

# REGIONE VENETO PROVINCIA DI BELLUNO



**COMUNE DI FARRA D'ALPAGO**

**Via Matteotti, 2/C  
FARRA D'ALPAGO**

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE DI UN  
SISTEMA CENTRALIZZATO DI PRODUZIONE E TRASPORTO  
DEL CALORE AD USO DEGLI EDIFICI COMUNALI DI FARRA  
D'ALPAGO IMPIEGANDO COME COMBUSTIBILE BIOMASSA  
LEGNOSA**

## **RELAZIONE TECNICO-ECONOMICA**

Farra d'Alpago, 26-07-2010

I tecnici

Dott. Antonio Bortoluzzi

Ing. Antonio Bortoluzzi



## COMUNE DI FARRA D'ALPAGO

### PREMESSA

Gli edifici pubblici e privati consumano più del 40% dell'energia usata nell'Unione Europea e sono i principali responsabili dell'inquinamento legato alla CO<sub>2</sub>. Costruire meglio significa risparmiare energia, ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> (oltre che di altre sostanze inquinanti) e risparmiare soldi. A tal fine nel 2002 l'UE ha approvato la Direttiva Europea in materia di Prestazioni Energetiche degli edifici. A tale scopo è stato raggiunto in seno al [Consiglio europeo](#) l'accordo sul pacchetto clima ed energia 20-20-20. L'accordo prevede, da parte dei paesi membri dell'[Unione Europea](#), entro il 2020, la riduzione del 20% delle emissioni di [gas serra](#), l'aumento dell'efficienza energetica del 20% e il raggiungimento della quota del 20% di fonti di energia alternative.

Queste disposizioni comprendono misure di efficienza energetica più stringenti sia per le nuove costruzioni che per quelle sottoposte a ristrutturazione, nonché l'obbligo di certificati energetici sia per le abitazioni oggetto di vendita che di locazione.

La recente legislazione in materia di "risparmio energetico" e "tutela dell'ambiente" valorizza il ruolo delle amministrazioni comunali.

L'utilizzazione delle fonti rinnovabili di energia (il sole, il vento, l'energia idraulica, le risorse geotermiche, le maree, il moto ondoso e la trasformazione dei rifiuti organici ed inorganici o di prodotti vegetali, la cogenerazione, l'uso delle biomasse) è considerata di pubblico interesse e di pubblica utilità e le opere relative sono equiparate a quelle dichiarate indifferibili e urgenti ai fini dell'applicazione delle Leggi sulle opere pubbliche.

L'uso delle biomasse e la centralizzazione della produzione del calore sono senza dubbio interventi che vanno nella direzione indicata dalla Comunità Europea e soprattutto dagli impegni sottoscritti dai vari paesi con il Protocollo di Kyoto per la riduzione dei gas ad effetto serra.



## COMUNE DI FARRA D'ALPAGO

### DATI GENERALI

Titolo Progetto	COSTRUZIONE DI UN SISTEMA CENTRALIZZATO DI PRODUZIONE E TRASPORTO DEL CALORE AD USO DEGLI EDIFICI COMUNALI DI FARRA D'ALPAGO IMPIEGANDO COME COMBUSTIBILE BIOMASSA LEGNOSA
Tipologia di intervento	Nuovo impianto per la produzione di energia termica alimentato a biomassa
Localizzazione dell'intervento	Comune di Farra d'Alpago via Matteotti, 2/C – Farra d'Alpago
R.U.P.	ing. Luca Facchin Comune di Farra d'Alpago tel. 0437-430324 fax: 0437-430329 mail: <a href="mailto:lavoripubblici@comune.farradalpago.bl.it">lavoripubblici@comune.farradalpago.bl.it</a>
Referente tecnico	dott. Antonio Bortoluzzi tel: 0437-46450 fax:0437-46450 mail:antonio.bortoluzzi@gmail.com  ing. Antonio Bortoluzzi tel: 0437-902301 fax: 0437-902126 mail: <a href="mailto:a.botoluzzi@gaplanet.it">a.botoluzzi@gaplanet.it</a>
Referente per le rendicontazioni	ing. Luca Facchin Comune di Farra d'Alpago tel. 0437-430324 fax: 0437-430329 mail: <a href="mailto:lavoripubblici@comune.farradalpago.bl.it">lavoripubblici@comune.farradalpago.bl.it</a>



## COMUNE DI FARRA D'ALPAGO

### INTRODUZIONE OPERA

L'amministrazione di Farra d'Alpago, per poter risparmiare energia, aumentare l'efficienza nella produzione e quindi ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera, ha sviluppato un progetto che consiste nell'istallazione di n. 2 centrali termiche in container, collegate in cascata, per la produzione di calore a servizio degli edifici comunali di seguito riportati:

- Municipio;
- Polo scolastico, comprensivo della scuola Media, scuola Elementare, scuola Materna e Asilo nido;
- Palestra polifunzionale comunale.

Le caldaie esistenti a servizio del polo scolastico saranno mantenute ed utilizzate in caso di guasto ed eventualmente a integrazione delle centrali termiche nuove per picchi dovuti a situazioni eccezionali di rigidità del clima invernale.

La trasmissione del calore ad ogni edificio sarà effettuata tramite un'apposita rete di teleriscaldamento.

Il combustibile utilizzato per la produzione del calore, sarà biomassa legnosa in forma di pellet. A tal proposito l'amministrazione comunale fa parte della filiera legno foresta, struttura che raggruppa oltre sessanta imprese forestali e segherie della montagna Veneta, in grado di confrontarsi con l'evoluzione delle iniziative in campo forestale e globalmente attrezzata per condurre tutte le operazioni nelle varie fasi: dalla produzione alla trasformazione sino alla commercializzazione di prodotti finiti. Inoltre, tale progetto è sostenuto e partecipato dall'Amministrazione provinciale di Belluno.

Il progetto di filiera è già stato finanziato dalla regione con il PSR, nella filiera legno foresta saranno poste lavorazioni che porteranno alla produzione di pellets e cippato.

Tutte le caldaie esistenti saranno mantenute ed utilizzate in caso di guasto delle centrali termiche o per eventuali operazioni straordinarie di manutenzione della rete di teleriscaldamento.

Gli allegati BM01-1a e BM01-1b riportano la planimetria con l'intervento e la planimetria catastale.



## COMUNE DI FARRA D'ALPAGO

### IMPIANTI DI RISCALDAMENTO ESISTENTI

Gli edifici di proprietà del Comune di Farra d'Alpago che saranno interessati all'intervento sono 4; l'ubicazione di ognuno di essi ed il tipo di combustibile utilizzato sono riportati nella seguente tabella:

N.	Fabbricati	Via	Combustibile
1	Municipio Farra d'Alpago	Via Matteotti 2/Cc	Gasolio
2	Polo scolastico Farra d'Alpago (scuola medie, elementare, materna)	Viale al lago, 1	Metano
3	Asilo nido	Viale al lago, 1/G	Metano
4	Palestra comunale Farra d'Alpago	Via Castelnuovo, 45	Metano

### COMBUSTIBILI UTILIZZATI

I combustibili utilizzati per il riscaldamento e l'acqua calda sanitaria sono di tipo fossile, cioè combustibili che derivano dalla trasformazione di migliaia di anni della sostanza organica in forme ricche di carbonio; le famiglie di combustibili fossili (idrocarburi) sono il petrolio e i derivati (benzina, gasolio, ecc), il carbone ed il gas naturale. Le caratteristiche principali di questi tipi di combustibile sono: alto rapporto di energia/volume, facilità di trasporto e stoccaggio, per contro però essi sono inquinanti, incrementano l'effetto serra e non sono rinnovabili. Da quest'ultima particolarità si ha avuto un incremento del costo di tali combustibili, dovuto alla maggiore richiesta correlata dal fatto che i giacimenti si stanno esaurendo.

Negli edifici soggetti all'intervento sono utilizzati solo combustibili fossili e più precisamente: gasolio e metano. Nella seguente tabella sono riportati il potere calorifico (quantità di calore sviluppata dalla combustione completa di una quantità unitaria di combustibile) di ogni combustibile utilizzato.



