

ALLEGATO 4

Rilevazione in campo consumi elettrici e termici di aziende agricole campione

A cura di

Giuseppe Grazzini, Carla Balocco, Dario Paganini

Dipartimento di Energetica “S. Stecco” (DIE),

Università degli Studi di Firenze

“Progetto MODERNO”

MOdello di Distretto Energetico Rurale inNOvativo

POR FESR 2007 - 2013 ATTIVITA' 1.1 LINEE D'INTERVENTO A E B
BANDO REGIONALE 2008 PER IL SOSTEGNO A PROGETTI DI RICERCA
CONGIUNTI TRA
GRUPPI DI IMPRESE E ORGANISMI DI RICERCA IN MATERIA
DI AMBIENTE, TRASPORTI, LOGISTICA, INFOMOBILITA' ED ENERGIA

Premessa

Nell'ambito del progetto Moderno, il Dipartimento di Energetica (DIE) "Sergio Stecco" dell'Università di Firenze, Sezione Fisica Tecnica, ha effettuato l'analisi energetica delle seguenti aziende agricole, ritenute un campione significativo di quelle odierne presenti nelle aree rurali della Toscana :

- A. Azienda Agricola "Pian Barucci", in località Casenuove Taiuti, nel Comune di San Piero a Sieve, Provincia di Firenze. E' un'azienda di tipo zootecnico (Azienda Agricola "A")
- B. Azienda Agricola "Riccianico", nell'area dell'Alto Mugello, poco distante da Firenzuola, Provincia di Firenze. E' un'azienda di tipo agro-zootecnico (Azienda Agricola "B")
- C. Azienda Agricola "Le Pici nel territorio del Comune di Castelnuovo Berardenga, Provincia di Siena, nelle vicinanze del Castello di Brolio. E' un'azienda prevalentemente di tipo agrituristico (Azienda Agricola "C")

L'analisi svolta non permette di dedurre conclusioni generalizzate in termini di consumi energetici stante la diversità delle aziende e della loro localizzazione.

E' tuttavia esplicitabile un giudizio relativo all'atteggiamento delle proprietà che non considera il tema energetico se non dal lato dei costi ed anche sotto questo aspetto in modo non corretto.

In tutte le aziende si è rivelato arduo raccogliere dati sui consumi energetici, in assenza di una gestione aziendale che contabilizzi le risorse utilizzate, energia elettrica, gasolio, GPL, cippato in relazione agli usi e non solo per gli aspetti monetari.

Crediamo che il tema dell'impatto ambientale sia fondamentale per una agricoltura di qualità, ma essa dovrebbe anche mirare, tenendo conto dei costi economici, ad una autosufficienza energetica che la metta al riparo dalla fluttuazione dei costi dei combustibili fossili, il cui costo tenderà comunque a crescere nel prossimo futuro. Il consumo di energia elettrica dovrebbe essere messo sotto controllo e, quando possibile, dovrebbe essere prodotta o integrata tramite produzione da fonti rinnovabili, se necessario modificando anche il paesaggio ed adeguandolo alle necessità attuali, come è stato fatto in passato dai nostri avi nell'ottica di un futuro migliore.

AZIENDA AGRICOLA “A”

ANALISI DEI FABBISOGNI ENERGETICI DELL’AZIENDA AGRICOLA “PIAN BARUCCI”, NEL COMUNE DI SAN PIERO A SIEVE (FI)



Firenze, Dicembre 2010

Indice

- 1 Introduzione e presentazione dell'azienda
- 2 La stalla
- 3 Rilevazione ed elaborazione dei dati relativi all'uso di energia elettrica nella stalla
- 4 Gli edifici residenziali
- 5 Rilevazione ed elaborazione dei dati relativi all'uso di energia elettrica negli edifici residenziali
- 6 Rilevazione ed elaborazione dei dati relativi all'uso di energia termica negli edifici residenziali
- 7 Conclusioni

1 Introduzione e presentazione dell'azienda

L'Azienda Agricola "Pian Barucci", di cui è titolare il sig. Antonio Vignini, si trova in località Casenuove Taiuti, nel Comune di San Piero a Sieve in Provincia di Firenze. E' un'azienda di tipo zootecnico nella quale vengono allevate in stalla circa 15 mucche da latte di razza frisona.

L'alimentazione delle mucche è di tipo tradizionale per garantire un prodotto biologico; esse vengono nutrite esclusivamente con fieno e farine, senza fare uso di mangimi insilati. Per produrre la necessaria quantità di foraggio l'azienda dispone di 30 ettari di terreni agricoli dislocati in prossimità della stalla. Di questi, 12 ettari sono coltivati a seminativo, in prevalenza orzo, favino o fava, e triticale (da cui si ottiene granella e poi farine) e 18 ettari sono coltivati a erba medica (da cui si ottiene fieno). Il triticale è un ibrido tra segale e grano tenero, come la prima è resistente a climi freddi e come il secondo è adatto terreni acidi. L'erba medica è una pianta erbacea particolarmente indicata per l'alimentazione del bestiame dato l'elevato tenore proteico.

Nell'arco di un anno è possibile ottenere tre raccolti successivi, nel periodo tra maggio e settembre; dopo la fase di trinciatura il raccolto viene compattato sotto forma di rotoballe e immagazzinato al riparo dalla pioggia, in un luogo areato per evitare lo sviluppo di muffe. A causa dei rilevanti costi energetici, non è presente la fase di essiccazione del fieno, che ne garantirebbe una maggiore conservabilità. La produzione cerealicola viene invece stoccata in silos sotto forma di granella e macinata in farine al momento della distribuzione presso le mangiatoie.

Oltre ai terreni dedicati all'alimentazione del bestiame l'azienda dispone di un esteso vigneto e dei locali, tinaia e cantina, per la lavorazione dell'uva e la conservazione del vino. La vasta proprietà aziendale non comprende terreni boscati, cespugliati o a macchia.

La produzione annua della stalla è di 800 quintali di latte, mediamente 15 litri al giorno per ciascun capo in periodo di lattazione, che vengono venduti alla Centrale del Latte di Firenze (Mukki Latte).

La fornitura del prodotto a Mukki avviene giornalmente tramite una società che effettua il servizio di ritiro presso la stalla. Per motivi di dispendio energetico, l'azienda non dispone di ambienti o macchinari destinati allo stoccaggio del latte o alla sua trasformazione in latticini. Sono presenti solamente i sistemi di refrigerazione (da 35 °C a 4 °C) e di conservazione del latte appena munto.

Nel periodo da agosto a dicembre, ovvero quando le pecore sono impegnate nell'allattamento degli agnelli, parte della produzione viene destinata ad una azienda casearia, in quanto la sostituzione temporanea del latte ovino con il latte bovino consente di non interrompere il ciclo produttivo del caseificio.

2 La stalla

La stalla si trova all'interno di un edificio agricolo ad un solo livello, risultato dall'aggregazione in tempi successivi di più annessi. Parte è realizzata in muratura e parte in carpenteria metallica. L'edificio ospita diverse funzioni connesse all'attività zootecnica fra cui il ricovero del bestiame con mangiatoie e abbeveratoi, il fienile per le rotoballe ed il magazzino dell'attrezzatura agricola. In adiacenza sono collocati i silos delle granaglie e l'area di accumulo dei reflui, oltre a stabboli per l'allevamento di animali da cortile.



Figura 1 – Stalla sul fronte prospiciente l'aia

L'attività dell'allevatore è continua durante tutto l'anno. La governatura della mandria impone che quotidianamente vengano effettuate le seguenti operazioni:

- Carico dei mulini e macinatura in più fasi successive
- Distribuzione meccanica delle farine alla mangiatoia
- Distribuzione manuale del fieno alla mangiatoia
- Distribuzione dell'acqua agli abbeveratoi

- Rimozione e raccolta all'esterno dei reflui
- Mungitura tramite circuito sottovuoto interamente automatizzato
- Refrigerazione del latte e sua conservazione per breve periodo

All'occasione si procede al rifornimento dei silos, all'accatastamento del fieno e al trasporto e spandimento dei reflui sui terreni agricoli per concimazione.

Sono necessarie due mungiture al giorno, mediamente una ogni 12 ore. Tale operazione viene effettuata una prima volta di mattina, in orario 5:00-6:30, ed una seconda di pomeriggio, in orario 16:00-17:30. La maggior parte delle attività connesse con la conduzione della stalla si concentra durante queste due fasce orarie.

Il ricovero per il bestiame è costituito da una tettoia in carpenteria metallica. Nello stesso ambiente si trovano anche il ridotto per i vitellini e gli apparecchi adibiti alla molinatura del mangime. Tale area, addossata ad un'ala del fabbricato precedentemente adibita all'allevamento ed ora dismessa, è chiusa in parte dall'adiacente struttura del fienile ed in parte da un telone a saracinesca motorizzato che viene abbassato durante il periodo invernale.

Le mucche non risentono particolarmente delle variazioni climatiche. Tuttavia con una bassa temperatura dell'acqua nell'abbeveratoio non bevono quasi. Ciò penalizza la produzione di latte, che risulta più denso e pannoso, riducendola di circa il 20%.

Data l'elevata adattabilità dei bovini e la necessità di economizzare l'uso di combustibili, la stalla è priva di impianto di riscaldamento. Del resto è stata concepita, sia nella parte di vecchia data che in quella di più recente costruzione, come ambiente semiaperto, con funzione prevalente di riparo dagli agenti atmosferici, permeabile all'aria per controllare efficacemente l'elevata umidità interna.



Figura 2 – Ricovero per il bestiame con i capi in batteria

3 Rilevazione ed elaborazione dei dati relativi all'uso di energia elettrica nella stalla

La stalla è connessa alla rete ENEL per l'approvvigionamento di energia elettrica. Vi è un contatore trifase dedicato alla fornitura di corrente alternata in bassa tensione a 380 V, con potenza contrattualmente impegnata di 3 kW_e e potenza disponibile di 3,3 kW_e. Mediamente una volta la settimana i mulini vengono azionati utilizzando un trattore agricolo a gasolio avente potenza di 45 cavalli, accoppiandone la presa di forza all'albero girante delle macine. In caso di black-out è invece disponibile un generatore elettrico a benzina.

La rilevazione e l'elaborazione dei dati si è limitata alla sola fornitura elettrica di rete (assetto standard) escludendo gli ingressi alternativi, il cui uso è discontinuo e difficilmente quantificabile dal punto di vista energetico.

Per definire un profilo giornaliero di assorbimento elettrico si è proceduto con il censimento di tutte le macchine elettriche presenti nella stalla. Per rendere più speditivo il rilevamento e data la difficoltà ad acquisire i dati di targa degli apparecchi, si è effettuata la misurazione tramite pinza amperometrica della corrente passante al contatore attivando successivamente ed individualmente ciascun carico. I motori elettrici hanno controlli di tipo on/off e presentano assorbimenti di corrente all'avvio dell'ordine di una volta e mezzo rispetto al funzionamento a regime.

Carico elettrico	Tipo	Tensione	Corrente	Carico
Illuminazione	<i>Monofase</i>	220 V	2 A	440 W
Coclee di carico dei mulini	<i>Trifase</i>	380 V	4,5 A	2500 W
Mulino di macinatura della granella	<i>Trifase</i>	380 V	2,0 A	1100 W
Mulino di macinatura della granella	<i>Trifase</i>	380 V	2,0 A	1100 W
Coclea di carico della farina	<i>Trifase</i>	380 V	2,0 A	1100 W
Condotto di distribuzione mangime	<i>Trifase</i>	380 V	1,0 A	550 W
Nastro rimozione e rampa letame	<i>Trifase</i>	380 V	3,2 A	1800 W
Pompa per il vuoto	<i>Monofase</i>	220 V	0,5 A	110 W
Mungitrice	<i>Trifase</i>	380 V	3,5 A	1900 W
Frigorifero del latte	<i>Trifase</i>	380 V	2,0 A	1100 W
Pompa di prelievo acqua dal pozzo	<i>Trifase</i>	380 V	4,8 A	2700 W
Autoclave	<i>Trifase</i>	380 V	5,5 A	3000 W

Tabella 1- Elenco dei carichi connessi al circuito elettrico della stalla

Non essendo disponibile un acquedotto, né una sorgente a quota più elevata, l'approvvigionamento idrico è dato da un pozzo di emungimento della falda, profondo 50 m e attrezzato con elettropompa sommersa, che rifornisce una cisterna della capacità di 3 m³. La distribuzione alle utenze avviene tramite autoclave. L'intero sistema è regolato da temporizzatore elettronico programmabile.

La correlazione dei valori elettrici rilevati con le informazioni date dall'allevatore circa le operazioni effettuate durante una giornata-tipo ha permesso di costruire il seguente grafico. L'assorbimento è prossimo al limite contrattualmente consentito durante le due fasce orarie di mungitura e mediamente quasi nullo nei periodi rimanenti. In tali periodi sono attivi solamente il frigorifero del latte, la pompa del pozzo e l'autoclave.



Figura 3 – Frigorifero per la refrigerazione del latte appena munto

La giornata tipo si riferisce al periodo tra il lunedì ed il venerdì. Il sabato l'assorbimento è maggiore e maggiormente differenziato come orario in quanto vengono eseguite, oltre alle procedure quotidiane di conduzione della stalla, anche gran parte di quelle previste per la domenica, in modo da ridurre al minimo l'attività durante il giorno festivo.

La tariffazione dell'energia elettrica prevede una ripartizione del costo del kWh_e tra quota potenza e quota energia, e la contabilizzazione di quest'ultima

secondo corrispettivi diversificati in funzione delle fasce orarie di prelievo. In base al contratto di fornitura attualmente vigente esse sono tre: F1 (ore di punta), F2 (ore intermedie), F3 (ore fuori punta), ripartite sulla settimana come riportato nella tabella 2.

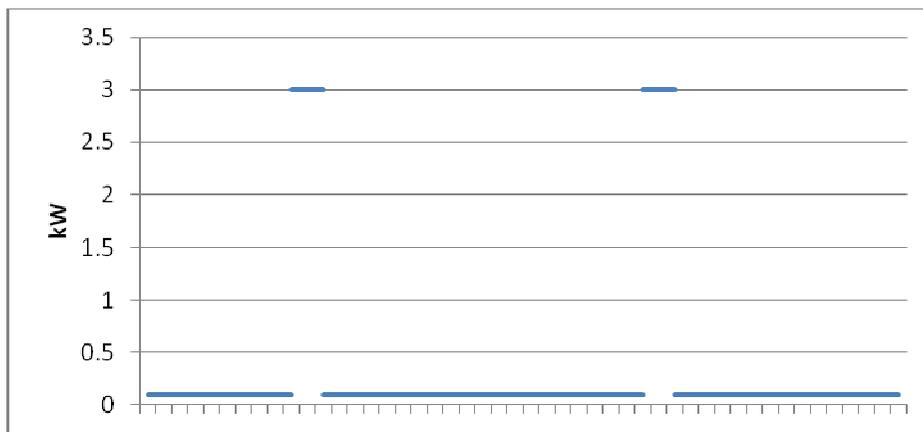


Figura 4 - Potenza elettrica assorbita dalla stalla durante una giornata-tipo

		LUN	MAR	MER	GIO	VEN	SAB	DOM
0.00	1.00	F3						
1.00	2.00	F3						
2.00	3.00	F3						
3.00	4.00	F3						
4.00	5.00	F3						
5.00	6.00	F3						
6.00	7.00	F3						
7.00	8.00	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F3
8.00	9.00	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F3
9.00	10.00	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F3
10.00	11.00	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F3
11.00	12.00	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F3
12.00	13.00	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F3
13.00	14.00	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F3
14.00	15.00	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F3
15.00	16.00	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F3
16.00	17.00	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F3
17.00	18.00	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F3
18.00	19.00	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F3
19.00	20.00	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F3
20.00	21.00	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F3
21.00	22.00	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F3
22.00	23.00	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F3
23.00	0.00	F3						

Tabella 2 : Fasce orarie di tariffazione dell'energia elettrica

Questo regime tariffario triorario ha un forte impatto sull'organizzazione aziendale e sui tempi e i modi di operare dell'allevatore. Per ridurre la spesa in bolletta le attività connesse alla prima mungitura vengono concluse entro le ore 7,00 del mattino, in modo da rientrare nella fascia tariffaria meno onerosa.

Sempre per ragioni economiche non viene impegnata al contatore una potenza superiore a 3 kW_e, anche se una maggiore disponibilità in ingresso consentirebbe una più agevole conduzione della stalla. Al fine di evitare un distacco imposto per superamento del limite, il temporizzatore della pompa di emungimento e dell'autoclave viene programmato per non attivarsi (dato l'alto assorbimento elettrico) durante i circa 90 minuti in cui vengono effettuate la governatura e la mungitura del bestiame.

Nel periodo di fatturazione Ottobre 2009 – Settembre 2010 il consumo effettivo contabilizzato è stato di 1.415 kWh_e in F1, 1.377 kWh_e in F2, 1.432 kWh_e in F3, per un totale di 4.224 kWh_e. Tramite la lettura delle bollette messe a disposizione dal titolare dell'azienda si può definire il seguente profilo di consumo medio giornaliero, per mesi, sull'arco dell'intero anno.

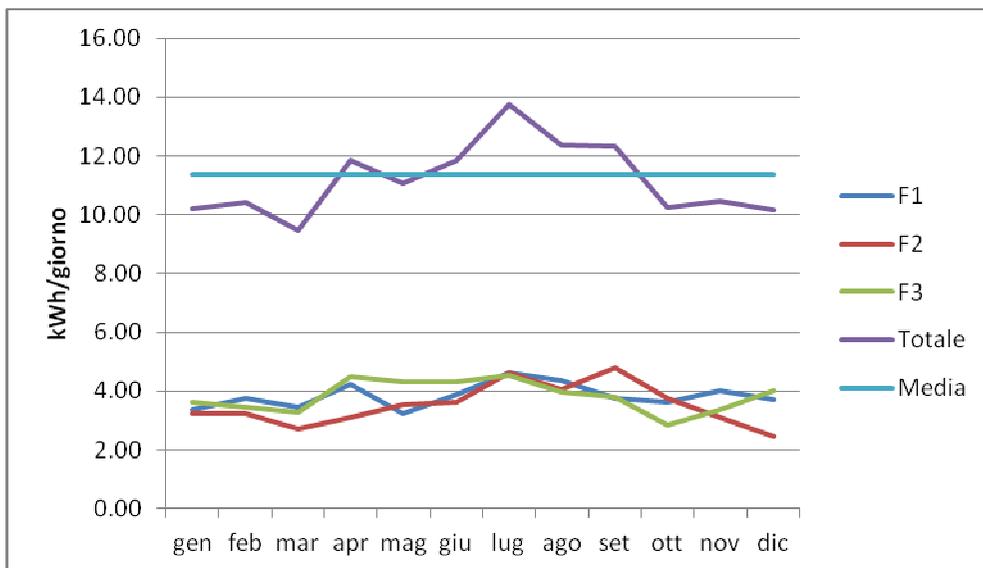


Figura 5 : Consumi medi giornalieri suddivisi nei 12 mesi

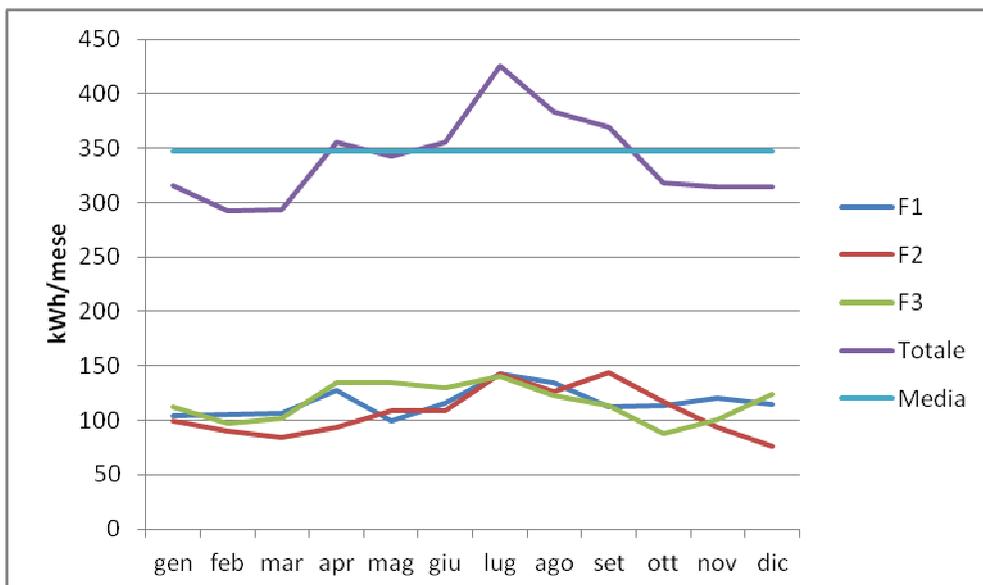


Figura 6 - Consumi medi mensili suddivisi nei 12 mesi

4 Gli edifici residenziali

Il complesso edilizio è formato, oltre che dalla stalla, da due blocchi ad uso residenziale con funzione rispettivamente di abitazione e di agriturismo. Essi sono disposti attorno ad un cortile aperto o aia che assume il ruolo di baricentro dell'intero insediamento. L'edificio destinato ad abitazione è composto da due fabbricati adiacenti: il villino ex-padronale, attualmente sfitto, e la casa ex-colonica, in cui vivono l'allevatore ed i suoi familiari.

