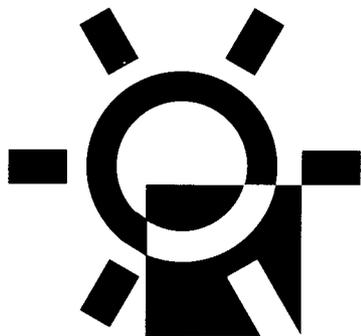


# **Energie rinnovabili in agricoltura: condizioni di base per la progettazione**

**Ricupero di calore  
dall'aria della stalla  
e collettori solari  
per la ventilazione del fieno**

**Energie rinnovabili**



**PACER**

**Ufficio federale dei problemi congiunturali**

### **Energie rinnovabili in agricoltura: condizioni di base per la progettazione**

L'utilizzo dell'energia solare nell'agricoltura con la produzione alimentare alla biomassa o la conservazione del foraggio nell'essiccazione dell'erba non è soltanto una vecchia tradizione.

*Grazie alle nuove tecnologie le fonti energetiche rinnovabili possono dare un contributo essenziale per l'approvvigionamento energetico nell'agricoltura.*

In base a quanto sopra menzionato è stata elaborata la presente documentazione e sviluppata nell'ambito del torso PACER. La stessa tratta, a seconda dell'importanza, le tematiche del *ricupero di calore dall'aria della stalla con pompe termiche per il riscaldamento dell'abitazione, degli scambiatori di calore per il riscaldamento dell'aria di alimentazione, dei collettori solari per la ventilazione del fieno e nell'allegato del dimensionamento di impianti di biogas*. Questa documentazione rappresenta un valido aiuto per i consulenti nel settore agricolo, per i collaboratori / le collaboratrici di consorzi di bonifiche fondiari e studi d'ingegneria e di architettura disposti a sostenere la nuova via dell'approvvigionamento energetico. La stessa fornisce i necessari concetti di progettazione e le conoscenze per valutare l'impiego di collettori solari, impianti di ricupero di calore e di biogas in caso di trasformazione o nuova costruzione di un edificio. Nella fase di progettazione preliminare è quindi possibile, in base a queste chiarificazioni, valutare l'eventuale impiego di uno dei sistemi sia dal punto di vista ecologico che economico. I dati principali per il dimensionamento dei tre tipi di impianti vengono calcolati tramite programmi PC. Gli stessi sono illustrate dettagliatamente nell'appendice della pubblicazione e possono essere ordinati mediante il buono allegato, 1993, 123 pagine, N° di ordinazione 724.221 i (incluso 3 dischetti MS-DOS)

Fr. 38.--

# **Energie rinnovabili in agricoltura: condizioni di base per la progettazione**

**Ricupero di calore  
dall'aria della stalla  
e collettori solari  
per la ventilazione del fieno**

## **Ricupero di calore dall'aria viziata dell'ambiente della stalla**

### **Autori:**

Josef Brühlmeier, ZTL, 6048 Horw  
Kurt Egger, INFOSOLAR, 8356 Tänikon  
Wilfried Gobel, FAT, 8356 Tänikon  
Hanspeter Pfenninger, Konvekta SA,  
9015 San Gallo-Winkeln

### **Collaborazione:**

Josef Penasa, Alfa Laval, 6210 Sursee

### **Programma PC:**

**Wilfried Gobel, FAT, 8356 Tänikon (concetto)**  
**Daniel Stutz, FAT, 8356 Tänikon (programmazione)**

## **Collettori solari per la ventilazione del fieno**

### **Autori:**

Jürg Baumgartner, FAT, 8356 Tänikon  
Franz Nydegger, FAT, 8356 Tänikon

### **Collaborazione:**

**Josef Eugster, costruzioni in legno, 8376 Fischingen**

### **Programma PC:**

Jürg Baumgartner, FAT, 8356 Tänikon (concetto e  
programmazione)

## **Impianti di biogas**

### **Programma PC:**

Kurt Egger, INFOSOLAR, 8356 Tänikon (concetto)  
Andreas Fritschy, informatica ambientale,  
8031 Zurigo (programmazione)

### **Redazione**

Kurt Egger, INFOSOLAR, 8356 Tänikon

### **Mandatari:**

CCA Centrale di Consulenza Agricola di Lindau  
ATS Associazione Tecnica Svizzera

Copyright © Ufficio federale dei problemi congiunturali, 3003 Berna, luglio 1991.

La riproduzione di estratti è autorizzata con citazione della fonte. Distribuzione: Ufficio federale degli stampati e del materiale, Berna.

# Introduzione

Il programma d'azione «costruzione ed energia» ha una durata di sei anni (1990-1995) ed è articolato nei tre programmi d'impulso (Pi) seguenti:

- PI EDIL - manutenzione e rinnovamento
- RAVEL - uso razionale dell'elettricità
- PACER - energie rinnovabili.

I programmi d'impulso, eseguiti in stretta collaborazione con l'economia, la scuole e la Confederazione, intendono promuovere il processo per la creazione di un valore aggiunto qualitative.

Lo stesso è caratterizzato dall'uso minimale di materie prime ed energie non rinnovabili come pure da una diminuzione del carico ambientale e di conseguenza un investimento maggiore in capacità creative.

L'attività prioritaria del programma PACER è l'incentivazione progressive delle energie rinnovabili. Malgrado le grandi potenzialità esistenti il contributo attuale in energie rinnovabili, ad eccezione dell'energia idraulica, è minimo. Il programma PACER deve quindi

- incentivare l'applicazione con una proporzione costi/utilizzo migliore
- fornire agli ingegneri, architetti ed installatori le necessarie conoscenze,
- introdurre una diversa concezione economica che includa i costi esterni (carico ambientale, ecc.) come pure
- informare ed istruire Autorità e costruttori.

**Corsi, giornate di studio, pubblicazioni, video, ecc.**

**Gli obiettivi del programma PACER devono essere realizzati mediante la formazione,** il perfezionamento e l'informazione. La trasmissione delle conoscenze è indirizzato verso l'uso pratico quotidiano. La stessa si basa soprattutto su pubblicazioni, corsi e giornate di studio. I destinatari sono in prevalenza ingegneri, architetti, installatori come pure persone attive in determinate professioni specializzate nel settore delle energie rinnovabili.

Anche la diffusione di conoscenze generali e un elemento importante del programma. Le stesse devono stimolare sia costruttori che architetti, ingegneri nonché i rappresentanti delle Autorità.

Gli interessati possono ottenere le informazioni dettagliate nella rivista IMPULSO in cui l'offerta in possibilità di perfezionamento e diversificato per rami professionali e secondo categorie di destinatari. Questo periodico è pubblicato due-tre volte all'anno ed è otteni-

bile gratuitamente in abbonamento presso l'Ufficio federale dei problemi congiunturali, 3003 Berna (anche in francese ed italiano). Ogni partecipante ai corsi o giornate di studio riceverà una documentazione. La stessa è costituita principalmente da pubblicazioni specializzate elaborate specificatamente per questa occasione. Queste pubblicazioni possono anche essere richieste, indipendentemente dalla partecipazione ai corsi, direttamente all'Ufficio federale degli stampati e del materiale, 3000 Berna.