## COMUNE DI FARRA D'ALPAGO

Tipo Combustibile	Potere calorifico inferiore							
	Metano	8940	kcal/mc	37430	kJ/mc	10.397	kWh/mc	10.397
Gasolio	10210	kcal/kg	42747	kJ/kg	11.874	kWh/kg	9.796	kWh/lt

### **CALDAIE ESISTENTI**

Le caldaie ora utilizzate per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria sono di vario tipo ed aventi potenze diverse:

N.	Fabbricato	Via	Potenza [kW]
1	Municipio Farra d'Alpago	Via Matteotti 2/c	114.8
2	Centrale termica polo scolastico Farra d'Alpago (scuola medie, elementare, materna ed asilo nido)	Viale al lago, 1	258.1
			83.6
3	Asilo Nido	Viale al lago, 1/G	20
4	Palestra comunale Farra d'Alpago	Via Castelnuovo, 45	185

La centrale termica del polo scolastico del capoluogo è formata da tre caldaie della potenza rispettivamente di 258.1 kW, 258.1 kW e 83.6 kW; le prime due funzionano in modo alternato (una è di riserva) e servono gli edifici della scuola media e della scuola elementare, la terza caldaia, di potenza minore, lavora in modo continuo e serve la scuola materna e l'asilo nido.

### **CONSUMI**

I dati per il calcolo dei consumi annuali delle attuali centrali termiche a servizio del municipio, del polo scolastico e della palestra comunale sono stati ricavati dalle bollette del gas metano e dalle forniture di gasolio tramite autocisterna. I costi annui e i costi unitari sono riportati nelle seguenti tabelle:



## COMUNE DI FARRA D'ALPAGO

COSTI RISCALDAMENTO DAL 2004 AL 2008 DEGLI EDIFICI SOGGETTI A INTERVENTO							
N.	Fabbricati	Combustibile	SPESE ANNO 2004	SPESE ANNO 2005	SPESE ANNO 2006	SPESE ANNO 2007	SPESE ANNO 2008
1	Municipio Farra d'Alpago	Gasolio	€ 6.359,88	€ 6.539,88	€ 6322,93	€ 6.284,31	€ 7.208,45
2-3	Centrale termica polo scolastico Farra d'Alpago – Asilo Nido	Metano	€ 26.677,25	€ 31.724,81	€ 31.186,35	€ 31.698,92	€ 33.448,66
4	Palestra comunale Farra d'Alpago	Metano	€ 5.708,35	€ 5.708,30	€ 5.771,04	€ 5.530,39	€ 6.934,88
		TOTALE CONSUMI	€ 38.745,48	€ 43.972,99	€ 43.280,32	€ 43.513,62	€ 47.591,99
<b>COSTO MEDIO</b>			<b>€ 43.420,88</b>				

TABELLA 1 – CONSUMI IN EURO DAL 2004 AL 2008

Combustibile		COSTO ANNO 2004	COSTO ANNO 2005	COSTO ANNO 2006	COSTO ANNO 2007	COSTO ANNO 2008
Gasolio	€/lt	€ 0,87	€ 0,87	€ 0,87	€ 0,86	€ 0,98
Metano	€/mc	€ 0,60	€ 0,60	€ 0,60	€ 0,67	€ 0,65

TABELLA 2 – PREZZI COMBUSTIBILI DAL 2004 AL 2008



## COMUNE DI FARRA D'ALPAGO

I consumi della palestra nel 2004 e nella prima parte del 2005 sono delle proiezioni in quanto essa è stata ultimata nel secondo semestre dell'anno 2005.

Analizzando i dati si vede che c'è un trend crescente dei costi dovuto alla crescita dei prezzi dei combustibili utilizzati. Sotto riportato il grafico che mostra la crescita dei costi per il riscaldamento degli edifici che saranno forniti di teleriscaldamento.

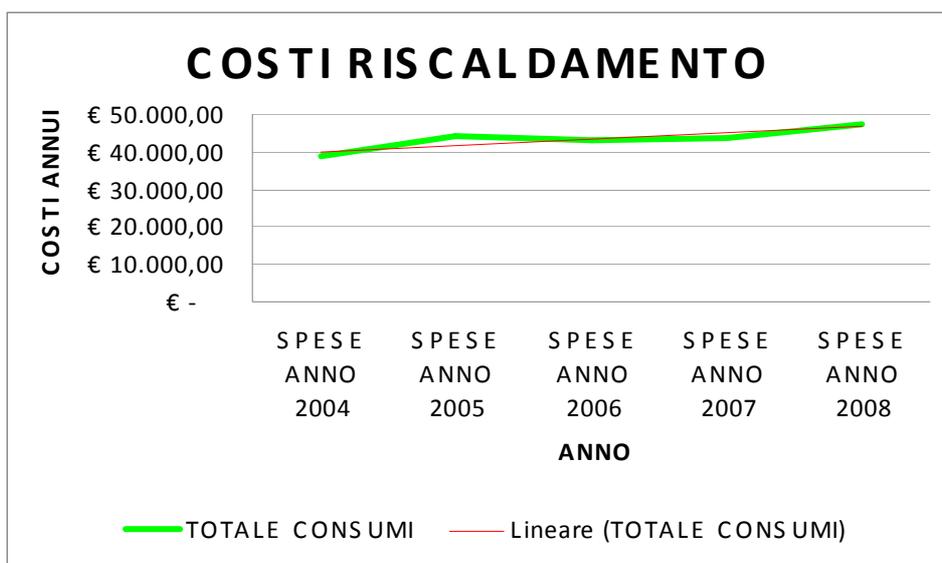


Fig. 1 – Costi riscaldamento con combustibili attuali

I combustibili ora utilizzati sono il metano ed il gasolio; di seguito si riportano i dati dei poteri calorifici inferiori di tali combustibili:

POTERE CALORIFERO COMBUSTIBILI					
N.	Combustibile	Potere calorifico inferiore			
1	Gasolio	10210 kcal/kg	42747 kJ/kg	11,874 kWh/kg	9,796 kWh/lt
2	Metano	8940 kcal/mc	37430 kJ/mc	10,397 kWh/mc	10,397 kWh/mc

TABELLA 3 – POTERE CALORIFERO COMBUSTIBILI

Ora da un calcolo, in base alle spese annue, si ricava che l'energia consumata annualmente per il riscaldamento e la produzione d'acqua calda sanitaria dei quattro edifici soggetti all'intervento; più precisamente:



## COMUNE DI FARRA D'ALPAGO

CONSUMI DAL 2004 AL 2008 DEGLI EDIFICI SOGGETTI A INTERVENTO								
N.	Fabbricati	Combustibile	CONSUMO	2004	2005	2006	2007	2008
1	Municipio	Gasolio	litri	7310,21	7517,10	7267,74	7307,34	7355,56
			kWh	71612,54	73639,35	71196,48	71584,43	72056,84
2-3	Polo scolastico – Asilo Nido	Metano	mc	44462,08	52874,68	51977,25	47311,82	51459,48
			kWh	462282,06	549749,72	540418,90	491911,41	535035,50
4	Palestra comunale	Metano	mc	9513,92	9513,83	9618,40	8254,31	10669,05
			kWh	98918,28	98917,42	100004,62	85821,91	110928,42
	TOTALE		kWh	632812,89	722306,48	711620,00	649317,75	718020,76
	MEDIA kWh		kWh	686815,58				

TABELLA 3 – CONSUMI IN kWh DAL 2004 AL 2008



## COMUNE DI FARRA D'ALPAGO

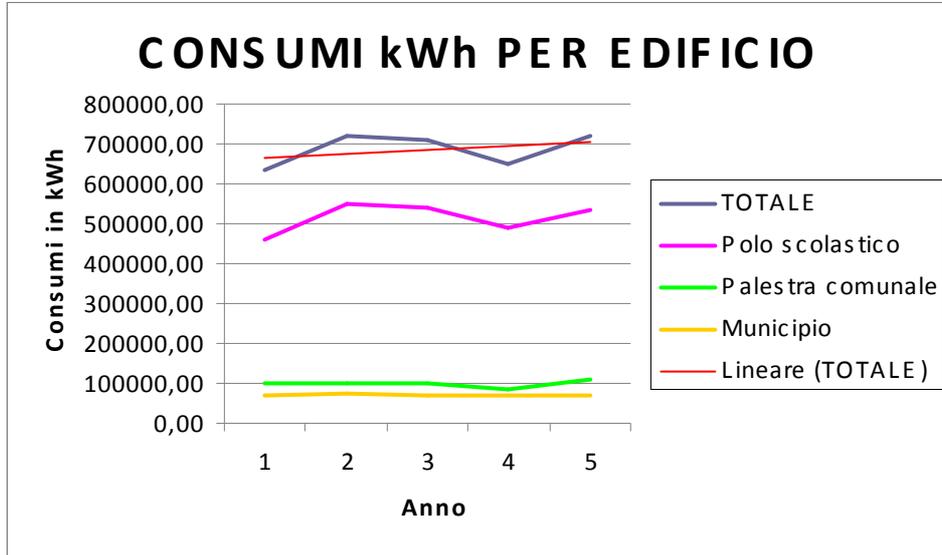


Fig. 2 – Consumi annui per edificio



## COMUNE DI FARRA D'ALPAGO

### **NUOVO IMPIANTO DI RISCALDAMENTO**

Di seguito sono riportate le caratteristiche tecniche del nuovo impianto di riscaldamento che si andrà a realizzare.