Quest'ultima è a sua volta suddivisa in due appartamenti indipendenti. L'edificio usato come agriturismo è derivato dalla riconversione dell'antico fienile e di altri annessi agricoli e conta due sistemazioni autonome per il soggiorno temporaneo, di cui una sola ad oggi utilizzata come abitazione provvisoria in attesa della ristrutturazione del villino. In totale vi sono cinque unità immobiliari, nelle quali attualmente risiedono stabilmente tre nuclei familiari per un totale di 15 abitanti. Occorre tenere presente che i dati relativi ai fabbisogni energetici rilevati nel corso dell'autunno 2010, e riportati nella presente relazione, fanno riferimento ad un assetto gestionale provvisorio in quanto sono riferiti alle utenze effettive di sole tre unità su cinque. A regime essi verranno presumibilmente incrementati di una volta e mezzo, anche se tale stima è di larga massima in quanto l'attività agrituristica si configura come una tipologia di utenza discontinua.



Figura 7 – Vista dell'area intermedia del complesso edilizio



Figura 8 – La casa ex-colonica vista da ovest

La casa ex-colonica è un immobile a prima vista non troppo antico posto su due livelli, con antistante loggiato aperto a sud-ovest. Le murature perimetrali ed interne hanno funzione portante e sono di tipologia mista pietrame-mattoni, intonacate; la copertura è costituita da orditura di legno e manto in tegole di laterizio. Le finestre sono composte da un singolo infisso con telaio di legno e vetrocamera semplice di modesto spessore, e da persiane in stile fiorentino. L'edificio è stato oggetto di interventi di ristrutturazione negli anni '80, fra cui la costruzione ex-novo del loggiato, la sostituzione degli infissi preesistenti e la coibentazione sottotegola della copertura.

La suddivisione interna in due appartamenti non è leggibile esteriormente sotto il profilo architettonico e compositivo. Entrambe le unità, l'una di circa 100 m² di superficie, l'altra di circa 150 m², sono dotate di impianto di riscaldamento autonomo con generatore termico convenzionale alimentato a gas, tubazioni di distribuzione coibentate e terminali a radiatore a circolazione forzata, operanti a temperatura medio-alta. Gli stessi apparecchi forniscono acqua calda sanitaria ai servizi, cioè una cucina e due stanze da bagno per ciascun appartamento. I caminetti ed i focolari a legna, se anche presenti, non risultano utilizzati. Non sono installati sistemi di raffrescamento o climatizzazione in quanto durante la stagione estiva la località è relativamente fresca e ventilata.

In base ai caratteri distributivi e costruttivi dell'edificio, all'epoca presunta di costruzione, alla tipologia di impianto di riscaldamento, si può assegnare con buona approssimazione la classe energetica G ad entrambe le unità abitative.



Figura 9 – L'edificio adibito ad agriturismo visto da sud

L'insediamento agriturismo è stato recentemente ricavato dalla rifunzionalizzazione di un edificio in precedenza a servizio dell'attività agricola. Ciò è stato possibile grazie ad un parziale trasferimento di volumi produttivi, condizionato dall'ampliamento della stalla. Si tratta di un fabbricato sviluppato per due piani fuori terra, oltre al piano interrato che ospita la cantina aziendale, e libero su quattro lati. La struttura portante presenta caratteri misti pietrame-mattoni, ed è parzialmente intonacata. La copertura è costituita da orditura di legno e manto in tegole di laterizio. Gli infissi, di recente fattura, hanno telaio di legno e vetrocamera semplice di elevato spessore. Elementi architettonici fortemente aggettanti, oltre a persiane tradizionali, sono posti a parziale schermatura della radiazione solare. Durante le fasi di ristrutturazione è stato posto un rivestimento di materiale termoisolante sotto il manto di copertura, in parte ricalato lungo alcuni tratti di parete verticale secondo la configurazione a cappotto. Internamente è stata realizzata una suddivisione in due unità indipendenti, l'una di circa 140 m² di superficie, l'altra di circa 70 m². Entrambe sono

dotate di impianto di riscaldamento con generatore termico convenzionale alimentato a gas, tubazioni di distribuzione coibentate e terminali a radiatore a circolazione forzata, operanti a temperatura medio-alta. Gli stessi apparecchi forniscono acqua calda sanitaria alle cucine ed ai servizi igienici. In inverno viene abitualmente utilizzato un ampio caminetto a legna, mentre per il periodo estivo non sono presenti sistemi di raffrescamento o climatizzazione. Si stima che entrambe le unità si trovino in classe energetica G.



Figura 10 – Il villino ex padronale visto da est

Il villino ex-patronale è un fabbricato distribuito su tre livelli, con antistante giardino recintato, contiguo alla casa ex-colonica. La parte adibita a residenza si trova ai piani terreno e primo, mentre nel seminterrato vi è la tinaia aziendale. L'edificio ha struttura portante in muratura mista pietrame-mattoni intonacata; la copertura è costituita da orditura di legno e manto in tegole di laterizio. Recentemente sono state eseguite opere di ristrutturazione interna e sono già programmati interventi di manutenzione sulle facciate ed in copertura.

La superficie utile abitabile è di circa 130 m². Oltre alle sale e alle camere vi sono una cucina e due bagni. Nell'appartamento è installato un generatore termico convenzionale combinato, alimentato a gas metano. La funzione di produzione di acqua calda sanitaria è gestita tramite un boiler inox integrato in caldaia. Le tubazioni di distribuzione ai corpi scaldanti (radiatori operanti a

temperatura medio-alta) sono coibentate. Non sono stati rilevati caminetti o focolari a legna, né vi sono installati sistemi di climatizzazione o raffrescamento.

In base alle caratteristiche costruttive del fabbricato, alla tipologia edilizia, al generale stato di conservazione, ed alle proprietà dell'impianto di riscaldamento, si valuta che esso rientri ampiamente nella classe energetica G. L'intero complesso immobiliare sarebbe in grado di ospitare, qualora ogni unità fosse utilizzata, un numero di abitanti variabile da 15 a 20.

5 Rilevazione ed elaborazione dei dati relativi all'uso di energia elettrica negli edifici residenziali

Le utenze civili sono connesse alla rete elettrica tramite un contatore monofase in bassa tensione a 220 V. La potenza contrattualmente impegnata è di 3 kW_e e la potenza disponibile è di 3,3 kW_e. Non essendo possibile effettuare una rilevazione puntuale dei carichi assorbiti dai vari apparecchi elettrici, ne definire una giornata-tipo, l'acquisizione dei dati si è limitata a quanto riportato sulle bollette ENEL messe a disposizione dal proprietario, peraltro relative al solo periodo marzo-settembre 2010. Non si dispone quindi di dati complessivi sull'arco di un anno; si può tuttavia fare riferimento alla stima fornita dalla Società elettrica di 4.947 kWh_e. Il sopralluogo effettuato ha comunque consentito di escludere la presenza di dispositivi non ordinari rispetto agli attuali standard abitativi, così come di scaldacqua o riscaldatori elettrici. Unica eccezione è rappresentata dalla tinaia, posta a livello seminterrato dell'ex-villino padronale.

La tariffazione applicata è di tipo monorario. Il corrispettivo per la quota potenza è fisso in funzione della disponibilità massima al punto di prelievo, mentre quello per la quota energia è variabile secondo scaglioni progressivi di consumo. I consumi attuali sono tali da rientrare nello scaglione più elevato (oltre i 4 440 kWh_e), e quindi con importi unitari più onerosi. Anche se il contratto di fornitura vigente è a tariffa unificata, nei grafici seguenti si riportano, oltre ai valori totali, anche i parziali diversificati secondo le fasce orarie standard F1, F2, F3. Questo perché a breve esso verrà convertito in tipologia bioraria, per adeguamento alle disposizioni dell'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas.

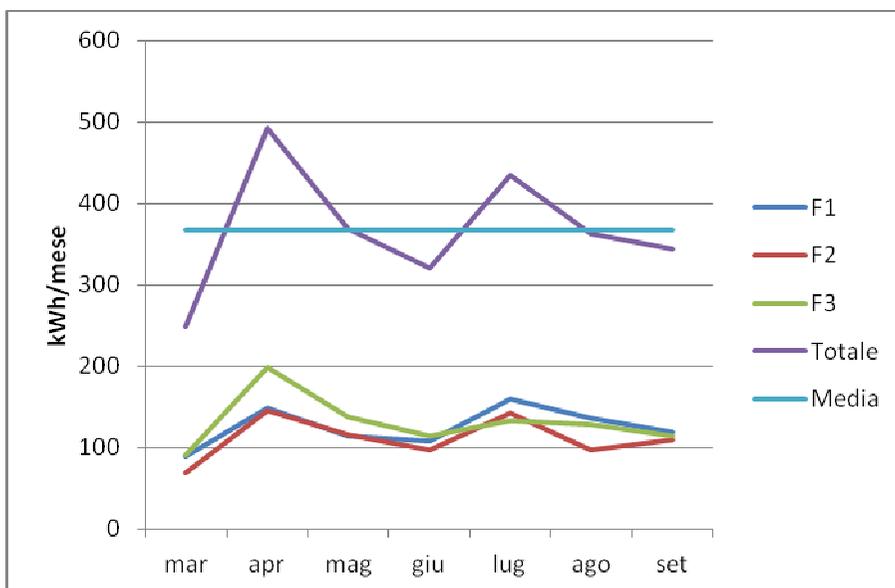


Figura 11 - Consumi medi giornalieri suddivisi in 7 mesi

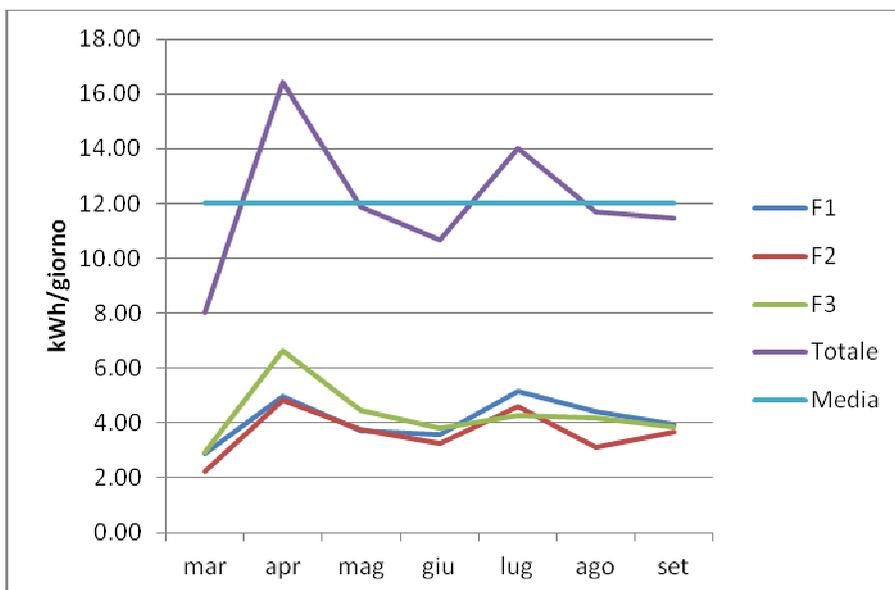


Figura 12 - Consumi medi mensili suddivisi in 7 mesi

L'attuale impegno di potenza contrattualmente disponibile è modesto, a fronte di consumi energetici rilevanti, in quanto, dati gli stretti legami di parentela, le tre famiglie allacciate al contatore riescono a coordinarsi per attivare in tempi diversi i principali carichi elettrici ovvero gli elettrodomestici. Per aumentare la flessibilità di utilizzo e, in prospettiva, sfruttare i benefici offerti dalla tariffa bioraria, è prevista l'installazione di timer sugli apparecchi più datati che non ne dispongono di uno proprio a bordo macchina, in modo da trasferire nelle ore notturne una quota non trascurabile dell'energia assorbita. Se, come previsto, in un futuro prossimo entrerà in funzione l'attività agrituristica, sarà necessario attivare presso ENEL una seconda fornitura per utenza residenziale, analoga alla prima, con contatore dedicato in bassa tensione a 220 V, con potenza contrattualmente impegnata di 3 kW_e e potenza disponibile è di 3,3 kW_e.

6 Rilevazione ed elaborazione dei dati relativi all'uso di energia termica negli edifici residenziali

Non essendo stato possibile prendere visione delle bollette relative alla fornitura di gas metano, che comunque avrebbero indicato i consumi riferiti a solo tre delle cinque unità immobiliari, si è proceduto secondo una metodologia più generale al fine di dare una stima, pur approssimativa, dei fabbisogni energetici termici dell'intero complesso edilizio.

	Agriturismo I	Agriturismo II	Ex-colonica I	Ex-colonica II	Ex-padronale
Superficie	140 m ²	70 m ²	100 m ²	150 m ²	130 m ²
n. cucine	1	1	1	1	1
n. bagni	2	3	2	2	2
Tipologia di generatore termico per riscaldamento e acqua calda sanitaria	Caldaia murale istantanea a camera stagna e tiraggio forzato	Caldaia murale istantanea a camera stagna e tiraggio forzato	Caldaia pensile istantanea a camera stagna e tiraggio forzato	Caldaia pensile a camera stagna con boiler inox	Caldaia pensile a camera stagna con boiler inox
Combustibile	Gas metano	Gas metano	Gas metano	Gas metano	Gas metano
Marca	Immergas	Immergas	Immergas	Immergas	Immergas
Modello	Mini EOLO 24	Maior EOLO 28	EOLO 24 Iono Maior	ZEUS superior	ZEUS superior
Potenza termica massima utile	24 kW	28 kW	27,9 kW	28 kW	28 kW
Potenza termica minima utile in riscaldamento	9,3 kW	11,2 kW	10,5 kW	11,8	11,8
Potenza termica minima utile in sanitario	7,2 kW	8,5 kW	n.d.	–	–
Rendimento termico al 100 %	93,6 %	94,3 %	92,0 %	93,9 %	93,9 %
Rendimento termico al 30	90,3 %	91,5 %	90,9 %	91,2 %	91,2 %

%					
---	--	--	--	--	--

Tabella 3 - Dati tecnici dei generatori termici

Primo passo è stato il censimento dei generatori termici installati, con successiva ricerca sul catalogo del costruttore dei dati tecnici standard di funzionamento, riportati nella tabella 3.

La potenza complessivamente installata è pari a 135,9 kW_t. Di questa, una quota non trascurabile è impegnata nel riscaldamento istantaneo dell'acqua calda sanitaria, dal momento che solo due generatori su cinque dispongono di sistemi di accumulo integrati.

Per valutazione, si sono assunti i seguenti rendimenti dei sottosistemi impiantistici:

- Rendimento di combustione : *da scheda tecnica del generatore termico*
- Rendimento di distribuzione : *0,98 (UNI TS 11300-2_2008)*
- Rendimento di emissione : *0,94 (UNI TS 11300-2_2008)*
- Rendimento di regolazione : *0,98 (UNI TS 11300-2_2008)*

Secondo passo è stata la definizione dei dati climatici della località di riferimento, San Piero a Sieve (FI), in conformità al D.P.R. 412/93 e alla norma UNI 10349_1994 :

- Zona climatica: *E*
- Gradi Giorno: *2151*
- Giorni di riscaldamento: *183*
- Periodo di accensione caldaia: *15 ottobre – 15 aprile*
- Ore massime di funzionamento: *14*

Per dare una stima attendibile, anche se di massima, dei fabbisogni termici stagionali per riscaldamento ed annuali per acqua calda sanitaria, per ciascuna unità abitativa sono stati usati i dati climatici da normativa ed i dati acquisiti relativi al sistema edificio-impianto come ingresso in una procedura semplificata di classificazione energetica.

Allo scopo è stato impiegato il software “Class on-line”, messo a disposizione in rete dall'ANIT (Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e acustico) all'indirizzo: <http://class.anit.it/>

I risultati ottenuti tramite il software, corretti in base ad un coefficiente che tiene conto di alcuni fattori non presi in considerazione dalla metodologia di calcolo, sono riportati in tabella 4.

Utenza	Superficie	Indice energetico	Fabbisogno
Agriturismo I	140 m ²	180 kWh/m ² anno	25.200 kWh/anno
Agriturismo II	70 m ²	180 kWh/m ² anno	12.600 kWh/anno
Ex-colonica I	100 m ²	240 kWh/m ² anno	24.000 kWh/anno
Ex-colonica II	150 m ²	240 kWh/m ² anno	36.000 kWh/anno
Ex-patronale	130 m ²	300 kWh/m ² anno	39.000 kWh/anno

Tabella 4 - Fabbisogni energetici termici stagionali delle singole unità abitative

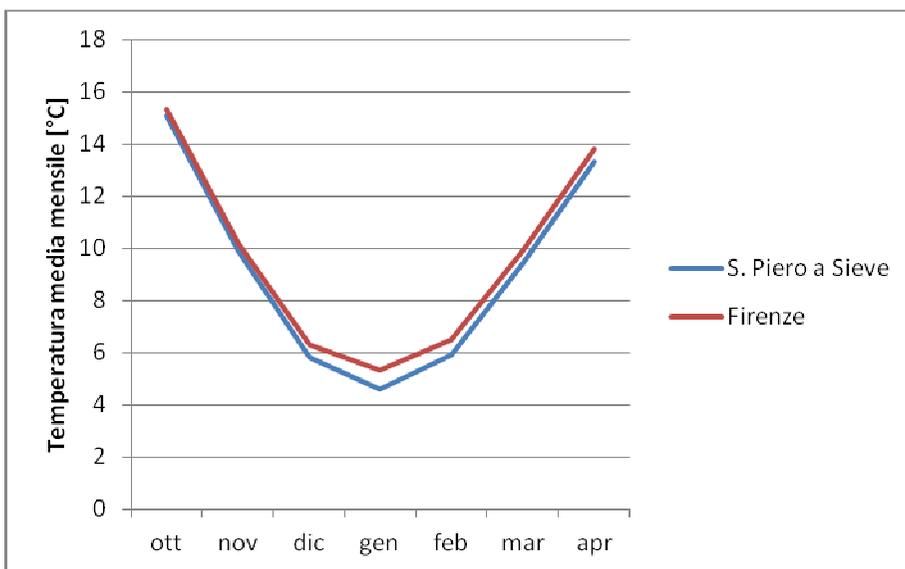


Figura 12 - Andamento medio mensile delle temperature durante la stagione di riscaldamento

Il fabbisogno energetico termico totale stimato è di 136.800 kWh/anno, per complessivi 590 m² di superficie utile abitativa. Le utenze attualmente attive sommano circa i 2/3 del totale sia come potenza installata che come fabbisogno stagionale.

Per completezza occorre rilevare che nella stalla è installato uno scaldacqua a gas metano, il cui impiego è limitato alla produzione di 50 l di acqua calda sanitaria al giorno, a servizio dell'impianto di mungitura. Considerando la modesta efficienza di tale apparecchio, stimabile in 70%, il fabbisogno è di circa 3 kWh_t/giorno, ovvero 1.000 kWh_t/anno.

Per ipotizzare un andamento del carico termico in termini di potenza richiesta al bruciatore, e costruire quindi una curva cumulata su base stagionale, si è operato secondo una procedura basata sulle temperature medie giornaliere ricavabili dall'Anno Tipo della città di Firenze, adattate tramite un lieve

ribassamento al contesto di San Piero a Sieve.