## Competenze

Per affrontare questo ambizioso programma di formazione è stato scelto un concetto di organizzazione e elaborazione che garantisce, accanto al contributo competente di specialisti, anche l'osservanza del principio di coordinamento delle materie come pure il necessario sostegno delle associazioni professionali e delle scuole che sono attive in questi settori. Una commissione, composta da rappresentanti delle associazioni, scuole ed organizzazioni interessate, stabilisce il contenuto del programma ed assicura il coordinamento con le altre attività volte ad un sempre maggiore utilizzo delle energie rinnovabili. Le organizzazioni di categoria sono responsabili dell'attuazione del perfezionamento e dell'informazione. La progettazione e per contro demandata al gruppo di lavoro della direzione del programma (Dr. Jean-Bernard Gay, Dr. Charles Filleux, Jean Graf, Dr. Arthur Wellinger, Irene Wullemin, UFC) con la supervisione di Eric Mosimann, UFC. L'elaborazione concettuale viene demandata ai gruppi di lavoro che devono risolvere i problemi specifici nei contenuti, nei tempi e nei costi.

## Documentazione

La presente documentazione tratta le due tematiche del recupero di calore dall'aria (viziata dell'ambiente) della stalla (pompe termiche per il riscaldamento di abitazioni e scambiatori di calore per il riscaldamento dell'aria di alimentazione) e dei collettori solari per la ventilazione del fieno. La stessa descrive e spiega le condizioni di base per il dimensionamento, la progettazione e l'esecuzione di impianti. Nell'appendice è descritto e spiegato in modo dettagliato il cardine per il dimensionamento degli impianti rappresentato dai programmi PC.

Questi programmi PC possono essere ordinati con il buono allegato alla presente documentazione.

Nell'appendice 3 viene trattato il programma PC per il

dimensionamento di impianti di biogas. Le condizioni principali per il dimensionamento, la progettazione e l'esecuzione di questi impianti sono riassunti nel manuale «biogas»(nuova edizione rielaborata, 1991). Lo stesso può essere richiesto alle librerie o direttamente alla casa editrice Wirz SA in Aarau, rispettivamente presso la INFOSOLAR in Tänikon.

La presente documentazione ed i programmi PC sono indirizzati ai tecnici attivi nel settore agricolo (architetti, ingegneri), consulenti e personale addetto al

perfezionamento nonché a collaboratori di consorzi di bonifiche fondiari.

Un ringraziamento particolare va ai collaboratori che hanno contribuito in maniera determinante alla buona riuscita di questa pubblicazione.

Agosto 1991

Dr. H. Kneubühler  
Vice-Direttore dell'Ufficio federale  
dei problemi congiunturali

# Indice

## Parte 1<sup>a</sup>: Ricupero di calore dall'aria viziata dell'ambiente della stalla 8

<b>1.</b>	<b>Clima nella stalla</b>	<b>8</b>
1.1	In generale	8
1.2	Bilancio termico	9
1.3	Ventilazione della stalla	10
1.4	Programma PC	11

---

<b>2.</b>	<b>Pompe termiche</b>	<b>14</b>
2.1	Principio di funzionamento delle pompe termiche	14
2.2	Panoramica sul sistema	18
2.3	Coefficiente di lavoro e flusso energetico	22
2.4	Materiali	25
2.5	Utilizzo del calore	27
2.6	Costi d'investimento e d'esercizio	30
2.7	Progettazione	31
2.8	Esempi di impianti	33

---

<b>3.</b>	<b>Scambiatore di calore</b>	<b>38</b>
3.1	Introduzione	38
3.2	Definizioni	38
3.3	Corrosione e sporcizia	39
3.4	Sistemi di scambiatori di calore	40
3.5	Dimensionamento degli impianti di ricupero di calore	44
3.6	Economicità	46
3.7	Esempi di impianti	47

---

## Parte 2<sup>a</sup>: Collettori solari per la ventilazione del fieno 52

<b>1.</b>	<b>Ventilazione del fieno</b>	<b>52</b>
1.1	In generale	52
1.2	Progettazione di una ventilazione per il fieno	53
1.3	Scelta del ventilatore	58
1.4	Ulteriori criteri per la scelta	62

---

<b>2.</b>	<b>Considerazioni generali sui collettori solari</b>	<b>64</b>
2.1	Energia solare disponibile	64
2.2	Modalità di funzionamento	64
2.3	Collettori con copertura trasparente	65
2.4	Collettori con copertura opaca	66
2.5	Parametri importanti per i collettori solari	68

---

<b>3.</b>	<b>Progettazione di impianti di collettori solari</b>	<b>70</b>
3.1	Decorso della progettazione	70
3.2	Superfici utilizzabili dei tetti ed esposizione	71
3.3	Conduzione ideale dell'aria	73
3.4	Lunghezze di aspirazione differenziate	76
3.5	Calcolo dell'altezza del canale con il programma PC	76
3.6	Canale di raccolta	77
3.7	Canali d'aria	77
<hr/>		
<b>4.</b>	<b>Costruzione di impianti di collettori solari</b>	<b>80</b>
4.1	Collettori	80
4.2	Canale di raccolta	82
4.3	Canali d'aria	85
4.4	Locale del ventilatore	86
4.5	Forme speciali	87
<hr/>		
<b>5.</b>	<b>Costi d'investimento</b>	<b>90</b>
<hr/>		
	<b>Bibliografia</b>	<b>94</b>
<hr/>		
	<b>Allegati</b>	<b>96</b>
	Allegato 1: programma PC clima della stalla	96
	Allegato 2: programma PC collettori solari	108
	Allegato 3: programma PC biogas	114
<hr/>		
	<b>Buono per programmi PC</b>	<b>123</b>
<hr/>		

# **Parte 1<sup>a</sup>: Ricupero di calore dall'aria viziata dell'ambiente della stalla**

## **1. Clima della stalla**

---

<b>1.1</b>	<b>In generale</b>	<b>8</b>
<b>1.2</b>	<b>Bilancio termico</b>	<b>9</b>
<b>1.3</b>	<b>Ventilazione della stalla</b>	<b>10</b>
<b>1.4</b>	<b>Programma PC</b>	<b>11</b>

---

# 1. Clima della stalla

## Valori indicative - valori limite per il clima della stalla

(«Norma svizzera per il clima della stalla», 1983)

umidità relativa dell'aria	70-80 %
temperature della stalla (secondo la specie d'animale)	0-30°C
contenuto di anidride carbonica	3500 ppm
contenuto di ammoniaca	10 ppm
contenuto di idrogeno solforato	5 ppm
velocità relativa dell'aria	inverno 10 cm/s estate 50 cm/s

## 1.1 In generale

La definizione di «clima della stalla» è riferita allo stato dell'aria esistente nella stalla. È possibile descrivere e misurare questo stato attraverso la temperatura dell'aria, l'umidità relativa ed il contenuto in gas nocivi. Lo stato dell'aria nella stalla deve sempre essere tale da garantire agli animali il mantenimento del loro metabolismo con un minimo consumo energetico. Per questo motivo anche in condizioni atmosferiche estreme, come ad esempio in inverno o in piena estate, certi valori limite della temperatura, dell'umidità relativa dell'aria, del contenuto di anidride carbonica nonché della velocità relativa dell'aria nella stalla, devono essere mantenuti. Alcuni di questi valori-limite variano a seconda della specie o dimensione dell'animale. Gli stessi sono fissati nelle Norme sul clima della stalla.

