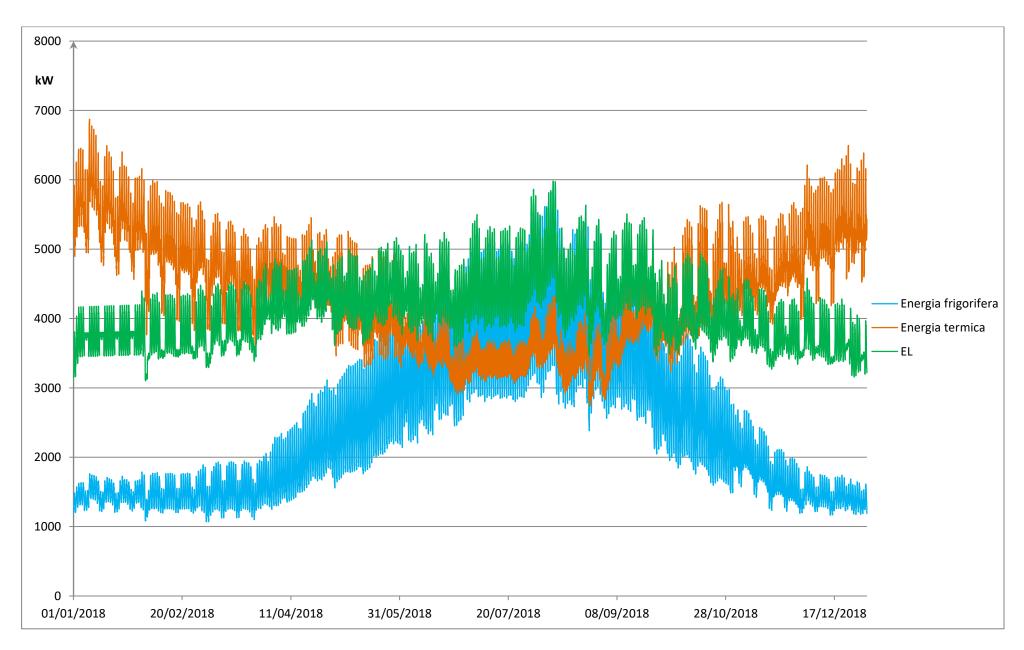


Figura 42 Curva dei consumi elettrici, termici e frigoriferi per il 2018

5.1.2 Calcolo del risparmio energetico e economico

Adesso è possibile analizzare quanta parte del consumo totale sarà fornita dal trigeneratore e quanta ancora dovrà invece essere comprata dal fornitore.

Dati i fabbisogni orari e ricostruita la curva di carico si deduce che il trigeneratore lavorerà a pieno carico per tutte le ore dell'anno. Poiché sono stati forniti i valori di energia termica prodotta senza alcun tipo di specifica sulla temperatura, si presuppone che tutta l'energia prodotta sia utile al fabbisogno dell'impianto. I valori di dell'energia elettrica, di calore e frigorifera prodotta dal trigeneratore sono banalmente il prodotto tra le ore di un anno e la produzione fornita come dato. Si riporta come esempio il caso del calore calcolato con l'Equazione 2.

Equazione 2

$$E_{heatTR} = P_{heat} \cdot h_{anno} = 531kW \cdot 8760h = 4,651GWh$$

Dove con E_{heatTR} si è indicato l'energia termica prodotta, con P_{heat} la potenza termica del trigeneratore e con h_{anno} le ore di un anno.

Nella Tabella 9 vengono illustrati i dati dei consumi derivati dall'analisi descritta, la quantità di energia prodotta dal trigeneratore e le percentuali relative.

Tabella 9 Consumi energetici e produzione del trigeneratore

Consumo elettrico tot(GWh)	Consumo di calore (GWh)	Consumo frigorifero (GWh)
42,257	38,023	21,732
Energia elettrica prodotta dal TR (GWh)	Energia termica prodotta dal TR(GWh)	Energia di raffreddamento prodotta dal TR(GWh)
8,760	4,651	4,782
% elettricità prodotta dal TR	% calore prodotto dal TR	% raffreddamento prodotto dal TR
21%	12%	22%

Le percentuali dei consumi coperte dal trigeneratore non sono molto alte coerentemente con quanto detto prima a proposito del sottodimensionamento della macchina. I restanti consumi saranno forniti dalla rete, per quanto riguarda l'energia elettrica, o dalle caldaie alimentate a metano per l'energia termica. Il calcolo dei consumi rimanenti è dato dalla differenza tra il consumo dello stabilimento e la produzione del trigeneratore, i valori sono mostrati in Tabella 10.

Tabella 10 Consumi rimanenti dopo l'installazione del trigeneratore

Elettricità con TR fornita da terze parti	Calore con TR fornito da terze parti
(kWh)	(kWh)
32,130	33,371

Dai dati dei consumi è possibile determinare il risparmio monetario legato all'installazione del trigeneratore. Per fare questo è necessario indicare i prezzi di riferimento per il gas metano e per l'energia elettrica. I prezzi in questione sono stati forniti dall'azienda all'interno della sua analisi precedente, il prezzo del gas è di poco superiore a quello riportato per l'Italia nel database dell'eurostat (50) che per il 2019 nella categoria di consumo dell'impianto è pari a 0,31€/m³. L'impianto consuma più di 137 000GJ di gas e di conseguenza la sua categoria di consumi rientra in quella definita Band I4tra 100 000GJ e 1 000 000GJ.

Il prezzo dell'elettricità risulta invece molto elevato per la corrispondente categoria di consumo, infatti, l'impianto consuma più di 42 000MWh in un anno e rientra quindi nell'intervallo Band IE tra 20 000MWh e 70 000MWh, il prezzo riportato dall'eurostat per il 2019 in questa categoria, incluse le tasse, è di 0,128 €/kWh.

I prezzi e il potere calorifico considerato per il metano sono mostrati in Tabella 11.

Tabella 11 Costi considerati e LHV

Costo del metano	€/m ³	0,39
Costo per l'elettricità	€/kWh	0,195
LHV metano	kWh/m ³	9,88

Il costo di approvvigionamento di energia elettrica per il caso ante operam è stato calcolato moltiplicando il totale dei consumi per il costo di riferimento. Il costo del gas metano necessario alla produzione di calore è stato calcolato con l'Equazione 3.

Equazione 3

$$C_{gas_{ante\,operam}} = \frac{E_{heat}}{LHV_{CH_4} \cdot \eta_{caldaie}} \cdot C_{CH_4}$$

Dove con $C_{gas_{ante\,operam}}$ si intende il costo annuale per la materia gas nel caso di assenza di trigeneratore, con E_{heat} il fabbisogno termico dell'impianto, con C_{CH_4} il prezzo al metro cubo indicato e con LHV_{CH_4} il potere calorifico inferiore del metano, questi due dati sono riportati in Tabella 11. Il rendimento delle caldaie, considerato pari a 0,9, è indicato con $\eta_{caldaie}$.

Per i costi legati all'energia elettrica, nel caso di trigeneratore presente sul sito, si è considerato il consumo EL e il consumo frigorifero in quanto tutta l'energia di raffreddamento che non è prodotta dal trigeneratore è prodotta con apparecchi alimentati a corrente. L'equazione per la determinazione del costo è l'Equazione 4.

Equazione 4

$$C_{el_{post}operam} = \left(\left(E_{el,tot} - E_{elTR} \right) + \frac{E_{cool} - E_{coolTR}}{COP} \right) \cdot C_{-}el$$

Dove $C_{el_{post}operam}$ è il costo che si intende trovare, $E_{el,tot}$ ed E_{cool} sono i consumi elettrico e frigorifero rispettivamente dello stabilimento, E_{elTR} e E_{coolTR} sono l'energia elettrica e frigorifera prodotta dal trigeneratore rispettivamente. Il $C_{-}el$ è il costo al kW per l'energia elettrica riportato in Tabella 11. Infine COP è il coefficiente di prestazione delle macchine frigorifere considerato come 3,5.

Per il costo dell'energia termica, nel caso di trigeneratore presente sul sito, si è considerato il costo del metano necessario per la produzione nelle caldaie, con un rendimento della caldaia del 90%. L'equazione relativa a suddetto costo è l'Equazione 5.

Equazione 5

$$C_{gas_{post operam}} = \frac{E_{heat} - E_{heatTR}}{LHV_{CH_A} \cdot \eta_{caldale}} \cdot C_{CH_4}$$

Nella

Tabella 12 sono riportati i costi per elettricità e calore sia nel caso di assenza del trigeneratore che nel caso di presenza di questo. Nel caso in cui il trigeneratore è installato i dati nella seconda riga corrispondono al costo dell'energia fornita da terze parti. Nella terza riga sono riportati i costi di operazione del trigeneratore sia per la gestione che per il combustibile. Questi costi sono stati calcolati moltiplicando i dati orari per il numero di ore dell'anno come mostrato per la produzione di calore del trigeneratore. Come mostrato nell'Equazione 6 valida per il costo di manutenzione.

Equazione 6

$$C_{O\&M} = C_{O\&M,TR} \cdot h_{anno} = 13 \frac{\epsilon}{h} \cdot 8760h = 113.880 \epsilon$$

Dove $C_{O\&M}$ è il costo totale annuale della manutenzione e $C_{O\&M,TR}$ è il costo orario della manutenzione fornito dall'azienda e mostrato in Tabella 7.

Tabella 12 Costi per l'approvvigionamento di energia con trigeneratore e senza.

