ZED PROGETTI
SOCIETÀ DI INGEGNERIA
ENGINEERING COMPANY

Via Panfilo Tedeschi 1
67100 L'Aquila (AQ) ITALY
Tel./Fax +39 0862.62641
P.IVA 01819420660
studio@pec.zedprogetti.it
www.zedprogetti.it

IMPIANTISTICA

CONFRONTO ECONOMICO TRA SISTEMI DI RISCALDAMENTO CENTRALIZZATO A POMPA DI CALORE ED A SISTEMA IBRIDO PER COMPLESSI EDILIZI DI GRANDI DIMENSIONI

01/08/2018

Ing. Marco A. Tazzi - ZED PROGETTI srl

1.1 IMPIANTO TERMICO - TIPOLOGIA

Partiamo da come va progettato un eventuale sistema ibrido. Una volta calcolata la potenza termica necessaria dobbiamo operare nel seguente modo (ipotizziamo per semplicità una richiesta di 69 kW che corrispondono esattamente a tre unità ZUBADAN - MITSUBISHI in cascata che poi vedremo):

1. risorse energetiche richieste coperte da fonti da rinnovabili pari al 55% dell'energia necessaria (50% imposta+10% per essere un edificio ad uso pubblico D.lgs 28/2011 e s.m.i.);
2. impianti a bassa temperatura (pompa di calore perfetta per avere rendimenti massimi a temperature tra 35°C ed i 40°C, non necessita di caldaia;
3. utilizzo dei sistemi ibridi in bassa temperatura generalmente in "or" cioè temperatura fissata esterna dove si alterna l'uso di una tecnologia rispetto all'altra;
4. nel caso di un utilizzo in "and" in contemporanea, bisogna fissare un punto di COP voluto, alcuni sistemi elettronici lo fanno, ove si setta tale parametro e la pompa di calore lavora sempre con tale parametro restituendo però una potenza decrescente con il decrescere della temperatura esterna, difficoltà quindi alla restituzione di dati effettivi di lavoro delle due tecnologie e nell'impiego effettivo della PDC nel coprire realmente il 55% richiesto dalla Legge;
5. in entrambi gli usi, "or" ovvero "and" dimensionamento della caldaia al 100% della richiesta termica e della pompa di calore a circa il 75% della richiesta termica per le considerazioni tecniche di seguito illustrate che influenzeranno, vedremo poi, la parte economica.

1.2 COSTI TERMICI DELL'ENERGIA ELETTRICA E DEL GAS METANO

Conoscere questi costi serve per poter valutare se costa meno riscaldare con una PDC oppure con una caldaia a gas metano all'interno di un sistema ibrido: caldaia che, per brevità, di seguito indicheremo solo col termine gas.

Costo kWh elettrico.

È il costo unitario di vendita dell'energia elettrica e dipende dalle condizioni di fornitura stipulate con l'ente erogatore.
Può dipendere solo dai consumi (tariffa monomia) oppure anche dall'impegnativo (tariffa binomia).

Costo kWh termico prodotto col gas.

Il costo del gas è normalmente costituito da una quota fissa (indipendente dai consumi) e da una quota correlata ai consumi. Il costo del suo kWh termico può essere calcolato con la seguente formula:

$C(kWh.g) = C_{gas} / PCI \times \eta$

dove:

C_{gas} = costo Nm³ gas

PCI = potere calorifico inferiore gas [kWh/Nm³]

η = rendimento di combustione

Il valore del potere calorifico inferiore è indicato, per legge, sui contratti di fornitura e sulle bollette di pagamento del gas.

