

UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA



FACOLTÀ DI INGEGNERIA
CORSO DI LAUREA SPECIALISTICA IN
INGEGNERIA ENERGETICA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA MECCANICA
LABORATORIO DI TERMODINAMICA APPLICATA AI SISTEMI ENERGETICI
(UTTEI-TERM) – CENTRO RICERCHE ENEA CASACCIA (ROMA)



TESI DI LAUREA

**IMPIANTO SPERIMENTALE PER LA VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI DI UNA
POMPA DI CALORE AD R744 (CO₂).**
PRIMI RISULTATI RELATIVI ALLA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.

Relatore:

Ch.mo Prof. Giuseppe OLIVETI

Candidata:

Paola ROVELLA Matricola: 137374

Correlatore:

Ing. Nicolandrea CALABRESE

Anno Accademico 2010-2011

Indice generale

Sommario	5
CAPITOLO I	7
L'ANIDRIDE CARBONICA COME FLUIDO REFRIGERANTE	7
1.1. Introduzione	7
1.1.1. Fluidi refrigeranti tradizionali	10
1.1.2. Fluidi refrigeranti alternativi	14
1.2. Cenni storici sull'utilizzo dell'anidride carbonica	16
1.3. Proprietà termodinamiche della CO ₂	19
1.4. Vantaggi	23
1.5. Svantaggi	30
1.6. Il ciclo frigorifero ad anidride carbonica tradizionale	31
1.6.1. La pompa di calore per il condizionamento	31
1.6.2. Il ciclo	38
1.7. Il ciclo transcritico ad anidride carbonica	39
1.8. Limiti del ciclo transcritico ad anidride carbonica	43
1.9. I metodi per l'aumento dell'efficienza energetica: schemi tipici d'impianto	47
1.10. Settori applicativi dell'anidride carbonica	50
1.10.1. Pompe di calore per riscaldamento di ambienti e produzione di acqua calda sanitaria	52
Sistema di riscaldamento CO ₂ ECO Sanyo	57
Sistemi VRV con refrigerante CO ₂ RXYN-A Daikin	59
Pompa di calore a CO ₂ VITOCAL 350-HT VIESSMANN	61
1.10.2. Condizionamento di autoveicoli	64
1.10.3. Unità di condizionamento per usi militari	69
1.10.4. Impianti frigoriferi per la refrigerazione commerciale	71
1.10.5. Essiccatori d'aria	75
1.10.6. Distributori automatici di bevande	76

1.10.7. Sistemi avanzati di pompe di calore acqua-acqua a CO ₂	78
1.11. Bibliografia	83
CAPITOLO II.....	86
SCelta E DIMENSIONAMENTO DELLA POMPA DI CALORE A CO ₂	86
2.1 Introduzione.....	86
2.2 Scelta del circuito frigorifero della pompa di calore a CO ₂	88
2.3 Scelta della taglia della pompa di calore a CO ₂	95
2.3 Bibliografia	99
CAPITOLO III.....	100
ALLESTIMENTO DELL'IMPIANTO AI.CO.WA.....	100
3.1 Introduzione	100
3.2 Componenti principali dell'impianto	104
3.2.1 Pompa di calore acqua-acqua a CO ₂	105
Compressori	117
Scambiatori di calore interni alla pompa di calore	120
3.2.2 UTA (Unità di Trattamento Aria)	129
3.2.3 Pompe di circolazione	137
3.2.4 Dry - Cooler	140
3.2.5 Serbatoi inerziali	142
3.2.6 Scambiatori di calore a piastre	145
3.2.7 Locale asservito all'impianto di climatizzazione.....	147
3.2.8 Collettori solari (sola predisposizione).....	154
3.3 Strumentazione e sistema di acquisizione dati, controllo e gestione impianto.....	155
3.3.1 Strumentazione di misura.....	160
3.3.2 Regolazione e gestione dell'impianto: BX EINSTEIN.....	178
3.3.3 Sistema di monitoraggio della pompa di calore: TelevisNet 4.0.....	188
3.4 Bibliografia	190