Costi per elettricità senza TR	Costi per calore senza TR
8.240.152 €	1.667.865 €
Costi per elettricità con TR fornita da terze parti	Costi per calore con TR fornito da terze parti
6.264.289 €	1.375.161 €
Costo per metano per alimentazione TR	Costo per manutenzione TR

956.592,00€	113.880,00€
7 7	/

Calcolati i costi per entrambi i casi di installazione o meno del trigeneratore, è possibile calcolare il risparmio che si ottiene introducendo il trigeneratore facendo la differenza tra i costi di fornitura di energia senza il trigeneratore e la somma del costo dell'approvvigionamento di energia da terze parti con il costo di gestione del trigeneratore. L'equazione relativa al calcolo del risparmio è l'Equazione 7.

Equazione 7

$$Risparmio = C_{el_{anteoperam}} + C_{gas_{anteoperam}} - \left(C_{el_{postoperam}} + C_{gas_{postoperam}} + C_{CH_4TR} + C_{0\&MTR}\right)$$

Dove molti dei termini sono stati calcolati precedentemente, con C_{CH_4TR} si intende il costo del metano per l'alimentazione del trigeneratore e con $C_{O\&MTR}$ il costo per la manutenzione del trigenratore.

I costi e il relativo risparmio sono mostrati in Tabella 13.

Tabella 13 Costi totali e risparmio dovuto al trigeneratore

Costo totale per energia elettrica e metano senza TR	Costo totale per energia elettrica e metano con TR	Risparmio
9.907.838 €	8.653.248€	1.087.824 €

Oltre ai guadagni legati al solo risparmi di energia tra il caso con trigeneratore e il caso senza, è da considerare come entrata anche il valore dei certificati bianche emessi dal GSE dovuti all'introduzione del trigeneratore stesso. I certificati sono una misura e un'incentivazione del risparmio energetico in quanto forniscono un valore aggiunto all'opera di efficientamento energetico.

Il GSE definisce i certificati bianchi in questo modo: "i certificati bianchi sono titoli negoziabili che certificano il conseguimento di risparmi negli usi finali di energia attraverso interventi e progetti di incremento dell'efficienza energetica. Un certificato equivale al risparmio di una Tonnellata Equivalente di Petrolio (TEP)." (51)

Nella pratica i certificati bianche sono dei titoli simili a quelli azionari che possono essere scambiati in un mercato apposito. Alcuni soggetti sono infatti obbligati a detenere un certo numero di questi certificati e per rispettare l'obbligo possono usare misure dirette sui propri consumi o comprare certificati da altri soggetti. I valori dei certificati bianchi oscillano attualmente tra i 250€ e i 260€ per

certificato. L'azienda prevede che l'installazione del trigeneratore porti un valore di circa 100k€ dovuto ai certificati.

Dopo questa analisi si può affermare che l'investimento di installazione di un trigeneratore è sicuramente positiva in quanto il guadagno annuale è molto elevato e, se confermato, porta il payback time ad essere circa di un paio di anni. Nella realtà l'azienda si aspetta un guadagno minore, soprattutto per i primi anni, e quindi prevede che l'investimento si ripaghi in tempi più lunghi ovvero pari a 4 o 5 anni.

Un analisi del NPV dell'investimento è stata condotta per individuare il tempo di payback e quello che il guadagno totale dopo un tempo di 20 anni. Come discount rate è stato considerato il costo medio del capitale nel caso in cui l'investimento non prevede parte in debito, come si presume sia il caso dell'azienda. Il WACC così inteso è stato calcolato secondo l'Equazione 8.

Equazione 8

$$WACC = R_f + (R_M - R_f)$$

Dove R_f è il rendimento di un investimento sicuro, nel caso in esame si è considerato il rendimento dei titoli di stato italiani a 10 anni che attualmente ha valore di 0,97% (52). $(R_M - R_f)$ è invece il premio considerato per ritenere fruttuoso l'investimento ed è chiamato equity market risk premium, il valore trovato in letteratura per le condizioni attuale è pari a 5,75% (53). Il discount rate utilizzato nell'analisi è quindi pari a 6,72%.

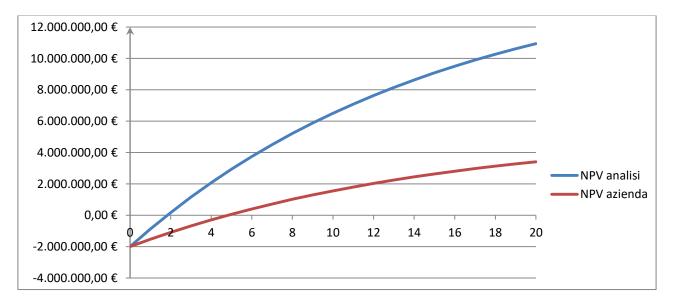


Figura 43 Net Present Value a venti anni dell'investimento trigeneratore secondo l'analisi svolta e secondo le indicazioni di massima date dall'azienda

In Figura 43 è mostrato l'andamento del NPV dall'anno di installazione del trigeneratore ai 20 anni successivi. In figura sono mostrate due curve. In una si considera come incasso annuale quello riportato in Tabella 13 a cui si somma 100 000€ derivanti dai certificati bianchi. La seconda curva è relativa ad un caso con guadagno di 500 000€, questo valore è quello che l'azienda aveva ricavato dal suo studio di fattibilità. Dalla figura si può vedere bene come il PBT nel caso dell'analisi sia di 2 anni mentre nel caso indicato dall'azienda l'investimento rientra nel doppio del tempo. La differenza tra i due diversi incassi è dovuta alla producibilità dell'impianto che nell'analisi esposta non è stata considerata e si è considerato un funzionamento continuo tutto l'anno in base a quanto emerso dalle curve di carico. Nella realtà il trigeneratore subirà delle fermate per la manutenzione e quindi il funzionamento non sarà continuo, non avendo dati sulle fermate si è ipotizzato un funzionamento continuo. La differenza tra le due curve è tuttavia molto ampia e non può essere spiegata solo con l'introduzione della producibilità. Questa differenza può essere dovuto a un errore che è stato rilevato nello studio di fattibilità che sottostimava il risparmio.

L'effettivo risparmio dovuto al trigeneratore è ovviamente legato ai costi dell'elettricità e del gas metano. In Figura 44 è stato messo il risparmio del sistema sull'asse delle ordinate e il prezzo della risorsa in quella delle ascisse, per quanto riguarda il gas si è considerato il prezzo al metro cubo mentre per l'elettricità quello al kWh. I valori per i quali è stata fatta la simulazione sono i prezzi che le risorse hanno avuto in Italia negli ultimi anni secondo i dati dell'eurostat considerando la categoria prezzi industriali dell'energia e includendo nel costo le tasse. (50)

Il risultato dell'analisi è che l'andamento del risparmio al variare del prezzo è lineare sia per il gas che per l'elettricità e che il prezzo dell'elettricità influisce molto di più sulla resa del trigeneratore di quello del metano. Questo aspetto è ben visibile in Figura 44 dove la retta relativa alla variazione di prezzo dell'elettricità ha un'inclinazione maggiore di quella relativa al gas. Questo dimostra che la stessa variazione, in termini assoluti, di costo dell'elettricità porta ad una variazione maggiore del risparmio rispetto al caso in cui è il costo del gas a variare.

All'aumentare del prezzo dell'elettricità aumenta il risparmio in quanto aumenta l'ammontare che non è stato speso dell'azienda, all'opposto se il prezzo del metano aumenta il risparmio diminuisce. Quindi, guardando al NPV in Figura 43, se il prezzo dell'elettricità aumenta si osserverà uno spostamento della curva verso l'alto, se invece si registrerà un incremento del costo del gas la curva si muoverà verso il basso.

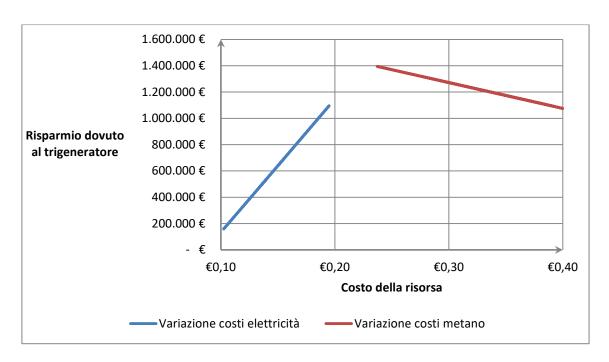


Figura 44 Analisi variazione del risparmio ottenuto dall'installazione del trigeneratore al variare dei prezzi del gas e dell'elettricità

5.1.3 Calcolo delle emissioni di CO₂ per il trigeneratore

Per quanto riguarda le emissioni di CO₂ derivanti dalla produzione di energia elettrica, l'installazione del trigeneratore porta ad un incremento di queste, sebbene marginale. Per eseguire il calcolo delle emissioni si è innanzitutto cercato in letteratura il valore di emissioni medie per la generazione di energia in Italia, il valore individuato e utilizzato per l'analisi è di 298,2 gCO₂/kWh. (54)

Per quanto riguarda i consumi termici si è considerato il dato in kWh e si è convertito considerando i metri cubi di gas necessari per la generazione dell'energia e poi moltiplicando per la quantità di CO₂ generata da un metro cubo di metano pari a 1,96 kgCO₂/kWh. Per conteggiare le emissioni dovute al trigeneratore si è semplicemente moltiplicato il consumo di gas totale per suddetto fattore.