Rapporto costi fra il kWh elettrico e il kWh gas

In termini algebrici, tale rapporto è così esprimibile:

$$R = C(kWh.e) / C(kWh.g)$$

Esplicitando il costo del [kWh.g] con la relazione di cui sopra, risulta:

$$R = C(kWh.e) \times PCI \times \eta / C_{gas}$$

dove:

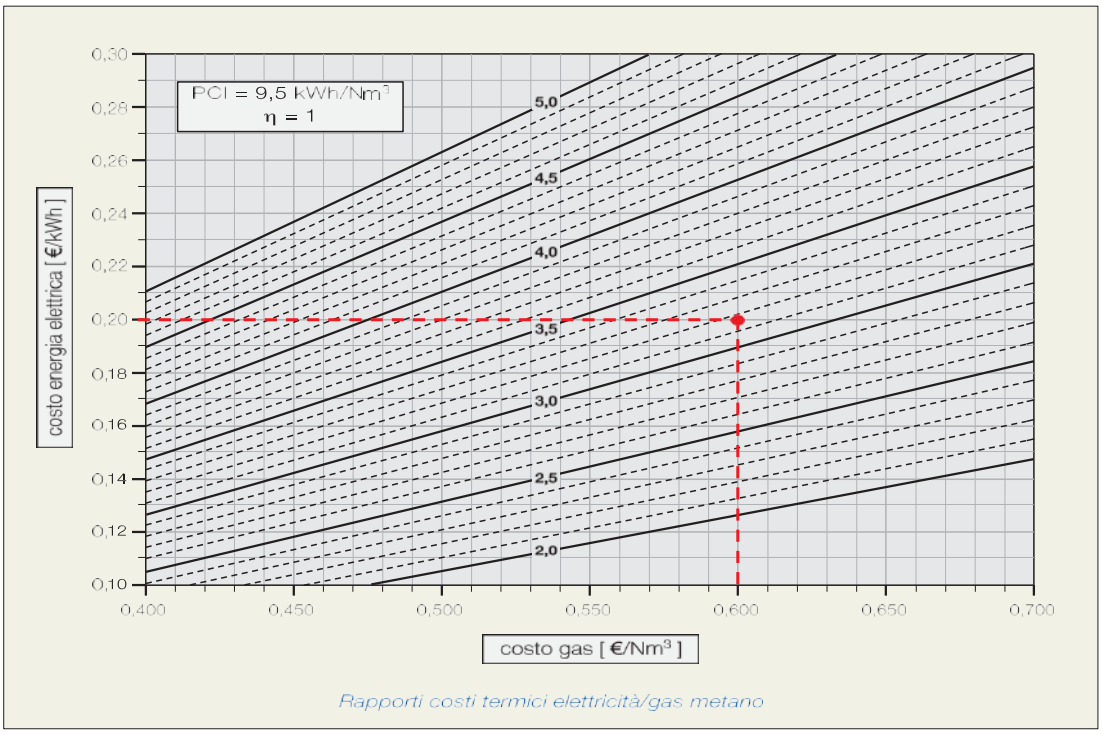
C(kWh.e) = costo kWh elettrico C_{gas} = costo Nm³ gas
PCI = potere calorifico inferiore gas [kWh/Nm³]
η = rendimento di combustione

I rendimenti di combustione variano generalmente nell'ambito dei seguenti valori:
η = 0,70÷0,80 caldaie vecchie
η = 0,90÷0,95 caldaie nuove non a condensazione
η = 0,95÷1,05 caldaie nuove a condensazione

Con accettabile approssimazione, il valore di R può essere determinato anche con il grafico riportato nella pagina seguente tratto da un quaderno "Caleffi" insieme alle basi della presente argomentazione.

Il grafico è sviluppato, in base ai costi dell'energia elettrica e del gas, ipotizzando:
- PCI = 9,50 kWh/Nm3 valore medio miscele gas vendute in Italia
- *η = 1*

Se η è diverso da quello ipotizzato, è sufficiente moltiplicare il valore di R per quello di *η* effettivo.



Relazione fra COP e R

In base alle definizioni di COP e di R, una PDC produce energia termica a minor costo di una caldaia solo se:

$$COP > R$$

In altri termini, è conveniente utilizzare una PDC, rispetto ad una caldaia a gas, solo se la PDC è in grado di lavorare con COP più elevati di R.
Il valore di R desunto da un esempio da me redatto può, con buona approssimazione, essere assunto pari a **3** come valore di riferimento del rapporto che sussiste attualmente in Italia fra i costi del kWh elettrico e del kWh termico prodotto col gas.
In Europa tale rapporto è generalmente più basso perché l'energia elettrica ha costi meno elevati. Ad esempio, in Francia, i costi del gas sono più o meno come i nostri, ma l'energia elettrica costa solo 0,10÷0,12 €/kWh. Il che comporta valori di R, e quindi di COP minimi, variabili da 1,5 a 1,8.
Inoltre, una pompa di calore è considerata produttrice di energia rinnovabile sei il suo COP medio stagionale SPF > 2,5.