CAPITOLO IV	191
RILIEVO E ANALISI DATI SPERIMENTALI	191
4.1 <i>Introduzione</i>	191
4.2 <i>Rilievo dati sperimentali</i>	192
4.3 <i>Analisi dei dati sperimentali</i>	247
4.4 <i>Tracciamento del ciclo termodinamico a COP massimo</i>	266
CAPITOLO V	272
VERIFICA DELLE PRESTAZIONE DELLA POMPA DI CALORE IN FUNZIONAMENTO POLIVALENTE.....	272
5.1 <i>Introduzione</i>	272
5.2 <i>Analisi dati sperimentali</i>	272
CAPITOLO VI	275
CONSIDERAZIONI ECONOMICHE SULLA CONVENIENZA DI UNA POMPA DI CALORE A CO ₂ ..	275
6.1 <i>Introduzione</i>	275
6.2 <i>Caso applicativo</i>	278
6.3 <i>Bibliografia</i>	281
Conclusioni	282

Sommario

Il seguente lavoro di tesi descrive la realizzazione, il funzionamento e le prestazioni di un impianto di climatizzazione con pompa di calore a R744 (CO₂) durante il funzionamento invernale (riscaldamento ambienti). Tale impianto ben si colloca nello scenario legislativo attuale: dal 31/5/2012 entreranno in vigore gli obblighi del Decreto Legge 3.3.2011 n. 28 che promuove l'uso delle energie rinnovabili. Il nuovo decreto recepisce la direttiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo sull'impiego delle fonti rinnovabili, stabilendo le percentuali minime del loro impiego in relazione al fabbisogno termico totale degli edifici, cioè al fabbisogno richiesto per la loro climatizzazione, invernale ed estiva, e per la produzione di ACS (acqua calda sanitaria). Con energie rinnovabili, finora si doveva coprire solo il 50% del fabbisogno termico annuo richiesto per la produzione di ACS. Con il nuovo decreto, invece, si dovrà, fin dalla sua entrata in vigore, coprire il 20% del fabbisogno termico totale e poi, nel 2017, il 50%.

Valori, questi, che sono molto più elevati di quelli finora richiesti e che generalmente comportano soluzioni assai diverse da quelle finora adottate. Ed in merito è molto probabile che le soluzioni più convenienti siano quelle che prevedono l'uso di due fonti d'energia, in particolare quelle che prevedono l'uso di caldaie e di pompe di calore.

In particolare, da un punto di vista più strettamente ambientale, l'impianto, oltre ad essere servito da una pompa di calore, realizza anche la sostituzione dei tipici refrigeranti con un fluido naturale (CO₂) che consentirebbe di ridurre o addirittura annullare gli effetti negativi sul buco dell'ozono in caso di dispersione del fluido frigorifero nell'atmosfera. Attualmente è in crescita la tendenza ad utilizzare la CO₂ (R744) come refrigerante unitamente all'uso di pompe di calore le quali sono in grado di provvedere alla produzione di acqua ad alta temperatura e di acqua refrigerata, nonché al condizionamento degli ambienti.

Tale lavoro di sperimentazione è stato svolto presso il Centro Ricerche ENEA (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile) nella sede di Casaccia (Roma) presso il laboratorio UTTEI-TERM. In particolare, l'impianto viene

identificato con l'acronimo AI.CO.WA (Air Conditioning with HP CO₂ Water-water). L'impianto è situato presso l'area Capanna del centro ricerche.

Nella prima parte dell'elaborato è stato analizzato il problema ambientale nel settore della refrigerazione illustrando le motivazioni che hanno portato alla scelta dell'anidride carbonica come fluido refrigerante, citandone la storia, le caratteristiche e i cicli in cui viene impiegata. La seconda parte della tesi è stata dedicata all'impianto AI.CO.WA per quanto concerne la progettazione, il dimensionamento e la realizzazione. Terza ed ultima parte dell'elaborato riguarda la sperimentazione dell'impianto al fine di determinarne le prestazioni, quindi il COP della pompa di calore, nella climatizzazione invernale, al variare della temperatura dell'acqua in ingresso alla macchina.

Per la caratterizzazione della pompa di calore è stata allestita una facility in un edificio sperimentale, altamente strumentato: la realizzazione della facility ha come finalità la verifica delle prestazioni energetiche di questa soluzione impiantistica.

Tale attività rientra nel progetto "Studi e valutazioni sull'uso razionale dell'energia: Utilizzo dell'energia elettrica e solare per la climatizzazione estiva" che fa parte delle attività della Ricerca di Sistema Elettrico, Accordo di Programma MISE(Ministero dello Sviluppo Economico)-ENEA anno 2011-2012. L'obiettivo di tale progetto è definire e sviluppare un sistema di produzione integrato che sia robusto, competitivo e di riferimento per il "sistema Italia", in grado di assolvere l'intero compito della climatizzazione estiva e invernale.