L'equazione utilizzata per il calcolo delle emissioni per il caso precedente all'installazione del trigeneratore è l'Equazione 9.

Equazione 9

$$CO_{2,ante\ operam} = E_{el,TOT} \cdot 0,298 \frac{kgCO_2}{kWh} + \frac{E_{heat}}{LHV_{CH_A} \cdot \eta_{caldaie}} \cdot 1,96 \frac{kgCO_2}{m^3}$$

Dove $E_{el,TOT}$ è il consumo di energia elettrica totale dell'impianto. E_{heat} è il consumo di energia termica totale dell'impianto, questo è diviso per il potere calorifico del metano LHV_{CH_4} e il

rendimento delle caldaie $\eta_{caldaie}$, che è stato detto essere 0,9, per trovare i metri cubi di gas consumati.

L'equazione utilizzata per il calcolo delle emissioni per il caso successivo all'installazione del trigeneratore è l'Equazione 10.

Equazione 10

$$CO_{2,post\;operam} = E_{el,ext} \cdot 0,298 \frac{kgCO_2}{kWh} + \frac{E_{heat,ext}}{LHV_{CH}} \cdot \eta_{caldale} \cdot 1,96 \frac{kgCO_2}{m^3} + Consumo_{gas,TR} \cdot 8760h \cdot 1,96 \frac{kgCO_2}{m^3}$$

Dove con $E_{el,ext}$ e $E_{heat,ext}$ si è indicato la fornitura di energia da terze parti rispettivamente per l'energia elettrica e l'energia termica. $Consumo_{gas,TR}$ indica il consumo di gas orario del trigeneratore. In Tabella 14 sono riportati i dati relativi alle emissioni nei casi di presenza di trigeneratore e caso attuale.

Tabella 14 Riepilogo emissioni anidride carbonica

Emissione CO ₂ per energia elettrica e metano senza TR [tCO ₂]	Emissione CO ₂ per energia elettrica e metano con TR [tCO ₂]	Differenza [tCO₂]
20982	21745	-762

Come accennato precedentemente l'ammontare di emissioni di CO₂ aumenta con l'introduzione del trigeneratore, l'incremento è relativamente piccolo in quanto si tratta di circa il 4% dei consumi del caso ante operam. Questo risultato è contro intuitivo in quanto ci si aspetta che l'introduzione di un elemento ad alta efficienza porti ad una riduzione dei consumi e delle emissioni. Il trigeneratore in esame presenta un consumo di gas elevato e un rendimento elettrico piuttosto basso, pari al 36,1%. Per meglio studiare la relazione emissioni e rendimento della macchina è stata eseguita un'analisi di sensitività, mostrata in Figura 45Figura 45, dalla quale risulta come per avere un saldo positivo delle emissioni è necessario un rendimento maggiore del 43%.

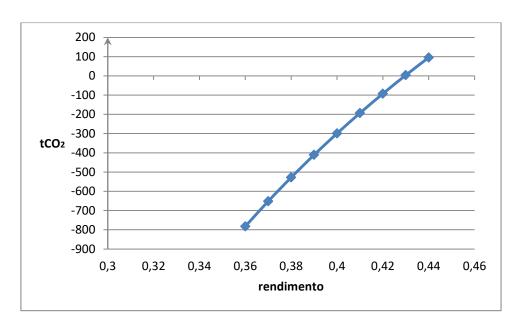


Figura 45 Analisi di sensitività delle emissioni rispetto al rendimento del trigeneratore

Inoltre il suo utilizzo non è ottimizzato in quanto si predilige la produzione di energia frigorifera a quella termica, in questo modo si privilegia l'uso di macchine frigorifere ad assorbimento con COP basso rispetto a macchine più efficienti ad alimentazione elettrica. Anche in questo caso è stata eseguita un'analisi di sensitività rispetto al COP delle macchine frigorifere, si è quindi diminuito il valore del COP e si è osservata la variazione delle emissioni. I risultati sono mostrati in Figura 46 ed evidenziano come solo con COP molto bassi, vicini all'unità, si ottiene un bilancio delle emissioni positivo.

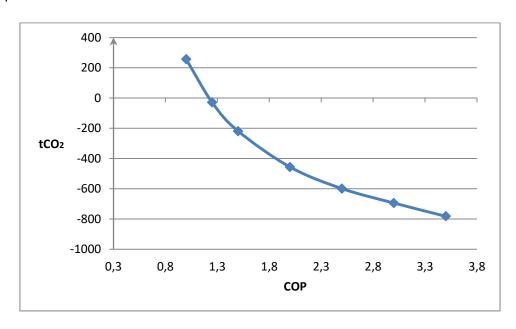


Figura 46 Analisi sensitività emissioni rispetto al COP medio delle macchine frigorifere presenti sul sito

Infine si è studiato come cambia il bilancio emissivo al variare del fattore di emissione della rete. L'analisi è mostrata in Figura 47 e da questa si evince come il fattore di emissione necessario affinché l'introduzione del trigeneratore porti un beneficio ambientale sia di 380 gCO2/kWh. Il fattore emissivo individuato è simile a quello di altri paesi europei come Germania con 440,8 gCO2/kWh e Irlanda con 424,9 gCO2/kWh rispetto ad una media europea di 295,8 gCO2/kWh e un massimo rappresentato dalla Polonia di 773 gCO2/kWh. (55)

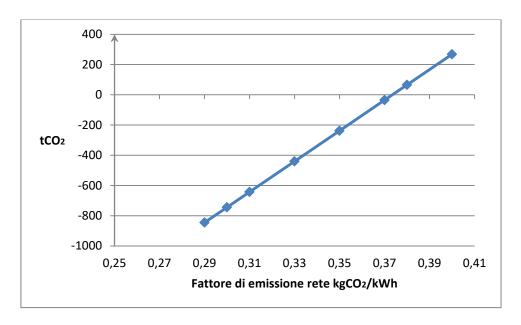


Figura 47 Analisi di sensitività emissioni rispetto al fattore di emissione della rete

In conclusione l'introduzione del trigeneratore studiato, utilizzando i valori forniti dall'azienda e trovati in letteratura per l'Italia, porta ad un evidente vantaggio economico che però non corrisponde ad un vantaggio ambientale.

5.2 Studio di fattibilità di un trigeneratore

5.2.1 Dimensionamento del trigeneratore

Come detto più volte, il trigeneratore che verrà installato nell'impianto è decisamente sottodimensionato. In virtù di questo è stato deciso di procedere con il dimensionamento di un altro trigeneratore che copra una maggiore quantità del fabbisogno dello stabilimento nella situazione in cui vi è una completa integrazione dei circuiti di acqua calda, fredda e vapore. Inoltre rispetto al caso precedente si intende distinguere tra la produzione di vapore e quella di acqua calda. Per questa analisi si mantiene l'ipotesi che l'energia prodotta non possa essere venduta alla rete. Rispetto al caso del trigeneratore precedente si considera la possibilità di lavorare in regolazione. Lo schema dell'impianto considerato è mostrato in Figura 48 dove i blocchi a sfondo bianco indicano le macchine utilizzate per il backup nel caso il trigeneratore non fosse disponibile o sufficiente per il fabbisogno.

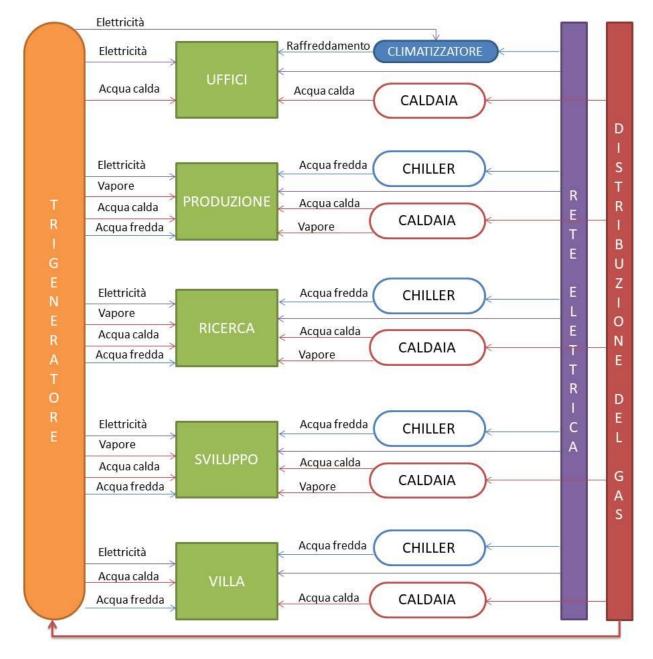


Figura 48 schema impianto servito da trigeneratore da 4,3MW con blocchi a sfondo bianco ad indicare gli impianti di backup

Per prima cosa l'impianto deve essere dimensionato e per fare questo è necessario guardare la curva di carico mostrata in Figura 41 e considerare che un motore può lavorare in regolazione senza grosse perdite di rendimento fino al 50% della potenza nominale. Da questa prima osservazione si evince che la taglia è compresa tra 3000kW e 5000kW, con un probabile ottimo a 4000kW. Per definire in modo più razionale una taglia si è proceduto all'analisi di più taglie e alla simulazione delle prestazioni per la produzione di elettricità.