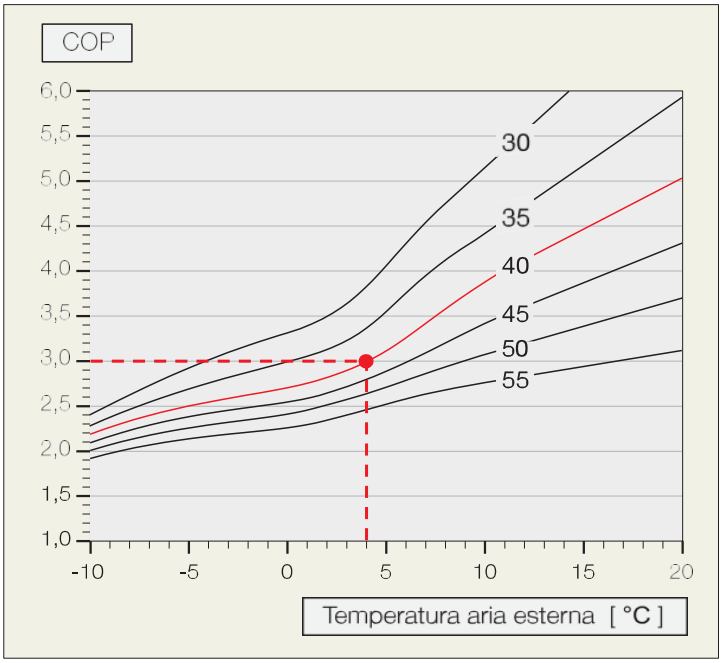
Ciò quindi ci impone sia nel sistema ibrido che in quello puramente a PDC di avere macchine con alte caratteristiche di rendimento con medie annuali di COP almeno sopra i 3.
(Vedremo in seguito come una macchina tipo ZUBADAN - MITSUBISHI risponda a tali requisiti).

1.3 IMPIANTI IBRIDI DIMENSIONAMENTO DELLE PDC

Si possono considerare due casi: il primo relativo agli impianti nuovi, il secondo agli impianti esistenti con caldaie a cui affiancare PDC. Noi adesso affronteremo solo il caso che ci interessa cioè il primo.
Questi i principali parametri e dati progettuali da considerare:

- coefficiente R che fissiamo almeno pari a 3 come ricavato precedentemente;
- temperatura di alternanza che poi vedremo come calcolare;
- calore erogabile alla temperatura di alternanza;
- scelta della PDC.

La temperatura di alternanza si determina, col diagramma COP/temperature del Produttore, in base alla temperatura di progetto della PDC e al COP minimo da assumere uguale al valore del coefficiente R. Ad esempio da un grafico generico di una PDC che segue:



Ad esempio, ipotizzando i seguenti valori: COP minimo = 3
Temperatura di progetto = 40°C
In base al diagramma sopra riportato, la temperatura di alternanza risulta uguale a +4°C.

Il calore invece erogabile alla temperatura di alternanza può essere determinato in base al fabbisogno termico dell'impianto (**Q_{imp}**) con la seguente formula:

$$Q_{pdc} = Q_{imp} \times (T_{int} - T_{alt}) / (T_{int} - T_{est})$$

dove:
Q_{pdc} = calore erogabile dalla PDC
Q_{imp} = fabbisogno termico impianto
T_{int} = temperatura aria interna
T_{est} = temperatura aria esterna di progetto
T_{alt} = temperatura di alternanza PDC-caldaia

Per la scelta della pompa di calore è consigliabile dimensionare la PDC in base alla temperatura di alternanza e ad una potenza elettrica superiore del 15-20% rispetto a quella richiesta per ottenere il calore di cui sopra. In tal modo si ha un margine di potenza utile per poter diminuire la temperatura di alternanza se, nel tempo, decresce il valore di R e quindi il valore del COP minimo.