Per regolare questo clima esistono svariate possibilità: ventilazione naturale mediante finestre o camini e ventilazione meccanica mediante ventilatori. A differenza di quanto succede negli edifici abitativi o industriali, nella stalla con animali viene prodotta una grande quantità di calore, di CO<sub>2</sub> e di vapore acqueo. Il dimensionamento dell'impianto di ventilazione deve quindi essere fatto in modo che il calore prodotto, l'anidride carbonica ed il vapore acqueo possano essere asportati. Contemporaneamente bisogna far sì che in inverno la temperatura nelle stalle riscaldate non si abbassi al di sotto dei valori indicati. Per il calcolo del clima nella stalla vengono determinate le portate d'aria necessarie per l'asportazione del vapore acqueo e del CO<sub>2</sub>. Dal bilancio termico risulta quindi se il calore esistente basta per garantire la temperatura richiesta.

In caso di bilancio positivo si possono aumentare le portate d'aria mentre nel caso contrario è necessario installare un riscaldamento supplementare od uno scambiatore di calore. In ogni caso è anche possibile migliorare l'involucro della costruzione (miglioramento dell'isolamento, riduzione del numero di finestre e delle superfici della stalla).

Un'eccezione costituiscono le cosiddette stalle fredde nelle quali, grazie alle grandi aperture per l'aria di ventilazione e l'aria di alimentazione, si ottiene un ricambio d'aria molto elevato (ad es. stalle con facciate aperte) ed è quindi possibile ottenere un clima ottimale per quasi tutte le specie di animali.

In queste stalle la temperature si avvicina molto alla temperature esterna, il che comporta un aumento delle prestazioni del personale e degli impianti tecnici.

## 1.2 Bilancio termico

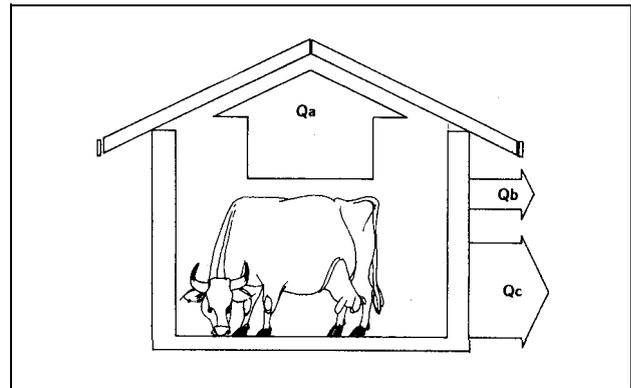
Il bilancio termico in una stalla non riscaldata dipende dal calore emesso dagli animali, dalle perdite termiche per trasmissione e per ventilazione.

Bilancio termico = calore dell'animale - perdite per trasmissione - perdite per ventilazione.

Calore dell'animale: ogni animale produce una determinate quantità di calore, che è composto da calore sensibile e calore latente (vapore acqueo). Mentre la quantità complessiva di calore prodotto rimane praticamente costante entro i limiti estremi della temperatura, le singole componenti (calore sensibile e calore latente) dipendono fortemente dalla temperatura medesima. La suddivisione del calore complessivo in calore sensibile (contenuto di energia dell'aria) e calore latente (contenuto di energia del vapore acqueo) è importante per la formazione di vapore acqueo e per il calcolo del bilancio termico.

Le perdite per la trasmissione nella stalla dipendono sia dal tipo di costruzione che dalle differenze di temperature. Per le temperature esterne ed interne indicate è possibile calcolare le perdite per trasmissione in base ai valori-k dei singoli elementi costruttivi.

Le perdite per ventilazione vengono stabilite mediante le quantità d'aria necessarie. Le quantità d'aria vengono calcolate sia per l'asportazione del vapore acqueo (scala del vapore acqueo) che per l'asportazione del CO<sub>2</sub> (scala del CO<sub>2</sub>). Il sistema di ventilazione invernale deve essere eseguito in base alla quantità maggiore delle due. Le perdite per ventilazione risultano dal riscaldamento di questa quantità d'aria, per passare dalla temperature esterna a quella interna.



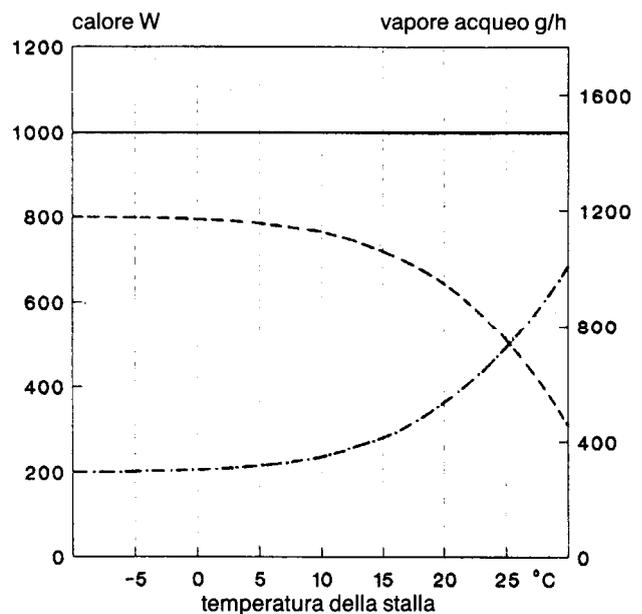
$$\text{Bilancio termico} = Q_a - Q_b - Q_c$$

$Q_a$ : emissione termica degli animali (parte sensibile)

$Q_b$ : perdite termiche per la trasmissione

$Q_c$ : perdite termiche per la ventilazione.

### Emissione termica di una vacca da latte



--- emissione di calore complessiva in Watt  
calore sensibile (contenuto di energia dell'aria)  
in Watt

-- calore latente (contenuto di energia del vapore acqueo)  
in Watt; corrisponde alla quantità di vapore acqueo  
in g/h.

1000 Watt corrisponde all'incirca all'emissione termica complessiva di una vacca da latte di 500 kg. L'emissione di anidride carbonica è di ca. 160 l per ora entro i limiti estremi della temperatura.

#### Valore limite CO<sub>2</sub>

In base all'esperienza si può supporre che il valore limite CO<sub>2</sub> di 3500 ppm può essere superato per qualche ore senza che gli animali subiscano dei danni alla salute. Il valore relativo alla concentrazione massima ammessa sul posto di lavoro (VMC) di 5000 ppm per persona è un'ulteriore dimostrazione di quanto affermato. Con l'impiego di pompe termiche per la circolazione dell'aria possono essere raggiunte delle rendite termiche maggiori aumentando il contenuto ammesso di CO<sub>2</sub>. Per il calcolo e l'installazione di questi impianti è raccomandato un valore limite di CO<sub>2</sub> di 5000 ppm.