In questa analisi si è cercato di trovare un trade-off tra la produzione totale di energia elettrica e il rendimento medio, e quindi le ore di lavoro in regolazione. All'aumentare della taglia aumenterà

infatti la quantità di fabbisogno coperto dal trigeneratore ma allo stesso tempo aumenterà la porzione di tempo in regolazione. Al contrario una taglia piccola permette poca regolazione ma basse produzione, esemplare è il caso della taglia di 1MW illustrato precedentemente.

Per la produzione di elettricità da parte del trigeneratore si è considerato che il trigeneratore produce l'elettricità avendo come limite massimo la propria taglia e considerano nulla la produzione se il fabbisogno è minore del 50% della taglia. Guardando alla curva di carico si evince come non si raggiunga mai il valore limite di operazione del motore se non per taglie elevate, per esempio 6000kW, di conseguenza tutti i motori a taglia inferiore lavoreranno in continuo.

Per lo studio dell'ottimizzazione si è considerata la curva di rendimento di un motore di riferimento, nello specifico il motore da 4,3 MW la cui scheda tecnica è riportata in Figura 51, che è stata applicata per tutte le taglie prese in considerazione nell'analisi. I valori di produzione e rendimento per le taglie valutate sono mostrate in Figura 49, e la curva di ottimizzazione è mostrata in Figura 50.

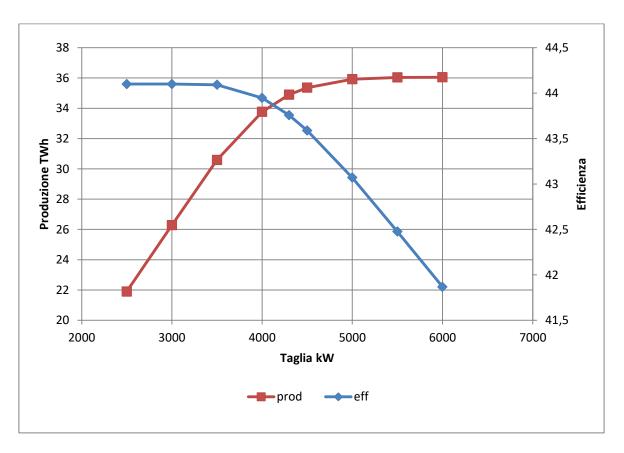


Figura 49 Produzione e rendimento medio per le varie taglie del trigeneratore considerate per il dimensionamento

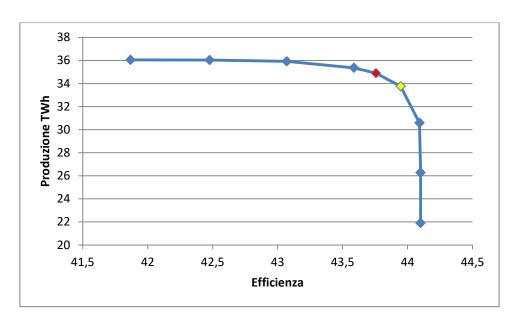


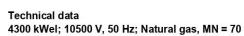
Figura 50 Curva di ottimizzazione efficienza-produzione con identificazione del punto di ottimo(giallo) e del punto rappresentativo del motore scelto (giallo)

Dalle due curve si evince come le ipotesi fatte precedentemente fossero corrette. Nello specifico il valore di 4000kW (quadrato giallo) sembra rappresentare l'ottimo tra produzione e rendimento di questa. Tuttavia i valori delle taglie dei motori considerati per la trigenerazione, ovvero motori endotermici a gas metano, sono standardizzati e non esiste il valore di 4000kW. Il valore più vicino è quello di 4300kW (quadrato rosso). Questa taglia, per quanto non rappresenti l'ottimo, mostra buoni rendimenti e buone produzioni e quindi può essere scelta per la simulazioni del funzionamento generale.

Il motore scelto con le sue specifiche tecniche è mostrato in Figura 51.

Una volta analizzata la produzione elettrica e la sua efficienza si passa quindi al calcolo della produzione di calore e di energia frigorifera per analizzare il beneficio complessivo apportato dal trigeneratore. La produzione termica e frigorifera sono correlate ai flussi termici derivanti dal motore che dipendono dal grado di regolazione dello stesso e quindi dalla produzione elettrica.

reference data sheet





Design conditions			Fuel gas data: 2)		
Inlet air temperature / rel. Humidity:	[°C] / [%]	25 / 60	Methane number:	[-]	7
Altitude:	[m]	100	Lower calorific value:	[kWh/Nm³]	10,9
Exhaust temp. after heat exchanger:	[°C]	120	Gas density:	[kg/Nm ³]	0,8
NO _x Emission (tolerance - 8%):	[mg/Nm ³ @5%O ₂]	500	Standard gas: Na	tural gas, MN = 70	
Genset:					
Engine:	CG260-16				
Speed:	[1/min]	1000			
Configuration / number of cylinders:	[-]	V / 16			
Bore / Stroke / Displacement:	[mm]/[mm]/[dm3]	260 / 320 / 272			
Compression ratio:	[-]	12,0			
Mean piston speed:	[m/s]	10,7			
Mean lube oil consumption at full load:	[g/kWh]	0,2			
Engine-management-system:	[-]	TEM EVO			
Generator:	Marelli MJH 800 I	MC6 Sleeve bearing			
Voltage / voltage range / cos Phi:	[V] / [%] / [-]	10500 / ±10 / 1			
Speed / frequency:	[1/min] / [Hz]	1000 / 50			
Energy balance	ro/1	100	75	50	
Load:	[%]	100	75	50	
Electrical power COP acc. ISO 8528-1:	[kW]	4300	3225		215
Engine jacket water heat:	[kW ±8%]	1390	1029		71
Intercooler LT heat:	[kW ±8%]	356	252		16
Lube oil heat:	[kW ±8%]	466	389		33
Exhaust heat with temp. after heat exchanger:	[kW ±8%]	2308	1912		146
Exhaust temperature:	[°C ±25°C]	453	481		51
Exhaust mass flow, wet:	[kg/h]	22652	17253	1	1216
Combustion mass air flow:	[kg/h]	21911	16678	1	1174
Radiation heat engine / generator:	[kW ±8%]	212 / 95	207 / 81	203	3/7
Fuel consumption:	[kW+5%]	9750	7569		544
Electrical / thermal efficiency:	[%]	44,1 / 42,7	42,6 / 44,0	39,5	/ 46
Total efficiency:	[%]	86,8	86,6		85,
System parameters 1)					
Ventilation air flow (comb. air incl.) with $\Delta T = 15K$	[kg/h]	116800			
Combustion air tomporature minimum / decign:	[°C]	EIDE			

System parameters "		
Ventilation air flow (comb. air incl.) with $\Delta T = 15K$	[kg/h]	116800
Combustion air temperature minimum / design:	[°C]	5 / 25
Exhaust back pressure from / to:	[mbar]	30 / 50
Maximum pressure loss in front of air cleaner:	[mbar]	5
Zero-pressure gas control unit selectable from / to: 2)	[mbar]	20 / 200
Pre-pressure gas control unit selectable from / to: 2)	[bar]	0,5 / 10
Air bottle, volume / pressure	[dm3] / [bar]	2000 / 30
Starter motor:	[dm3/s] / [bar]	800 / 16
Lube oil content engine / base frame:	[dm³]	1850 / -
Dry weight engine / genset:	[kg]	24890 / 51200
Cooling system		

Glycol content engine jacket water / intercooler:	[% Vol.]	35 / 35
Water volume engine jacket / intercooler:	[dm ³]	570 / 51
KVS / Cv value engine jacket water / intercooler:	[m ³ /h]	90 / 62
Jacket water coolant temperature in / out:	[°C]	78 / 90
Intercooler coolant temperature in / out:	[°C]	40 / 45
Engine jacket water flow rate from / to:	[m ³ /h]	100 / 120
Water flow rate engine jacket water / intercooler:	[m ³ /h]	107 / 65
Water pressure loss engine jacket water / intercooler:	[bar]	1,4 / 1,1
Lube oil temp. engine inlet max. / lube oil flow rate:	[°C] / [m ³ /h]	80 / 125

Page 1 / 1

3) DIN EN ISO 3746 (σ _{pp} =±4 dB)	3.5	4) Me	asured	in exh	aust pip	e (f≤	250Hz	±5dB;	f > 250	0Hz: ±3	db)		-	L _{ee} :	Sound	power	level			477	S:	Area o	f measu	rement	surface	(S _p =1m	²)	5) DIN	45635-	11, Append	dix A
Exhaust noise ⁴⁾ L _{W,Terz} [dB(lin)]	118,4	125,5	141,4	124,6	143,0	128,6	130,1	133,0	131,5	128,0	127,7	128,3	127,2	127,7	127,3	126,1	125,5	124,1	124,2	124,5	123,1	123,0	124,8	122,4	120,5	118,5	118,5	120,6	116,6	137,1 ±3dB(A)	16,9 ⁵
Air-bome noise 3) L _{W,Terz} [dB(lin)]	102,1	100,6	104,0	106,4	109,4	113,0	117,0	115,8	121,3	119,9	116,2	114,2	114,2	110,4	109,8	111,1	109,6	109,5	111,8	115,3	111,0	112,4	116,6	116,8	111,4	105,6	104,6	107,0	102,9	125 ±4dB(A)	215
Frequency band f [Hz]	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1.25k	1.6k	2k	2.5k	3.15k	4k	5k	6.3k	8k	10k	12.5k	16k	L _{WA} [dB(A)]	S [m²]
1) See also "Layout of power plants":						2) See	also Te	echn. C	ircular	0199-9	9-3017	8																		3332611E	:09020

 PwrC_2.44_Dr0
 Subject to technical changes
 k579016, 20.09.2017

5.2.2 Calcolo delle prestazioni del motore per le componenti termiche

Il fabbisogno di calore dello stabilimento si divide in produzione di vapore e riscaldamento. Questa divisione non è stata fatta precedentemente in quanto si voleva ricalcare l'analisi fatta dall'azienda, che non teneva conto di questo aspetto, e non si avevano i dati tecnici per il motore. In questo caso è invece necessario suddividere i due fabbisogni e analizzare di conseguenza gli scambi termici tra motore e fluidi.