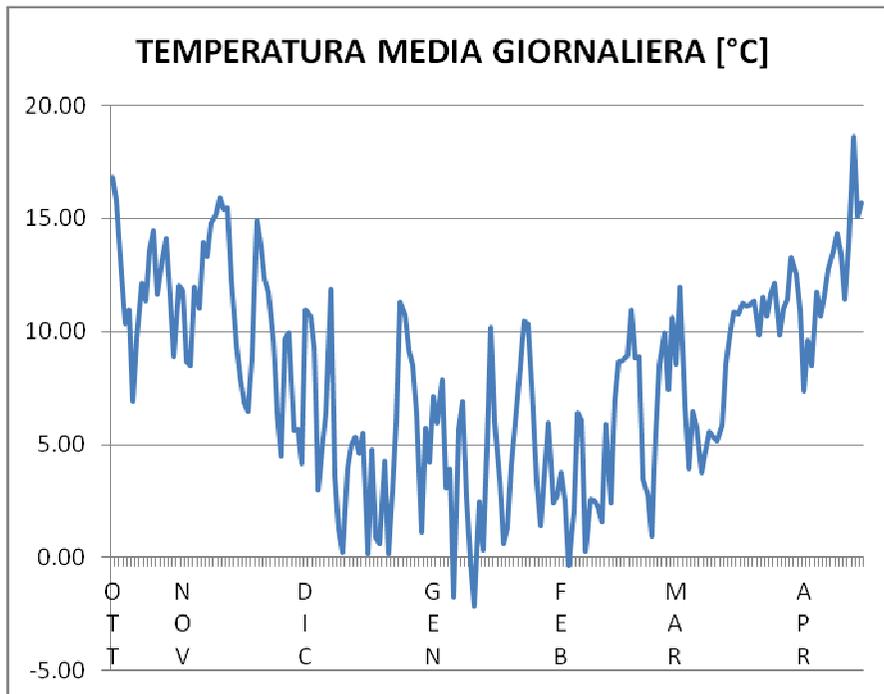


Figura 13- Andamento medio giornaliero delle temperature durante la stagione di riscaldamento

L'attendibilità dell'approssimazione effettuata sui dati climatici è mostrata dal confronto tra i gradi giorno di normativa, 2151, ed i gradi giorno di calcolo, 2216. Si opera quindi con uno scostamento limitato al 3%. E' così possibile definire giorno per giorno le differenze medie tra la temperatura convenzionale mantenuta nei locali riscaldati e la temperatura dell'ambiente esterno.

La considerazione successiva è che, data la massa elevata delle murature dei vari fabbricati e le caratteristiche di funzionamento dei relativi impianti termici, il sistema edificio-impianto può essere considerato ad elevata inerzia termica, ovvero in grado di svolgere la funzione di accumulo su base giornaliera. Si può quindi pensare di operare conformemente al D.P.R. 412/93 in regime di conduzione attenuato, impostando il regolatore su due fasce orarie giornaliere, una di 16 ore al valore di 20 °C ed una di 8 ore al valore di 16 °C. Si ipotizza inoltre che l'energia termica complessivamente richiesta nell'arco di 24 ore possa essere fornita durante le 14 ore di accensione limite degli impianti. Per semplificare il calcolo si è assunto che

durante l'orario di funzionamento la potenza emessa dal bruciatore sia costante.

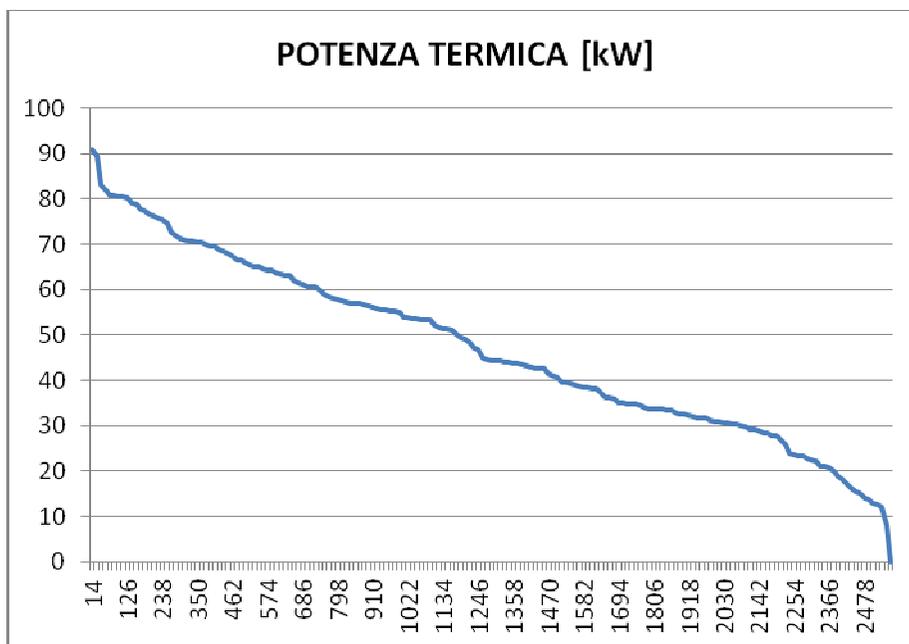


Figura 14- Curva cumulata della potenza termica impegnata

La curva ottenuta è riferita a 2562 ore di funzionamento, ovvero 14 ore per una stagione di 183 giorni. Essa rappresenta un limite superiore di carico termico, in quanto prevede un uso continuativo delle abitazioni in condizioni di comfort elevato. Le utenze termiche attuali hanno caratteristiche più discontinue nell'arco della giornata, e la temperatura nei vari locali viene mantenuta a livelli mediamente inferiori rispetto ai 20 °C assunti a base del calcolo.

7 Conclusioni

Come sintesi e ricapitolazione dello studio effettuato si riporta il seguente prospetto:

DATI ELETTRICI

La fornitura è da rete ENEL. La potenza contrattualmente impegnata è di 6 kW_e e quella disponibile di 6,6 kW_e. A regime tali valori diverranno rispettivamente 9 kW_e e 9,9 kW_e.

L'energia annualmente assorbita dalla stalla è di oltre 4.000 kW_e, contabilizzata secondo una tariffa trioraria e concentrata prevalentemente durante le due fasce orarie giornaliere di mungitura. L'energia annualmente assorbita dalle abitazioni è di circa 4.500 kW_e. La tariffa monoraria in vigore per le utenze civili sarà convertita a breve in bioraria. Si stima che l'avvio dell'attività agrituristica comporterà un aumento dei consumi fino ad oltre 6.000 kW_e.

DATI TERMICI

La potenza attualmente installata per riscaldamento e acqua calda sanitaria è di 135,9 kW_t su cinque generatori a gas metano di cui tre istantanei e due dotati di sistema di accumulo.

L'energia complessivamente assorbita per riscaldamento durante la stagione invernale e per produzione di acqua calda sanitaria durante l'intero anno è di 136.800 kWh_t (stima di larga massima in mancanza di dati contabilizzati). La quota attuale è di circa i 2/3 del totale. Da notare che la stalla non costituisce un'utenza termica.

PROSPETTIVE

La disponibilità di energia elettrica e termica a costo inferiore rispetto all'attuale consentirebbe un significativo aggiornamento dei processi produttivi con aumento di competitività dell'azienda e conseguente beneficio economico per il titolare. In stalla sarebbe possibile inserire la fase di essiccazione del fieno, che risulterebbe meglio conservabile e quindi di migliore qualità come foraggio, e mantenere costantemente sopra i 10 °C l'acqua negli abbeveratoi, con conseguente aumento della produzione di Latte.

Sarebbe possibile inoltre avviare un'attività casearia di trasformazione del latte in latticini, che permetterebbe all'allevatore di svincolarsi dalle tariffe di vendita attualmente imposte dalla Centrale del Latte. Anche l'attività agrituristica trarrebbe vantaggio dal disporre di energia a basso costo in quanto diverrebbe conveniente, per aumentare l'attrattiva della località,

mantenere in temperatura per buona parte dell'anno una piscina a
disposizione degli avventori.

AZIENDA AGRICOLA “B”

ANALISI DEI FABBISOGNI ENERGETICI DELL’AZIENDA AGRICOLA “RICCIANICO”, NEL COMUNE DI FIRENZUOLA



Firenze, Gennaio 2011

Indice

- 1 Inquadramento delle attività dell'azienda
- 2 La stalla e il fienile
- 3 Rilevazione ed elaborazione dei dati relativi all'uso di energia elettrica per le utenze aziendali
- 4 La residenza
- 5 Rilevazione ed elaborazione dei dati relativi all'uso di energia elettrica per le utenze residenziali
- 6 Rilevazione ed elaborazione dei dati relativi all'uso di energia termica per le utenze residenziali
- 7 Sintesi e prospettive

1 Inquadramento delle attività dell'azienda

L'Azienda Agricola "Riccianico", di cui sono titolari i sig.ri Ivo Bruno e Remo Marchi, si trova nell'area dell'Alto Mugello, poco distante dal paese di Firenzuola in Provincia di Firenze. E' un'azienda di tipo agro-zootecnico nella quale viene allevata in stalla una mandria di circa 180 capi di razza bruna e frisona. Di questi la metà sono vacche in periodo di lattazione mentre i capi rimanenti sono non produttivi (manze e asciutte). I vitellini maschi sono invece destinati al macello. Le lavorazioni sia agricole che di allevamento sono altamente meccanizzate ed impegnano stabilmente tre addetti.

L'azienda dispone di circa 140 ettari di terreno coltivato, collina ondulata sita in una fascia altimetrica variabile tra 400 e 500 m s.l.m. Esso è per la maggior parte destinato a seminativo per l'alimentazione del bestiame e per la parte restante adibito alla coltivazione di farro secondo i metodi dell'agricoltura biologica. Le colture caratteristiche sono cereali, erba medica e prato polifita. Nell'arco di un anno è possibile ottenere due raccolti successivi nel periodo tra maggio e settembre; dopo lo sfalcio il foraggio viene compattato sotto forma di rotoballe e immagazzinato al riparo dalla pioggia, in un fienile areato.

A causa dei rilevanti costi energetici non è presente la fase di essiccazione del fieno. Essa porterebbe un duplice vantaggio: da una parte anticipare di circa quindici giorni il taglio primaverile (15-30 maggio per circa 4/5 della produzione annua), falciando l'erba quando è ancora verde e quindi a maggiore tenore proteico; dall'altra superare l'attuale limitazione sul raccolto di fine estate (10-20 settembre per circa 1/5 della produzione annua) dovuta al fatto che nei mesi di settembre/ottobre risulta estremamente difficoltosa una buona essiccazione naturale delle rotoballe.

La produzione cerealicola viene invece stoccata in silos sotto forma di granella e macinata in farine al momento della distribuzione presso le mangiatoie. Ai mangimi convenzionali si associano, per aumentare la produttività del bestiame, concentrati proteici e fiocchi di mais.

Poiché l'alimentazione di ciascun capo in età adulta impegna fino a 3 ettari di terreno, l'azienda importa dall'esterno circa la metà del foraggio di cui necessita la mandria. La non tracciabilità di tale fornitura, proveniente in prevalenza dall'area padana, impedisce la certificazione "biologica" del latte. La produzione annua della stalla è di 8000/9000 quintali di latte, mediamente 25 litri al giorno per ciascun capo in periodo di lattazione, che vengono

interamente ceduti alla Centrale del Latte di Firenze (Mukki Latte). Il prodotto è distribuito a livello commerciale con l'etichettatura "Latte Selezione Mugello". Per motivi di strategia aziendale, oltre che di dispendio energetico, alla stalla non sono affiancati ambienti o macchinari destinati allo stoccaggio del latte o alla sua trasformazione in latticini. Sono presenti solamente i sistemi di refrigerazione (da 38,5 °C a 4 °C) e di conservazione del latte appena munto.

2 La stalla e il fienile

La stalla è un ampio fabbricato di costruzione relativamente recente, risultato dall'aggregazione di più corpi di fabbrica differenti per tipologia e funzione. Il capannone principale, avente struttura portante in elementi prefabbricati di calcestruzzo armato, è chiuso su quattro lati da tamponamenti in laterizio ed è adibito al ricovero della mandria. Al suo interno è suddiviso longitudinalmente in due settori di cui nel primo sono alloggiati le manze, mentre nel secondo, adiacente al locale mungitura, sono alloggiati le mucche in periodo di lattazione.

Al centro un ampio corridoio consente l'ingresso del carro miscelatore per la distribuzione automatica del mangime lungo il percorso. Il capannone è affiancato, lungo tre lati, da tettoie in carpenteria metallica, aperte sul recinto per il pascolo libero ed a loro volta suddivise per tenere separate le diverse sezioni della mandria. Data l'elevata adattabilità dei bovini e la necessità di economizzare l'uso di combustibili, la stalla è priva di impianto di riscaldamento.

E' presente un sistema di ventilazione forzata per mitigare il clima caldo-umido durante il periodo estivo. Poco distante si trovano un ridotto coperto, suddiviso in celle, per l'alloggiamento dei vitellini ed un fienile, affiancato da silos e mulino, costituito da una tettoia in carpenteria metallica aperta su quattro lati, per consentire un'efficace conservazione del foraggio. Completano l'insediamento produttivo alcuni annessi agricoli ad un solo livello adibiti a rimessa per le numerose macchine agricole di cui dispone l'azienda.

La mungitura avviene due volte al giorno, con cadenza regolare ogni dodici ore, fra le 6:00 e le 9:00 di mattina e fra le 17:00 e le 20:00 di pomeriggio. Il locale mungitura, attrezzato con un impianto sottovuoto automatico per il pompaggio del latte, è in grado di ospitare contemporaneamente dodici capi. L'avvicendamento per turni consente di completare l'intera lavorazione nell'arco di tre ore.

La stalla dispone di un generatore termico a gasolio, avente potenza nominale di 25 kW_t, scarsamente efficiente in quanto si tratta di un modello risalente al 1987. Esso è regolato tramite timer per un'accensione di 12 ore al giorno durante tutto l'anno, ed è collegato ad un accumulo di acqua calda sanitaria della capacità di 500 l.

Saltuariamente, per non oltre un mese all'anno, tale generatore viene impiegato anche per alimentare un convettore installato nel locale mungitura, allo scopo di stiepidire l'ambiente nelle prime ore della mattina.



Figura 15 - Stalla dell'azienda agricola vista da sud

L'acqua calda sanitaria, mantenuta costantemente a 60 °C all'interno dell'accumulo, viene impiegata correntemente, previa miscelazione con acqua fredda, per il lavaggio dell'impianto di mungitura, del relativo locale e dei contenitori frigoriferi.

Raramente ne viene convogliata una quota verso gli abbeveratoi al fine di evitare che vi geli l'acqua. In generale sarebbe auspicabile mantenere la temperatura dell'acqua negli abbeveratoi superiore ai 10 °C per non penalizzare la produzione di latte ma, essendo necessario un fronte di circa 10 cm a capo, la notevole estensione in lunghezza del canale implicherebbe l'installazione di un sistema di ricircolo. Il volume di accumulo è ampiamente insufficiente rispetto ai fabbisogni; per aumentarne la capacità termica vi si mantiene l'acqua ad una temperatura superiore rispetto a quella di utilizzo.



Figura 16 - Fienile con rotoballe accatastate e carro miscelatore per il mangime

3 Rilevazione ed elaborazione dei dati relativi all'uso di energia elettrica per le utenze aziendali

L'azienda ha stipulato con ENEL un contratto di fornitura agevolata (*Anno Sicuro*) con potenza in franchigia pari a 16,5 kW_e ed alimentazione trifase 380 V in corrente alternata.

L'analisi dei fabbisogni energetici elettrici a livello agro-zootecnico è stata articolata in quattro settori :

- ✓ censimento delle macchine elettriche impiegate durante il processo produttivo, comprese quelle azionate tramite le prese di forza dei trattori agricoli;
- ✓ definizione di una giornata-tipo per le lavorazioni standard in stalla e individuazione delle relative variazioni su base periodica o stagionale;
- ✓ elaborazione di una curva cumulata di potenza elettrica su base annua;
- ✓ validazione delle stime effettuate attraverso il confronto con i dati contabilizzati da ENEL, riferiti ad un periodo di dodici mesi.

MACCHINE ELETTRICHE

Durante la fase di rilievo sono stati individuati venticinque distinti carichi elettrici, differenziati per tempi e modalità di attivazione riportati nella tabella 5. Ad essi si aggiungono due macchine ad azionamento meccanico tramite accoppiamento con un trattore agricolo. I valori riportati in tabella si basano sulla lettura dei dati di targa dei motori. L'alimentazione elettrica, eccetto che per l'impianto di illuminazione, è in corrente alternata trifase a 380 V. Sono state escluse le utenze aziendali minori, come ad esempio l'impianto luci esterno, in quanto trascurabili ai fini della determinazione dei fabbisogni energetici.

La stalla dispone, al fine di garantire la continuità della fornitura elettrica in caso di black-out, di due generatori con motore a combustione interna, alimentati a gasolio, della taglia di 15 kVA ciascuno. Il loro uso, in passato significativo in concomitanza di fenomeni atmosferici particolarmente intensi, è ad oggi estremamente raro, grazie anche al nuovo elettrodotto ed alla nuova cabina di trasformazione installati recentemente da ENEL in prossimità della stalla stessa. Le caratteristiche dell'allacciamento alla rete sono comunque tali da non consentire, secondo il titolare dell'azienda, un aumento della potenza elettrica prelevabile rispetto a quella attualmente disponibile al contatore.

L'intero complesso di Riccianico è correntemente servito dall'acquedotto municipale del Comune di Firenzuola. A livello aziendale si sta valutando la possibilità di escavazione di un pozzo per l'emungimento della falda acquifera sottostante i terreni di proprietà.

Essa consentirebbe di far fronte autonomamente ai fabbisogni idrici per l'abbeverazione della mandria e per il lavaggio dei locali e degli impianti, non essendo comunque ipotizzabile, dati gli elevati quantitativi necessari, irrigare i campi per far evolvere l'attività agricola verso colture a maggiore resa.



Figura 17 - Frigoriferi per la refrigerazione e la conservazione del latte

Funzione	Potenza elettrica assorbita dalla rete	Potenza meccanica assorbita dal trattore
Frigorifero per la refrigerazione del latte appena munto e la successiva conservazione fino al ritiro (capacità 3000 l – bicompressore - refrigerante R22 (8 kg) sostituito recentemente con refrigerante della serie R4xx non meglio specificato – condensazione ad aria)	<i>10,93 kW in corrente alternata trifase 380 V</i>	
Frigorifero per la refrigerazione del latte appena munto e la successiva conservazione fino al ritiro (capacità 2000 l – bicompressore - refrigerante R22 (7,5 kg) – condensazione ad aria)	<i>10,70 kW in corrente alternata trifase 380 V</i>	
Agitatori a pescaggio nel latte per evitarne la stratificazione in fase acquosa e fase pannosa	<i>2 motori da 1,76 kW</i>	
Impianto di mungitura e pompa per sottovuoto	<i>3,00 kW</i>	
Mulino di macinatura delle granelle		<i>73,50 kW</i>
Condotti di carico del mulino e di insilamento delle farine	<i>3 motori da 1,50 kW</i>	
Condotti di carico dei mangimi dai silos al carro miscelatore	<i>4 motori da 1,50 kW</i>	
Ruspe di pulizia delle corsie della stalla	<i>4 motori da 3,00 kW</i>	
Rampa di accumulo del letame proveniente dal settore delle manze e delle asciotte	<i>3,00 kW</i>	
Sistema di carico della vasca di raccolta dei reflui	<i>2 motori da 1,50 kW</i>	
Separatore liquido/solido dei reflui provenienti dal settore delle vacche in lattazione	<i>2,20 kW</i>	
Alimentazione in pressione della conduttura di spargimento dei reflui liquidi sui terreni coltivati		<i>73,50 kW</i>
Ventilatori del locale stalla	<i>2 motori da 0,74 kW</i>	
Ventilatori del locale mungitura	<i>2 motori da 0,37 kW</i>	
Impianto di illuminazione (tubi al neon)	<i>1,80 kW (installati) / 0,80 kW (utilizzati) in corrente alternata monofase 220 V</i>	

Tabella 5 - Elenco dei carichi elettrici connessi al circuito elettrico della stalla

Un primo studio di massima ha individuato come quota di prelievo 100 m al di sotto del piano di campagna, prevedendo l'installazione di una pompa elettrica sommersa della portata di 60 l/m, avente potenza nominale di 3,0 kW_e.

Avendo stimato un fabbisogno medio giornaliero di acqua di 15 m³, la pompa richiederebbe un'attivazione di circa 4 h per un consumo di 12 kWh_e/giorno e 4.380 kWh_e/anno.