#### Valori indicative per l'emissione termica e quantità d'aria per i vari tipi di animali

	peso (kg)	emissione termica (w)	quantità d'aria invernale (m <sup>3</sup> /h)	quantità d'aria estiva (m <sup>3</sup> /h)
vacca	500	1000	50	500
manzo	200	400	20	200
manzo	400	800	40	400
vitello	100	200	10	100
scrofa da riproduzione	200	400	20	200
maiale da ingrasso	100	200	10	100
maialini	20	80	4	40

## 1.3 Ventilazione della stalla

Le quantità d'aria necessarie sono molto variabili durante l'arco di un anno.

In inverno, per animali piccoli, il calore proprio non è sufficiente per raggiungere la temperatura richiesta nella stalla. Il dimensionamento dell'impianto di ventilazione deve quindi essere tale da non superare il contenuto di CO<sub>2</sub> del 0,35% (all'ora fino al 0,5%) e l'umidità relativa dell'aria del 70 o 80% (a seconda del tipo di animale). In molti casi la carenza di calore può essere compensata mediante l'impiego di scambiatori di calore (vedi cap. 3).

Con l'impiego di pompe termiche ad aria ricircolata (vedi cap. 2.2.) il vapore acqueo si condensa nell'evaporatore ed è quindi possibile, di regola, mantenere l'umidità relativa dell'aria al di sotto dell'80%. In tal caso la ventilazione si effettua sempre in base alla scala del CO<sub>2</sub>. Una pompa termica ad aria ricircolata può essere utilizzata nelle stalle a bassa temperatura (ad esempio 10°C nelle stalle per le vacche).

Quando il calore nella stalla è sufficiente, soprattutto nella mezza stagione, le quantità d'aria vengono aumentate per evitare un innalzamento della temperatura. Contemporaneamente si migliora il clima nella stalla (rarefazione di gas nocivi).

In estate, per poter asportare il calore prodotto, sono necessarie delle quantità d'aria fino a dieci volte superiori rispetto quelle necessarie in inverno. Il calcolo dev'essere fatto in modo che la temperatura nella stalla non superi di 2°C (suini, pollame), rispettivamente di 3°C (vacche, buoi) al massimo la temperatura esterna.

Il sistema di ventilazione deve poter rispondere sia alle esigenze estive che a quelle invernali. Ciò significa che occorre una regolazione delle quantità d'aria tra il 10 ed il 100%. I ventilatori permettono di progettare un sistema di ventilazione con la quantità d'aria necessaria per i periodi estivi. Mediante la regolazione del numero di giri dei ventilatori o/e di valvole a farfalla si può ridurre il flusso volumetrico fino alla quantità d'aria necessaria in inverno. Il dimensionamento dei ventilatori a gravità è più ridotto. Per l'esercizio nei periodi estivi si rendono quindi necessario delle aperture di aerazione supplementari (finestre, portoni).

## 1.4 Programma PC

Per il calcolo del clima nella stalla è disponibile un programma per il personal-computer. Come dati d'immissione occorrono i tipi e le quantità degli animali e le indicazioni sull'involucro della stalla. Il programma esegue quindi il calcolo delle quantità d'aria necessarie ed il bilancio termico per un clima ottimale della stalla.

Il programma permette di stabilire i valori per qualsiasi temperatura esterna e per qualsiasi umidità relativa dell'aria. Esiste inoltre la possibilità di modificare le condizioni nella stalla (temperatura, umidità) e l'emissione termica degli animali. I dati inseriti ed i rispettivi risultati possono essere stampati e memorizzati per usi futuri.

E inoltre possibile calcolare le variazioni del bilancio termico derivanti dall'impiego di uno scambiatore di calore e la potenza di una pompa termica (vedi descrizione dettagliata del programma nell'allegato 1).

### Emissione termica degli animali

Secondo la Norma svizzera sul clima nella stalla, i valori delle emissioni termiche non corrispondono più alla realtà odierna. Ciò deriva dal fatto che, ad esempio, per le vacche da latte è stata calcolata una capacità di produzione di soli otto litri al giorno. La più recente proposta di Norma DIN 18910 considera invece una produzione giornaliera di 15 litri. Il programma PC ed i calcoli allegati a questa documentazione si basano sul metodo di calcolo del CIGR del 1984, che risponde alle condizioni generali stabilite sia dalla Norma tedesca che da quella austriaca.

### Esempi relativi al calcolo del clima della stalla

genere di stalla	stalla riscaldata	stalla fredda
altitudine sul livello del mare (m)	1350	480
superficie (m <sup>2</sup> )	128	45
patrimonio zootecnico	15 vacche da latte 20 vitelli da allevamento	9 buoi da ingrasso
temperatura stalla (°C)	10	-5
umidità relativa dell'aria (%)	80	90
temperatura esterna (°C)	-20	-11
umidità relativa dell'aria (%)	100	80
calore complessivo (W)	21125	7470
emiss. di vapore acqueo (g/h)	7846	2418
emiss. di anidride carbonica (l/h)	3443	1218
quantità d'aria: inverno (m <sup>3</sup> /h)	1158	1738
estate (m <sup>3</sup> /h)	12710	4018
calore sensibile (W)	16275	5975
perdite per trasmissione (W)	4764	2268
perdite per ventilazione (W)	10229	3632
bilancio termico (W)	1282	75

(I valori indicative per la scelta delle umidità relative dell'aria sono illustrate nell'allegato 1).



## 2. Pompe termiche

---

<b>2.1</b>	<b>Principio di funzionamento delle pompe termiche</b>	<b>14</b>
2.1.1	Cosa si intende con una pompa termica?	14
2.1.2	Definizione dei concetti	16
2.1.3	Denominazione delle pompe termiche	17

---

<b>2.2</b>	<b>Panoramica sul sistema</b>	<b>18</b>
2.2.1	Pompa termica aria/acqua e pompa termica acqua/acqua	18
2.2.2	Ricupero di calore dall'aria ricircolata	21
2.2.3	Ricupero di calore dall'aria di smaltimento	21

---

<b>2.3</b>	<b>Coefficiente di lavoro e flusso energetico</b>	<b>22</b>
2.3.1	Coefficiente annuale di lavoro $\beta$	22
2.3.2	Flusso energetico	24

---

<b>2.4</b>	<b>Materiali</b>	<b>25</b>
2.4.1	Pompa termica	25
2.4.2	Carrozzeria	25
2.4.3	Ventilatori	25
2.4.4	Evaporatore	25
2.4.5	Strumenti elettrici di comando e regolazione	25
2.4.6	Impianti ad evaporazione indiretta per la stalla	25
2.4.7	Canali d'aria	25
2.4.8	Pulizia	26

---

<b>2.5</b>	<b>Utilizzo del calore</b>	<b>27</b>
2.5.1	In generale	27
2.5.2	Fabbisogno di potenza calorica	27
2.5.3	Distribuzione del calore	28
2.5.4	Accumulatore termico	28
2.5.5	Regolazione	29
2.5.6	Acqua calda	29
2.5.7	Fabbisogno annuale di energia	30