Non avendo dati sulla suddivisione si procede considerando il consumo di calore di fondo pari a 3385 kW e ipotizzando che di questi poco meno della metà saranno dovuti al vapore. Si ipotizza dunque un fabbisogno di vapore pari a 1500 kW. Il vapore utilizzato è vapore saturo alla pressione di 8 bar con conseguente temperatura di 170,41°C. Si distingue dunque due tipi di utenze di calore entrambe che prelevano acqua dall'acquedotto. Nel caso del vapore l'acqua viene poi portata all'evaporazione, nel caso del riscaldamento o dell'acqua di processo viene invece scaldata fino a 60°C. Infine è presente un terzo flusso di acqua per i processi a temperatura tra 60°C e 80°C.

Le fonti di calore identificate dal motore sono tre. La prima e più importante sono i gas di scarico del motore la cui temperatura oscilla da 453 a 511 °C e la cui portata varia 6,3 e 3,26 kg/s a seconda della regolazione del motore rispettivamente al 100% e 50%. I gas di scarico possono essere raffreddati fino alla temperatura di 120°C, oltre si incorre nella formazione di condense acide.

La seconda fonte di calore è l'acqua per il raffreddamento del motore e viene fornito nella scheda tecnica il calore disponibile da ognuna in funzione del lavoro del motore. L'acqua di raffreddamento fornisce da 1390 kW a 712 kW, ha una portata massima di 107 m³/h e entra nel motore alla temperatura di 78°C e viene riscaldata fino a 90°C. Non avendo un dato preciso sulla portata questa si ricava in funzione del grado di regolazione tramite il calore fornito.

L'ultima fonte di calore è data dal circuito dell'olio che ha una portata di 125 m³/h e la temperatura di ingresso nel motore deve essere minore di 80°C, in questo caso è data la portata mentre a seconda del grado di regolazione variano le temperature. Dato il limite superiore per la temperatura di ingresso si considera che l'olio entra nel motore a 78°C e tramite il calore asportato, che varia da 466 kW a 336kW, si ricava la temperatura di uscita dal motore. Il calore specifico dell'olio è stato considerato pari a 2 kJ/kgK. (56) In Figura 52 sono è mostrato uno

schema riassuntivo dei flussi termici in gioco, l'ampiezza delle frecce è indicativa del calore legato ad ogni flusso.

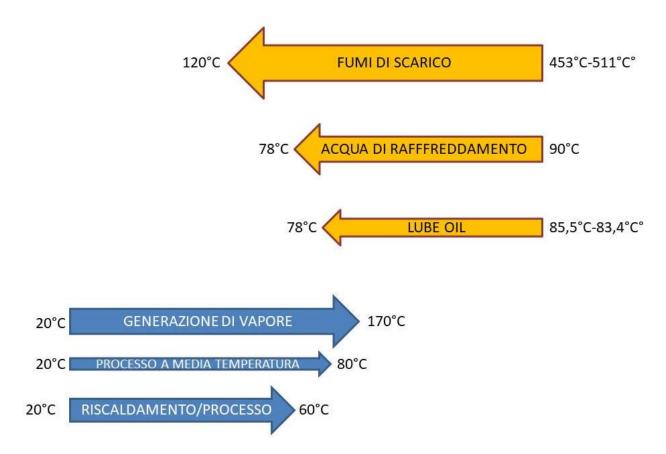


Figura 52 Schema dei flussi termici presenti nel sistema, l'ampiezza delle frecce è indicativa della quantità di calore del flusso

Per analizzare gli scambi termici e comprendere quanto calore sarà necessario fornire per la produzione di vapore e quanto invece sarà disponibile, a più basse temperature, per la produzione dell'assorbitore si utilizza l'analisi di pinch point. (57) Tramite questa analisi è possibile definire la configurazione degli scambiatori tra i vari fluidi e identificare il punto in cui la differenza di temperatura è minore. Per l'analisi è stata considerata una temperatura minima al pinch point di 20°C.

L'analisi è stata condotta sia nel caso a piena potenza che nel caso a regolazione al 50% e al 75%. Il sistema analizzato prevede come fluidi di processo i fluidi caldi e solo l'acqua per il vapore come fluido freddo. Il calore che risulta disponibile a basse temperature sarà usato per il riscaldamento, per il processo o inviato all'assorbitore. Il sistema e i valori delle potenze scambiate per i casi a regolazione 100% e 50% sono mostrati in Figura 53 e Figura 54. Con F si è identificato i cooler.

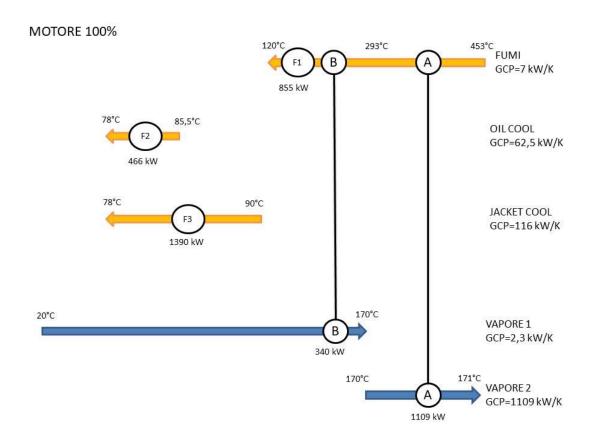


Figura 53 Analisi di pinch point per la potenza al 100% con F sono indicati i cooler con le lettere gli altri scambiatori

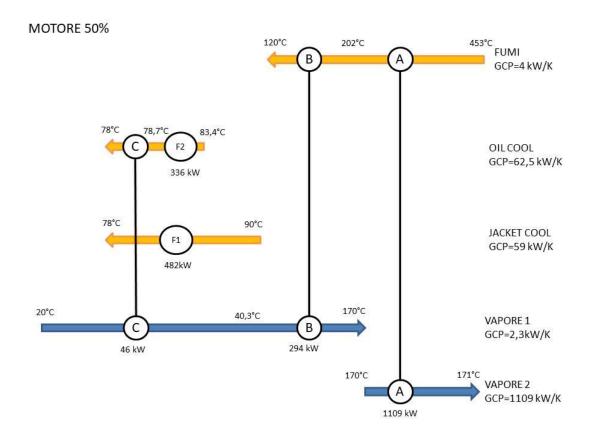


Figura 54 Analisi di pinch point per la potenza al 50% con F sono indicati i cooler con le lettere gli altri scambiatori

Dall'analisi eseguita si ottenuto che il pinch point non viene mai raggiunto per nessuno dei tre casi in analisi. Poiché il grado di regolazione minimo riscontrato durante l'anno è pari al 82% si è deciso per la soluzione degli scambiatori illustrata per il caso a piena potenza, Figura 53. L'analisi delgi scambi termici per il grado di regolazione 75% mostrava infatti una situazione analoga a quella del caso a piena potenza. Per la produzione di vapore si riesce a recuperare il calore necessario al riscaldamento dell'acqua fino al punto di ebollizione e poi si utilizza la restante energia dei gas di scarico per generare il vapore Il calore finale disponibile dai gas di scarico fino alla temperatura di 120°C può essere utilizzato nel caso le temperature di processo siano superiori ai 60°C.

Durante il periodo invernale i cooler saranno collegati all'impianto di riscaldamento per la produzione di acqua calda, con una buona parte del fabbisogno che può essere coperto dal calore in eccesso. Durante l'estate invece i cooler saranno collegati all'assorbitore.

L'assorbitore lavora anche d'inverno con il calore in eccesso dell'acqua di raffreddamento del motore, sebbene la disponibilità di calore sia piuttosto bassa. L'assorbitore necessità di un flusso caldo che entra a 90°C e esce a 80°C e quindi può essere accoppiato sia con l'acqua di jacket del motore che con l'olio che con i fumi del motore. In quest'ultimo caso sarà necessario uno scambiatore per ottenere un flusso caldo alle temperature richieste dall'assorbitore. Il calore utile per l'assorbitore viene quindi calcolato come la differenza tra il calore in eccesso proveniente dal motore il calore necessario al riscaldamento, considerando solo il calore estraibile dai fluidi tra 90°C e 80°C.

La scheda tecnica dell'assorbitore è mostrata in Figura 55. L'energia frigorifera prodotta dal trigeneratore è calcolata come il prodotto tra il calore utile disponibile e il COP.