Figura 18 - Terreni dell'azienda agricola Riccianico

GIORNATA-TIPO

L'analisi del processo produttivo ha consentito l'individuazione, in base alla sequenza delle lavorazioni, degli orari di attivazione dei differenti carichi elettrici e quindi la definizione di una curva media di variazione del fabbisogno su base giornaliera. In particolare sono stati distinti due periodi di riferimento: il primo (inverno e mezze stagioni) comprendente i mesi da settembre a maggio; il secondo (estate) comprendente i mesi da giugno ad agosto. Alcuni dispositivi, in particolare quelli relativi al trattamento dei reflui ed alla macinatura delle granelle, entrano in funzione periodicamente per poche ore la settimana, quindi non rientrano nelle previsioni delle

giornate-tipo. Si stima che complessivamente queste utenze saltuarie non incidano per oltre il 5% sul consumo elettrico annuale.

	impianto di mungitura	frigorifero 3000 l	agitatore del latte	ruspa di pulizia (I)	ruspa di pulizia (II)	ruspa di pulizia (III)	ruspa di pulizia (IV)	rampa del letame	4 condotti silos/carro	impianto di illuminazio	ventilatori stalla	ventilatori mungitura
0.00		carico parz.	15 min./h									
1.00		carico parz.	15 min./h									
2.00		carico parz.	15 min./h									
3.00		carico parz.	15 min./h									
4.00		carico parz.	15 min./h									
5.00		carico parz.	15 min./h									
6.00	45 min./h	pieno carico		30 min./h						accesso		
7.00	45 min./h	pieno carico			30 min./h					accesso		
8.00	45 min./h	pieno carico				30 min./h		30 min./h		accesso		
9.00		carico parz.	15 min./h					30 min./h				
10.00		carico parz.	15 min./h						15 min./h			
11.00		carico parz.	15 min./h									
12.00												
13.00												
14.00												
15.00												
16.00												
17.00	45 min./h	pieno carico		30 min./h						accesso		
18.00	45 min./h	pieno carico			30 min./h					accesso		
19.00	45 min./h	pieno carico								accesso		
20.00		carico parz.	15 min./h			30 min./h						
21.00		carico parz.	15 min./h									
22.00		carico parz.	15 min./h									
23.00		carico parz.	15 min./h									

Tabella 6 - Giornata tipo in inverno e stagioni intermedie

	impianto di mungitura	frigorifero 3000 l	agitatore del latte	ruspa di pulizia (I)	ruspa di pulizia (II)	ruspa di pulizia (III)	ruspa di pulizia (IV)	rampa del letame	4 condotti silos/carro	impianto di illuminazio	ventilatori stalla	ventilatori mungitura
0.00		carico parz.	15 min./h									
1.00		carico parz.	15 min./h									
2.00		carico parz.	15 min./h									
3.00		carico parz.	15 min./h									
4.00		carico parz.	15 min./h									
5.00		carico parz.	15 min./h									
6.00	45 min./h	pieno carico		30 min./h								
7.00	45 min./h	pieno carico		30 min./h								
8.00	45 min./h	pieno carico										
9.00		carico parz.	15 min./h			30 min./h	30 min./h	30 min./h	15 min./h		modulato	
10.00		carico parz.	15 min./h								modulato	
11.00		carico parz.	15 min./h								modulato	
12.00											modulato	
13.00											modulato	
14.00											modulato	
15.00											modulato	
16.00											modulato	
17.00	45 min./h	pieno carico		30 min./h							modulato	accesso
18.00	45 min./h	pieno carico			30 min./h						modulato	accesso
19.00	45 min./h	pieno carico									modulato	accesso
20.00		carico parz.	15 min./h								modulato	
21.00		carico parz.	15 min./h			30 min./h					modulato	
22.00		carico parz.	15 min./h								modulato	
23.00		carico parz.	15 min./h									

Tabella 7 - Giornata tipo in estate

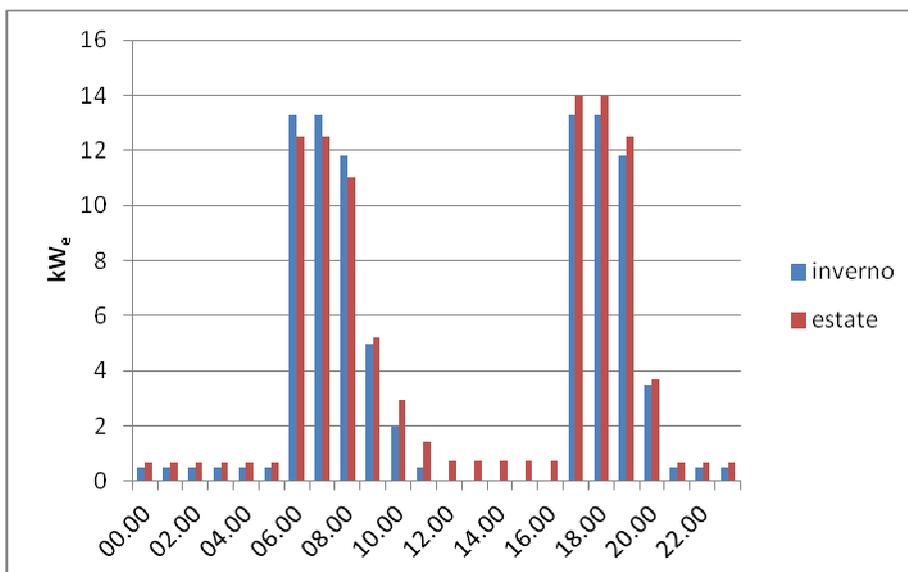


Figura 19 - Variazioni della potenza elettrica assorbita in base alle giornate tipo

Le elaborazioni condotte mostrano come il carico elettrico di base sia proporzionalmente quasi trascurabile rispetto ai picchi di assorbimento, che si concentrano in corrispondenza delle due fasce orarie in cui vengono effettuate le lavorazioni connesse alla mungitura. Si rileva inoltre come le condizioni climatiche caratteristiche della stagione estiva inducano un aumento medio dei fabbisogni, in particolare per la refrigerazione e la conservazione del latte e per la mitigazione termoigrometrica all'interno della stalla.

I dispositivi di refrigerazione lavorano in condizioni gravose durante la stagione estiva, sia perché i contenitori del latte sono coibentati solamente sul fondo e lungo le pareti e non anche sul coperchio, sia perché i condensatori raffreddati ad aria forzata sono collocati in una posizione sfavorevole in quanto scarsamente ventilata e parzialmente ostruita.

L'efficienza dell'impianto, già ridotta a causa della sostituzione del fluido refrigerante R-22 con R-4xx, è compromessa dalle condizioni operative tanto che, secondo quanto dichiarato dal titolare dell'azienda, è necessaria una frequente pulizia degli scambiatori esterni per evitare il blocco delle macchine frigorifere.

Le schermature solari, apposte sotto forma di tendaggi esterni sulle superfici finestrate, generano all'interno del fabbricato uno stato di penombra semipermanente ma non sono sufficienti a garantire condizioni termoigrometriche confortevoli per il bestiame.

Per incrementare i moti convettivi naturali che attraversano la stalla, sono presenti due ventilatori dotati di motori elettrici regolabili su quattro differenti velocità, che si attivano in automatico al raggiungimento di quattro corrispondenti livelli di temperatura, scalati a passi unitari tra 25°C e 28°C. Essi contribuiscono a mantenere salubre il capannone evitando la formazione di un microclima caldo-umido nocivo per la salute degli animali.

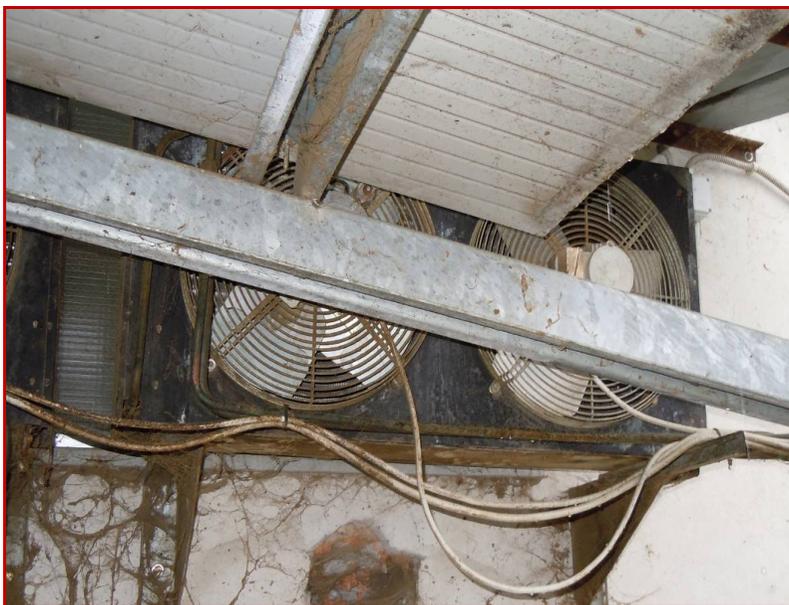


Figura 20 – Condensatori ad aria dei circuiti frigoriferi

Analoghi ventilatori, di taglia minore, sono installati come estrattori sui serramenti del locale per la mungitura, al fine di contenere il tasso di umidità che vi si genera durante il periodo di permanenza delle mucche al suo interno.

CURVA CUMULATA DI POTENZA ELETTRICA

Per definire una curva cumulata della potenza elettrica richiesta dall'attività agro-zootecnica è necessario aggiungere ai dati risultanti dall'analisi delle due giornate-tipo caratteristiche, ulteriori contributi derivanti dalle utenze aventi fabbisogno elettrico discontinuo.

In particolare il mulino di macinazione delle granelle, compresi i condotti di alimentazione e distribuzione tra silos, è utilizzato per circa un'ora ogni settimana. I dispositivi di smaltimento dei reflui della stalla, tra cui le pompe della vasca di raccolta dei liquami ed il separatore solido-liquido, vengono attivati mediamente per quattro ore ogni due settimane.

Il frigorifero ausiliario entra in funzione solamente due volte alla settimana, in corrispondenza dei giorni in cui non viene effettuato il ritiro del latte, per aumentare la capacità di stoccaggio del prodotto in azienda.

Per la costruzione della curva, non avendo a disposizione dati da monitoraggio, è stato necessario effettuare alcune approssimazioni, mediando i fabbisogni elettrici su base oraria. Tale curva viene dunque ad assumere un valore indicativo. In ogni caso le deduzioni tratte combinando i dati rilevati sulle macchine con le informazioni rilasciate dal titolare dell'azienda portano ad una stima del fabbisogno elettrico pari a 35.366 kWh/anno, che si discosta solamente del 6% rispetto al valore contabilizzato da ENEL durante il periodo 2010 equivalente a 33.176 kWh/anno. Ciò conferma la generale attendibilità delle approssimazioni effettuate.

	lunedì	martedì	mercoledì	giovedì	venerdì	sabato	domenica
00.00	<i>on 1 e 2</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1 e 2</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>
01.00	<i>on 1 e 2</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1 e 2</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>
02.00	<i>on 1 e 2</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1 e 2</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>
03.00	<i>on 1 e 2</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1 e 2</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>
04.00	<i>on 1 e 2</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1 e 2</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>
05.00	<i>on 1 e 2</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1 e 2</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>
06.00	<i>on 1 e 2</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1 e 2</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>
07.00	<i>on 1 e 2</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1 e 2</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>
08.00	<i>on 1 e 2</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1 e 2</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>
09.00	<i>on 1 e 2</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1 e 2</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>
10.00	<i>on 1 e 2</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1 e 2</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>
11.00	<i>on 1 e 2</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1 e 2</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>
12.00	<i>on 1 e 2</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1 e 2</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>
13.00	<i>off</i>	<i>off</i>	<i>on 1</i>	<i>off</i>	<i>off</i>	<i>off</i>	<i>on 1</i>
14.00	<i>off</i>	<i>off</i>	<i>on 1</i>	<i>off</i>	<i>off</i>	<i>off</i>	<i>on 1</i>
15.00	<i>off</i>	<i>off</i>	<i>on 1</i>	<i>off</i>	<i>off</i>	<i>off</i>	<i>on 1</i>
16.00	<i>off</i>	<i>off</i>	<i>on 1</i>	<i>off</i>	<i>off</i>	<i>off</i>	<i>on 1</i>
17.00	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1 e 2</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1 e 2</i>
18.00	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1 e 2</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1 e 2</i>
19.00	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1 e 2</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1 e 2</i>
20.00	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1 e 2</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1 e 2</i>
21.00	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1 e 2</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1 e 2</i>
22.00	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1 e 2</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1 e 2</i>
23.00	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1 e 2</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1</i>	<i>on 1 e 2</i>

Tabella 8 – Orari di accensione e spegnimento delle macchine frigorifere

DATI CONTABILIZZATI DA ENEL

La documentazione ENEL che è stata messa a disposizione è riferita a circa due terzi dell'anno; i valori di consumo elettrico relativi ai mesi di cui non sono risultati disponibili dati noti sono stati ricavati mediante interpolazione polinomiale. Si riportano sia i dati sommati che disaggregati secondo le tre fasce orarie di riferimento a differente costo del kWh_e, F1, F2, F3. E' comunque da escludere che tale meccanismo tariffario vada a condizionare gli orari delle lavorazioni aziendali.

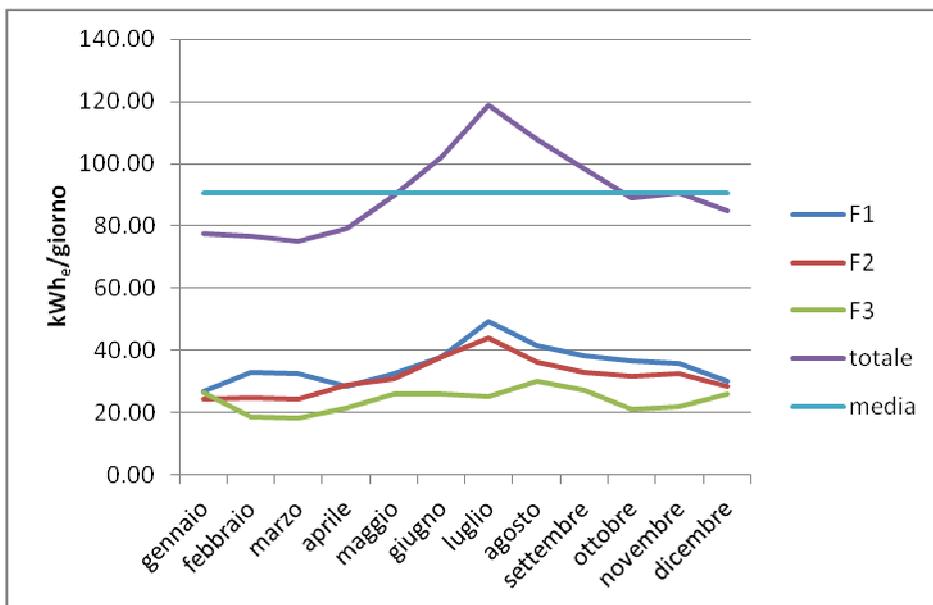


Figura 21 – Consumi medi giornalieri suddivisi sui 12 mesi

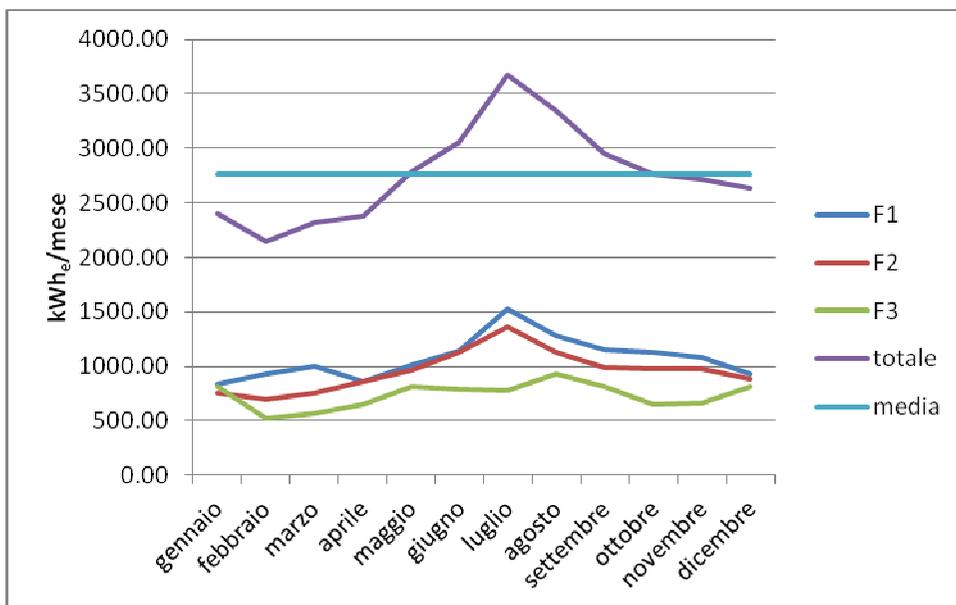


Figura 22 – Consumi medi mensili suddivisi sui 12 mesi

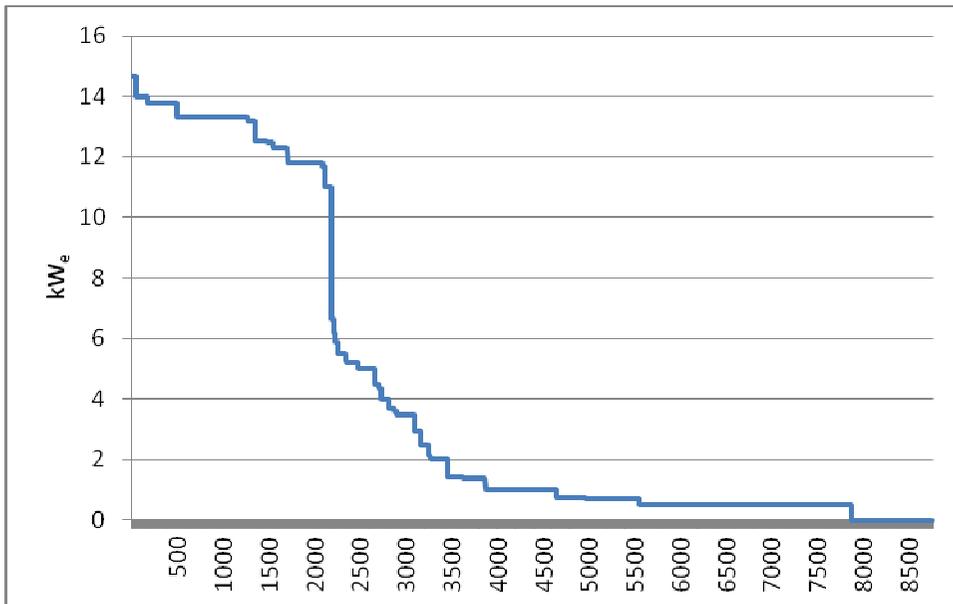


Figura 23 – Curva cumulata della potenza elettrica su 12 mesi

4 La residenza

L'edificio adibito a residenza degli allevatori e dei loro familiari si trova a circa 200 m dalla stalla, lungo la strada vicinale di Riccianico. Si tratta di un fabbricato risalente agli anni '70, recentemente ristrutturato ed ampliato, attualmente suddiviso in tre unità immobiliari indipendenti abitate in modo continuativo durante l'anno. Due di esse si sviluppano su di un solo livello, rispettivamente a piano terreno e a piano primo, mentre la terza è articolata su terratetto. Sono presenti all'interno dell'edificio alcuni locali adibiti a rimessa e deposito non climatizzati.

Non vi sono cantine né locali seminterrati mentre la soffitta è un sottotetto non abitabile. L'asse longitudinale del fabbricato si discosta di circa 15° rispetto alla direzione sud-nord. La funzione residenziale costituisce una componente significativa ai fini della determinazione dei fabbisogni energetici dell'insediamento in quanto dispone di tre forniture elettriche in bassa tensione per complessivi 9 kW_e impegnati e di tre generatori termici per complessivi 90 kW_t installati.

	Unità 1	Unità 2	Unità 3
Collocazione	<i>Piano terreno</i>	<i>Piano primo</i>	<i>Terratetto</i>
Superficie	<i>120 m²</i>	<i>120 m²</i>	<i>150 m²</i>
Epoca di costruzione	<i>1970, ampliamento del 30% nel 2005</i>	<i>1970, ampliamento del 30% nel 2005</i>	<i>1970, ampliamento del 30% nel 1995</i>

Tabella 9 – Identificazione tipologica delle tre unità immobiliari



Figura 24 – Vista da est dell'edificio residenziale

Dal punto di vista compositivo e costruttivo il fabbricato può essere suddiviso in tre blocchi, non coincidenti con la ripartizione immobiliare in tre unità abitative ma derivanti dagli interventi di ampliamento succedutisi nel corso degli anni.

Il nucleo originario, distribuito su due livelli sfalsati alla quota delle falde di copertura, è realizzato in muratura portante mista pietrame-mattoni e solai in laterocemento gettati in opera. All'intradosso del primo solaio vi è un'ampia intercapedine areata di separazione dal terreno mentre all'estradosso dell'ultimo solaio si trova una soffitta accessibile ma non climatizzata. La copertura è a composizione mista, con orditura in travetti di calcestruzzo prefabbricati e manto in tegole marsigliesi. L'isolamento è distribuito nell'intero spessore dell'involucro ovvero non vi sono intercapedini d'aria né specifici strati coibenti, ad eccezione di un tappeto di materassini in lana di roccia steso sul pavimento del sottotetto. Gli infissi hanno telaio in legno e vetrocamere semplici di modesto spessore. Dato il contesto climatico, alle persiane sono state preferite ante piene in legno massello.