---

<b>2.6</b>	<b>Costi d'investimento e d'esercizio</b>	<b>30</b>
2.6.1	Costi d'investimento	30
2.6.2	Costi d'esercizio	31

---

<b>2.7</b>	<b>Progettazione</b>	<b>31</b>
------------	----------------------	-----------

---

<b>2.8</b>	<b>Esempi di impianti</b>	<b>33</b>
2.8.1	Stalle per vacche e manzi	33
2.8.2	Stalle per l'ingrasso dei maiali	34

---

## 2. Pompe termiche

### 2.1 Principio di funzionamento delle pompe termiche

#### 2.1.1 Cosa si intende con una pompa termica ?

Una pompa termica è una macchina frigorifera che funziona sfruttando il flusso calorico derivante dalle alte temperature. Secondo VDI la definizione di «macchina frigorifera» è utilizzata come concetto generico per macchine termiche che a basse temperature assorbono un flusso calorico che viene poi ceduto, mediante un apporto energetico, a temperature più alte.

La macchina frigorifera può essere utilizzata in tre diverse maniere:

- quale macchina frigorifera
- quale pompa termica
- quale macchina frigorifera e pompa termica con doppia funzione (contemporaneamente o alternativamente).

Ancora più interessante è l'applicazione del sistema in cui è utilizzato sia l'effetto di raffreddamento che il calore prodotto come ad esempio:

- il raffreddamento di locali con il riscaldamento dell'acqua
- la deumidificazione di locali con il riscaldamento dell'acqua
- il raffreddamento e l'essiccazione di una cantina di vini con il riscaldamento dell'acqua
- il raffreddamento del latte con il riscaldamento dell'acqua o/e dei locali
- il raffreddamento, rispettivamente la deumidificazione della stalla, con il riscaldamento dell'acqua, rispettivamente dei locali (ad esempio abitazione o stalla di allevamento).

#### Fluidi refrigeranti

All'interno della pompa termica circola il fluido di lavoro, denominate fluidi frigoriferi, ad esempio idrocarburi di fluoro come R11, R12, R22, R500 e R502 o la più conosciuta ammoniacale (NH<sub>3</sub>). Negli impianti nuovi i fluidi frigoriferi R11, R12, R500 e R502 non dovrebbero più essere utilizzati in quanto sono un potenziale distruttivo molto elevato dello strato d'ozono ed il loro uso sarà comunque probabilmente proibito nel prossimo futuro.

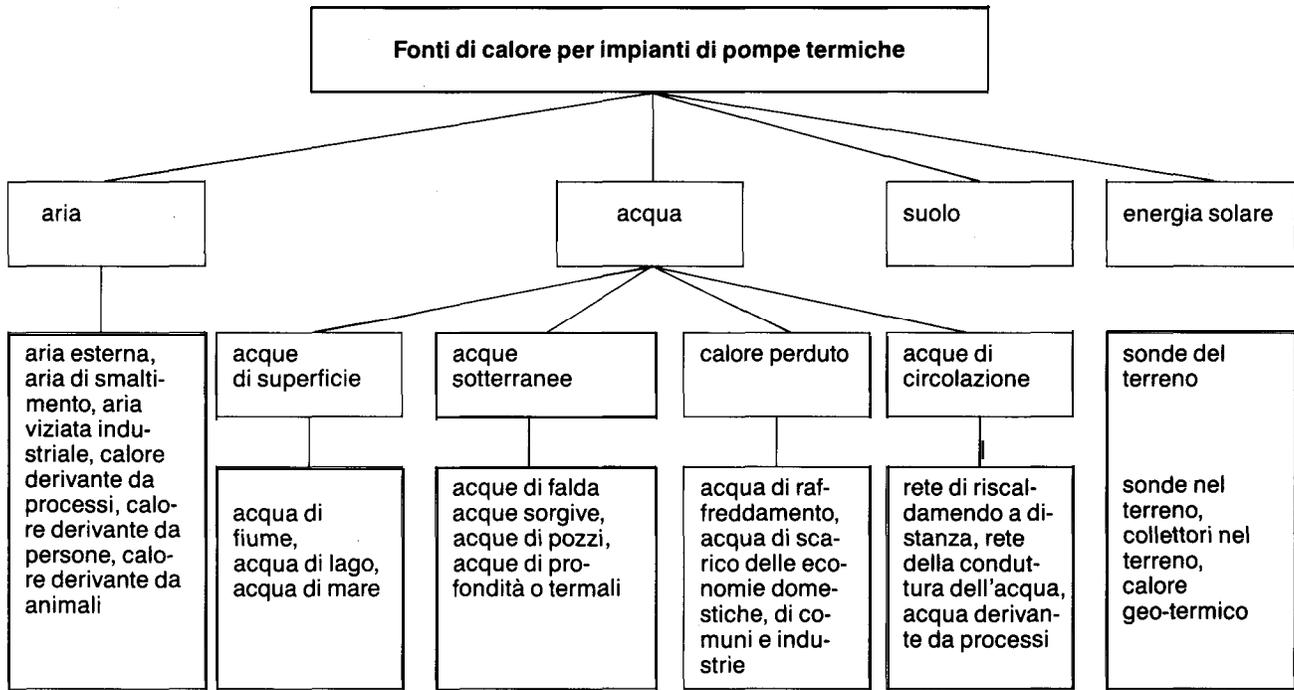
Quale soluzione intermedia «soluzione transitoria» più idonea viene attualmente raccomandato il R22.