#### **AREA D'INTERVENTO**

Le centrali termiche saranno ubicate vicino ai giardini pubblici in terreni di proprietà comunale.

Si è partiti anche dal concetto di realizzare delle strutture che possano essere viste ed essere ad esempio per i cittadini e che non rappresentino corpi estranei nel tessuto abitativo, e del paesaggio circostante.

Sopra la centrale termica del polo scolastico sarà ubicato un' altro container che avrà la funzione di volano termico e dei pannelli solari collegati ai serbatoi di accumulo.

La lunghezza complessiva del percorso della prevista rete di distribuzione del calore è stimata in circa 630 m sufficienti per collegare le due centrali termiche nuove in container a quelle già esistenti.

Questi tubi saranno posti interrati sotto la preesistente pavimentazione stradale presente tra gli edifici già menzionati.

Saranno tubazioni isolate ed andranno a collegarsi ai serbatoi d'accumulo (atti a controllare l'inerzia termica dell'impianto) posti nelle singole centrali termiche già esistenti nei singoli edifici.

Questo permetterà di ottimizzare la regolazione della temperatura e la pressione dell'acqua fornita alle diverse utenze che entra direttamente nel circuito di riscaldamento esistente.

La regolazione della temperatura ambiente e dell'acqua calda sanitaria è effettuata direttamente da ciascun utilizzatore a mezzo di valvole a due vie e valvole termostatiche e/o termostati.

Dal punto di vista dell'autonomia del singolo utente, il sistema è assimilabile ad un impianto con caldaia individuale a gas metano, in quanto essendo un sistema funzionante in cascata, la potenza richiesta potrà avere un carico parziale minimo di 17 Kw in grado di soddisfare una sola singola utenza come l'Asilo nido

#### **FABBISOGNO DI ENERGIA**

L'energia consumata annualmente per il riscaldamento e la produzione d'acqua calda sanitaria degli edifici comunali soggetti all'intervento è pari a:

<b>Energia kWh/anno</b>	<b>686815,58</b>
-------------------------	------------------



## COMUNE DI FARRA D'ALPAGO

### **CENTRALE TERMICA**

Si tratta di posizionare due centrali termiche prefabbricate in legno omologate secondo le normative europee vigenti in grado di contenere delle caldaie e con uno stoccaggio totale di 28 tonnellate con il seguente principio di funzionamento:

Le caldaie a pellet per una potenza totale di 448 Kw vengono attivate "a cascata" grazie ai regolatori dei circuiti riscaldanti. Ciò significa che le caldaie vengono attivate o meno a seconda dell'effettivo carico calorifico e in funzione della reale fabbisogno di energia richiesto per singolo edificio .

Grazie al particolare sistema di modulazione è possibile far funzionare il teleriscaldamento con il 30% del carico nominale inoltre con l'adozione dei volani termici posti nel circuito idraulico eleva ulteriormente il rendimento del sistema e incrementa sensibilmente la longevità dei generatori e il suo comfort di prestazione con positivi risvolti anche dal punto di vista ambientale.

In questo modo si raggiungono diversi risultati positivi:

- si evita lo spreco di carburante durante le soste tecniche e nelle fasi di riavviamento dei generatori;
- la combustione viene mantenuta più a lungo alle condizioni ottimali di aria con vantaggi molteplici:
- minimizzazione delle condense nel circuito dei fumi;
- riduzione delle emissioni nell'ambiente;
- riduzione della necessità di manutenzione straordinaria all'impianto;
- pronta erogazione del calore immagazzinato;
- minor quantità di pellet consumato;

L'intervento prevede quindi di mantenere le caldaie esistenti delle varie centrali termiche in caso di emergenza.

### **Descrizione tecnica centrali termiche**

Di seguito si riportano le caratteristiche tecniche per ognuna delle due centrali termiche da 17 -224 KW.

La centrale termica è formata da una struttura in legno classe resistente al fuoco F90 dimensioni esterne: larghezza mm 2430 lunghezza 12300 altezza mm 2750 e fornita sistema di raccolta e scarico acqua piovana integrato nella struttura, completa di stoccaggio dei pellet pari a 21,5 m<sup>3</sup> equivalente a 14.000 Kg con sistema di estrazione pneumatico con 4 dosatori e 4 coclea inserite nei due locali di stoccaggio per l'alimentazione delle caldaie.

All'interno sono poste 4 caldaie a pellet da 17- 56 Kw cadauna in posizione centrale e gestite in cascata con espulsione dei fumi di combustione convogliati in due canne fumarie in acciaio inox con diametro da 250 mm e altezza da terra di mm 6000

Le 4 caldaie saranno gestite in cascata e devono avere le seguenti caratteristiche:



## COMUNE DI FARRA D'ALPAGO

- Caldaie con piatto di combustione in acciaio di potenza massima sommata nominale 224 KW parziale 17 KW.
- Accensione automatica con candela ad incandescenza ad alto rendimento e consumo minimo di corrente (250W), bruciatore a ricircolo, camera di combustione in acciaio inossidabile, scambiatore di calore a fascio tubiero a 3 giri di fumo, con dispositivo di pulizia automatico e sistema di controllo sottopressione camera di combustione, piatto di combustione con pulizia automatica delle ceneri, protezione contro il ritorno di fiamma tramite serranda tipo valvola a sfera motorizzata con sistema passivo di chiusura automatica in caso di mancanza di energia elettrica.
- Alimentazione automatica del combustibile grazie alla tecnica collaudata del trasporto mediante turbina di aspirazione dei pellet con sistema sottovuoto.
- Sistema di estrazione automatica delle ceneri con box ceneri con capacità totale di 68 Kg e set di svuotamento.
- Dispositivo di controllo caldaia con Unità di controllo con PLC inclusi di tutti i sensori montati nella caldaia e fornita completamente cablata per il montaggio di un regolatore di miscelazione. Tensione di rete 230V
- Rendimento a potenza nominale:93% rendimento a carico parziale: 91,1%,
- Volume gas combusti con potenza nominale 140 metricubi ora per singola caldaia.
- Volume gas combusti con carico parziale 37,2 metricubi ora per singola caldaia
- pressione massima di esercizio 4,6 bar, temperatura di esercizio 60-90°C, temperatura minima ritorno 55°C
- Contenuto acqua litri 135 per singola caldaia.
- Diametro allacciamenti pollici 2
- La centrale termica è fornita con le seguenti apparecchiature:
  - Collettore idraulico e pompe di carico e valvole di taratura già installate
  - Impianto elettrico a norma secondo le disposizioni di legge vigenti.
  - Sistema di controllo del livello del pellet all'interno dei depositi del pellet.
  - Sistema di pesatura intermedio posto nei serbatoio secondari delle caldaie a pellet allo scopo di monitorare tutti i consumi e le rimanenze dello stoccaggio.
  - Sistema di carico dei pellet tipo storz
  - Termoregolazione climatica per 4 circuiti di riscaldamento e solare

Kit assistenza remota da PC online con le seguenti funzioni:

- Assistenza online del impianto ovunque ed in qualsiasi momento tramite internet attraverso homepage
- Controllo e gestione del impianto con PC tramite sito web protetto con password
- Visualizzazione dei parametri del impianto su PC
- Comunicazione via e-mail, archiviazione ed elaborazione dei dati
- Controllo dello stato attuale del livello del pellet
- Controllo di tutte le funzioni del regolatore climatico