I due ampliamenti realizzati di recente riprendono in buona parte le caratteristiche architettoniche ed edilizie della preesistenza, innestandosi rispettivamente alle estremità meridionale e settentrionale, leggermente sfalsate rispetto al volume principale in modo da configurare un edificio

mosso e per certi versi atipico. Vengono riproposti i temi della muratura intonacata, degli orizzontamenti in calcestruzzo e delle tegole come manto di finitura. Viene inoltre fatto ampio ricorso alle balconate continue lungo i prospetti come elemento contemporaneo ed al legno non verniciato negli infissi come richiamo alle tradizioni costruttive locali. Maggiore attenzione è stata posta in questo caso all'isolamento termico con inserimento di lastre coibenti all'interno del solaio contro terra e sottotegola in copertura. L'indagine termografica ha evidenziato che la presenza di ponti termici è relativamente modesta ma, al tempo stesso, che i livelli di trasmittanza termica degli infissi vetrati rappresentano una componente significativa ai fini delle dispersioni.

A ciò si aggiunge il fatto che, in generale, non si legge una particolare attenzione alle esposizioni nè nella maglia compositiva dei prospetti, in termini di rapporto tra superfici opache e finestrate, né a livello planimetrico, in termini di layout distributivo.

Tutte le unità abitative dispongono di impianto di riscaldamento convenzionale a radiatori, in alluminio per la parte più recente ed in ghisa per la parte meno recente, operanti a temperatura medio-alta con mandata a 70 °C e ripresa a 50 °C. Le tubazioni sono in rame coibentato mentre il sistema di regolazione è a zona, con solo termostato ambiente interno. Due dei tre generatori termici sono del tipo a condensazione, alimentati a GPL, di cui si trova nei pressi un deposito interrato.

Il terzo utilizza invece come combustibile legna in ciocchi, in parte proveniente dalle aree boscate interne all'azienda agricola ed in parte acquistata appositamente. Esso sostituisce una precedente caldaia a GPL attualmente utilizzata solo per la produzione di ACS durante il periodo estivo. Le caratteristiche termofisiche globali dell'involucro edilizio, date dalla media combinata tra volumi edilizi realizzati in epoche diverse e sotto regimi normativi differenti, non sono in grado di fornire prestazioni di qualità dal punto di vista energetico. In base ai dati raccolti si può stimare che il fabbisogno complessivo annuo per riscaldamento ed acqua calda sanitaria rientri in un intervallo variabile tra 140 e 160 kWh/m²/anno, corrispondente ad una classe energetica F.



Figura 25 – Ala meridionale dell'edificio di realizzazione più recente



Figura 26 – Ala settentrionale dell'edificio di realizzazione più recente

5 Rilevazione ed elaborazione dei dati relativi all'uso di energia elettrica per le utenze residenziali

Ciascuna delle tre unità immobiliari costituenti la residenza dispone di una fornitura elettrica dedicata in bassa tensione a 220 V, avente al contatore una potenza contrattualmente impegnata di 3,0 kW_e ed una potenza disponibile di 3,3 kW_e. Trattandosi di utenze standard per il settore residenziale e non essendo possibile l'individuazione di una giornata-tipo, si è ritenuto sufficiente ai fini della definizione dei fabbisogni energetici elettrici limitare l'analisi ai dati di consumo contabilizzati da ENEL.

Nonostante sia stata messa a disposizione la documentazione relativa ad una sola delle tre utenze, si può ritenere con buona approssimazione, date le strette analogie tra le unità servite, che essa costituisca un campione rappresentativo. Il periodo di cui è stato possibile visualizzare le bollette è riferito ai mesi luglio 2009 – maggio 2010, per quanto riguarda i valori complessivi in kWh_e, ed ai mesi settembre 2009 - maggio 2010, per quanto riguarda i valori disaggregati secondo le tre differenti fasce orarie convenzionali F1, F2, F3. Secondo la vigente formula contrattuale, a tariffa bioraria, non vi sono distinzioni di corrispettivo tra kWh_e in F2 e kWh_e in F3.

		LUN	MAR	MER	GIO	VEN	SAB	DOM
0.00	1.00	F3						
1.00	2.00	F3						
2.00	3.00	F3						
3.00	4.00	F3						
4.00	5.00	F3						
5.00	6.00	F3						
6.00	7.00	F3						
7.00	8.00	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F3
8.00	9.00	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F3
9.00	10.00	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F3
10.00	11.00	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F3
11.00	12.00	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F3
12.00	13.00	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F3
13.00	14.00	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F3
14.00	15.00	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F3
15.00	16.00	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F3
16.00	17.00	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F3
17.00	18.00	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F3
18.00	19.00	F1	F1	F1	F1	F1	F2	F3
19.00	20.00	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F3
20.00	21.00	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F3
21.00	22.00	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F3
22.00	23.00	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F3
23.00	0.00	F3						

Tabella 10 – Fasce orarie a differente tariffazione

I valori medi di consumo elettrico su base giornaliera e su base mensile sono stati ottenuti, laddove mancanti, tramite interpolazione polinomiale. Il fabbisogno complessivo così definito per un periodo di dodici mesi è pari a 3.073 kWh_e, valore che collima perfettamente con la media dei valori stimati progressivamente da ENEL di 3.073 kWh_e. Tale valore è ricompreso nel penultimo scaglione della funzione di costo variabile, in riferimento alla quota energia della fornitura elettrica.

In sintesi le tre unità residenziali sommano un consumo annuo pari a 9.264 kWh_e, con potenza contrattualmente impegnata di 9 kW_e e potenza disponibile di 9,9 kW_e. Si prevede che l'attuale assetto abitativo si mantenga stabile nel tempo, senza previsioni di allacciamento di ulteriori forniture elettriche o di potenziamento di quelle esistenti.

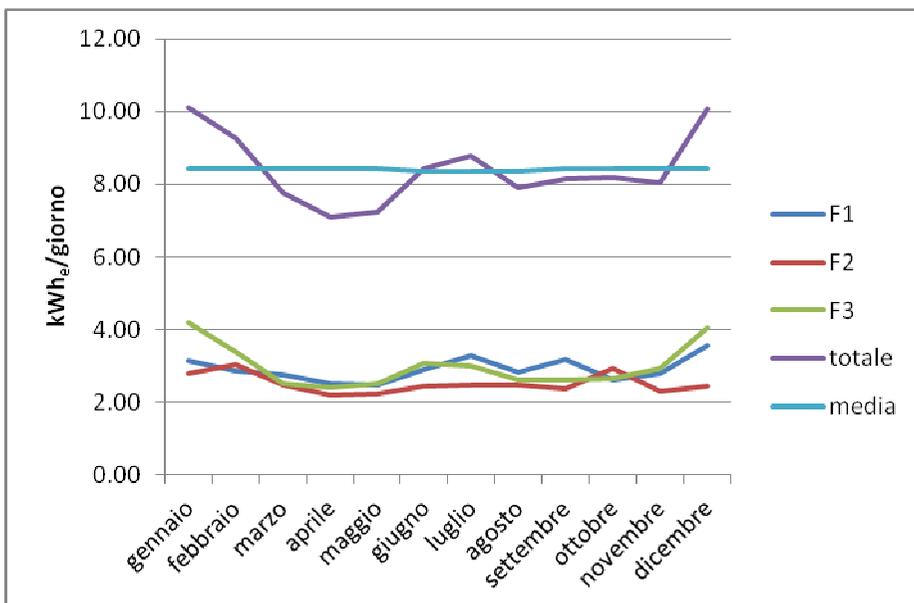


Figura 27 – Consumi medi giornalieri suddivisi sui 12 mesi

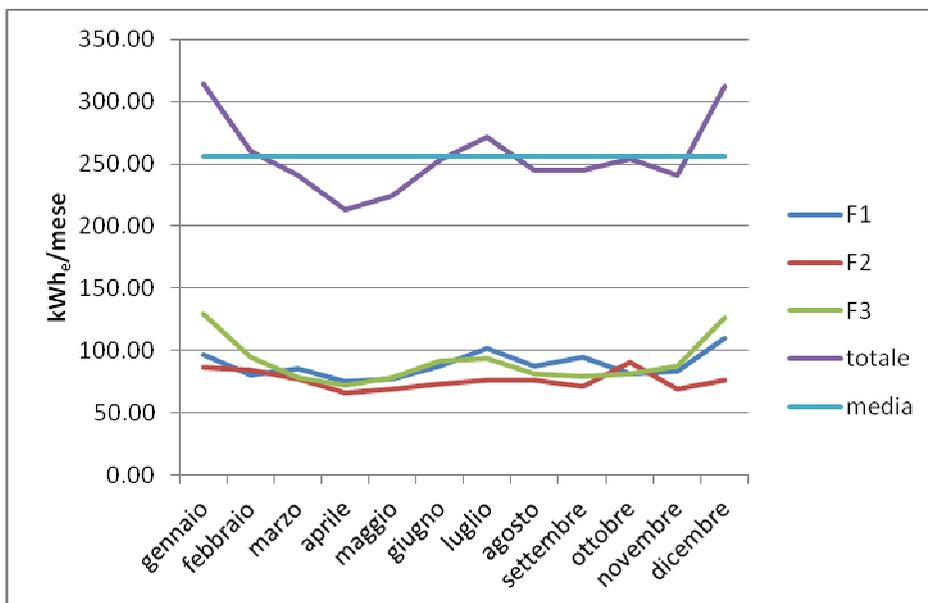


Figura 28 – Consumi medi mensili suddivisi sui 12 mesi

6 Rilevazione ed elaborazione dei dati relativi all'uso di energia termica per le utenze residenziali

La consultazione dei documenti relativi alle forniture di combustibile disponibili presso l'archivio personale del titolare dell'azienda ha permesso di acquisire i dati contabilizzati su base biennale riferiti ad una delle due utenze alimentate a GPL. Tale utenza è costituita dall'unità abitativa n.1, posta al piano terreno e avente superficie di 120 m². I mesi considerati, pur con alcune lacune, coprono il periodo da gennaio 2009 a dicembre 2010.

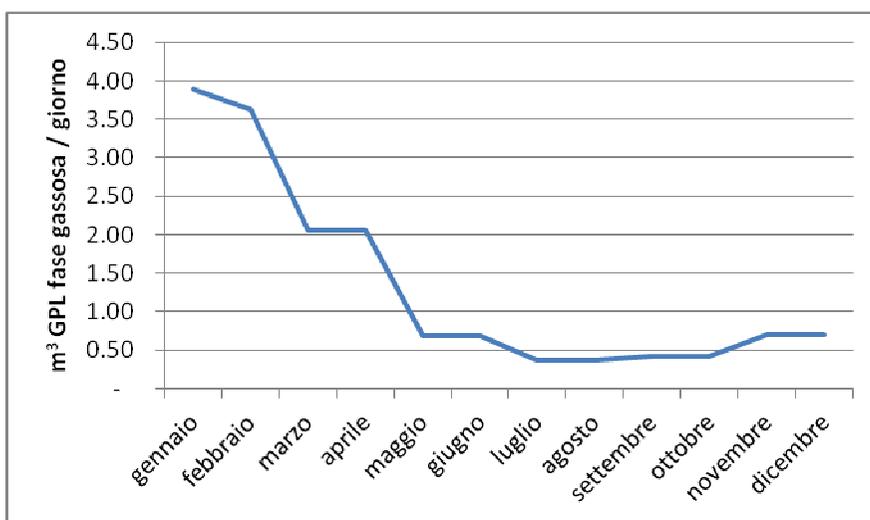


Figura 29 – Consumi medi giornalieri di GPL suddivisi sui 12 mesi

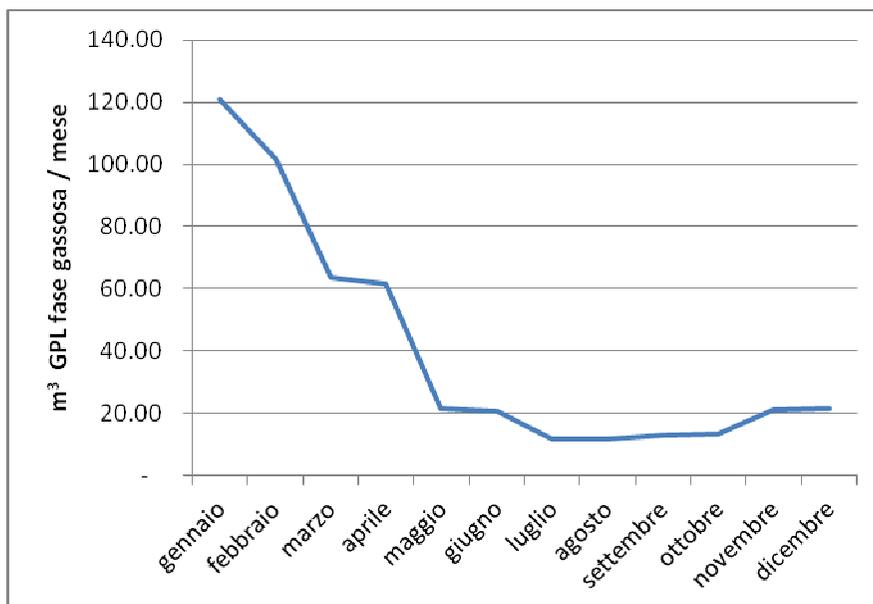


Figura 30 – Consumi medi mensili di GPL suddivisi sui 12 mesi

I grafici elaborati risultano per certi versi assai improbabili. Ciò è dovuto al fatto che la fatturazione del gas consumato viene notificata in maniera discontinua e senza un criterio contabile chiaramente ricostruibile. Alcune bollette sono riferite ad un periodo di trenta giorni, altre a due mesi, altre ancora ad otto mesi.

Effettuando quindi la media di un certo quantitativo su più mesi distribuiti su stagioni differenti, in parte con impianto di riscaldamento in funzione ed in parte con impianto inattivo, si induce una sottostima del consumo nei primi ed una sovrastima nei secondi. I valori sopra riportati sono quindi solamente indicativi del consumo totale annuo, pari a circa 500 m³.

L'utenza relativa all'unità abitativa n.2, di cui non sono stati messi a disposizione i dati, è per molti versi analoga alla precedente; si ritiene che, a causa delle maggiori dispersioni dovute alla collocazione al piano primo, essa consumi un quantitativo di combustibile di circa 1,2 volte maggiore ovvero 600 m³/anno. In entrambe le unità è installata una caldaia murale istantanea a condensazione combinata per riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria avente le specifiche tecniche di seguito riportate in tabella 11.

Marca	<i>Riello</i>
Modello	<i>Family AR 29 KIS gpl</i>
Potenza termica focolare	<i>29,00 kW</i>
Potenza termica utile	<i>28,16 kW</i>
Rendimento utile	<i>97,1</i>
Rendimento utile al 30%	<i>96,2</i>
Tecnologia	<i>camera di combustione stagna a tiraggio forzato, bruciatore atmosferico ad aria primaria in acciaio inox dotato di accensione automatica, controllo di fiamma a ionizzazione e sistema di regolazione proporzionale della portata gas e della portata aria sia in riscaldamento che in sanitario</i>
Potenza elettrica assorbita massima	<i>194 W</i>

Tabella 11 – Dati tecnici dei generatori termici

La lettura delle fatturazioni emesse dalla società fornitrice di GPL, ditta Liquigas di Bologna, non ha consentito di risalire alle proprietà specifiche del combustibile. Si è fatto quindi riferimento alla norma UNI 10389, che indica per il GPL un valore di 27.000 kcal/m³ a pressione atmosferica e a temperatura di 15°C. A tale valore corrisponde un fabbisogno energetico per le due unità considerate pari rispettivamente a 15.700 kWh_t/anno e a 18.850 kWh_t/anno.

La terza unità abitativa era inizialmente servita da un generatore termico analogo ai precedenti, recentemente sostituito per motivi economici di costo del combustibile. Tale generatore, installato esternamente all'edificio, viene ad oggi utilizzato solamente in periodo estivo per la produzione di ACS, mentre d'inverno viene smontato e riposto in rimessa per evitare danni ai componenti. Durante la rilevazione non è stato possibile reperire alcun dato al riguardo.

La caldaia a biomassa, marca e modello non meglio specificati, è alimentata a ciocchi di legna con caricamento manuale del bruciatore (consumo dichiarato di 170 quintali/anno) e si trova all'interno di un locale tecnico appositamente dedicato. Si presume che la potenza termica sia simile a quella dell'apparecchio che è andata a sostituire, ovvero 30 kW_t.



Figura 31 – Generatore termico a biomassa (ciocchi di legna)

Essa alimenta, tramite un circuito primario, un serbatoio di accumulo di acqua calda sanitaria a doppio scambiatore, nel quale si trova una serpentina idraulicamente connessa all'impianto di riscaldamento.

La realizzazione pseudo-artigianale dei circuiti idraulici e la mancanza di alcun tipo di documentazione tecnica a riguardo ha impedito di caratterizzare in modo attendibile tale sistema di generazione. E' stato comunque possibile, correlando il consumo complessivo di legna (prevalentemente castagno e quercia) con i valori di potere calorifico inferiore per tali essenze reperibili in letteratura, ottenere la produzione stagionale totale di energia termica.

Considerando che i ciocchi da introdurre nel bruciatore vengono stagionati a lungo, e quindi presentano basso tenore di umidità, si è assunto un p.c.i. pari a 15 MJ/kg, deducendo quindi una conversione energetica di 70.000 kWh/anno.

Per giustificare in parte la sproporzione tra energia impiegata e superficie servita è necessario invocare l'elevata incidenza delle dispersioni della caldaia al mantello e al camino, oltre che nelle tubazioni e nel sistema di accumulo.



Figura 32 – Serbatoio di accumulo di ACS

Il locale tecnico in cui essa è installata ha numerose superfici non adeguatamente coibentate, in parte verso l'esterno, in parte verso l'adiacente rimessa non riscaldata, in parte verso la terrazza soprastante.

Data l'incompletezza e la parziale inattendibilità delle informazioni deducibili in base ai soli consumi di combustibile, si è proceduto parallelamente per via analitica, a partire dalla definizione dei dati climatici della località di riferimento, Firenzuola (FI), in conformità al D.P.R. 412/93 e alla norma UNI 10349_1994 :

- Zona climatica: *E*
- Gradi Giorno: *2919*
- Giorni di riscaldamento: *183*
- Periodo di accensione caldaia: *15 ottobre – 15 aprile*
- Ore massime di funzionamento: *14*

Durante le elaborazioni di calcolo è stato riscontrato che i valori di temperatura media mensile ricavabili tramite l'applicazione dell'algoritmo di

normativa, che deriva tali valori da una correlazione tra quelli dei capoluoghi di provincia più vicini alla località in oggetto, risultano troppo approssimativi.

Per caratterizzare in modo più realistico il contesto climatico si è quindi fatto riferimento ai valori di temperatura media mensile pubblicati dall'agenzia regionale ARSIA, basati su stazioni di rilevamento dislocate sul territorio toscano. Se confrontate in termini di gradi giorno complessivi durante la stagione di riscaldamento, la prima serie di dati (metodologia UNI 10349) porta ad un valore di 2491 GG, inferiore del 15% rispetto a quanto pubblicato sul D.P.R. 412/93, mentre la seconda serie di dati (rilevazione ARSIA) porta ad un valore di 2678 GG, inferiore del 8% rispetto a quanto pubblicato sul D.P.R. 412/93.

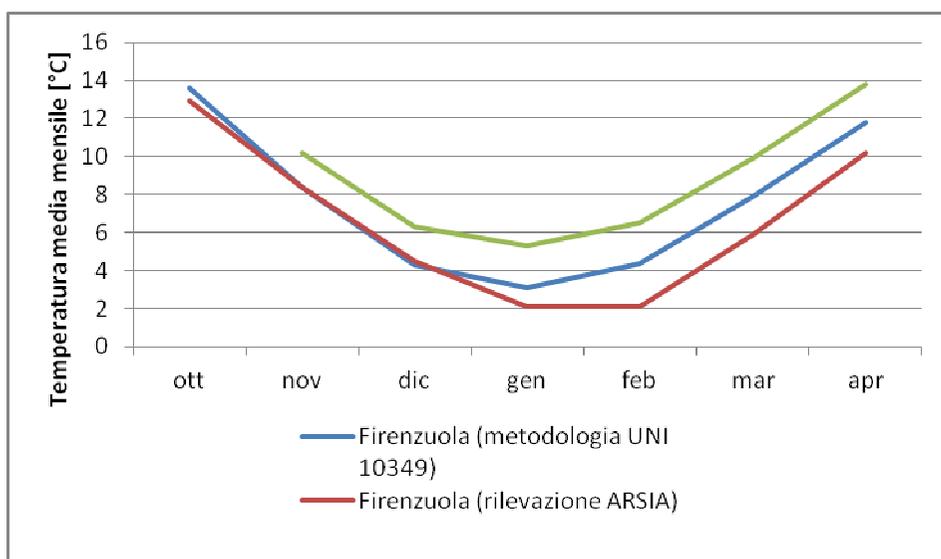


Figura 33 – Andamento medio mensile delle temperature durante la stagione di riscaldamento

Se confrontati ai dati climatici relativi al capoluogo regionale, lo scostamento è significativo, in quanto Firenze si trova in un'area montuosa dell'Alto Appennino, ad una quota di 420 m sul livello del mare, idrologicamente afferente al versante romagnolo. Non disponendo tuttavia di valori orari di temperatura per la località in oggetto, si è fatto ricorso ad un adeguato riadattamento al ribasso delle serie di dati disponibili da Anno Tipo per Firenze. E' stato così possibile definire puntualmente le differenze tra la temperatura convenzionale mantenuta nei locali riscaldati e la temperatura dell'ambiente esterno.