#### Termovettore

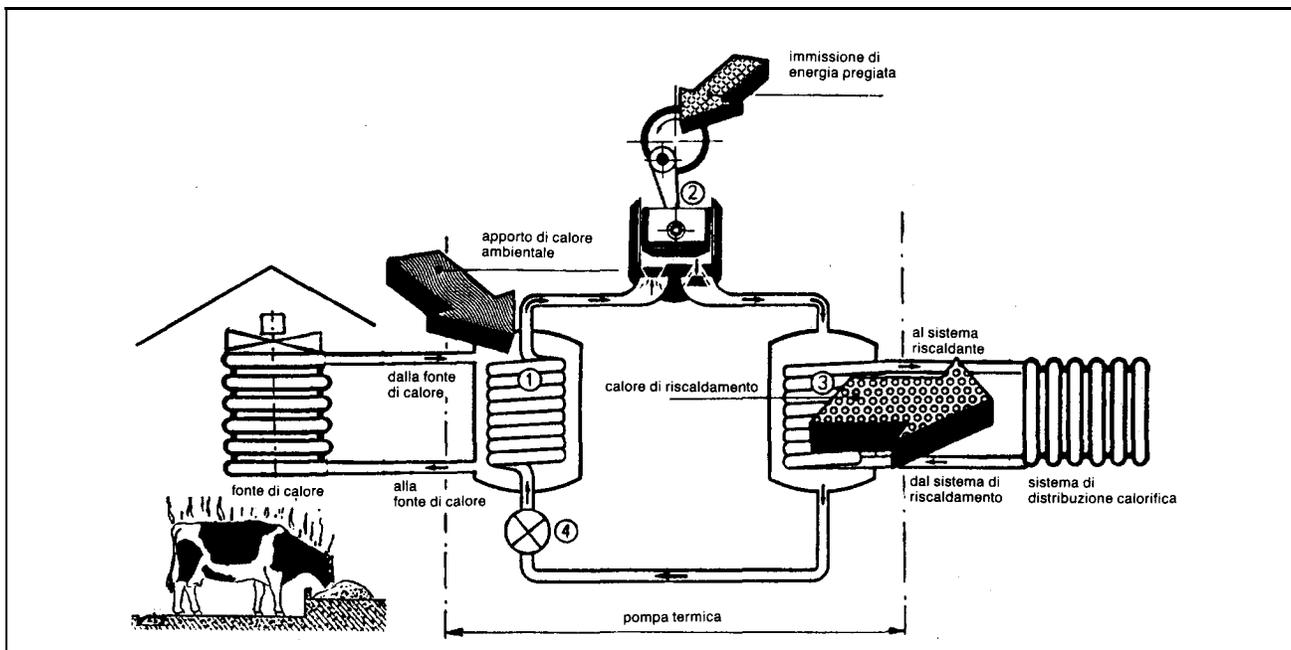
Come termovettori si possono utilizzare l'acqua, l'aria o una miscela di glicol-acqua

#### Fonte di calore

Esistono le più svariate fonti di calore per le pompe termiche (vedi tabella seguente).



**Principio di funzionamento e componenti principali di una macchina frigorifera a compressione**

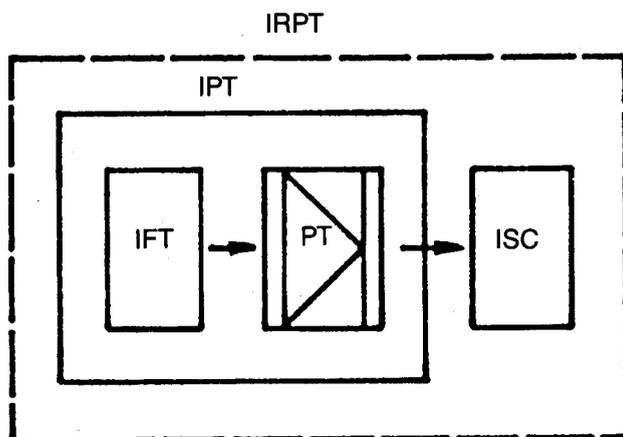


- 1: evaporatore per l'assorbimento di calore a basse temperature
- 2: compressore per la condensazione del fluido frigorifero
- 3: condensatore per l'emissione di calore a temperature più elevate
- 4: valvola per la riduzione della pressione e per il dosaggio della quantità di fluido refrigerante.

### 2.1.2 Definizione dei concetti

Quando si parla di pompe termiche, fonti di calore, impianti di pompe termiche, ecc. è utile chiarire le definizioni correnti dei concetti secondo la DIN 8900. Ciò è particolarmente importante per la definizione esatta dell'indote di fabbisogno di potenza e coefficient di lavoro di un impianto. Si osserva inoltre che, nel caso di confronto di sistemi, la pompa di circolazione del riscaldamento di sistemi, la pompa di circolazione del riscaldamento per gli impianti di sfruttamento di calore, indipendentemente dalle modalità di produzione del calore medesimo, non è tenuta in considerazione in quanto la stessa è necessaria per tutti i sistemi.

#### Definizione dei concetti secondo la DIN 8900



*IFT: impianto per le fonti termiche*

*PT: pompe termiche*

*IPT: impianto di pompe termiche*

*ISC: impianto di sfruttamento calorico*

*IRPT: impianto di riscaldamento con pompe termiche.*

### 2.1.3 Denominazione delle pompe termiche

Denominazione di pompe termiche e di impianti di pompe termiche rispondente ai requisiti della Norma DIN 8900: per primo è indicato il termovettore dal lato freddo, rispettivamente la fonte di calore e per secondo sempre il termovettore dal lato caldo.

#### Denominazione di pompe termiche e impianti di pompe termiche secondo DIN 8900

fonte di calore	lato freddo	lato caldo	denominazione della pompa termica (PT)	denominazione dell'impianto di pompe termiche (IPT)
terreno	salamoia	aria	salamoia/aria PT	terreno/aria IPT
terreno	salamoia	acqua	salamoia/acqua PT	terreno/acqua IPT
sole	salamoia	aria	salamoia/aria PT	solare/aria IPT
sole	salamoia	acqua	salamoia/acqua PT	solare/acqua IPT
acqua	acqua	acqua	acqua/acqua PT	acqualacqua IPT
acqua	acqua	aria	acqua/aria PT	acqua/aria IPT
aria	aria	acqua	aria/acqua PT	aria/acqua IPT
aria	aria	aria	aria/aria PT	aria/aria IPT