Quindi facendo il caso presunto dei 69kW necessari, temperatura interna di 20°C, temperatura di alternanza pari a 4°C e temperatura esterna di -5°C con COP pari a 3 ne risulta che:

- Q_{pdc} = 69x(20-4)/(20+5) = 44,1 kW
- aumento del 20% elettrico che in base al COP di 3 darà una potenza pari a

W_{pdc} = (44,1x1,2)/3 = 17,64 kW elettrici
Come elementi di dettaglio si considera altresì:

1.4 SPAZI TECNICI NECESSARI PER IMPIANTO TERMICO

Premesso che non avendo ancora la possibilità di avere la richiesta termica e di acqua calda sanitaria (ACS) necessaria si può solo ipotizzare per aiutare i colleghi dell'architettonico, parametrizzando al mq di superficie una centrale termica. È importante sottolineare che nel caso di utilizzo di sole PDC non è necessario dividere la centrale termica da quella idrica, mentre lo è in caso contrario. Presupponendo quindi una dispersione di circa 40 - 45 W/mq avendo indicativamente una superficie da riscaldare di 1500 mq, la potenza necessaria sarà probabilmente di 67,5 kW. La formula applicabile è **$S = 1,5 \sqrt{P}$** con P potenza bruciata circa il 10% in più della potenza richiesta, pertanto sui 13 mq che per sicurezza possiamo considerare con forma regolare e pareti attrezzabili sui 15 mq.

1.5 COMPARAZIONE ECONOMICA DEL SISTEMA IBRIDO CON PDC

Facendo riferimento ad un impianto di riscaldamento centralizzato per un complesso edilizio di dimensioni pari a circa Si allega un computo metrico effettuato in parte con i prezzi del Prezziario Regione Abruzzo ed in parte con i prezzi di listino delle pompe di calore sia nel caso di efficienze normali che nel caso di efficienze particolari anche a basse temperature dell'aria esterna con rendimenti costanti e produzione di acqua calda garantita anche a -28°C (confrontando i prezzi di listino di una stessa marca per essere i più precisi possibile). Viene altresì calcolato il costo con un sistema a caldaia e solare termico con collettori esterni. Da tale confronto scegliendo quindi nel nostro caso macchine PDC ad alto rendimento per 69 KW di potenza termica ed il sistema ibrido per caldaia a 69 kW di potenza termica e PDC per potenza di 44 KW di potenza termica ossia con costi di gestione equivalenti, si riscontra che:

1. **nel caso del solare termico, il costo è il più elevato (€ 77.143,68)**
2. **nel caso PDC il costo è di € 62.378,03 mentre nel caso a sistema ibrido il costo è di € 57.096,25, ossia con una differenza a favore del sistema ibrido di € 5.281,78;**
3. **i costi di manutenzione sono inferiori nel primo caso (PDC) per la presenza di una sola tecnologia;**
4. **con PDC si ha un maggiore livello di sicurezza per l'assenza di una linea gas;**
5. **con PDC si ha una maggiore efficienza sulle risorse rinnovabili per la possibilità di operare sempre in condizioni di COP medio superiore in un range di basse temperature più ampio;**
6. **con PDC si ha una semplificazione dell'impianto con meno componenti suscettibili a problematiche;**
7. **con il sistema ibrido il costo di installazione teorico comprende locali specifici (soggetti a normativa antincendio), progettazione antincendio in quanto attività soggetta a Certificato di Prevenzione Incendi CPI e linea gas comprensivo di costi di allaccio.**

Pertanto, in termini complessivi, a parità di equivalenza di costi di gestione, vista l'esigua differenza di costo (circa € 5.000) ed essendo il sistema ibrido soggetto anche all'incidenza di costi realizzativi e burocratici aggiuntivi risulta maggiore ovvero, nella migliore delle ipotesi, al massimo equivalente.