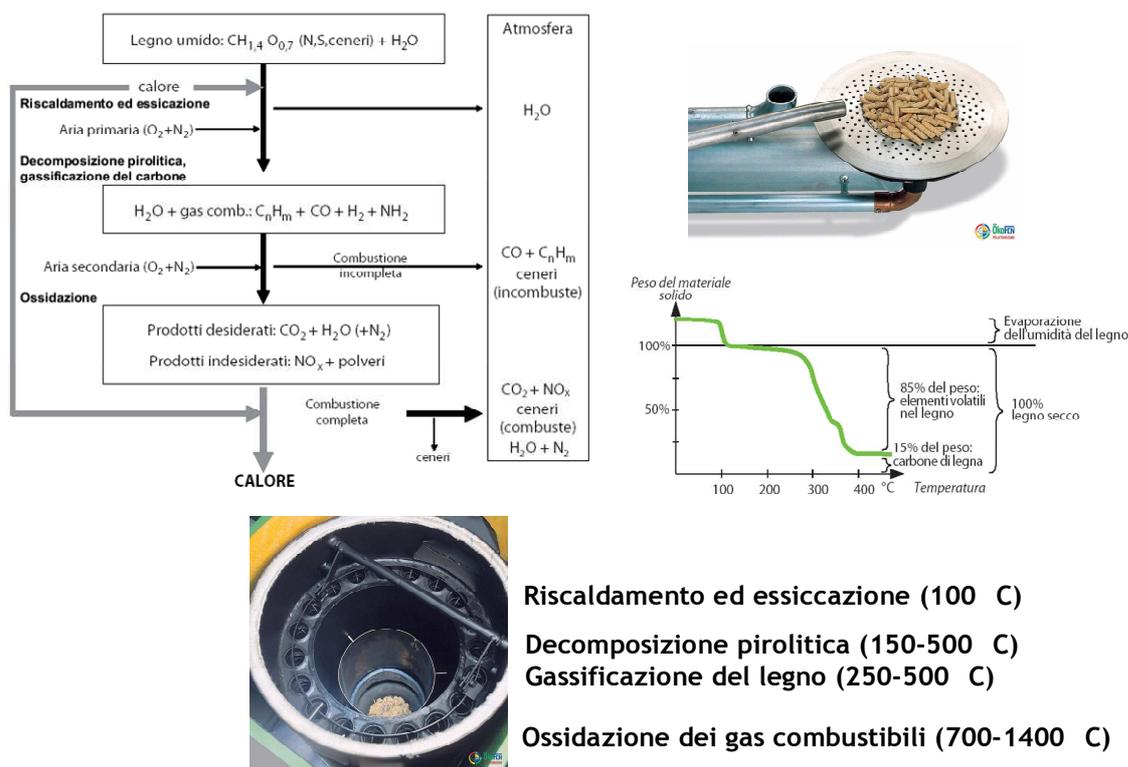


## COMUNE DI FARRA D'ALPAGO

- Controllo di tutte le funzioni e dello stato delle caldaie.
- Il controllo remoto dovrà essere fornito con tutti gli accessori per il collegamento.

Di seguito si riporta lo schema delle fasi della combustione di una caldaia a pellet:

### Fasi della combustione in una caldaia a pellet



La pianta e le sezioni delle nuove centrali ed il loro schema funzionale sono riportati nelle tavole BM01-2 e BM01-5a.

### **VOLANO TERMICO**

Trattasi di modulo prefabbricato il legno omologato e certificato secondo le normative europee vigenti all'interno sono collocati 2 accumulatori puffer da 2.700 Litri ognuno, collegati parallelamente e isolati, n.1 vaso di espansione pressurizzato da 500 litri, n. 1 collettore idraulico per 4 circuiti di riscaldamento e n. 1 sistema automatico multiplo per il controllo di pressione e con rabbocco automatico e bilanciamento della pressione per tutto il sistema di teleriscaldamento allo scopo di tenere il volume e la pressione costante nei vari circuiti, completo di sistema di degassamento della rete di teleriscaldamento con pompa centrifuga ad alto scorrimento, il tutto controllato elettronicamente, con la visualizzazione di tutte le operazioni attraverso il pannello di controllo.

La pianta e le sezioni del volano termico e dei collettori solari ed il loro schema funzionale sono riportati nelle tavole BM01-3 e BM01-5b.



## COMUNE DI FARRA D'ALPAGO

### **RETE DI TELERISCALDAMENTO**

La rete è realizzata con tubi per teleriscaldamento in rotolo flessibili costituiti da componenti coestrusi, impermeabili e sono combinati fra loro per tutta la lunghezza.

L'isolamento termico è realizzato in poliuretano e dotato di un rivestimento protettivo in PE-LD.

L'allegato BM01-4 riporta il percorso delle tubazioni di riscaldamento e le relative sezioni.

### **PANNELLI SOLARI**

I pannelli solari, ad integrazione del riscaldamento come richiesto dal criterio 6 del bando, (tipologia di intervento tipo D: impianti ibridi) vengono installati sopra il modulo volano termico per una facile connessione ed integrazione agli accumulatori di energia posti all'interno del prefabbricato. L'impianto solare integrerà, come minimo, un contributo di energia pari a 6930 kWh/anno.

Di seguito si riportano i dati di irraggiamento nel comune di Farra d'Alpago e le specifiche tecniche dei pannelli solari.

### **Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale**

La disponibilità della fonte solare per il sito di installazione è verificata utilizzando i dati "UNI 10349" relativi a valori giornalieri medi mensili della irradiazione solare sul piano orizzontale.

Per la località sede dell'intervento, ovvero il comune di FARRA D'ALPAGO (BL) avente latitudine 46.1233°, longitudine 12.3578° e altitudine di 395 m.s.l.m., i valori giornalieri medi mensili della irradiazione solare sul piano orizzontale stimati sono pari a:

Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [MJ/m<sup>2</sup>]

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
4.32	7.50	11.85	15.18	19.26	20.56	21.91	17.98	13.95	9.13	4.79	3.90

Fonte dati: UNI 10349



Fig. 3: Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [MJ/m<sup>2</sup>]- Fonte dati: UNI 10349



## COMUNE DI FARRA D'ALPAGO

Quindi, i valori della irradiazione solare annua sul piano orizzontale sono pari a **4 583.21 MJ/m<sup>2</sup>** (Fonte dati: UNI 10349).

Non essendoci la disponibilità, per la località sede dell'impianto, di valori diretti si sono stimati gli stessi mediante la procedura della UNI 10349, ovvero, mediante media ponderata rispetto alla latitudine dei valori di irradiazione relativi a due località di riferimento scelte secondo i criteri della vicinanza e dell'appartenenza allo stesso versante geografico.

La località di riferimento N. 1 è BELLUNO avente latitudine 46.1414°, longitudine 12.2144° e altitudine di 389 m.s.l.m.m..

Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [MJ/m<sup>2</sup>]

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
4.30	7.50	11.90	15.20	19.30	20.50	21.90	17.80	13.90	9.10	4.80	3.90

Fonte dati: UNI 10349

La località di riferimento N. 2 è PORDENONE avente latitudine 45.9597°, longitudine 12.6597° e altitudine di 24 m.s.l.m.m..

Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [MJ/m<sup>2</sup>]

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
4.50	7.50	11.40	15.00	18.90	21.10	22.00	19.60	14.40	9.40	4.70	3.90

Fonte dati: UNI 10349

### Ombreggiamento

Gli effetti di schermatura da parte di volumi all'orizzonte, dovuti ad elementi naturali (rilievi, alberi) o artificiali (edifici), determinano la riduzione degli apporti solari e il tempo di ritorno dell'investimento.

Il Coefficiente di Ombreggiamento, funzione della morfologia del luogo, è pari a **1.00**.