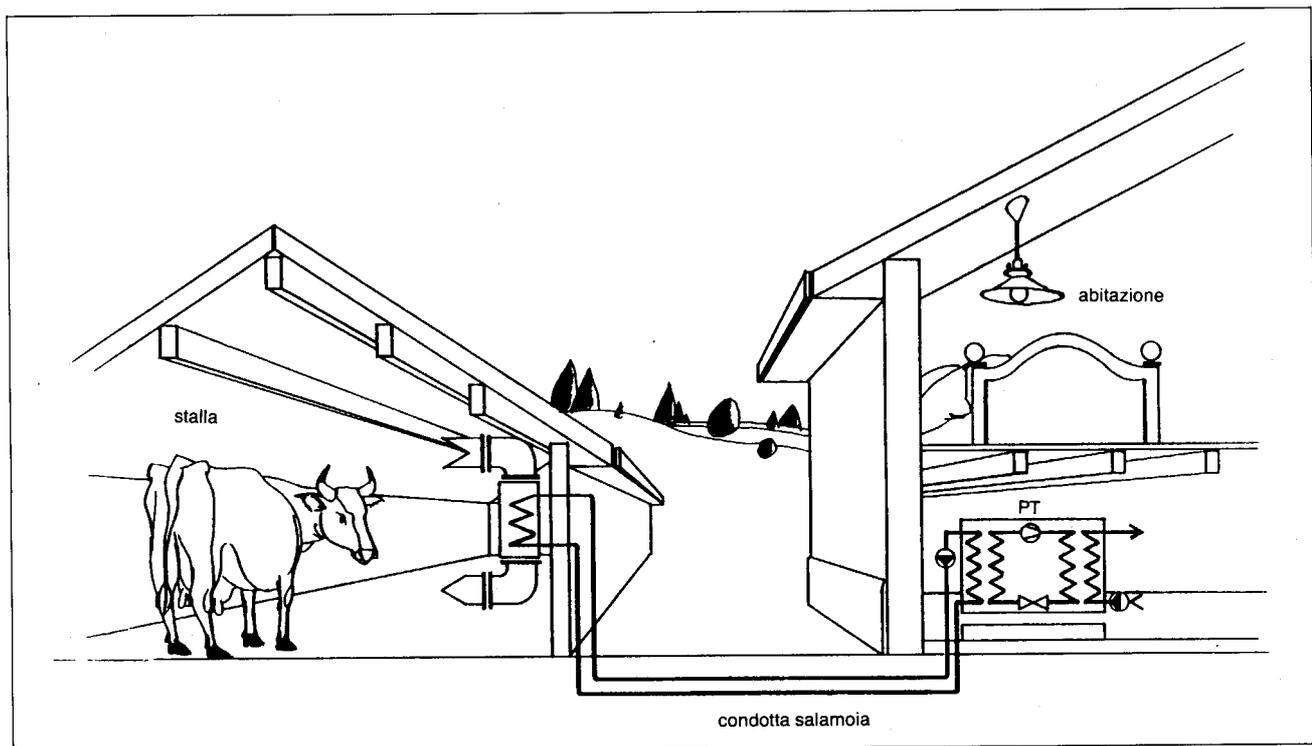
## 2.2 Panoramica sul sistema

### 2.2.1 Pompa termica aria/acqua e pompa termica acqua/acqua

Nelle aziende agricole le pompe termiche aria/acqua, rispettivamente acqua/acqua sono utilizzate con le seguenti modalità costruttive:

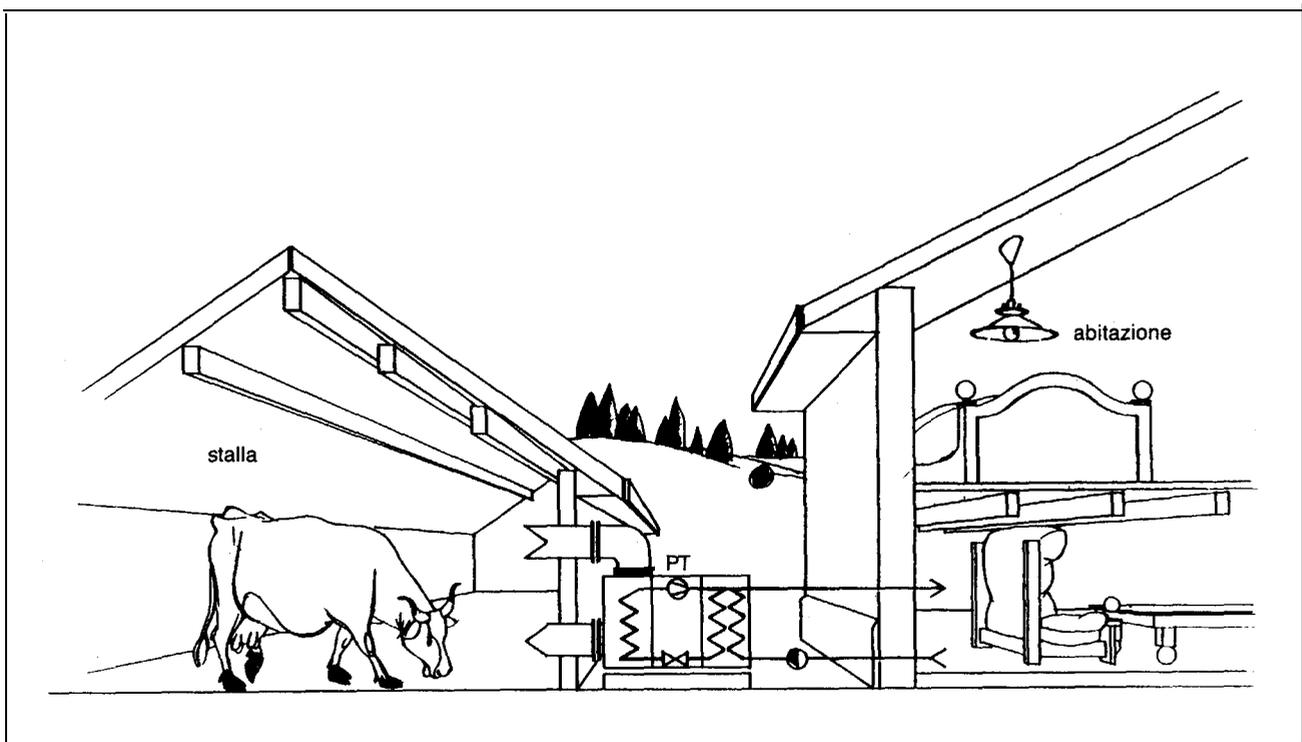
- PT-acqua/acqua a sistema compatto (impianto di assorbimento, figura A)
- PT-aria/acqua a sistema compatto (impianto compatto, figura B)
- PT-aria/acqua sistema split (impianto-split) figura C)

Nella pompa termica acqua/acqua con assorbitore per la stalla (collettore) la sorgente e la pompa termica sono collegate con condutture trasportanti salamoia. Queste condotte sono particolarmente idonee per superare grandi distanze. Un ulteriore stadio di temperatura (convezione termica naturale, salamoia-ariadella stalla), peggiora il coefficiente di lavoro della pompa termica. Quale pompa termica può essere utilizzata una normale PT in commercio, in quanto non esiste particolare pericolo di corrosione.



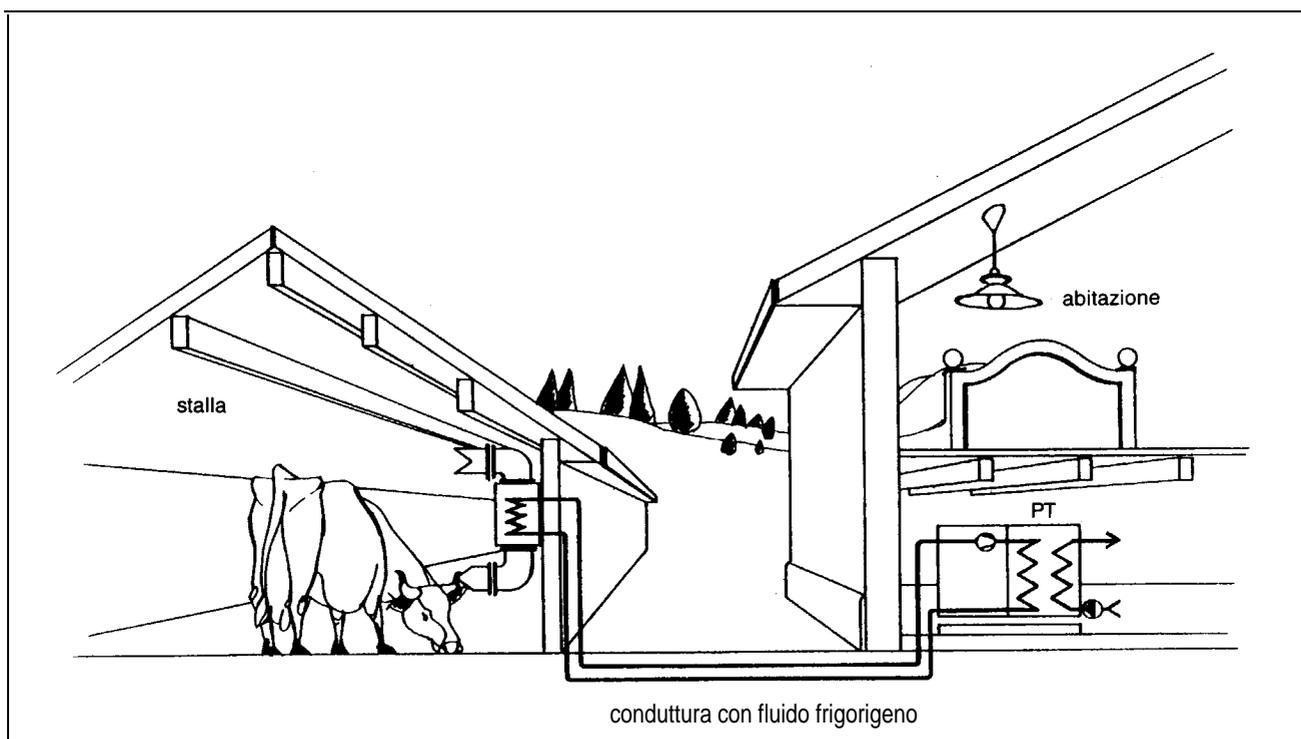
A: utilizzazione del calore perduto nell'ambiente della stalla con una pompa termica acqua/acqua (impianto evaporatore indiretto).