In Allegato:

1. *CME suddiviso in ipotesi a solare termico, pompa di calore e sistema ibrido.*

/ MISURE / STIME / CONTABILITA' \

Comune di

Provincia di

OGGETTO	**CONFRONTO TRA COSTI SOLARE TERMICO + CALDAIA A CONDENSAZIONE E POMPA DI CALORE AEREOTERMICA ELETTRICA**
COMMITTENTE	

COMPUTO METRICO E STIMA

L'AQUILA	*01/08/2018*	PAG. 1

IL TECNICO

ING. MARCO A. TAZZI

ZED PROGETTI SRL
VIA PANFILO TEDESCHI N. 1 - 67100 L'AQUILA - ITALY - P.IVA 01819420660
TEL/FAX (+39) 086262641 - E-MAIL: studio@zedprogetti.it - http:www.zedprogetti.it

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	RIPORTO							
	LAVORI A MISURA							
	IMPIANTO A POMPA DI CALORE ZUBADAN (SpCat 2) **IMPIANTI TERMICI (Cat 7)**							
1 NP-ZED-IT 001 23/12/2015	PUHZ-SHW230YKA2 Unità esterna Zubadan capacità in riscaldamento 23,0 kW SpCat 2 - IMPIANTO A POMPA DI CALORE ZUBADAN unità esterne					3,00		
	SOMMANO cadauno					3,00	12´591,00	37´773,00
2 NP_ZED_IT 002 23/12/2015	ERSE-MEC Unità interna Hydrobox Reversibile large SpCat 2 - IMPIANTO A POMPA DI CALORE ZUBADAN Unità interne					3,00		
	SOMMANO ca					3,00	5´918,00	17´754,00
	A RIPORTARE							55´527,00

COMMITTENTE: LAVORI SISMA

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI par.ug.	lung.	larg.	H/peso	Quantità	IMPORTI unitario	TOTALE
	RIPORTO							55´527,00
	IMPIANTO SOLARE TERMICO (SpCat 1) **IMPIANTI IDRICI (Cat 6)**							
3 IM.060.010.180.a 23/12/2015	Gruppo termico murale a gas marcato CE per riscaldamento e acqua calda con scambiatore istantaneo, camera stagna, tiraggio forzato. Gruppo termico a gas per riscaldamento e produzi ... ISCALDAMENTO E ACQUA CALDA CON SCAMBIATORE ISTANTANEO,CAMERA STAGNA,TIRAGGIO FORZATO A CONDENSAZIONE - PU = 23,3 PA = 13 SpCat 1 - IMPIANTO SOLARE TERMICO CALDAIE IN CASCATA					3,00		
	SOMMANO cad					3,00	2´436,64	7´309,92
4 IM.020.010.010.d 23/12/2015	Condotto di esalazione ad elementi prefabbricati a monoparete metallica in acciaio inox AISI 304 o 316. Gli spessori delle lamiere variano da un minimo di mm 0,4 ad un massimo di m ... neari secondo apposita tabella. CONDOTTO DI ESALAZIONE MONOPARETE IN ACCIAIO INOX - Diametro interno del condotto mm 200 SpCat 1 - IMPIANTO SOLARE TERMICO Condotto di esalazione					8,00		
	SOMMANO m					8,00	148,73	1´189,84
5 IM.110.070.010.a 23/12/2015	COLLETTORE SOLARE AD ACQUA COSTITUITO DA PIASTRA ASSORBENTE CON TUBI PER ACQUA Collettore solare ad acqua calda costituito da piastra assorbente con canalizzazioni per l'acqua, pro ... coraggio e delle opere murarie necessarie all'installazione. Collettore solare ad acqua costituito da piastra assorbente SpCat 1 - IMPIANTO SOLARE TERMICO Copertura solare per il 35% di risorse rinnovabili					80,00		
	SOMMANO m²					80,00	496,56	39´724,80
6 IM.100.010.050.h 15/02/2017	Produttore di acqua calda sanitaria costituito da bollitore verticale in acciaio inox AISI 316, pressione max di esercizio 6,0 bar, con scambiatore fisso a serpentino in acciaio in ... °C non inferiore a: PA (l). BOLLITORE COIBENTATO IN ACCIAIO INOX, SCAMBIATORE FISSO IN ACCIAIO INOX - C = 1000 PA = 3850 SpCat 1 - IMPIANTO SOLARE TERMICO serbatoi per accumulo energia solare dai pannelli					4,0000		
	SOMMANO cad					4,0000	4´729,78	18´919,12
7 NP_CENTRALE TERMICA 15/02/2017	Realizzazione centrale termica con caratteristiche antincendio raccordi, valvolame, collettori, pompe di rilancio, eventuali pompe solari, linea alimentazione gas, coibentazione centrale termica per uso antincendio. norma ISPES SpCat 1 - IMPIANTO SOLARE TERMICO					1,00		
	SOMMANO cadauno					1,00	10´000,00	10´000,00
	A RIPORTARE							132´670,68