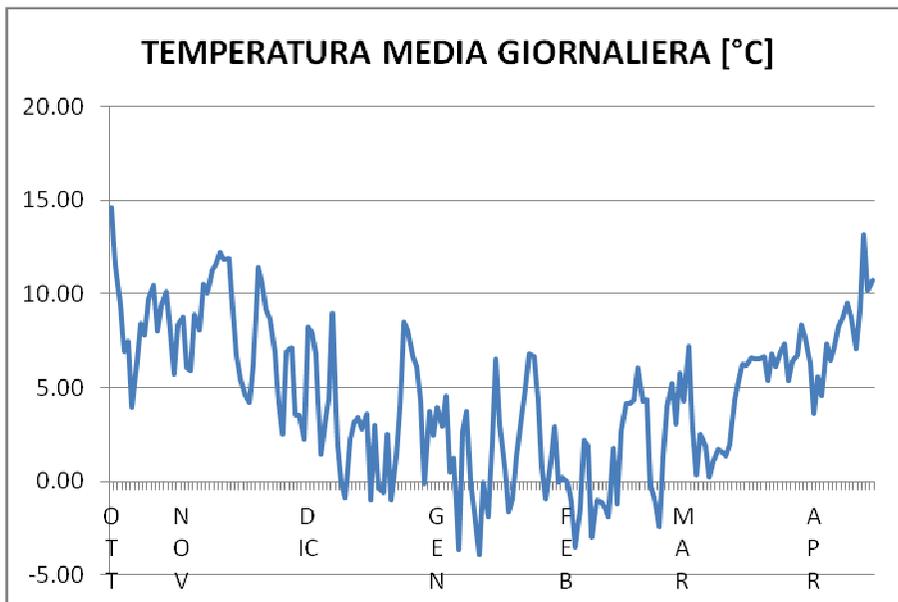


Figura 34 – Andamento medio giornaliero delle temperature durante la stagione di riscaldamento

Ai fini della costruzione di una curva cumulata di potenza termica richiesta dalle tre unità abitative si è assunto, sulla base delle informazioni qualitative relative al sistema edificio-impianto, che esse si trovino in classe energetica F ed abbiano mediamente un fabbisogno energetico stagionale per riscaldamento e acqua calda sanitaria di 150 kWh/m²anno. Essendo la superficie utile abitata circa 390 m² il valore totale è pari a 58.500 kWh/anno.

Data la massa elevata dell'involucro della costruzione e le caratteristiche di funzionamento degli apparati impiantistici, il sistema edificio-impianto può essere considerato ad elevata inerzia termica, ovvero in grado di svolgere la funzione di accumulo su base giornaliera. Si è ipotizzato quindi di operare conformemente al D.P.R. 412/93 in regime di conduzione attenuato, impostando il regolatore su due fasce orarie giornaliere, una di 14 ore al valore di 20 °C ed una di 10 ore al valore di 18 °C. Si è ipotizzato inoltre che l'energia termica complessivamente richiesta nell'arco di 24 ore possa essere fornita durante le 14 ore di accensione limite degli impianti. La curva ottenuta è quindi riferita a 2.562 ore di funzionamento, ovvero 14 ore per una stagione di 183 giorni. Nel calcolo si è assunto che durante ciascuna ora di funzionamento la potenza emessa dal bruciatore sia costante.

Occorre considerare che, essendo la produzione di ACS istantanea in due delle tre unità immobiliari, una quota rilevante della potenza termica installata è dedicata a tale funzione. Non essendo possibile ricostruire un profilo approssimativo di consumo di ACS, tale contributo è stato ridistribuito nel procedimento di definizione della curva cumulata. E' presumibile che, altrimenti, esso apporterebbe significative variazioni all'area destra del grafico, con picchi di potenza abbastanza elevati ma di breve durata.

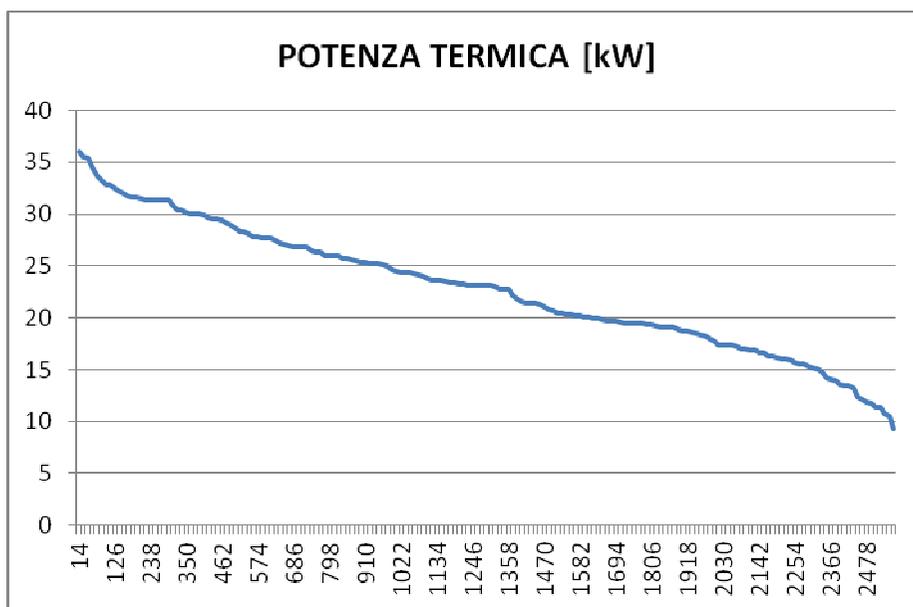


Figura 35 – Curva cumulata della potenza termica impegnata per riscaldamento

Per completezza occorre riportare che i due impianti alimentati con generatore a GPL sono interconnessi con altrettanti sistemi solari termici per la produzione di ACS, installati nel 2005, formati da captatori solari piani vetrati a piastra di assorbimento e serbatoio di accumulo. I due sistemi, identificabili a livello commerciale con la sigla Riello CS-25, sono analoghi ma totalmente indipendenti. Data la mancanza di contabilizzazione energetica, si è proceduto con una stima di massima di tale contributo basata sul metodo F-chart. Nelle tabelle 12 e 13 i dati dichiarati dal costruttore, relativi al collettore solare e al bollitore.



Figura 36 – Pannelli solari termici posti sulla falda sud di copertura

Altezza	2077 mm
Larghezza	1257 mm
Spessore	100 mm
Superficie complessiva	2,57 m ²
Superficie di apertura	2,20 m ²
Superficie effettiva assorbitore	2,17 m ²
Tipo di vetro - spessore	<i>vetro di sicurezza con superficie antiriflesso - 4 mm</i>
Assorbimento α	95 %
Emissione η	5 %
Rendimento ottico dell'assorbitore η_0	0,806
Coeff. di dispersione termica dell'assorbitore a1	3,68 W/m ² K
Coeff. di dispersione termica dell'assorbitore a2	0,0072 W/m ² K

Tabella 12 – Dati tecnici del collettore solare CS-25

Capacità bollitore	300 l
Potenza assorbita serpentino inferiore	35 kW
Potenza assorbita serpentino superiore	30 kW
Produzione di ACS serpentino inferiore	860 l/h
Produzione di ACS serpentino superiore	750 l/h

Tabella 13 – Dati tecnici del bollitore Riello 7200/2

Il calcolo è stato condotto secondo gli algoritmi da norma UNI 8477-1:1983 e UNI 8477-2:1985. La valutazione della percentuale di copertura, conforme al metodo F-chart, è basata sui dati di irraggiamento medio mensile determinati in base alla norma UNI 10349:1994. Di ciascun impianto, a servizio di un nucleo familiare di quattro persone, è stato stimato il fabbisogno energetico a partire da un consumo pro capite di 50 l/giorno, una temperatura di acquedotto di 10 °C ed una temperatura di erogazione di 45 °C. Tale fabbisogno è stato considerato costante durante l'arco dell'anno, dato l'uso continuativo delle residenze servite. La collocazione dei captatori solari, sovrapposti in modo complanare alla falda di copertura, è caratterizzata da un angolo di azimut di 5° e da un inclinazione di 20° rispetto al piano orizzontale.

Periodo di riferimento	Energia termica resa disponibile	Fattore "F"
<i>Gennaio</i>	<i>49,15 kWh</i>	<i>19,49%</i>
<i>Febbraio</i>	<i>82,50 kWh</i>	<i>36,22%</i>
<i>Marzo</i>	<i>135,66 kWh</i>	<i>53,79%</i>
<i>Aprile</i>	<i>139,56 kWh</i>	<i>57,16%</i>
<i>Maggio</i>	<i>144,12 kWh</i>	<i>57,14%</i>
<i>Giugno</i>	<i>165,27 kWh</i>	<i>67,69%</i>
<i>Luglio</i>	<i>232,51 kWh</i>	<i>92,18%</i>
<i>Agosto</i>	<i>217,59 kWh</i>	<i>86,27%</i>
<i>Settembre</i>	<i>175,80 kWh</i>	<i>72,00%</i>
<i>Ottobre</i>	<i>136,3 kWh</i>	<i>54,04%</i>
<i>Novembre</i>	<i>52,18 kWh</i>	<i>21,37%</i>
<i>Dicembre</i>	<i>32,17 kWh</i>	<i>12,75%</i>
ANNO	<i>1562,81 kWh</i>	<i>52,51%</i>

Tabella 14 – Copertura del fabbisogno energetico per ACS

7 Sintesi e prospettive

Come sintesi e ricapitolazione dello studio effettuato si riporta il seguente prospetto :

DATI ELETTRICI

- Stalla

La potenza installata è di 16,5 kW_e, con alimentazione trifase a 380 V, mentre il consumo energetico contabilizzato è di 33.176 kWh_e/anno. L'assorbimento elettrico si concentra in corrispondenza delle due fasce orarie giornaliere di mungitura, con un'accentuazione durante la stagione estiva. L'installazione di un pozzo per l'emungimento dell'acqua di falda richiederebbe l'allacciamento di un'utenza dedicata della potenza di 3,0 kW_e con un consumo annuo stimato in 4.380 kWh_e/anno.

- Residenza

Le tre utenze civili con alimentazione monofase a 220 V, pur insistendo su altrettanti contatori indipendenti, sono analoghe sia in termini di potenza, 3,0 kW_e contrattualmente impegnati e 3,3 kW_e disponibili ciascuna (rispettivamente 9,0 kW_e e 9,9 kW_e totali), sia in termini di fabbisogni. Sommando i contributi risulta un consumo elettrico annuo stimato in 9.264 kWh_e/anno.

DATI TERMICI

- Stalla

Vi è installato un generatore a gasolio avente potenza nominale di 25 kW_t per la produzione di acqua calda per usi igienico-sanitari. La mancanza di sistemi di contabilizzazione energetica, oltre che economica, data dal fatto che tale dispositivo viene alimentato attraverso il serbatoio di stoccaggio del gasolio agricolo per autotrazione, impedisce di dare una valutazione dei consumi effettivi.

- Residenza

Ciascuna delle tre unità abitative dispone di un generatore termico autonomo, a servizio dell'impianto di riscaldamento e dell'impianto ACS. Due di essi sono caldaie alimentate a GPL, di potenza nominale 29 kW_t, mentre il terzo è una caldaia a biomassa (ciocchi di legna) di potenza analoga ma non meglio specificata.

La potenza termica complessivamente installata è circa 90 kW_t; tale valore, elevato rispetto alle superfici utili delle abitazioni, è dovuto in gran parte alla necessità di preparazione istantanea di ACS. Il contributo dei due impianti

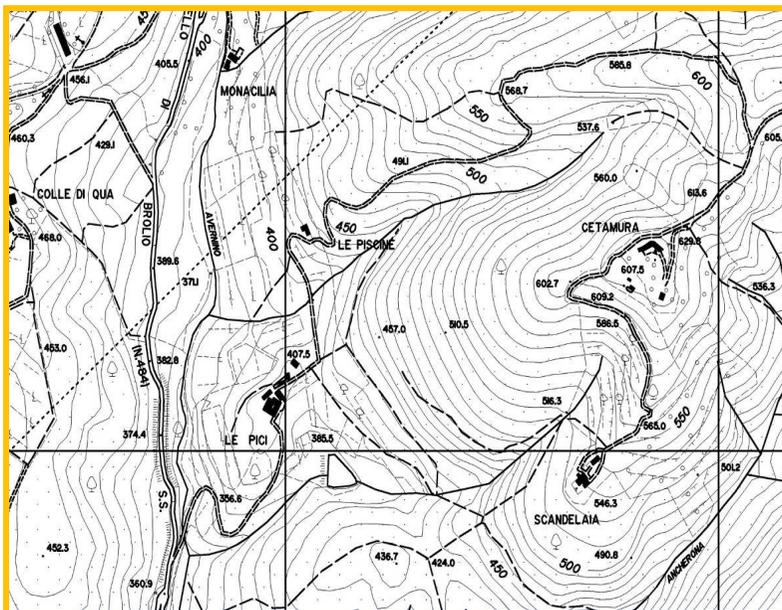
solari termici, integrati rispettivamente con i due generatori convenzionali a GPL, è pari al 50% del fabbisogno annuo stimato, ovvero a circa 1.500 kWh_t. Occorre notare che tale contributo è assai differenziato a seconda della stagione: elevato in periodo estivo e quasi trascurabile in periodo invernale. Il fabbisogno energetico termico complessivo annuo è stato stimato in 58.500 kW_t/anno. Tale dato si trova abbastanza in accordo con i consumi fatturati di GPL, mentre risulta ampiamente inferiore rispetto ai valori di energia da biomassa introdotti stagionalmente nel sistema. Ciò è dovuto al fatto che, relativamente all'abitazione servita dal generatore a ciocchi di legna, il rendimento globale medio stagionale del sistema edificio-impianto è inferiore al 50%. Sotto il profilo economico è comunque ragionevole che vi sia una certa convenienza nell'acquisto di combustibile in quanto il GPL deve essere acquistato da una ditta specializzata, mentre il legname viene in gran parte reperito all'interno dei terreni di proprietà dell'azienda.

PROSPETTIVE

La disponibilità di energia elettrica e termica a costo inferiore rispetto all'attuale consentirebbe l'inserimento all'interno del processo produttivo della fase di essiccazione forzata ad aria calda del foraggio. I vantaggi sarebbero da una parte quello di anticipare lo sfalcio primaverile raccogliendo il fieno ancora fresco e ricco di sostanze nutritive, dall'altra di sfruttare maggiormente dal punto di vista quantitativo lo sfalcio settembrino, riducendo la dipendenza economica dell'azienda dagli acquisti di rotoballe all'esterno della stessa. A tal fine il titolare ha individuato un dispositivo che consentirebbe di essiccare nell'arco di due settimane l'intera produzione. Tale macchina è composta da un generatore di aria calda, sostituibile da uno scambiatore in caso di generazione esterna, e da ventilatori di flussaggio forzato. Secondo i dati di catalogo essa consentirebbe l'essiccazione temporanea di otto rotoballe, in un tempo variabile in funzione del contenuto di umidità, assorbendo una potenza termica di 172 kW_t ed una potenza elettrica di 9.2 kW_e.

AZIENDA AGRICOLA “C”

ELEMENTI DI ANALISI ENERGETICA DELLA FATTORIA BIOLOGICA “LE PICI” E DEGLI AGRITURISMI “LEPICINE” E “CETAMURA” NEL CHIANTI SENESE



Firenze, Aprile 2011

Indice

1 Introduzione

2 La fattoria biologica “Le Pici”

3 L’agriturismo “Lepicine”

4 L’agriturismo “Cetamura”

5 Stima dei fabbisogni energetici in riscaldamento

6 L’uso di biomasse: dal cippatore alle centrali termiche

7 Dati relativi ai consumi elettrici dell’azienda

8 Conclusioni

1 Introduzione

L'Azienda Agricola "Le Pici" si estende per oltre 100 ettari nel territorio del Comune di Castelnuovo Berardenga, in provincia di Siena, nelle vicinanze del Castello di Brolio e della Badia a Coltibuono. E' proprietà fin dagli anni '60 della famiglia Luneburg, di origini danesi. Attuale conduttore è la sig.ra Britta Luneburg. L'azienda si compone di tre realtà economico/produttive distinte, localizzate in altrettanti complessi edilizi autonomi: la Fattoria Biologica "Le Pici", l'Agriturismo "Lepicine", attivo dall'anno 1989, e l'Agriturismo "Cetamura", attivo dall'anno 1996.

I terreni della tenuta, aventi accentuata altimetria collinare, sono coltivati ad olivi (Olio extravergine di oliva) e viti (Chianti Classico e Vin Santo). Le vigne sono correntemente affidate in concessione ad operatori agricoli esterni.

Allo stesso modo anche le lavorazioni connesse con la catena del cippato non vengono svolte dal personale agricolo dipendente, ma gestite in affidamento. Le coltivazioni sono ripartite come segue: 7 ettari di vigne, 18 ettari di oliveti, 19 ettari di sodi/seminativo, 63 ettari di bosco ceduo da taglio. Il bosco non costituisce riserva di caccia. E' presente inoltre un piccolo lago artificiale, con diga di contenimento a gravità in terra, come riserva d'acqua per l'irrigazione.

Non vi sono allevati animali da stalla o da cortile. L'ortofrutticoltura, condotta secondo i metodi dell'agricoltura biologica, non rappresenta una voce di reddito in quanto i prodotti sono destinati ad autoconsumo o alla composizione dei menù biologici della trattoria a disposizione degli agriturismi, senza forme di vendita all'esterno. L'azienda occupa stabilmente undici addetti, fra personale domestico di servizio alla casa padronale ed agli agriturismi e agricoltori operanti nella fattoria.

La rilevante estensione e l'intrinseca complessità della realtà aziendale hanno reso difficoltosa l'analisi energetica, sia nella fase di raccolta dati, sia nella fase di stima dei fabbisogni. La segreteria amministrativa della fattoria gestisce in maniera centralizzata solamente le questioni economiche, mentre quelle manutentive o strettamente tecnico-impianistiche sono delegate a numerosi altri soggetti, ciascuno per lo specifico ambito di competenza. E' mancante un archivio di documentazione circa gli interventi edilizi succedutisi nel tempo nei diversi immobili di proprietà, così come non sono risultate reperibili serie storiche di dati relativi ai consumi di energia elettrica di rete e di combustibile (cippato, GPL, gasolio agricolo). La presente analisi

è quindi parziale e incompleta, basata sui dati messi a disposizione dalla sig.ra Luneburg, relativi alla sola stagione 2010, e sulle informazioni raccolte in maniera piuttosto frammentata durante le visite in azienda.

Ad eccezione delle fotografie relative al processo del cippato, le altre immagini riportate nella relazione sono tratte dai siti web dell'azienda, non essendo stato possibile effettuare una visita completa ed estensiva della tenuta.

2 La fattoria biologica “Le Pici”

I fabbricati costituenti la fattoria sono adagiati lungo il declivio di un poggio, a 400 metri di quota s.l.m., e fanno parte di un più ampio complesso edilizio, esteso per oltre 3.000 m² lordi rappresentato nelle figure 37 e 38. Essi sono riconducibili a quattro funzioni principali: la casa padronale, residenza della famiglia Luneburg; gli alloggi per i dipendenti (domestici e agricoltori); gli annessi agricoli, i magazzini e la cantina; le strutture di fruizione collettiva per i clienti degli agriturismi. Queste ultime sono costituite, oltre che dalla trattoria biologica, da alcuni ampi locali che presentano gli allestimenti tipici dei centri benessere, utilizzabili per ginnastica, fitness, massaggi, meditazione, e altre attività ricreative.

Elemento di rilievo sono le due centrali termiche a biomasse, alimentate con cippato autoprodotta all'interno dell'azienda, installate di recente per ridurre le voci di spesa relative al riscaldamento invernale e alla produzione di acqua calda sanitaria. Esse vanno a servire, tramite una breve rete di teleriscaldamento, quelle utenze termiche interne alla fattoria (circa 1000 m² di superficie utile complessiva) che sono risultate più agevolmente raggiungibili al momento dell'implementazione del retrofit impiantistico.

L'assetto precedente prevedeva infatti, fino agli anni 2005/2007, una serie di generatori termici convenzionali alimentati a GPL che comportavano una spesa annua di combustibile pari a circa 25.000 Euro. La parziale eliminazione di alcuni di essi ha consentito di abbattere il costo ordinario di esercizio a soli 9.000 Euro.