Di seguito il diagramma solare per il comune di FARRA D'ALPAGO:



## COMUNE DI FARRA D'ALPAGO

### DIAGRAMMA SOLARE

FARRA D'ALPAGO (BL) - Lat. 46°.1233 - Long. 12°.3578 - Alt. 395 m

Coeff. di ombreggiamento (da diagramma) 1.00

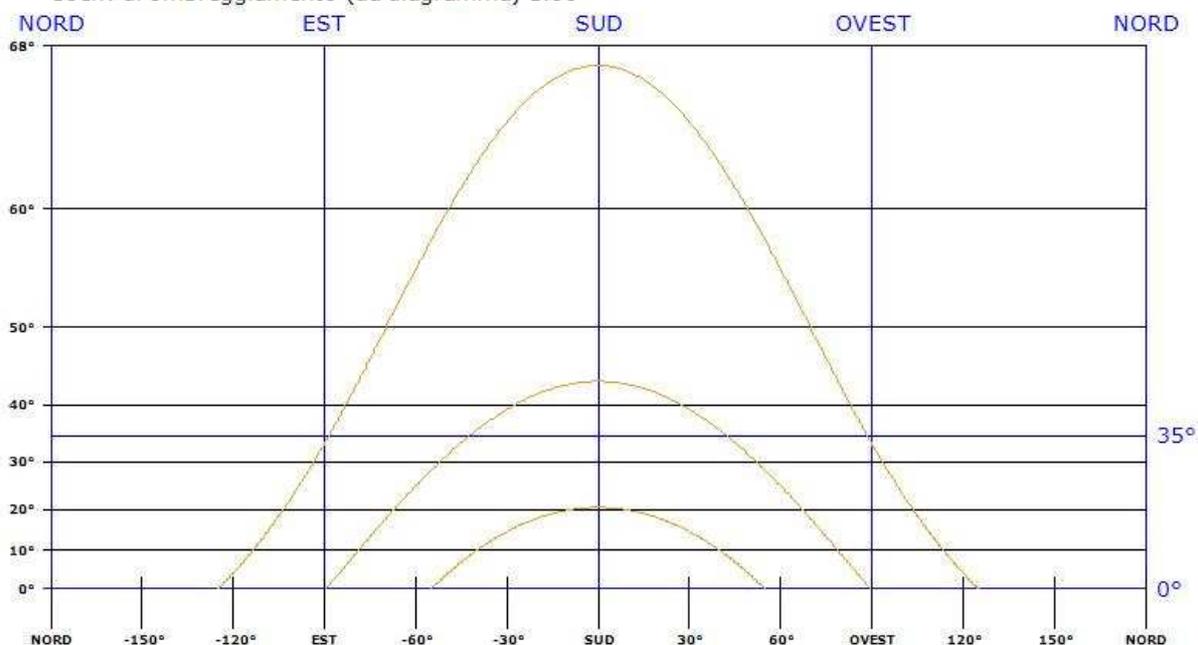


Fig. 4: Diagramma solare

### Caratteristiche tecniche pannelli solari

I pannelli solari che saranno installati sono 6 con una superficie captante totale di 13,2 mq. Le caratteristiche tecniche e prestazionali di tali pannelli sono di seguito riportate

#### Caratteristiche struttura:

- Telaio profilo di alluminio saldato
- Copertura in vetro vetro solare 4 mm (float), trasmissione: 91,53%
- Materiale di tenuta silicone bicomponente
- Assorbitore assorbitore a superficie piena in alluminio (arpa) con rivestimento altamente selettivo; assorbimento: 95%, emissione: 5%
- Isolamento lana di roccia: 50 mm
- Pannello posteriore lamiera di alluminio: 0,4 mm
- Attacchi: 4 attacchi, mandata/ritorno possono essere scelti liberamente

#### Caratteristiche tecniche:

- Superficie esterna (lorda): 2,38 m<sup>2</sup>
- Superficie aperta (d'entrata luce): 2,22 m<sup>2</sup>
- Superficie assorbitore (netta): 2,20 m<sup>2</sup>
- Lunghezza/larghezza/altezza: 2.064 mm / 1.154 mm / 98 mm
- Peso (a vuoto): 38 kg



## COMUNE DI FARRA D'ALPAGO

- Pressione max. d'esercizio: 10 bar
- Temperatura max. di inattività 188,9°C
- Capacità assorbitore: 1,57 l
- Diametro tubo ad arpa: 8 mm
- Numero di tubi ad arpa: 10
- Diametro tubo collettore: 22 mm
- Inclinazione collettore consentita: min. 15°, max. 75°

### Dati prestazionali:

- Fattore di conversione  $\eta_0$  : 0,743
- Coefficiente di dispersione a1: 3,851 W/m<sup>2</sup>K
- Coefficiente di dispersione a2: 0,0102 W/m<sup>2</sup>K<sup>2</sup>
- Rendimento  $\eta_{0,05}$  : 0,53
- Potenza di picco (irraggiamento: 1.000 W/m<sup>2</sup>): 1.648 W
- Ricavo minimo > 525 kWh/m<sup>2</sup>a
- Fattore di correzione dell'angolo d'incidenza IAM 50° 0,94

### **COLLEGAMENTO AGLI IMPIANTI ESISTENTI**

La rete di teleriscaldamento sarà collegata agli impianti esistenti nei seguenti modi:

- Polo scolastico: il collegamento sarà effettuato direttamente sul collettore principale esistente;
- Asilo nido: sarà installata una sottostazione pensile per teleriscaldamento la quale sarà collegata al collettore esistente;
- Palestra e Municipio: all'arrivo della rete di teleriscaldamento sarà posto uno scambiatore a piastre ed un serbatoio di accumulo adeguato. Quest'ultimo sarà collegato al collettore esistente.

Gli schemi funzionali degli impianti sono riportati nelle tavole BM01-5c e BM01-5d.

### **RENDIMENTO IMPIANTO**

Il rendimento energetico globale dell'impianto è determinato dal rapporto tra l'energia termica utile prodotta e l'energia fornita all'impianto; si è considerato la condizione che le centrali termiche funzionino alla potenza nominale massima.

<b>Rendimento globale impianto</b>	<b>86.86%</b>
------------------------------------	---------------



## COMUNE DI FARRA D'ALPAGO

Di seguito sono riportati i calcoli e le perdite dell'impianto:

Centrali termiche:

POTENZA CENTRALI TERMICHE	
Pot. Nominale [W]	448000
Rendimento alla potenza nominale	93%

Tubazione teleriscaldamento:

CALCOLO PERDITE TUBAZIONE				
n. TRATTO	FORMAZIONE	LUNGHEZZA	Dispersione (W/m)	Perdita (W)
TRATTO 1	4 x 75	90	13,44	4838,4
TRATTO 2	2 x 50	46	13,09	1204,28
TRATTO 3	2 x 110	7	25,27	353,78
TRATTO 4	2 x 63	190	14,84	5639,2
TRATTO 5	2 x 75	295	13,44	7929,6
<b>TOTALE</b>				<b>19965,26</b>

Sottostazioni:

PERDITE SOTTOSTAZIONI	
Sottostazione	Perdita (W)
Asilo Nido	2040
Palestra	3600
Municipio	1920
<b>TOTALE</b>	<b>7560</b>

Rendimento in riferimento al criterio n. 10 del bando in oggetto:

Energia termica utile prodotta (kW)	448000
Energia fornita in input all'impianto (kW)	389114,74
<b>Rendimento energetico GLOBALE</b>	<b>86,86%</b>



## COMUNE DI FARRA D'ALPAGO

### **FUNZIONAMENTO IMPIANTO**

L'impianto di riscaldamento avrà un funzionamento dal 1 ottobre al 30 aprile, per un numero di giorni pari a 211 giorni all'anno.

Per ogni edificio sarà effettuato un programma personalizzato in base alle esigenze, e ogni edificio avrà l'attenuazione notturna e/o week-end.

Gli edifici comunali avranno i seguenti giorni di funzionamento durante la settimana tipo:

Municipio		
Giorno	Funzionamento normale	Attenuazione
Lunedì	06.30-19.30	19.30-06.30
Martedì	06.30-19.30	19.30-06.30
Mercoledì	06.30-19.30	19.30-06.30
Giovedì	06.30-19.30	19.30-06.30
Venerdì	06.30-19.30	19.30-06.30
Sabato	06.30-13.30	13.30-06.30
Domenica	--	00.00-24.00

Polo scolastico - Asilo nido		
Giorno	Funzionamento normale	Attenuazione
Lunedì	06.30-19.30	19.30-06.30
Martedì	06.30-19.30	19.30-06.30
Mercoledì	06.30-19.30	19.30-06.30
Giovedì	06.30-19.30	19.30-06.30
Venerdì	06.30-19.30	19.30-06.30
Sabato	06.30-13.30	13.30-06.30
Domenica	--	00.00-24.00



## COMUNE DI FARRA D'ALPAGO

Palestra		
Giorno	Funzionamento normale	Attenuazione
Lunedì	08.30-21.30	21.30-08.30
Martedì	08.30-21.30	21.30-08.30
Mercoledì	08.30-21.30	21.30-08.30
Giovedì	08.30-21.30	21.30-08.30
Venerdì	08.30-21.30	21.30-08.30
Sabato	08.30-21.30	21.30-08.30
Domenica	--	00.00-24.00

Il funzionamento normale della rete di teleriscaldamento è stimato di 15 ore giornaliere nei giorni feriali, il sabato di 7 ore, mentre la domenica l'impianto funzionerà con la temperatura in attenuazione.