			HWAR-L470HH	HWAR-L630HH	
	Potenza frigorifera	kW	1500,00	2000,00	
	Efficienza	COP	0,834	0,834	
	Contenuto glicole etilenico	%	0	0	
-	Temperatura in ingresso	°C	15,0	15,0	
Acqua refrigerata	Temperatura in uscita	°C	10,0	10,0	
	Portata massica	ton/h	258,00	344,00	
finge	Perdita di carico	mH ₂ O	4,8	7,5	
20	Max. pressione di progetto	MPa	1,0	1,0	
	Fattore di sporcamento	m2K/kW	0,018	0,018	
	Diametro connessioni	DN	200	200	
	Contenuto glicole etilenico	%	0	0	
	Temperatura in ingresso	°C	29,0	29,0	
	Temperatura in uscita	°C	36,0	36,0	
raff .	Portata massica	ton/h	405,20	540,30	
Acqua di raffreddamento	Densità	kg/m3	995,95	995,95	
Ja di ame	Portata volumetrica	m3/h	406,85	542,50	
9	Perdita di carico	mH ₂ O	7,1	10,1	
	Max. pressione di progetto	MPa	1,0	1,0	
	Fattore di sporcamento	m2K/kW	0,044	0,044	
	Diametro connessioni	DN	250	300	
	Contenuto glicole etilenico	%	0	0	
	Temperatura in ingresso	°C	90,0	90,0	
	Temperatura in uscita	°C	80,0	80,0	
P	Portata massica	ton/h	153,80	205,10	
Acqua Calda	Densità	kg/m3	965,32	965,32	
Ca	Portata volumetrica	m3/h	159,33	212,47	
Ga .	Perdita di carico	mH ₂ O	5,3	3,1	
	Max. pressione di progetto	MPa	1,0	1,0	
	Fattore di sporcamento	m2K/kW	0,018	0,018	
	Diametro connessioni	DN	150	150	
0 00 5	Numero vie	N. vie	3	3	
Valvola acqua	Perdita di carico	mH2O	2,8	5,0	
0 0	Diametro connessioni	DN	150	150	
<u>φ</u> Ω	Alimentazione	V/f/Hz	400/3/50	400/3/50	
Circuito	Potenza totale	kW	3,8	5,5	
8 8	Corrente totale	Α	11,8	15,6	
Dir	Lunghezza	mm	5912	7037	
Dimensioni	Larghezza	mm	1583	1833	
8.	Altezza	mm	2947	3168	
Peso	Peso in funzionamento	tonnellate	16,4	24,9	
8	Peso di trasporto	tonnellate	13,7	20,6	

Dati soggetti a variazioni senza preavviso. Tolleranze secondo standard AHRI 560-2000

Figura 55 Scheda tecnica assorbitore

5.2.3 Analisi energetica, economica e studio delle emissioni

Si riportano ora i dati relativi ai consumi registrati prima dell'installazione dell'opera, alla quantità di energia prodotta del trigeneratore e alla quantità di fabbisogno che deve ancora essere fornito da parti terze. I dati sono riportati come somma annuale in Tabella 15, i valori relativi al caso ante operam sono gli stessi del caso trigeneratore con taglia 1MW ma vengono ripetuti per una migliore

chiarezza delle informazioni. Per la produzione del trigeneratore si è considerato che il 3,5% dell'elettricità prodotta è persa per i consumi accessori connessi al trigeneratore e quindi solo il 96,5% del dato in Tabella 15 è utile all'impianto.

Tabella 15 Consumi energetici, produzione trigeneratore e energia fornita da parti terze

Consumo elettrico tot(GWh)	Consumo di calore (GWh)	Consumo di energia frigorifera (GWh)				
42,257	38,023	21,732				
Energia elettrica prodotta dal TR (GWh)	Energia termica prodotta dal TR(GWh)	Energia di raffreddamento prodotta dal TR(GWh)				
37,174	34,243	1,925				
% elettricità prodotta dal TR	% calore prodotto dal TR	% raffreddamento prodotto dal TR				
88%	90%	9%				
Rimanente fabbisogno elettrico (GWh)	Rimanente fabbisogno termico (GWh)	Rimanente fabbisogno di energia frigorifera (GWh)				
6,028	3,78	19,807				

Dalla Tabella 15 si evince come il trigeneratore lavori principalmente come cogeneratore e produce energia frigorifera per una parte minore del tempo. Del totale delle ore dell'anno solo per il 40% di queste il trigeneratore produce freddo e anche nelle ore in cui viene prodotto la produzione frigorifera è posta come secondaria rispetto a quella termica. Inoltre come evidenziato nell'analisi dei flussi termici, il calore disponibile per l'assorbitore è minore rispetto a quello disponibile per il riscaldamento. Questo è dovuto al fatto che il consumo termico ha un fabbisogno di base elevato che è costante durante tutto l'anno, la produzione di vapore, a cui è stata attribuita una maggiore importanza rispetto alla produzione di energia frigorifera. Dare la priorità alla produzione di calore è usuale in ambito di trigenerazione in quanto il COP di una macchina ad assorbimento è molto minore rispetto a quello di una macchina elettrica e quindi è conveniente come uso solo se si dispone di energia termica in eccesso, altrimenti è conveniente non eseguire la trasformazione da termico a frigorifero. La percentuale di energia frigorifera fornita dal trigeneratore è minore rispetto alla stessa percentuale nel caso con taglia minore, questo è probabilmente dovuto dal tipo di analisi e dal tipo di dati. Nell'analisi precedente infatti si considerava che il trigeneratore produce sempre la stessa quantità di calore e di energia frigorifera senza indagare da dove queste quantità derivassero e senza privilegiare il calore sul raffrescamento.

Dal punto di vista economico si riportano in Tabella 16 i costi affrontati per l'approvvigionamento in caso di presenza del trigeneratore e nel caso ante operam. Per i costi di gestione si è deciso di considerare i costi del caso della taglia di 1MW (13€ all'ora) e di applicare l'Equazione 11.

Equazione 11

$$\frac{C_1}{C_0} = \left(\frac{S_1}{S_0}\right)^{0.6}$$

Dove con C ed S si intendono rispettivamente i costi e le taglie degli elementi studiati. Nel caso in esame il costo di O&M sarà di 32€ all'ora.

Tabella 16 Costi e guadagni derivanti dall'istallazione del trigeneratore

Costo totale per energia elettrica e metano senza TR	Costo totale per energia elettrica e metano con TR	Risparmio
9.907.838 €	4.951.084 €	4.956.754€

Dai dati mostrati è evidente come il risparmio tra il caso precedente di 1MW di taglia e questo sia decisamente aumentato, nello specifico è circa quintuplicato con un incremento della taglia di 4,3 volte.

Per il calcolo del costo totale dell'investimento si è considerato il costo di investimento del trigeneratore da 1MW studiato precedentemente che è pari a 2M€. Del costo totale si è considerato 1M€ per il costo della macchina e il restante 1M€ per i costi infrastrutturali dovuti all'installazione. Per il caso in esame si è quindi utilizzato la formula usata per i costi operativi per il costo della macchina che risulta pari a 2,4M€. Per i costi infrastrutturali invece si considera 1,5M€. Il totale del costo di investimento è 3,9M€.

Si è effettuata poi l'analisi del NPV per identificare il PBT e osservare il valore dell'investimento del tempo. Per l'analisi è stato considerato lo stesso discount factor dell'analisi sul trigeneratore di taglia 1MW e non si è considerato l'introito proveniente dai certificati bianchi. Il risultato dell'analisi è mostrato in Figura 56.

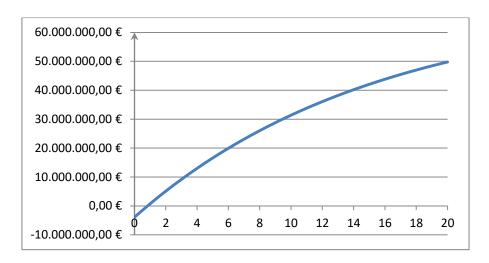


Figura 56 Net Present Value a 20 anni dell'investimento trigeneratore 4,3MW

Dalla figura si evince come il PBT sia intorno a un anno. Nel caso precedente il NPV dopo venti anni era di quasi 11M€ mentre ne caso in esame dopo lo stesso arco di tempo il NPV ha valore di 50M€. L'analisi economica mostra valori molto elevati e molto favorevoli all'investimento. Il motivo di questo è da ricercare nel costo delle materie prime considerato, in particolare in quello dell'energia elettrica. Per questo motivo è stato effettuato il calcolo del NPV considerando i costi indicati da Eurostat per il 2019 (50): 0,31€/m³ per il gas, 0,128€/kWh per l'energia elettrica. La nuova analisi economica è mostrata in Figura 57.

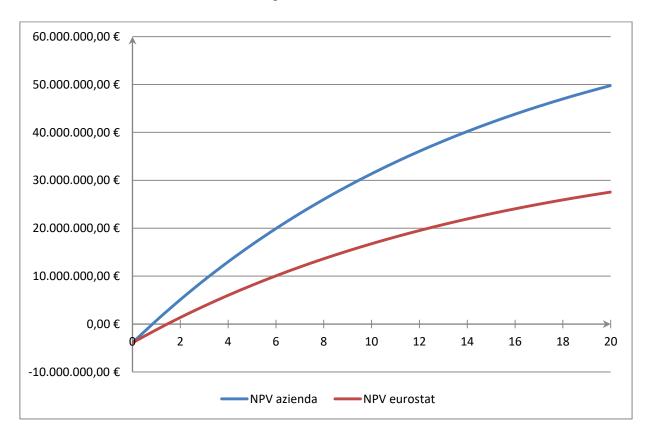


Figura 57 Net Present Value a 20 anni calcolato considerando i costi medi in Italia per la taglia del sito a confronto con il Net Present Value calcolato precedentemente

In questa seconda analisi si riscontra un PBT di circa due anni più realistico rispetto a quello calcolato precedentemente.