Gli edifici hanno struttura portante in muratura mista pietrame-laterizio, intonacata a calce sul lato interno e lievemente stuccata su quello esterno. I vari locali sono stati mantenuti al rustico, con pavimenti in cotto e soffitti a travetti in vista. Le coperture a falde ripropongono il tradizionale schema del manto di tegole quasi direttamente poggiato su uno scempiato di pianelle.



Figura 37 – Vista panoramica della Fattoria Le Pici (<http://fattoriabiologica.com>)

Durante le opere di recupero edilizio sono stati realizzati interventi di consolidamento strutturale e di isolamento termico solo quando strettamente necessari. Dove esistenti sono state restaurate le strutture lignee di porte e finestre, sostituendo all'occorrenza i vetri singoli con altri di simile tipologia e spessore.

Per la riconversione di fienili e logge in zone abitabili sono stati impiegati infissi singoli metallici senza taglio termico, che sorreggono ampie vetrate, spesse ma prive di camera intermedia. Nel complesso, la qualità dell'involucro edilizio risulta essere modesta sotto il profilo energetico, sia per le originarie caratteristiche costruttive dei fabbricati, sia per la mancata applicazione di specifici accorgimenti tecnici nelle fasi di ristrutturazione. L'indice prestazionale, riferito al riscaldamento invernale ed alla produzione di acqua calda sanitaria, è di oltre 200 kWh/m²anno, corrispondente alla classe energetica G.



Figura 38 – Vista panoramica della Fattoria Le Pici (<http://fattoriabiologica.com>)

Ad eccezione dei locali a servizio delle attività agrituristiche, utilizzati saltuariamente in funzione del discontinuo afflusso di clienti, sia la residenza dei proprietari che gli alloggi dei dipendenti risultano abitati in maniera continuativa durante l'intero arco dell'anno,. Il complesso necessita quindi di riscaldamento per un periodo di circa sei mesi, mentre, date le caratteristiche microclimatiche del luogo, per la mitigazione estiva si fa affidamento solamente ai sistemi passivi costituiti dalle elevate masse murarie degli edifici.

3 L'agriturismo "Lepicine"

L'agriturismo Lepicine, ritratto nelle figure 39 e 40, si trova a 420 metri di quota s.l.m., a mezza costa lungo il versante collinare che sovrasta la vallata interposta tra la fattoria Le Pici ed il Castello di Brolio. Sviluppatosi storicamente come casa colonica dipendente dalla vicina fattoria, l'edificio è stato rifunzionalizzato negli anni ottanta per adibirlo a struttura turistico-ricettiva. Esso si compone di quattro appartamenti indipendenti, in grado di ospitare ciascuno da due a cinque persone (circa 15 ospiti totali). Ogni appartamento dispone, oltre a camere e servizi, anche di soggiorno, cucina e resede esclusiva, in modo da costituire una unità autosufficiente. Le caratteristiche edilizie sono tipiche delle costruzioni rurali della campagna toscana, mantenute pressoché inalterate, nelle strutture e nelle finiture, durante gli interventi di riadattamento e recupero. La forma è nel complesso mossa e frastagliata, sia planimetricamente che come sviluppo in altezza, con elevato rapporto superficie disperdente/volume riscaldato.



Figura 39 – Vista dell'agriturismo Lepicine visto da sud-ovest

<http://casavacanzachianti.it>

Si stima in prima approssimazione, non avendo potuto visitare la struttura, che le prestazioni energetiche siano modeste, con indice di fabbisogno termico di $220 \text{ kWh/m}^2/\text{anno}$ (classe G).

L'impianto di riscaldamento, autonomo per ogni unità abitativa, è formato da un generatore termico convenzionale alimentato a GPL, da tubazioni

termicamente isolate e da terminali a radiatore in alluminio. La regolazione avviene tramite termostati ambiente configurati a centralina di controllo. L'acqua calda sanitaria è prodotta da scaldacqua elettrici. Queste soluzioni impiantistiche sono analoghe a quelle adottate nell'altro agriturismo e in alcune zone della fattoria. Eredità storica sono i numerosi caminetti, focolari e stufe a legna, tuttora in funzione ed utilizzati a discrezione dei fruitori come integrazione (o come alternativa) all'impianto standard. Risultano invece assenti sistemi di raffrescamento o climatizzazione estiva. La ventilazione è affidata alle infiltrazioni naturali attraverso gli infissi e all'intervento manuale degli utenti.



Figura 40 – Vista del fabbricato dell'agriturismo Lepicine visto da nord est
<http://casavacanzachianti.it>

All'interno dell'oliveta che circonda il fabbricato si trova una piscina in muratura, evidenziata in figura 41, utilizzata solamente durante i mesi da giugno a settembre e priva di sistemi di trattamento termico dell'acqua. Non risultano installati eventuali apparati per l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili, nonostante in passato fossero state valutate diverse ipotesi a riguardo. Tali ipotesi non hanno poi avuto attuazione da una parte perché le coperture dell'edificio non offrivano sufficienti garanzie di resistenza rispetto ai carichi aggiuntivi costituiti da pannelli fotovoltaici e relativi telai di sostegno, dall'altra perché eventuali installazioni a terra erano ostacolate dalla diffusa presenza di cespugli e vegetazione a medio fusto (in prevalenza

olivi).



Figura 41 – Piscina dell'agriturismo Lepicine (<http://casavacanzachianti.it>)

4 L'agriturismo “Cetamura”

L'agriturismo Cetamura, rappresentato nelle figure 42 e 43, si trova sulla sommità di un ripido colle, a 600 metri di quota s.l.m., circondato in prevalenza da aree boschive. Prende il suo nome dalla vicina area archeologica di Cetamura in Chianti, dove sono stati individuati a metà del '900 i resti di un antico insediamento etrusco. La località è stata storicamente colonizzata fin dall'età romanica, come testimoniano documenti di archivio relativi alla famiglia Ricasoli ed ai monaci vallombrosani della Badia di Montescalari, oltre a elementi architettonici di stile medioevale riconoscibili all'interno delle strutture attuali. La costruzione è stata recuperata e ristrutturata negli anni novanta per adibirla ad agriturismo. Attualmente è suddivisa in quattro appartamenti di differenti dimensioni, indipendenti e completi di cucina e servizi, in grado di ospitare complessivamente circa 15 persone. Le opere edilizie ed impiantistiche effettuate per trasformare i fabbricati agricoli in strutture turistico-ricettive sono state caratterizzate da una decisa volontà di mantenere intatti i caratteri storico-architettonici stratificati nel corso dei secoli, nonostante non vi fossero specifici vincoli delle Sovrintendenze né sull'area né sui fabbricati.



Figura 42 – Fabbricati dell'agriturismo Cetamura (<http://agriturismoneelchianti.com>)

Nel complesso, il sistema edificio-impianto non presenta un profilo energeticamente efficiente; si stima una classe prestazionale G, con un fabbisogno termico superiore a 220 kWh/m²anno.

Parametro fondamentale per valutare quali siano gli effettivi fabbisogni energetici di un insediamento agriturismo, discontinui in funzione dell'afflusso di clienti, è dato dall'individuazione dell'andamento temporale del suo utilizzo sui dodici mesi. Nello specifico contesto la struttura risulta attiva continuativamente durante il periodo estivo, dall'inizio di giugno alla fine di settembre, senza che questo costituisca un carico energetico rilevante ai fini della climatizzazione in quanto priva di impianti di condizionamento.



Figura 43 – Fabbricati dell'agriturismo Cetamura (<http://agriturismonelchianti.com>)

Nel corso della stagione invernale si registrano invece situazioni di picco (da Natale a Epifania , intorno a Pasqua e più in generale in corrispondenza dei week-end) alternate a tempi di inattività.

I generatori termici autonomi, di cui ogni appartamento è dotato, vengono accesi solamente in corrispondenza dei giorni di effettiva apertura. In termini quantitativi ciò significa un utilizzo della struttura di circa 30/40 giorni all'interno del periodo di riscaldamento (convenzionalmente fissato in 166 giorni, dal 1 novembre al 15 aprile) e di circa 150 giorni durante il rimanente periodo dell'anno. La strategia di conduzione aziendale è tale per cui nelle fasce di media e bassa stagione è attivo di preferenza l'agriturismo "Lepicine", più vicino rispetto alle strutture comuni di servizio situate

all'interno della fattoria, ricorrendo all'agriturismo "Cetamura", distante oltre un chilometro, per affollamenti eccezionali o nella fascia di alta stagione.



Figura 44 – Piscina dell'agriturismo Cetamura (<http://agriturismonelchianti.com>)

5 Stima dei fabbisogni energetici in riscaldamento

In mancanza di dati qualitativi e quantitativi sufficienti per caratterizzare dal punto di vista termofisico i vari edifici, la stima dei fabbisogni energetici in riscaldamento è stata sviluppata a partire dai consumi contabilizzati di cippato e GPL relativi all'anno 2010, correlandoli con i dati climatici della località e con valutazioni di prima approssimazione circa l'efficienza dei diversi sistemi edificio-impianto. La segretaria dell'azienda ha messo a disposizione solamente i dati relativi ai due serbatoi di GPL posti in prossimità dei due agriturismi e quelli relativi al cippato, impiegato per riscaldare circa 1.000 m² variamente distribuiti all'interno del più ampio complesso della fattoria. Restano ad esempio escluse dall'analisi le zone utilizzate come residenza principale dalla famiglia Luneburg.

Il Comune di Castelnuovo Berardenga appartiene alla zona climatica D, con 2.099 gradi giorno e temperatura esterna invernale di progetto pari a -2 °C (D.P.R. 412/93). Le temperature medie mensili calcolate secondo la metodologia prevista dalla norma UNI 10349:1994, a partire da quelle previste per il capoluogo (Siena), risultano attendibili in quanto riconducibili, entro scostamenti inferiori al grado centigrado, ai valori pubblicati dalla Polizia Municipale di Siena, rilevati da stazioni meteo sul territorio provinciale. Esse sono sostanzialmente in accordo anche con i dati registrati dal servizio regionale ARSIA.

- Zona climatica :	<i>D</i>
- Gradi Giorno :	<i>2.099</i>
- Giorni di riscaldamento :	<i>166</i>
- Periodo di accensione caldaia :	<i>1 novembre – 15 aprile</i>
- Ore massime di funzionamento :	<i>12</i>

Si riscontrano strette analogie tra la fascia climatica del Chianti senese e quella della zona di Firenze, confermate anche dall'andamento delle temperature medie mensili riportato nella figura 45. Per una valutazione stazionaria su base oraria è possibile quindi fare ricorso ai dati da Anno Tipo di Firenze, opportunamente ribassati per adattarli allo specifico contesto di studio come riportato nella figura 46. L'attendibilità dell'approssimazione è confermata dalla ridotta differenza, meno del 2%, tra i gradi giorno così determinati (2.136) e quelli convenzionali da normativa (2.099). La costruzione delle curve cumulate di potenza termica richiesta ai vari

generatori è stata condotta separatamente in relazione ai tre distinti complessi edilizi presenti nella tenuta, principalmente a causa delle difficoltà di quantificare l'effettivo utilizzo degli impianti termici negli agriturismi.

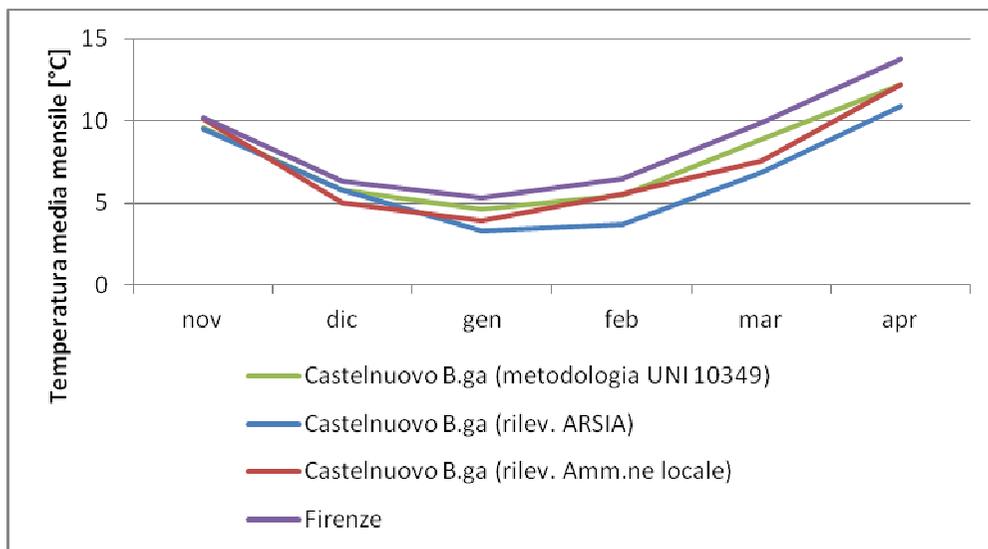


Figura 45 – Confronto delle temperature medie mensili di Firenze e Castelnuovo B.ga

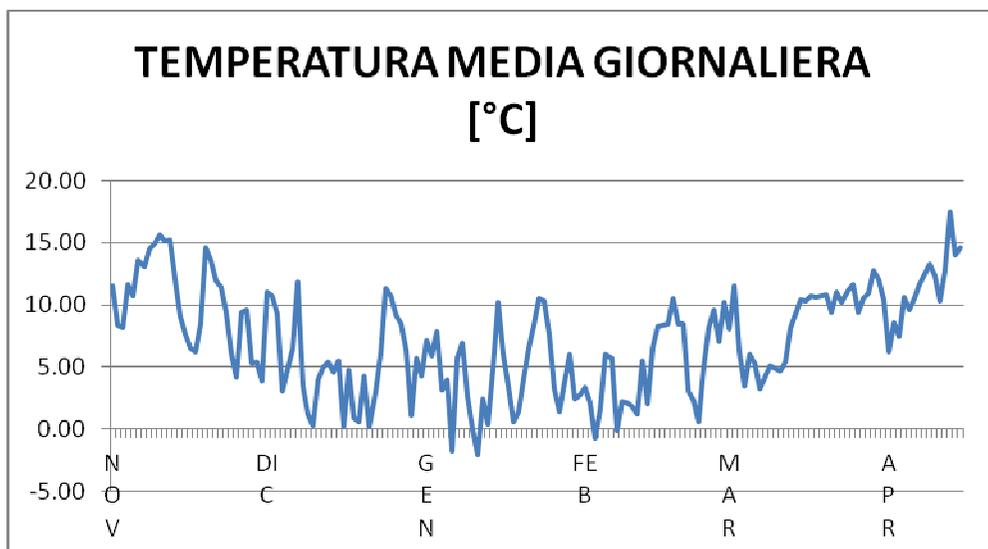


Figura 46 – Andamento medio giornaliero delle temperature durante la stagione di riscaldamento

Per quanto riguarda la fattoria, limitatamente alle zone effettivamente servite dalle caldaie a biomassa, il calcolo è basato sui valori dedotti da quanto riferito dall'operatore addetto alla conduzione delle centrali ed è riportato nella tabella 15. Avendo stimato che l'edificio abbia un fabbisogno energetico di 260 kWh/m²anno, ed essendo la superficie utile servita circa 1.000 m², il valore totale stagionale è correttamente approssimabile in 260.000 kWh/anno.

	media giorno	totale stagione
Volume cippato	<i>1,5 m³</i>	<i>249 m³</i>
Peso cippato	<i>450 kg</i>	<i>74.700 kg</i>
Energia prodotta (p.c.i. = 3,5 kWh/kg)	<i>1.575 kWh</i>	<i>261.450 kWh</i>
Accensione conv. delle centrali termiche	<i>12 h</i>	<i>1.992 h</i>
Spesa di combustibile (rif. 2,50 €/quintale)	<i>11,25 €</i>	<i>1867,5 €</i>

Tabella 15 – Dati di consumo cippato delle centrali termiche a biomassa

Data la massa consistente dell'involucro del fabbricato e le caratteristiche di funzionamento degli apparati impiantistici, il sistema edificio-impianto può essere considerato ad elevata inerzia termica, ovvero in grado di svolgere la funzione di accumulo su base giornaliera. Si è ipotizzato quindi, in conformità al D.P.R. 412/93, un regime di conduzione attenuato, con regolatore impostato su due fasce giornaliere, una di 16 ore al valore di 20 °C ed una di 8 ore al valore di 18 °C. Si è ipotizzato inoltre che l'energia termica complessivamente richiesta nell'arco delle 24 ore possa essere fornita durante le 12 ore limite di accensione degli impianti. La curva ottenuta è quindi riferita a 1.992 ore di funzionamento, ovvero 12 ore per una stagione di 166 giorni. Si è assunto che durante ciascuna ora di funzionamento la potenza emessa dal bruciatore sia costante.

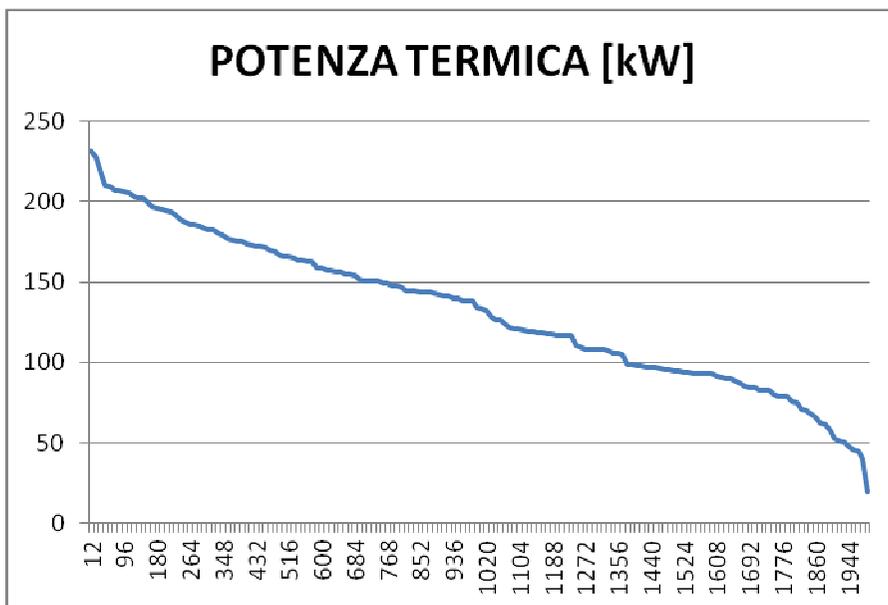


Figura 47 – Curva cumulata della potenza termica per riscaldamento di parte del fabbricato agriturismo

Analogamente si è proceduto per gli agriturismi Lepicine e Cetamura. I valori di consumo di GPL registrati ai contatori di ciascuno dei due serbatoi di gas, relativamente all'anno 2010, sono rispettivamente 1.000 litri e 1.350 litri. Il primo fabbricato ha estensione minore del secondo e, nonostante il suo uso sia relativamente più frequente, presenta consumi complessivi inferiori. Il secondo invece, oltre ad essere costituito da appartamenti sensibilmente più ampi, si trova anche ad una quota più elevata di quasi 200 m, quindi il suo fabbisogno risulta maggiore.

Questi i fattori di differenziazione, in quanto entrambi gli edifici presentano caratteri edilizi e costruttivi simili, così come sono serviti da sistemi impiantistici paragonabili per tipologia e rendimenti. In ciascuno di essi sono installati quattro generatori termici autonomi convenzionali, presumibilmente di taglie differenti in funzione della superficie utile servita, aventi caratteristiche tecniche non meglio specificate poiché non è stato possibile accedere ai vari appartamenti.

Le curve ore/potenza elaborate per i fabbisogni termici relativi ai complessi Lepicine e Cetamura riportate nelle figure 48 e 49 sono il risultato di un procedimento approssimativo e parziale, in cui non è stato possibile, per mancanza di dati, tenere nella dovuta considerazione le differenti attivazioni

in termini di frequenza temporale non solo tra agriturismo e agriturismo, ma anche tra appartamento e appartamento appartenenti allo stesso edificio. Le caratteristiche abitative di strutture turistico-ricettive di questo genere sono inoltre sensibilmente diverse rispetto alle convenzionali utilizzazioni residenziali. Dal momento che gli spazi e le attrezzature di fruizione collettiva si trovano all'interno del corpo centrale della fattoria, è presumibile che, anche durante i giorni di apertura, la temperatura interna agli ambienti non venga mantenuta costantemente a valori di regime. Altro fattore assolutamente non secondario all'interno dei due contesti è il contributo dovuto all'utilizzo di biomasse, ovvero ai ciocchi da ardere che vengono correntemente impiegati dai fruitori delle strutture, grazie ai numerosi caminetti, focolari e stufe a legna.