L'orario di funzionamento del Polo scolastico e dell'Asilo nido potrà subire variazioni, in base ai giorni di vacanza delle scuole ed in base ai giorni di rientro pomeridiano che avranno gli studenti.

Inoltre anche l'orario di funzionamento normale della palestra potrà subire delle variazioni in base alle attività che saranno svolte nella palestra stessa e si potranno avere dei giorni, durante la settimana che l'impianto andrà in attenuazione.

Come descritto precedentemente, l'intero impianto funzionerà in cascata e si potrà quindi avere un carico parziale minimo di 17 Kw in grado di soddisfare una sola singola utenza.

Il PLC installato sulle nuove centrali termiche consentirà di avere, oltre alle funzioni descritte precedentemente anche la possibilità di controllare, archiviare ed elaborare tutti i dati riguardanti le ore di funzionamento dell'impianto.

L'impianto di acqua calda sanitaria sarà funzionante durante tutto l'anno.

### **VITA UTILE IMPIANTO**

La vita utile delle nuove centrali termiche è stimata in circa 60000 ore, considerando un utilizzo medio annuale dell'impianto di 3100 ore/anno, la vita utile dell'impianto quindi sarà di circa 20 anni.



## COMUNE DI FARRA D'ALPAGO

### **APPROVIGIONAMENTO COMBUSTIBILE**

Il Comune di Farra d'Alpago essendo componente della filiera PIFF "Azzalini Oscar" che si propone di recuperare legname minore dai boschi e la successiva trasformazione in PELLETT sarà prodotto da biomasse forestali, reperite tramite imprese facenti parte del Progetto Integrato di Filiera Forestale, realizzato nella Regione del Veneto, nell'ambito del Programma di Sviluppo Rurale e che abbiano attivato le catene di custodia, allo scopo di garantire il criterio di selezione n°5 del bando in argomento.

Il Potere Calorifero inferiore del PELLETT è di 5 kWh/kg.

Le caratteristiche del pellet, la provenienza e la sua rintracciabilità, l'assenza di prodotti nocivi sono riportate in allegato nel contratto della filiera ed inoltre la ditta fornitrice è certificata PEFC e la rintracciabilità del prodotto vergine è facilmente esplicitata in quanto inserita in una catena di custodia.

### **BENEFICI AMBIENTALI**

L'energia delle biomasse vegetali contribuisce a ridurre la dipendenza dalle importazioni di combustibili fossili e a diversificare le fonti di approvvigionamento energetico oltre che al perseguimento degli obiettivi imposti nell'ambito delle conferenze internazionali sul clima.

Le emissioni di inquinanti acidi, ossidi di azoto, polveri e microinquinanti verranno controllati con le moderne tecnologie di combustione e depurazione dei fumi.

Si stima che l'impianto potrà apportare una diminuzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente di circa 160 ton/anno.

La concentrazione di gas e polvere dipende dalla scelta del combustibile e per alcuni componenti anche dalla progettazione del sistema di combustione.

Le emissioni di polvere da piccoli impianti a pellet sono di solito modeste e non è necessario avere una tecnologia di abbattimento gas.

L'uso di caldaie altamente efficienti progettate esclusivamente per la combustione dei pellet con sistemi a tre giri di fumo con aria primaria e secondaria con rendimenti sia a carico nominale che parziale sopra il 90% ne riducono le emissioni ai minimi termini.

Le moderne caldaie a biomassa legnosa producono un particolato composto prevalentemente da Sali minerali

e si tratta quindi di un particolato inorganico la cui tossicità è 5 volte inferiore alla fuliggine del diesel.

### **CO<sub>2</sub>, diossido di carbonio**

Il diossido di carbonio gioca un ruolo significativo nel crescente fenomeno dell'effetto serra e la sua emissione nell'atmosfera è problematica. Comunque quando si usano combustibili



## COMUNE DI FARRA D'ALPAGO

legnosi, non si rilascia più diossido di carbonio di quello che è legato al legno stesso sotto forma di carbonio e che in ogni caso verrebbe rilasciato durante il processo di decomposizione, che è l'alternativa finale all'uso del legno per fini energetici. Così, i pellet da legno e gli altri biocombustibili possono essere CO<sub>2</sub> neutrali.

Dal momento che il pellet e gli altri biocombustibili contengono carbone, naturalmente si forma diossido di carbonio durante la combustione. La quantità rilasciata è comunque la stessa assorbita durante la crescita della pianta da cui il combustibile deriva, di solito in un periodo di 20-100 anni.

La quantità di diossido di carbonio che è rilasciata durante la combustione di combustibili fossili, per esempio carbone, gasolio o gas naturale, è stato accumulato nel sottosuolo in milioni di anni. Nel caso di combustibili fossili, in definitiva, la quantità di diossido di carbonio nell'atmosfera, viene accresciuta.

IL carbonio costituisce circa il 50% del legno completamente secco. Questo corrisponde al 47% nel pellet con un'umidità media del 7%

La biomassa assorbe CO<sub>2</sub> dall'atmosfera durante la crescita e la restituisce all'ambiente nel corso della combustione. Pertanto, il bilancio della CO<sub>2</sub>, viene definito nullo (combustione senza contribuire all'effetto serra).

### NO<sub>x</sub>, Ossidi di azoto

NO<sub>x</sub> è un termine generico per tutti gli ossidi di azoto. Essi sono gas indesiderati sia perché contribuiscono all'effetto serra, sia perché sono causa delle piogge acide.

Tali ossidi si formano parzialmente durante la combustione con l'azoto naturalmente presente anche nei biocarburanti, ed in parte dall'azoto che viene immesso tramite l'aria di combustione. La progettazione e le dimensioni della camera di combustione della caldaia sono di grande importanza nel limitare l'emissione di questi gas.

1. Un alto contenuto di azoto nel combustibile incrementa l'emissione di NO<sub>x</sub>
2. Un'alta temperatura di combustione innalza le emissioni di NO<sub>x</sub>

Fra i parametri di combustione più importanti possono essere menzionati i seguenti: combustione divisa in più fasi, con poco eccesso di aria nella prima parte, una bassa temperatura di fiamma possibilmente garantita dal ricircolo dei gas di scarico che abbassa il contenuto di ossigeno nella camera di combustione e ne raffredda il processo.

### (SO<sub>x</sub>) Gli ossidi di zolfo

Gli ossidi di zolfo si producono nella combustione di ogni materiale contenente zolfo. Gli ossidi di zolfo sono, insieme agli ossidi di azoto, i maggiori responsabili dei fenomeni di acidificazione delle piogge. Le principali sorgenti di SO<sub>x</sub> sono gli impianti di combustione di combustibili fossili a base di carbonio, l'industria metallurgica, l'attività vulcanica. L'esposizione ad SO<sub>x</sub> genera irritazioni dell'apparato respiratorio e degli occhi nell'uomo, fenomeni di necrosi nelle piante e il disfacimento dei materiali calcarei.



## COMUNE DI FARRA D'ALPAGO

### Considerazioni di carattere generale

#### Calcolo emissioni

Sotto riportata la tabella (fonte ENEA) con i valori delle emissioni prodotte da caldaie a gasolio, a metano ed a pellet:

Sistema riscaldamento	CO2 (kg/MWh)	Co2 eq (kg/MWh)	CO (mg/kWh)	SO2 (mg/kWh)	NOx (mg/kWh)	Polveri (mg/kWh)
Gasolio	321,88	325,43	10	50	350	20
Metano	233,96	257,72	150	20	150	0
Pellet	28,95	31,91	250	20	350	150

Sottoriportata la tabella con i limiti di emissione ai sensi del D.Lgs 152/2006:

Tabella 3.2.1 - Limiti di emissione del D.lgs 152/2006

	Potenza termica nominale installata				
	35-150 kW	150kW - ≤3MW	>3-≤6MW	>6-≤20MW	> 20MW
	Valori espressi in mg/Nm <sup>3</sup>				
Polveri totali	200	100	30	30	30
Carbonio organico totale (COT)	-	-	-	30	20 10 <sup>(2)</sup>
Monossido di carbonio (CO)	-	350	300	250 150 <sup>(2)</sup>	200 100 <sup>(2)</sup>
Ossidi di azoto (espressi in NO <sub>2</sub> )	-	500	500	400 300 <sup>(2)</sup>	400 200 <sup>(2)</sup>
Ossidi di zolfo (espressi in SO <sub>2</sub> )	-	200	200	200	200