COMMITTENTE: LAVORI SISMA

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	RIPORTO							132´670,68
	IMPIANTO A POMPA DI CALORE ZUBADAN (SpCat 2) **IMPIANTI TERMICI (Cat 7)**							
8 NP_ZED_IT 003 23/12/2015	PAC-IF061B-E Scheda FTC 5 per controllo cascata SpCat 2 - IMPIANTO A POMPA DI CALORE ZUBADAN Centralina controllo pompe di calore in cascata					1,00		
	SOMMANO cadauno					1,00	1´495,00	1´495,00
	IMPIANTI IDRICI (Cat 6)							
9 IM.100.010.050.i 31/07/2018	Produttore di acqua calda sanitaria costituito da bollitore verticale in acciaio inox AISI 316, pressione max di esercizio 6,0 bar, con scambiatore fisso a serpentino in acciaio in ... °C non inferiore a: PA (I). BOLLITORE COIBENTATO IN ACCIAIO INOX, SCAMBIATORE FISSO IN ACCIAIO INOX - C = 1400 PA = 4900 SpCat 2 - IMPIANTO A POMPA DI CALORE ZUBADAN					1,00		
	SOMMANO cad					1,00	5´356,03	5´356,03
	A RIPORTARE							139´521,71

COMMITTENTE: LAVORI SISMA

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI par.ug.	lung.	larg.	H/peso	Quantità	IMPORTI unitario	TOTALE
	RIPORTO							139´521,71
	IMPIANTO IBRIDO (SpCat 3) **IMPIANTI TERMICI (Cat 7)**							
10 IM.060.010.180.a 23/12/2015	Gruppo termico murale a gas marcato CE per riscaldamento e acqua calda con scambiatore istantaneo, camera stagna, tiraggio forzato. Gruppo termico a gas per riscaldamento e produzi ... ISCALDAMENTO E ACQUA CALDA CON SCAMBIATORE ISTANTANEO,CAMERA STAGNA,TIRAGGIO FORZATO A CONDENSAZIONE - PU = 23,3 PA = 13 SpCat 3 - IMPIANTO IBRIDO CALDAIE IN CASCATA					3,00		
	SOMMANO cad					3,00	2´436,64	7´309,92
11 IM.020.010.010.d 23/12/2015	Condotto di esalazione ad elementi prefabbricati a monoparete metallica in acciaio inox AISI 304 o 316. Gli spessori delle lamiere variano da un minimo di mm 0,4 ad un massimo di m ... neari secondo apposita tabella. CONDOTTO DI ESALAZIONE MONOPARETE IN ACCIAIO INOX - Diametro interno del condotto mm 200 SpCat 3 - IMPIANTO IBRIDO Condotto di esalazione					10,00		
	SOMMANO m					10,00	148,73	1´487,30
12 NP_CENTRALE TERMICA 15/02/2017	Realizzazione centrale termica con caratteristiche antincendio raccordi, valvolame, collettori, pompe di rilancio, eventuali pompe solari, linea alimentazione gas, coibentazione centrale termica per uso antincendio. norma ISPES SpCat 3 - IMPIANTO IBRIDO					1,00		
	SOMMANO cadauno					1,00	10´000,00	10´000,00
	IMPIANTI IDRICI (Cat 6)							
13 IM.100.010.050.i 31/07/2018	Produttore di acqua calda sanitaria costituito da bollitore verticale in acciaio inox AISI 316, pressione max di esercizio 6,0 bar, con scambiatore fisso a serpentino in acciaio in ... °C non inferiore a: PA (l). BOLLITORE COIBENTATO IN ACCIAIO INOX, SCAMBIATORE FISSO IN ACCIAIO INOX - C = 1400 PA = 4900 SpCat 3 - IMPIANTO IBRIDO Bollitore per produzione a.c.s.					1,00		
	SOMMANO cad					1,00	5´356,03	5´356,03
	IMPIANTI TERMICI (Cat 7)							
14 NP_ZED_IT 002 01/08/2018	ERSE-MEC Unità interna Hydrobox Reversibile large SpCat 3 - IMPIANTO IBRIDO Unità interna pompa di calore dimensionata al 64% della necessità termica					2,00		
	SOMMANO ca					2,00	5´918,00	11´836,00
15 NP-ZED-IT 005 01/08/2018	PUHZ-SHW200YKA2 Unità esterna Ecodan capacità in riscaldamento 25,0 kW SpCat 3 - IMPIANTO IBRIDO Unità esterna dimensionata sulla temperatura di alternanza con potenza al 75% delle necessità termiche					2,00		
	SOMMANO cadauno					2,00	9´168,00	18´336,00
16 NP_ZED_IT 003 01/08/2018	PAC-IF061B-E Scheda FTC 5 per controllo cascata SpCat 3 - IMPIANTO IBRIDO					1,00		
	SOMMANO cadauno					1,00	1´495,00	1´495,00
17 NP_ZED_IT 004	Gruppo di integrazione per pompa di calore e caldaia. Composto da: - Valvola deviatrice. Corpo in ottone. Misure da DN 20 a DN 50. Attacchi 1" (da 1" a 2") M (ISO 228-1).							
	A RIPORTARE							195´341,96