Infine è stata eseguito un calcolo delle emissioni di CO₂ nel caso di utilizzo di trigeneratore. Per l'analisi si sono considerati i valori utilizzati per lo studio fatto sul trigeneratore di taglia 1MW. I risultati sono mostrati in Tabella 17.

Tabella 17 Emissioni di CO₂

Emissione CO ₂ per energia elettrica e metano senza TR [tCO ₂]	Emissione CO ₂ per energia elettrica e metano con TR [tCO ₂]	Differenza [tCO₂]
20982	19363	1619

Rispetto al caso precedente si osserva una riduzione delle emissioni di circa il 8%. Questo è da inputare alla maggiore efficienza della macchina considerata che nel caso studiato lavora con un'efficienza elettrica media del 44,05%, comunque molto vicina al massimo nonostante a volte lavori in regolazione.

In definitiva l'installazione di un trigeneratore è sempre vantaggiosa a livello economico, con un vantaggio decisamente maggiore nel caso di installazione di maggiore potenza. Dal punto di vista delle emissioni invece il caso con taglia piccola presenta decisamente peggiore del caso con taglia grande in quanto si calcola un aumento delle emissioni invece che una loro riduzione. Tuttavia è da sottolineare come l'analisi condotta per il trigeneratore da 4,3MW è stata molto più approfondita in virtù del possesso di dati maggiori come la scheda tecnica del motore. L'analisi condotta sul trigeneratore da 1MW invece è stata svolta seguendo le linee indicate dall'azienda e con i dati forniti da questa e risulta meno accurata.

5.3 Ipotesi e fonti dei dati

Si riportano in Tabella 18 le principali ipotesi e le fonti dei dati utilizzati durante lo studio dei trigeneratori.

Tabella 18

Ipotesi o dato	Fonte
Potenza trigeneratore da 1MW	Azienda
Potenza frigorifera trigeneratore da 1MW	Azienda
Potenza termica trigeneratore da 1MW	Azienda
Costo totale di investimenti trigeneratore da 1MW	Azienda
Costo operativo trigeneratore da 1MW	Azienda
Consumo trigeneratore da 1MW	Azienda

Rapporti tra consumi elettrici e consumi frigoriferi costanti tra 2016 e 2018	Ipotesi
Rapporti tra consumi elettrici e consumi termici costanti tra 2016 e 2018	Ipotesi
Profilo giornaliero dei consumi costante tra il 2016 e il 2018	Ipotesi
Energia termica indistinta tra acqua calda e vapore per il trigeneratore da 1MW	Azienda
Costo del metano 0,39 €/m³	Azienda
Costo dell'elettricità 0,195 €/kWh	Azienda
LHV metano 9,88 kWh/m ³	Azienda
COP impianto	ENGIE
Rendimento caldaie	Ipotesi
Trascurare le fermate di manutenzione e guasto del trigeneratore	Ipotesi
Investimento fatto senza debito da parte dell'azienda	Ipotesi
Emissioni medie per la generazione di energia in Italia	ISPRA (54)
Scheda tecnica del motore da 4,3MW	ENGIE
Scheda tecnica assorbitore	ENGIE
Consumo di vapore costante e pari a 1500kW	Ipotesi
Temperatura dell'acqua di riscaldamento pari a 60°C	Ipotesi
Costo del trigeneratore da 1MW pari a 1M€	Ipotesi
Costo dell'infrastruttura per il trigeneratore da 1MW pari a 1M€	Ipotesi
Costo dell'infrastruttura per il trigeneratore da 4,3MW pari a 1,5M€	Ipotesi
Costo del metano 0,31 €/m³	Eurostat (50)
Costo dell'elettricità 0,128 €/kWh	Eurostat (50)

6. CONCLUSIONI

Nello studio è stata presentata la disciplina del Facility management come la disciplina che si occupa della gestione degli asset, in particolare degli edifici, per diminuire i costi e sviluppare un approccio interdisciplinare. In questo ambito è stata proposta la teoria dei layer dell'edificio come declinazione energetica del Facility management. La teoria scompone l'edificio in parti a seconda della durata del ciclo di vita ed è stata applicata per la riduzione dei consumi.

Sempre nell'ambito del Facility management si è sviluppata la procedura di start-up di una commessa di manutenzione. Per la redazione di questa ci si è confrontati con la normativa al riguardo ISO 9001 che propone l'applicazione del ciclo PDCA, Plan-Do-Check-Act, e l'approccio risk-based per garantire qualità nei processi. La procedura sviluppata segue questi principi sottolineando ad ogni fase come questa debba essere pianificata adeguatamente prima di essere messa in pratica. Inoltre per ogni fase è previsto un controllo delle attività svolte e una comunicazione continua con il cliente. Per ottenere questo lo strumento della matrice RAMS risulta particolarmente efficace in quanto mette in risalto chi deve eseguire le azioni e chi è preposto al controllo.

Per sviluppare la procedura è stata seguita una commessa di manutenzione che ENGIE ha in corso in un'azienda farmaceutica toscana. L'esperienza sul campo ha permesso di dare particolare risalto all'aspetto delle autorizzazioni per quanto concerne la sicurezza e gli accessi che in ambito farmaceutico sono regolamentati rigidamente.

Sempre all'interno del contesto di collaborazione con l'azienda farmaceutica sono stati analizzati i dati dei consumi elettrici per gli anni 2016 e 2018 per individuare delle proposte di risparmi energetico. Dai dati è risultato che il consumo nel corso del tempo sia aumentato e che i principali ambiti di intervento per l'efficientamento riguardando il raffrescamento estivo degli ambienti. Nello specifico si è osservata un'elevata sensibilità alla temperatura esterna tramite lo strumento della firma energetica e un elevato consumi nei giorni festivi.

Quest'ultimo aspetto non è stato possibile approfondire in quanto la causa di questo eccessivo consumo è stata classificata come "culturale" e non strettamente tecnica. Nel contesto interdisciplinare del Facility management rilenterebbe anche lo sviluppo di misure che intervengano sulle abitudini dei dipendenti, tuttavia si è deciso di concentrarsi su aspetti più tecnici in quanto non in possesso delle necessarie competenze.

Per quanto riguarda gli elevati consumi di raffrescamento, sarebbe stato ottimale lo studio dei processi interni allo stabilimento per individuare possibili opportunità di recupero. Questo non è stato possibile in quanto la sopracitata rigidità all'accesso riguarda non solo l'ammissione fisica ma anche il passaggio delle informazioni e non ha permesso uno studio dei processi. Non potendo utilizzare le specificità date dalle attività svolte si è considerato la generica possibilità di risparmio energetico per il raffreddamento di un edifico. In questo ambito si è scelto di interessarsi ai sistemi di raffrescamento passivo in modo da non introdurre nuove apparecchiature, e dunque nuovi consumi.

Dei sistemi di raffrescamento passivo riscontrati in letteratura si è osservato come fossero di possibile applicazione solo quelli che non prevedono ristrutturazioni rilevanti degli edifici. Questo limite è imposto sia per la complicazione delle operazione ma soprattutto perché ogni investimento che l'azienda si prefigge deve avere un PBT di massimo 4 anni. Opere di ristrutturazione che non permettono la fruizioni degli edifici aumentano il costo dell'investimento e sono quindi sfavorite. In definitiva sono stati suggeriti come metodi applicabili: l'uso di vernici a basso assorbimento, l'uso di film sulle finestre, dispositivi per aumentare l'ombreggiamento, l'uso di vernici con PCM.

L'ultima parte dello studio è stata dedicata alla fattibilità di due trigeneratori, il primo di taglia 1MW verrà realmente installato nel sito ma con una configurazione differente da quella studiata. È stato richiesto dall'azienda che venisse effettuata una verifica della bontà del progetto con dati aggiornati al 2018. Dall'analisi risulta che persiste il guadagno individuato nel 2016 e quindi si ottiene una verifica dello studio di fattibilità. Per effettuare la verifica si è seguito lo stesso modello utilizzato nel 2016 dall'azienda che tuttavia non risulta molto accurato. Tuttavia la taglia considerata del trigeneratore è molto bassa è di conseguenza il motore lavora costantemente alla massima potenza facendo sì che non sia necessaria un'analisi dettagliata della produzione in funzione del grado di regolazione.

Il secondo trigeneratore studiato ha una taglia di 4,3MW. Per questo è stata condotta un'analisi dettagliata considerando il grado di regolazione per ogni ora dell'anno e utilizzando i dati tecnici del motore. Si è quindi utilizzato l'analisi di pinch point per calcolare i flussi di calore all'interno del motore e ricavare così la produzione del trigeneratore per ogni tipologia di fabbisogno. I risultati mostrano come questo secondo trigeneratore con taglia maggiore porti a guadagni maggiori nel corso del tempo.

È stata condotta un'analisi delle emissioni di CO2 per le due macchine ed è risultato che con l'installazione del secondo trigeneratore si ha una riduzione del 8% delle emissioni. Con il trigeneratore con taglia 1MW si ha invece un aumento del 4% delle stesse. Il motivo di questo è da ricercare nella bassa efficienza dell'impianto considerato e nella strategia di produzione che predilige la generazione di energia frigorifera alla generazione di quella termica. Oltre a queste cause legate all'impianto, le elevate emissioni sono una ulteriore conseguenza della non adeguatezza del modello utilizzato per questo trigeneratore.