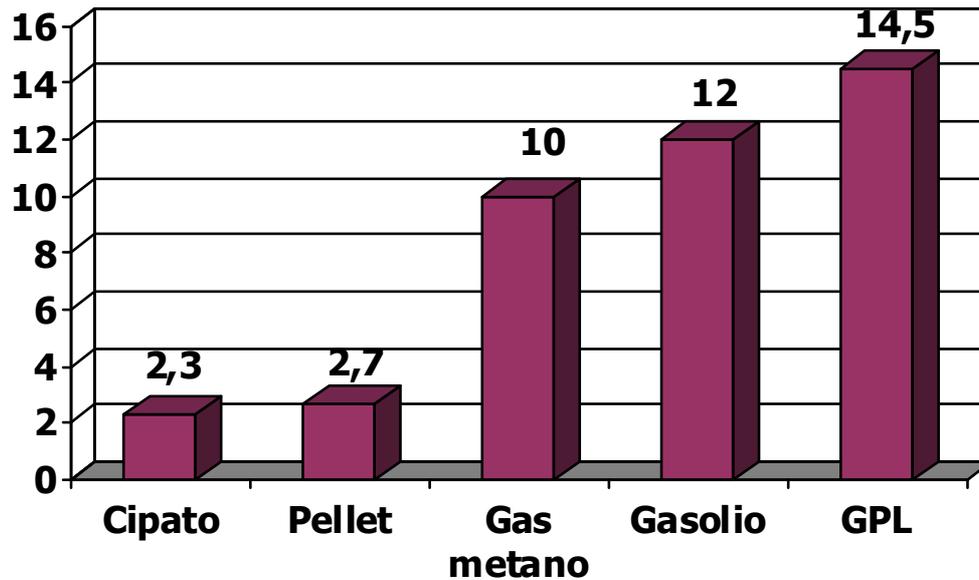
I valori si riferiscono ad un tenore di ossigeno nell'effluente gassoso del 11%.

<sup>(2)</sup> Valori medi giornalieri



## COMUNE DI FARRA D'ALPAGO

Le perdite di produzione (estrazione, trasformazione, trasporto) del pellet sono molto più contenute rispetto i combustibili fossili; se il pellet viene trasportato su lunghe distanze, mediamente l'approvvigionamento di esso richiede meno energia rispetto a qualsiasi altro combustibile fossile. Di seguito si riportano le perdite di produzione dei combustibili:



Confronto impianti esistenti – nuovo impianto

Nel caso specifico, considerando i consumi attuali e quelli stimati si è riscontrato quanto segue:

Consumi:

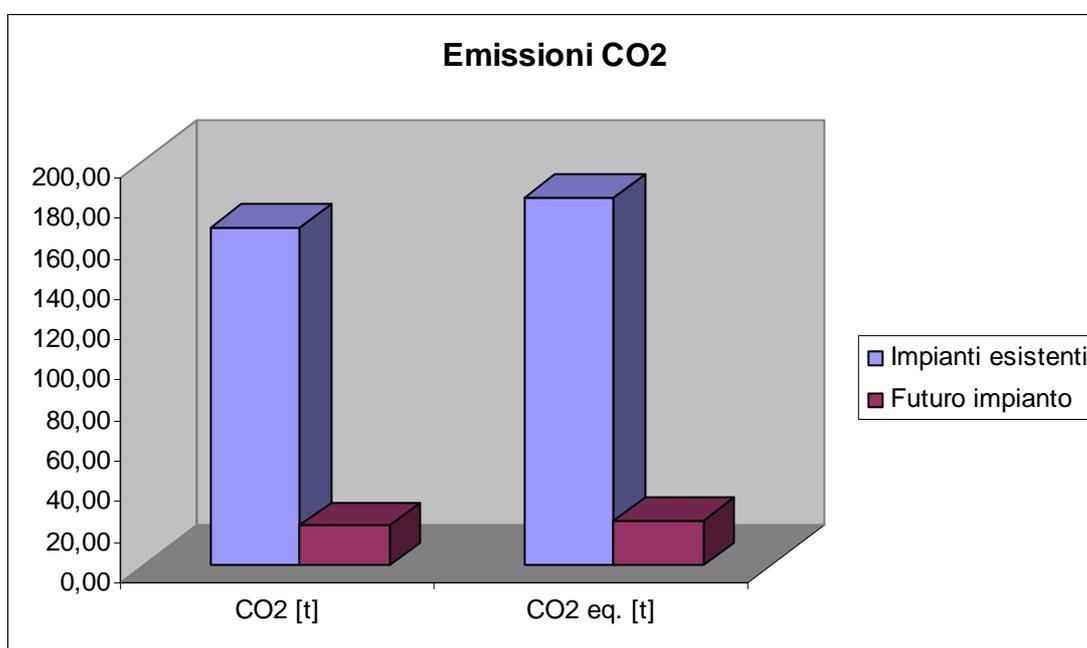
Combustibile	CONSUMO MEDIO [kWh]	Unità di misura	P.C.I.	Quantità media annuale
Gasolio	72017,93	lt	9,796	7351,59
Metano	614797,65	mc	10,397	59130,96
Pellet	686815,58	kg	5	137363,12



## COMUNE DI FARRA D'ALPAGO

### Emissioni CO2:

	CO2 [t/anno]	CO2 eq. [t/anno]
Impianti esistenti	167,02	181,88
Futuro impianto	19,88	21,92

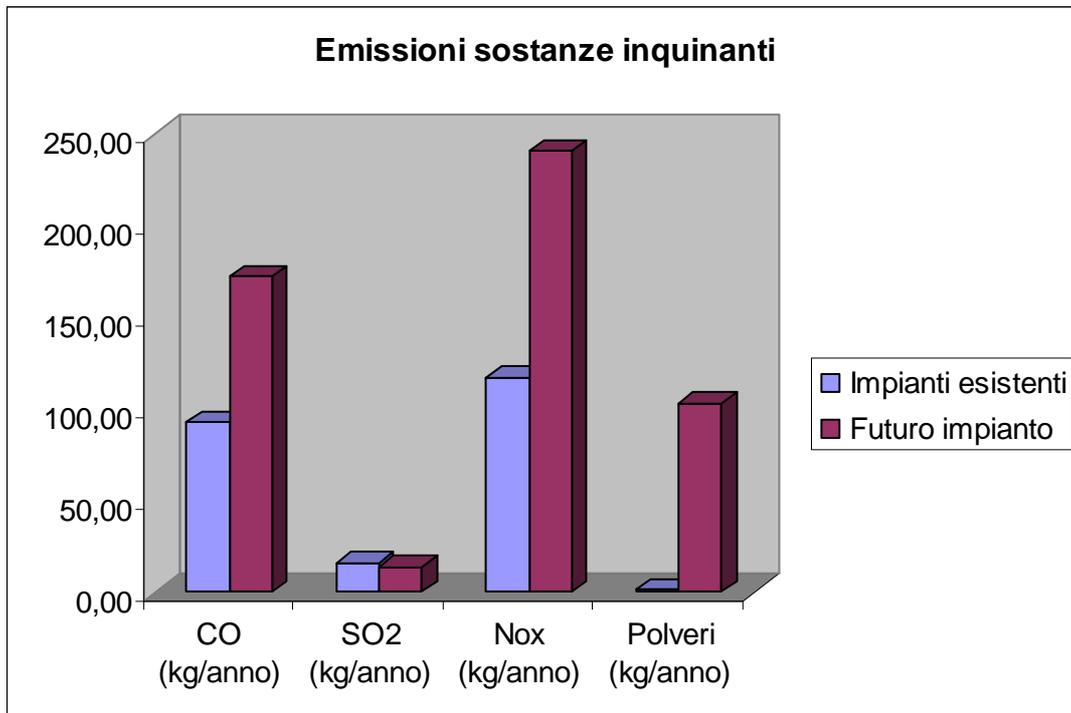


### Emissioni sostanze inquinanti:

	CO (kg/anno)	SO2 (kg/anno)	Nox (kg/anno)	Polveri (kg/anno)
Impianti esistenti	92,94	15,90	117,43	1,44
Futuro impianto	171,70	13,74	240,39	103,02



## COMUNE DI FARRA D'ALPAGO



Dai dati emersi si riscontra che il nuovo impianto potrà apportare una diminuzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente di circa 160 ton/anno.