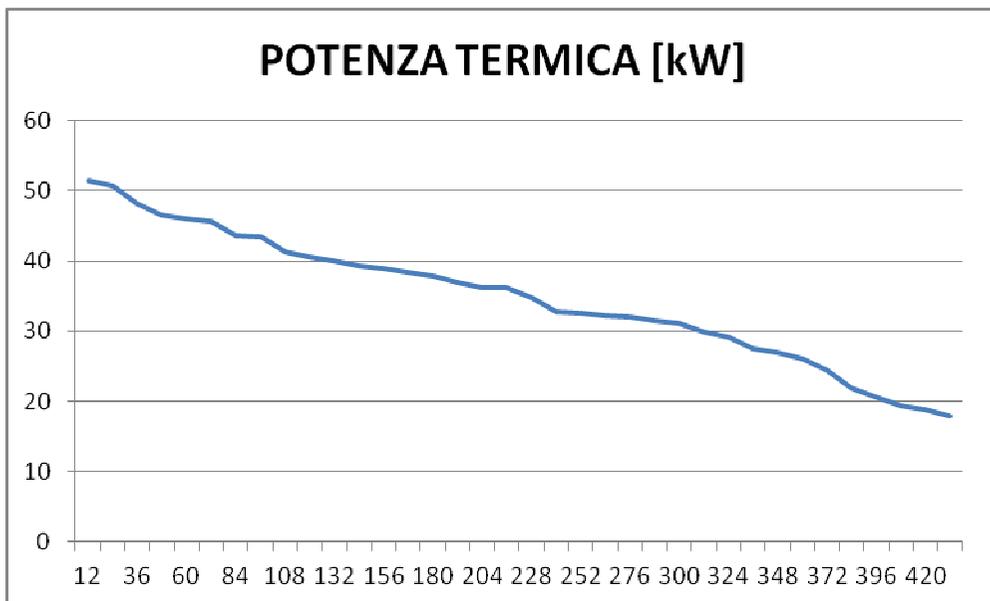


Figura 48 – Curva cumulata della potenza termica per riscaldamento di Lepicine

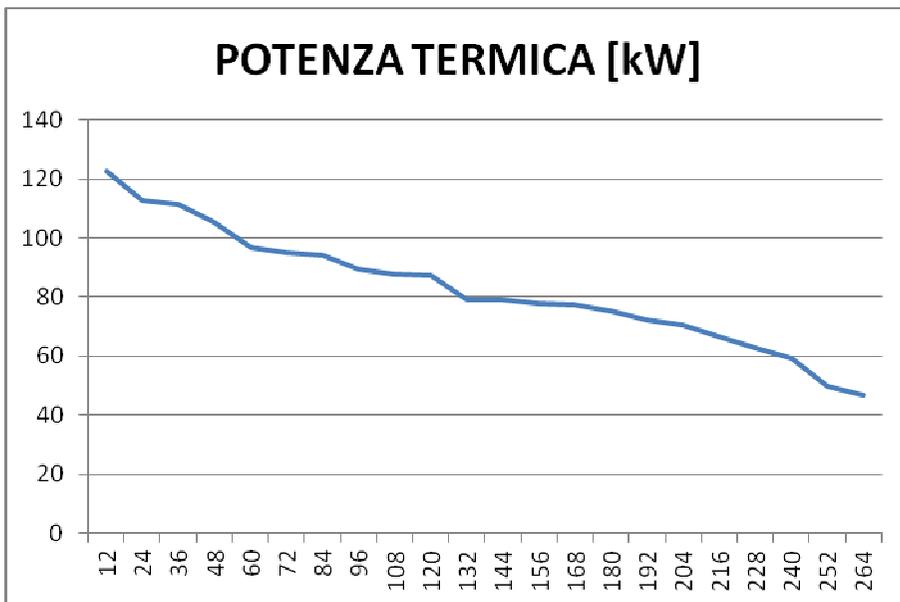


Figura 49 – Curva cumulata della potenza termica per riscaldamento di Cetamura

6 L'uso di biomasse: dal cippatore alle centrali termiche

La scelta strategica di puntare sulle biomasse per ridurre la dipendenza dell'azienda dai combustibili convenzionali, dovuta principalmente a ragioni di economia nelle spese per il riscaldamento invernale, ha avuto come effetto diretto la creazione di una filiera corta di produzione e consumo di cippato. E' stato così possibile non solo riutilizzare in modo produttivo gli elevati quantitativi di potature e ramaglie stagionalmente derivanti dalla cura delle olivete, ma anche innescare un meccanismo di riciclo di scarti di lavorazione di falegnameria provenienti da stabilimenti artigianali del comprensorio senese. Vengono inoltre impiegate nella produzione del cippato le paline di castagno e pino recuperate dal periodico smantellamento delle armature delle vigne circostanti, per il rinnovo delle piante di vite come evidenziato nella figura 50.



Figura 50 – Cippatura delle potature e delle paline di legno

Ogni elemento di questa filiera è stato configurato per raggiungere un costo al finito del cippato che sia concorrenziale rispetto all'attuale situazione del mercato, in cui il prezzo è mediamente di 2,50 €/quintale per un prodotto di buona stagionatura ed elevato potere calorifico (olivo e castagno).

La materia prima proveniente dai terreni della tenuta è in pratica gratuita, ma quantitativamente non sufficiente a soddisfare l'intero fabbisogno energetico dei fabbricati del complesso. Invece, per quanto riguarda il riuso degli scarti di falegnameria, il sistema risulta conveniente per entrambe le parti coinvolte: sia per l'impresa artigianale, che non deve pagare gli oneri di conferimento a discarica, sia per la fattoria, che acquista materia prima legnosa con minima spesa, ovvero riconoscendo ai fornitori solo il costo del trasporto dagli stabilimenti al cippatore. In altre parole si attua una riconversione, concettuale e normativa, dello stesso materiale che non viene più considerato rifiuto ma combustibile. In un'ottica strettamente rivolta al profitto non risulta infatti conveniente procedere al taglio periodico delle aree boschive, che pure costituiscono una quota rilevante della tenuta, per produrre legname da cippare. I costi della manodopera e dei macchinari da taglio e trasporto sono tali, data anche la ripida altimetria del luogo e la scarsità di apposite piste transitabili con mezzi cingolati, che il prodotto boschivo deve essere venduto a terzi come legna da ardere.



Figura 51 – Il Cippatore Mus-Max

Il cippatore (marca Mus-Max, modello Wood Terminator 6) riportato nella figura 51 è montato su ruote gommate a doppio asse, per renderne agevole il trasporto, ma risulta comunque più semplice per le lavorazioni mantenerlo fisso in un'apposita area pianeggiante, interna alla tenuta, in cui far giungere, con vari mezzi meccanici, la materia prima da cippare.

Non essendo dotato di motore autonomo, il cippatore viene alimentato tramite la presa di forza di un trattore a ruote (175 CV = 129 kW) adibito

prevalentemente a questo scopo. Il carico del legname sull'apposito pianale viene effettuato tramite braccio orientabile telecomandato, mentre lo scarico del prodotto avviene direttamente su di un carrello da trasporto. Il cippato come esce dalla macchina è già pronto per l'uso in caldaia, quindi viene indirizzato direttamente ai depositi costruiti in prossimità delle due centrali termiche servite. In media si producono 40 quintali di cippato ogni 10 giorni. Considerando che per produrre 10 quintali di cippato occorre circa un'ora di azionamento a regime, la macchina risulta inattiva non solo durante la stagione estiva, ma anche per buona parte di quella invernale (il capitale immobilizzato è di diverse decine di migliaia di euro). Per un suo utilizzo più continuativo, e quindi più redditizio, in passato era stata valutata l'ipotesi di produrre cippato da vendere, o di rendere la macchina pienamente mobile per svolgere lavorazioni in conto terzi all'esterno della fattoria, ma per varie ragioni non meglio specificate l'idea non era andata in porto.

Le due centrali a biomassa sono state installate rispettivamente negli anni 2005 e 2007 a servizio, tramite teleriscaldamento (circa 50 m di tubazioni interrato), di una parte del corpo centrale della fattoria e di alcuni ambienti strettamente connessi con l'attività agrituristica, fra cui la trattoria ed i saloni polifunzionali. In ciascuna centrale è installata una caldaia (marca Hargassner, modello WTH) della potenza di 70 kW_t, alimentata automaticamente da una coclea motorizzata che preleva il combustibile da un'adiacente camera di stoccaggio come visibile nella figura 52. Il bruciatore è modulante ad aria soffiata.



Figura 52 – La caldaia a cippato

Il livello tecnologico di automazione della combustione è elevato, con una centralina di controllo dotata di sonda lambda che regola in continuo l'apporto di aria e di combustibile. Date le temperature operative non è possibile sfruttare il fenomeno della condensazione, ma risultano anche assenti metodi alternativi di recupero termico sui fumi di scarico al camino.



Figura 53 – Il serbatoio di accumulo termico

A livello impiantistico vi è un circuito primario, che alimenta un accumulo termico ad acqua, visibile nella figura 53, mantenuto a temperatura 60/70 °C (in funzione del valore letto da una sonda climatica esterna e della curva di compensazione impostata). Dall'accumulo si dipartono poi una serie di circuiti secondari, attivabili in maniera indipendente tra loro, a servizio delle varie utenze o zone termiche. Le numerose pompe installate sono a giri variabili, con alimentazione elettrica monofase, ed un assorbimento complessivo a regime di un paio di kW per ciascuna centrale. Per garantire la sicurezza ed il funzionamento dei due apparati impiantistici nel caso in cui

venga meno l'alimentazione elettrica di rete, è predisposto per entrare in funzione un generatore con motore a gasolio da 35 kW_e nominali.

7 Dati relativi ai consumi elettrici dell'azienda

Le utenze aziendali localizzate presso Le Pici sono servite da un'unica linea elettrica in bassa tensione (trifase a 380 V) a cui risulta allacciato anche l'agriturismo Lepicine. La potenza disponibile al contatore è 22 kW_e e l'energia elettrica fatturata da ENEL su base annua (riferita al 2010) è di 47.309 kWh_e.

La tariffa applicata è trioraria per "uso diverso dall'abitazione" e la ripartizione dei consumi secondo le tre fasce, come riportato nelle figure 54 e 55 è abbastanza uniforme.

Le utenze sono assolutamente diversificate per tipologia e tempi di attivazione e quindi non ne è ricostruibile la variazione in frequenza temporale. Sono comunque nel complesso bilanciate lungo i dodici mesi, con picchi in corrispondenza dei mesi estivi e dell'inizio anno (periodi di attività turistica più intensa).

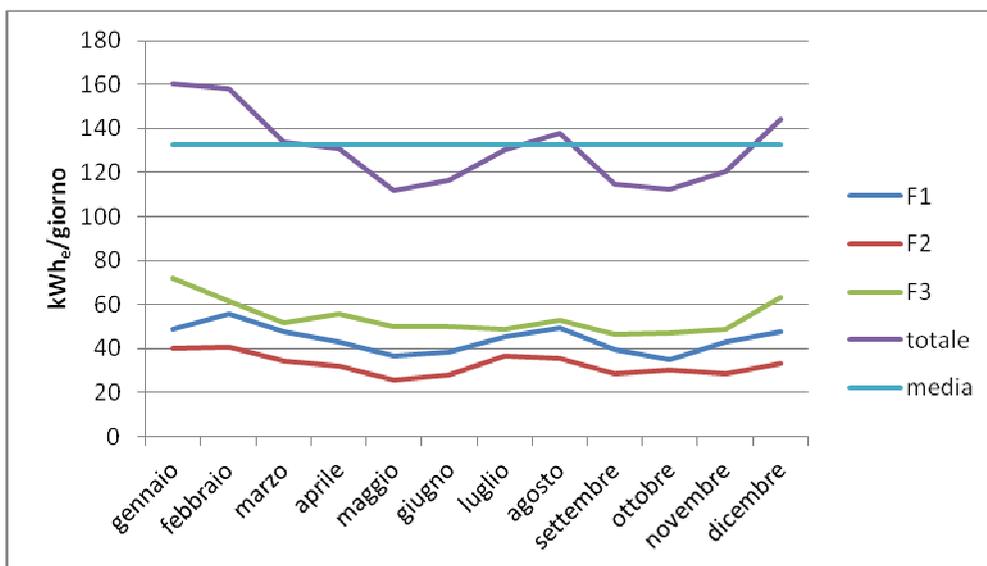


Figura 54 – Consumi medi giornalieri suddivisi su 12 mesi di Le Pici + Lepicine

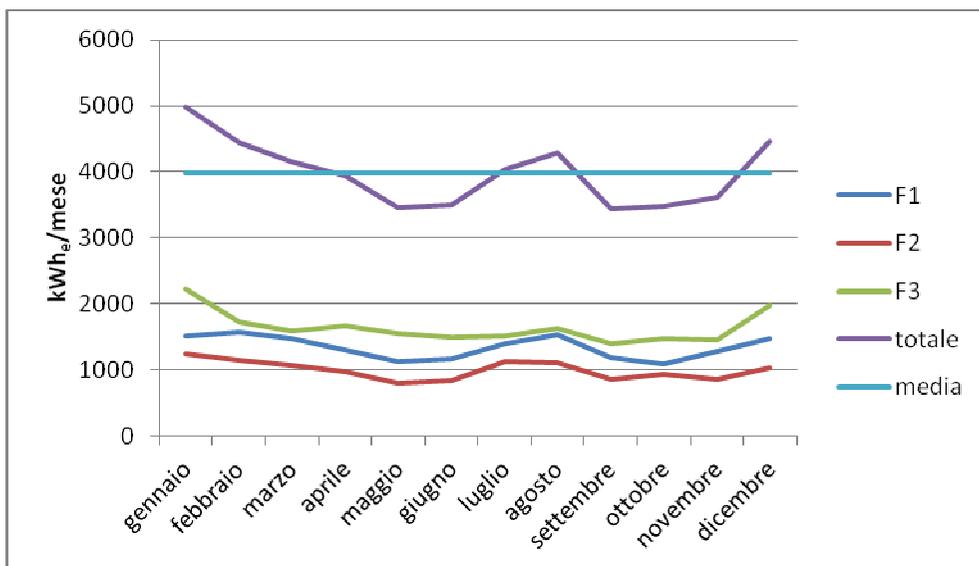


Figura 55 – Consumi medi mensili suddivisi su 12 mesi di Le Pici + Lepicine

La località di Cetamura è servita da una linea elettrica dedicata in bassa tensione (trifase a 380 V). La potenza disponibile al contatore è 11 kW_e (contrattualmente impegnata 10 kW_e) ed il consumo di energia elettrica stimato su base annua è di 17.293 kWh_e.

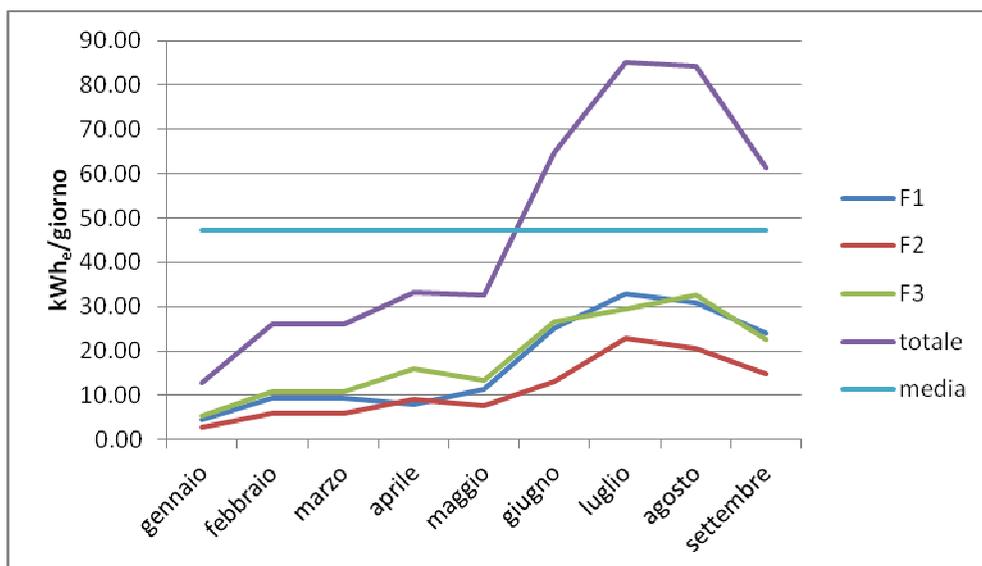


Figura 56 – Consumi medi giornalieri suddivisi su 9 mesi di Cetamura

Risulta mancante la documentazione ENEL relativa ai mesi da ottobre a dicembre.

La tariffa applicata è bioraria transitoria per “uso domestico non residente” e la ripartizione dei consumi secondo le tre fasce è abbastanza uniforme, come riportato nelle figure 56 e 57, con lieve prevalenza in F1 e F3.

L’utenza è interamente riconducibile all’attività agrituristica, con rilevante aumento dei consumi in corrispondenza dei mesi estivi.

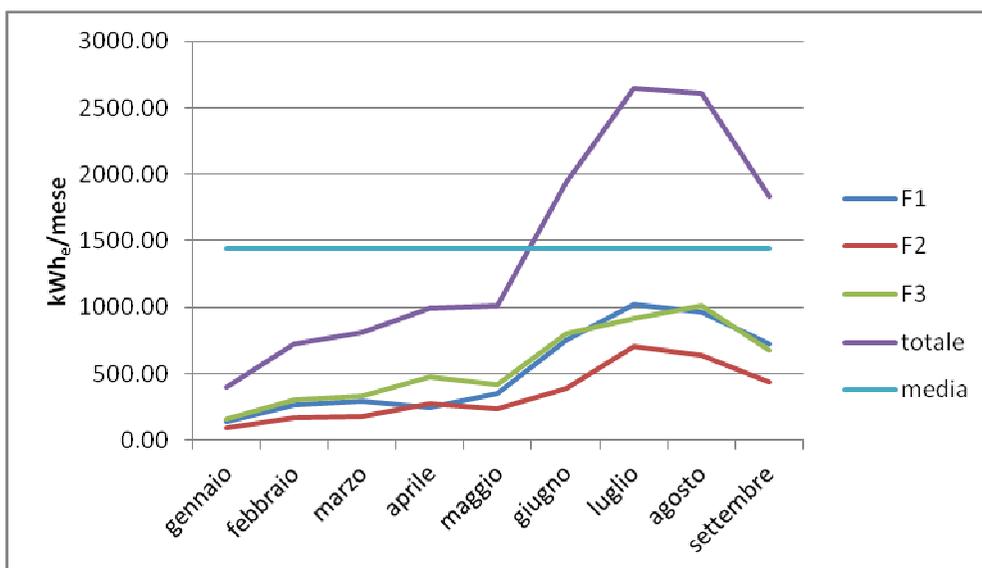


Figura 57 – Consumi medi mensili suddivisi su 9 mesi di Cetamura

Risultano attive due ulteriori forniture elettriche, relative rispettivamente alle residenze della famiglia Luneburg e a quelle dei dipendenti, di cui non è stata messa a disposizione la documentazione in quanto utenze private e non aziendali.

8 Conclusioni

Come sintesi e ricapitolazione dell'analisi svolta si riportano i seguenti prospetti, relativi ai dati suddivisi secondo energia termica e energia elettrica. Alcune voci sono mancanti non essendo stato possibile reperire sufficiente documentazione a riguardo.

DATI TERMICI

Struttura	consumo annuo di combustibile	fabbisogno energetico stagionale	caratteristiche
Fattoria Le Pici (<i>zone raggiunte dal teleriscaldamento a cippato $\approx 1000 \text{ m}^2$</i>)	74.700 kg cippato	261.450 kWh _t	2 centrali termiche a biomassa
Agriturismo Lepicine (<i>4 appartamenti</i>)	1.000 l GPL + x legna	6.517 kWh _t (<i>quota da GPL</i>)	4 caldaie a gas convenzionali
Agriturismo Cetamura (<i>4 appartamenti</i>)	1.350 l GPL + x legna	8.799 kWh _t (<i>quota da GPL</i>)	4 caldaie a gas convenzionali
Fattoria Le Pici (<i>zone non raggiunte dal teleriscaldamento a cippato</i>)	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	<i>n</i> caldaie a gas convenzionali

DATI ELETTRICI

struttura	potenza installata	consumo annuo	caratteristiche
Fattoria Le Pici (<i>azienda agricola + trattoria + saloni polifunzionali + centrali termiche</i>) e Agriturismo Lepicine (<i>4 appartamenti</i>)	22 kW _e	47.309 kWh _e (<i>fatture ENEL</i>)	trifase B.T. 380 V
Agriturismo Cetamura (<i>4 appartamenti</i>)	11 kW _e	17.293 kWh _e (<i>stima</i>)	trifase B.T. 380 V
Le Pici (<i>residenza famiglia Luneburg</i>)	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	monofase B.T. 220 V
Le Pici (<i>alloggi per i dipendenti</i>)	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	monofase B.T. 220 V