7. RINGRAZIAMENTI

Ringrazio per l'aiuto, la collaborazione e soprattutto la pazienza per aver sopportato le mie reiterate intrusioni il Professore Pierluigi Leone che mi ha dato la possibilità di ritornare a casa e di scoprire una realtà come ENGIE. Ringrazio la professoressa Sonja Sechi per avermi aiutato a migliorare la tesi e per avermi seguito lungo il percorso di scrittura e di preparazione, in particolare in questi ultimi difficili giorni.

Ringrazio ENGIE per l'opportunità che mi ha concesso di vivere all'interno di un'azienda operativa su tutto il territorio nazionale e anche oltra i confini di questo. Nello specifico ringrazio l'Ingegnere Andrea Bargellini per avermi accolto e l'ingegnere Claudia Carani per essersi occupata di me durante il periodo di sviluppo del progetto di tesi nonostante gli imponenti e pressanti impegni connaturati con il normale lavoro. Ringrazio l'ingegnere Paola Mattioli per avermi iniziato al mondo dei trigeneratori e per la cura e la costanza con cui si è interessata al mio progetto. Ringrazio poi l'azienda farmaceutica che si è resa disponibile a condividere con me i dati e le considerazioni riguardo ai loro impianti e i loro consumi. Ringrazio i compagni di scrivania di Via Panciatichi per l'allegro e gioioso ambiente in cui mi hanno ospitato durante questi mesi che ha reso meno pesante l'attività di studio e di ricerca.

Un grazie ai miei genitori per la fiducia dimostrata nel mandarmi fino a Torino, per il sostegno e l'aiuto che non mi hanno mai fatto mancare, in primis quello economico. Un grazie infine a tutti gli altri parenti e amici che mi hanno accompagnato in questi anni e soprattutto in questi ultimi mesi.

Bibliografia

- 1. **ENGIE.** https://www.engie.com/en/group/history-engie-group. [Online]
- 2. V. Bartosova, K. Valaskova. Facility Management in the globalized society. Management studies. 2018.
- 3. Rondeau, Brown, Lapides. Facility Management. s.l.: Wiley, 2006.
- 4. Finch, Zhang. Facilities Management. Design and Management of Sustainable Built Environments. 2013.
- 5. **Cresme.** *Il mercato della progettazione archittettonica in italia.* 2008.
- 6. **Tronconi.** Facility Management. s.l.: FrancoAngeli, 2016.
- 7. BIM to CAFM: An investigation of adapting a Building Information Model to a Leagacy Computer Aided Facility Management. Clayton, Ozener, Nome. 2009.
- 8. **Pasek, Sojkova.** Facility management of smart buildings. *International review of applied science and engineering.* 2018.
- 9. Adoption of computer aided facilities management (CAFM) to improve service quality. **A. Montaser, M. El Deeb.** 2017.
- 10. **IFMA.** How-to Guide, 2011. Sustainability "How-to Guide Series" Commissioning Existing Buildings. 2011.
- 11. **Z. Min, P. Morgenstern, L. Marjanovic-Halburd.** Facilities management added value in closing the energy performance gap. *International Journal of Sustainable Built Environment.* 2016.
- 12. Duffy, F. Office design and organizations: 1. Theoretical basis. 1974.
- 13. Risk and ISO 9001: a Systematic Literature Review. Yasmin, Silva Martins e Carlos, Silva. 2018.
- 14. **Fiorenzo, Franceschini e Luca, Mastrogiacomo.** ISO 9001 certification and failure risk: any relationship? *Total Quality Management and Business Excellence.* 2016.
- 15. **Paulo, Sampaio, Pedro, Saraiva e Antonio, Guimares Rodrigues.** ISO 9001 certification research: question, answera and approaches. *International Journal of Quality & Reliability Management.* 2009.
- 16. **Fiorenzo, Franceschini e Luca, Mastrogiacomo.** ISO 9001 certification and corporate performance of Italian companies. *International Journal of Quality & Reliability Management.* 2017.
- 17. BS EN ISO 9001-2015.
- 18. **Paulo, Sampaio.** The economic impact of quality management systems in Portuguese certified companies: Empirical evidence. *International Journal of Quality & Reliability Management*. 2011.
- 19. **Galitsky, C.** Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the Pharmaceutical Industry. An ENERGY STAR Guide for Energy and Plant Managers. 2008.
- 20. Vaccines Europe. How are vaccines produced? [Online]

- 21. **SANOFI.** Vaccines: A complex manifacturing process.
- 22. **Yang, Yan-ping.** Advances inpurification technologies accelerate vaccine development. *American Pharmaceutical Review.* 2016.
- 23. Children's Hospital of Philadelphia. Making vaccines: How are vaccines made? [Online]
- 24. https://milnepublishing.geneseo.edu/suny-microbiology-lab/chapter/bacteriological-culture-methods/. *MILNE library*. [Online]
- 25. E. Araud, E. Di Caprio, Y. Ma, F. Lou, Y. Gao, D. Kingsley, J. H. Hughes, J. Li. Thermal inactivation of enteric Viruses and Bioaccumulation on Enteric foodborne viruses in live Oysters (Crassostrea virginica). *Applied and Environmental Microbiology.* 2016.
- 26. M. Moo-Young, S. Agathos, M. Butler, Z. Cui, B. Grodzinski, A. Moreira, B. Stenuit, H. Ye. *Comprehensive Biotechnology*. s.l.: ELSEVIER, 2019.
- 27. **SEMICONDUCTOR DIGEST.** Pure steam and water for injection in the pharamceutical industry. [Online]
- 28. https://www.ilmeteo.it/portale/archivio-meteo/Siena/2016/Gennaio. [Online]
- 29. L. Socal, F. Soma. La firma energetica. *Progetto 2000.* 2009, 36.
- 30. **Vancouver, City of.** *Passive design toolkit.* 2009.
- 31. **M.Katlyar, S.Agarwait.** An Overview of Passive Cooling Techniques in Buildings Design Concepts. *Journal of Building Construction.* 2019.
- 32. S. Th. Rassia, P. M. Pardalos. Cities for smart envirnment and energy futures. 2013.
- 33. k. Nwaigwe, A. Okoronkwo, N. Ogueke, E. Anyanwu. Review of nocturnal cooling systems. 2010.
- 34. Santamouris, M. Passive cooling of buildings. s.l.: Earthscan, 1996.
- 35. **M. Santamouris, D. Kolokotsa.** Passive cooling dissipation techniques for building ad other structures: the state of art. *Energy and Buildings.* 2013.
- 36. **Khayal, O.** Uses, advantages and limitations of evaporative coolers. 2019.
- 37. **A. Synnefa, M. Santamouris, H. Akbari.** Estimating the effect of using cool coatings on energy loads and thermal comfort in residential buildings in various climatic conditions. *Energy and building.* 2007.
- 38. **C. Punlek, A. Thongtha.** Phase Change Material Coating on Autoclaved Aerated Lightweight Concrete for Cooling Load Reduction. *Materials science*. 2017.
- 39. **T. Karlessi, M. Santamouris, A. Synnefa, D. Assimakopulos, P. Didaskalopoulos, K. Apostolakis.** Development and testing of PCM doped cool colored coatings to mitigate urban heat island and cool buildings. *Building and Environment*. 2010.
- 40. **P. Principi, R. Fioretti.** Thermal analysis of the application of pcm and low emissivity coating in hollow bricks. *Energy and Buildings*. 2012.

- 41. **D. Garcia, F. Pereira.** Daylight glare mitigation by internal shading devices use and effects on building energy performance. *WEENTECH Proceedings in Energy.* 2019.
- 42. https://www.scottishwindowtinting.com/window-tinting/window-tinting-vs-window-film/. [Online]
- 43. **A. Bahadori-Jahromi, A. Rotimi, A, Mylona, P. Godfrey, D. Cook.** Impacto of window films on the overall energy consumption of existing UK hotel building. *Sustainability*. 2017.
- 44. **Zakaria**, **I.** Louver windows as a passive cooling strategy. 2017.
- 45. **S. Rabczak, M. Bukowska, D. Proszak-Miasik, K. Nowak.** Influence of shading on cooling energy demand. *IOP Conference series: material science and engineering.* 2017.
- 46. Shahda, M. Self-Shading walls to improve environmental performance in desert buildings. 2020.
- 47. **L. Bellia, F. De Falco, F. Minichiello.** Effects of solar shading devices on energy requirements of standalone office building for Italian climates. *Applied Thermal Engineering*. 2013.
- 48. **European commision.** *Reference document on Best Available Techniques for Energy Efficiency.* 2009.
- 49. C. Underwood, B. Ng, F. Yik. Scheduling of multiple chillers in trigeneration plants. energies. 2015.
- 50. https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/database. EUROSTAT. [Online]
- 51. https://www.gse.it/servizi-per-te/efficienza-energetica/certificati-bianchi. GSE. [Online]
- 52. https://mercati.ilsole24ore.com/obbligazioni/spread/GBITL10J.MTS. [Online]
- 53. https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/nl/pdf/2019/advisory/equity-market-research-summary-300619.pdf. [Online]
- 54. **ISPRA.** Fattori di emissione per la produzione e il consumo di energia elettrica in Italia (aggiornamento al 2017 e stime preliminari per il 2018).
- 55. **European Environmenr Agency.** https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/overview-of-the-electricity-production-2/assessment-4. [Online]
- 56. Cost oil. Scheda tecnica COST-DIATOIL.
- 57. **Verda, Guelpa.** *Metodi termodinamici per l'uso efficiente delle risorse energetiche. s.l.* : Esculapio, 2015.