Le emissioni di SO<sub>2</sub> saranno leggermente inferiori rispetto alle caldaie ora installate; le emissioni di NO<sub>x</sub>, CO e polveri sono più alte ma ben al di sotto dei limiti.



## COMUNE DI FARRA D'ALPAGO

### STIMA DEI COSTI E ANALISI ECONOMICA

Di seguito si riporta il quadro economico dell'opera e la stima di risparmio annuo che si avrà, in termini economici, con il nuovo impianto centralizzato.

QUADRO ECONOMICO RETE TELERISCALDAMENTO COMUNE DI FARRA D'ALPAGO			
<b>A) IMPORTO LAVORI A BASE D'ASTA</b>			
a.1) Importo lavori		€ 578.947,99	
a.2) oneri per la sicurezza		€ 9.500,00	
<b>TOTALE (A)</b>			<b>€ 588.447,99</b>
<b>B) SOMME A DISPOSIZIONE</b>			
3) Progettazione esecutiva			
Progettazione	-	€ 16.225,28	
Coordinamento sicurezza - progetto	-	€ 10.445,62	
Riduzione adeguamento D.L. 223/06	-	-€ 2.667,09	
<b>TOTALE</b>			<b>€ 24.003,81</b>
4) Direzione Lavori			
Direzione Lavori - Coordinamento sicurezza - esecuzione	-	€ 34.735,61	
Riduzione adeguamento D.L. 223/06	-	-€ 3.473,56	
<b>TOTALE</b>			<b>€ 31.262,05</b>
<b>TOTALE</b>			<b>€ 55.265,86</b>
			-
<b>INCARICO</b>			<b>€ 55.265,86</b>
6) Contributi previdenziali e IVA			
Contributi previdenziali (2%)		€ 1.105,32	
IVA su spese tecniche (20%)		€ 11.274,24	
IVA su opere (10%)		€ 58.844,80	
<b>TOTALE</b>			<b>€ 71.224,35</b>
7) imprevisti ed arrotondamenti			€ 55.061,80
<b>TOTALE (B)</b>			<b>€ 181.552,01</b>
<b>TOTALE GENERALE (A+B)</b>			<b>€ 770.000,00</b>



## COMUNE DI FARRA D'ALPAGO

Combustibile	CONSUMO MEDIO [kWh]	Unità di misura	COSTO UNITARIO ATTUALE	P.C.I.	Quantità media annuale	ATTUALE	PREVISTO	COSTI % attuali	COSTI % previsti
Gasolio	72017,93	lt	€ 0,98	9,796	7351,59	€ 7.204,56	€ -	15,79%	
Metano	614797,65	mc	€ 0,65	10,397	59130,96	€ 38.435,13	€ 1.000,00	84,21%	2,19%
Pellet	686815,58	kg	€ 0,20	5	137363,12	€ -	€ 27.472,62		60,19%
TOTALE						€ 45.639,68	€ 28.472,62	100,00%	62,39%

TABELLA 5 – CONFRONTO COSTI ATTUALI E PREVISTI CON L'IMPIANTO DI TELERISCALDAMENTO

Dall'analisi effettuata il risparmio annuo, in termini economici, con il sistema centralizzato è pari a:

**RISPARMIO ANNUO € 17.167,06 37,61%**



COMUNE DI FARRA D'ALPAGO

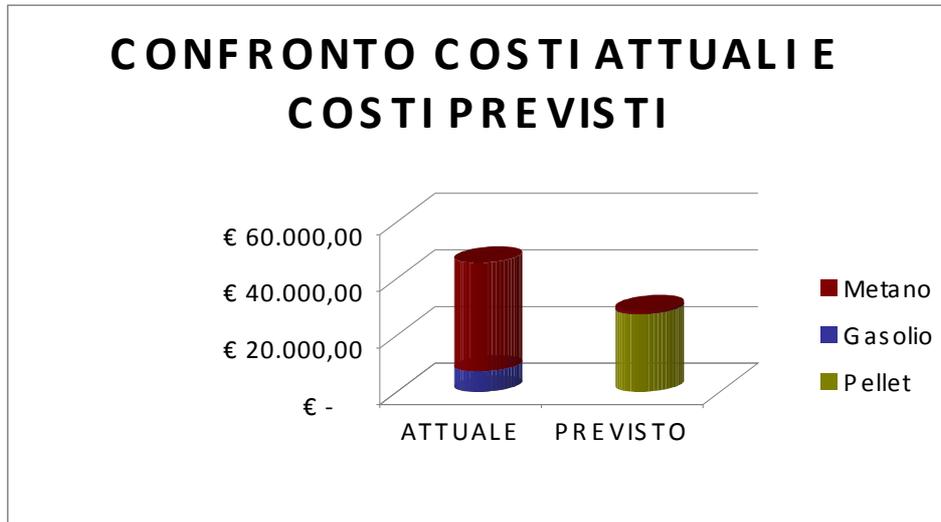


Fig. 5 – Costi attuali e costi previsti



## COMUNE DI FARRA D'ALPAGO

### **CONCLUSIONI**

Il presente progetto è unico nella sua particolarità sia in ambito Regionale che Nazionale e sicuramente sarà motivo di interesse e di interscambio di esperienze con gli operatori del settore della confinante Austria, in quanto si andrà a sviluppare la prima esperienza di filiera italiana sul Pellet, coinvolgendo i seguenti attori:

Aziende boschive

Segherie e industrie del legno

Aziende produttrici di pellet

Utilizzatori finali come soggetti privati ed Enti Pubblici

Il pellet è un combustibile sicuro e pulito. Le caratteristiche di omogeneità di questo prodotto ne rendono semplice il trasporto, il rifornimento e lo stoccaggio, rendendolo paragonabile come tipo di distribuzione a quella del gasolio o gpl.



## COMUNE DI FARRA D'ALPAGO

### ALLEGATI

- BM01-1a: Quadro d'insieme;
- BM01-1b: Planimetria catastale;
- BM01-2: Pianta e sezioni centrale biomassa;
- BM01-3: Pianta e sezioni volano termico;
- BM01-4: Rete teleriscaldamento;
- BM01-5a: Schema funzionale – centrale termica;
- BM01-5b: Schema funzionale – volano termico;
- BM01-5c: Schema funzionale – polo scolastico, asilo nido;
- BM01-5d: Schema funzionale – palestra, municipio;
- BM01-6: Schemi elettrici;
- Piano di sicurezza e coordinamento;
- Planimetria di cantiere;
- Cronoprogramma;
- Capitolato generale d'appalto;
- Capitolato speciale d'appalto – opere stradali;
- Capitolato speciale d'appalto – opere impiantistiche;
- Valutazione di incidenza ambientale
- Contratto filiera pellet



## COMUNE DI FARRA D'ALPAGO

### SOMMARIO

<b>PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
<b>DATI GENERALI</b> .....	<b>3</b>
<b>INTRODUZIONE OPERA</b> .....	<b>4</b>
<b>IMPIANTI DI RISCALDAMENTO ESISTENTI</b> .....	<b>5</b>
COMBUSTIBILI UTILIZZATI .....	5
CALDAIE ESISTENTI .....	6
CONSUMI .....	6
<b>NUOVO IMPIANTO DI RISCALDAMENTO</b> .....	<b>11</b>
AREA D'INTERVENTO .....	11
FABBISOGNO DI ENERGIA .....	11
CENTRALE TERMICA .....	12
<i>Descrizione tecnica centrali termiche</i> .....	12
VOLANO TERMICO .....	14
RETE DI TELERISCALDAMENTO .....	15
PANNELLI SOLARI .....	15
<i>Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale</i> .....	15
<i>Ombreggiamento</i> .....	16
<i>Caratteristiche tecniche pannelli solari</i> .....	17
COLLEGAMENTO AGLI IMPIANTI ESISTENTI .....	18
RENDIMENTO IMPIANTO .....	18
APPROVIGIONAMENTO COMBUSTIBILE .....	20
BENEFICI AMBIENTALI .....	22
<b>STIMA DEI COSTI E ANALISI ECONOMICA</b> .....	<b>28</b>
<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>31</b>
<b>ALLEGATI</b> .....	<b>32</b>
<b>SOMMARIO</b> .....	<b>33</b>