COMMITTENTE: LAVORI SISMA

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	RIPORTO							195´341,96
01/08/2018	Passaggio ... sse di protezione: II. - Sonda di temperatura esterna. Campo di temperatura misurabile: -20÷45°C. Lunghezza cavo: 1,5 m. SpCat 3 - IMPIANTO IBRIDO gestione del sistema ibrido con idronica del caso					1,00		
	SOMMANO cadauno					1,00	817,00	817,00
18 NP_ZED_IT 005 01/08/2018	Kit di deviazione per pompa di calore e caldaia. Composto da: - Valvola deviatrice. Corpo in ottone. Misura DN 20. Attacchi 1" M (ISO 228-1). Passaggio sfera: totale. Corpo in otto ... a umidità 95%. - Kit di collegamento. Tubazione in rame. Misura 1" M (ISO 228-1). - Coibentazione in PE-X a celle chiuse SpCat 3 - IMPIANTO IBRIDO					1,00		
	SOMMANO ca					1,00	459,00	459,00
	Parziale LAVORI A MISURA euro							196´617,96
	TOTALE euro							196´617,96
	A RIPORTARE							

COMMITTENTE: LAVORI SISMA

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	IMPORTI TOTALE	incid. %
	RIPORTO		
	Riepilogo SUPER CATEGORIE		
001	IMPIANTO SOLARE TERMICO	77´143,68	39,235
002	IMPIANTO A POMPA DI CALORE ZUBADAN	62´378,03	31,725
003	IMPIANTO IBRIDO	57´096,25	29,039
	Totale SUPER CATEGORIE euro	196´617,96	100,000
	A RIPORTARE		

COMMITTENTE: LAVORI SISMA

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	IMPORTI TOTALE	incid. %
	RIPORTO		
	Riepilogo CATEGORIE		
001	OPERE PROVVISIONALI	0,00	0,000
002	SICUREZZA	0,00	0,000
003	EDILIZIA OPERE CIVILI	0,00	0,000
004	IMPIANTI ELETTRICI	0,00	0,000
005	OPERE STRUTTURALI	0,00	0,000
006	IMPIANTI IDRICI	87'855,74	44,683
007	IMPIANTI TERMICI	108'762,22	55,317
008	IMPIANTI GAS METANO	0,00	0,000
009	IMPIANTI SOLLEVAMENTO	0,00	0,000
	Totale CATEGORIE euro	196'617,96	100,000
	L'AQUILA, 01/08/2018		
	Il Tecnico ING. MARCO A. TAZZI		
	A RIPORTARE		