La pompa termica aria/acqua a costruzione compatta può essere installata nella stalla medesima o in un locale adiacente. La stessa funziona sia con aria ricircolata che con aria di smaltimento. Nel caso di installazione nella stalla deve essere prestata molta attenzione alla scelta dei materiali di tutto l'impianto per evitare la corrosione mentre che nel caso di installazione in un locale adiacente soltanto le condutture dell'aria sono sottoposte a questo pericolo.



B: pompa termica aria della stalla/acqua con evaporatore diretto (impianto compatto).

La pompa termica aria/acqua a sistema-plit può essere azionata sia con aria ricircolata che con aria di smaltimento. L'evaporatore è collegato con l'unità-condensatore per mezzo di condutture di fluido frigorigeno. La distanza non dovrebbe superare i 50 metri. La posa di condutture con fluido frigorigeno presenta maggiori problemi rispetto a quelle con salamoia. Le stesse sono inoltre maggiormente soggette a perdite. Ciò comporta la fuoriuscita molto rapida, dell'intero contenuto frigorigeno. Per motivi ecologici questo tipo non dovrebbe più essere installato.



C: pompa termica aria della stalla/acqua con evaporatore diretto costruzione split (impianto-split).

### 2.2.2 Ricupero di calore dall'aria ricircolata

Nel processo di ricupero di calore dall'aria ricircolata, l'aria della stalla viene raffreddata nell'evaporatore e quindi immessa nuovamente nel locale. Il vapore acqueo così come l'ammoniaca sono condensate attraverso il processo di raffreddamento abbassando quindi l'umidità dell'aria e migliorando il clima nella stalla.

L'aria ricircolata viene raffreddata fino a 5-8°C condensando quindi, per m<sup>3</sup> d'aria, fino a due grammi di acqua.

Tenuto conto della sottrazione di calore dall'aria della stalla il ricupero di calore dall'aria ricircolata può essere realizzato solo in presenza di un'eccedenza di calore. Di regola ciò si verifica in stalle con basse temperature (perdite minime di trasmissione). Sono particolarmente adatte per il ricupero di calore dall'aria ricircolata le stalle per vacche e buoi.

Per l'immissione dell'aria esterna è necessaria una ventilazione separata (ad es. ventilazione a gravità nelle stalle per vacche). La stessa deve essere dimensionata in modo che il contenuto di CO<sub>2</sub> non superi il 0,35% (0,5% all'ora). In queste stalle l'umidità non rappresenta un problema perché una parte del vapore acqueo viene condensate nell'evaporatore.

### 2.2.3 Ricupero di calore dall'aria di smaltimento

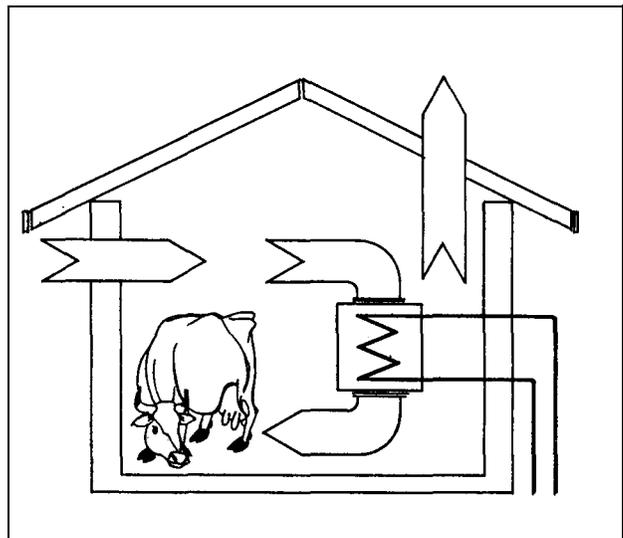
Nelle stalle ad alte temperature (stalle per maiali e pol-lame) è utilizzato il sistema con aria di smaltimento, perché ciò permette un maggiore ricupero di calore. L'utilizzo di scambiatori di calore deve essere tenuto in considerazione quando la stalla deve essere riscaldata per mancanza di calore (vedi cap. 3).

In questo processo l'aria viziata della stalla viene raffreddata nell'evaporatore a ca. 5°C e ceduta all'aria esterna.

Questa procedura non ha nessun influenza sul clima della stalla, tenuto conto che per il ricupero di calore viene utilizzata soltanto l'aria di smaltimento.

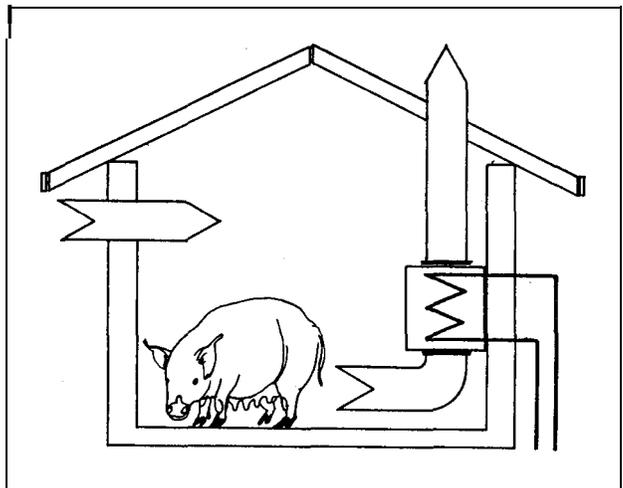
Il ricupero di calore mediante aria di smaltimento è utilizzato soprattutto nelle stalle per maiali d'ingrasso.

### Ricupero di calore dall'aria ricircolata



*L'aria della stalla, raffreddata nello scambiatore, viene nuovamente immessa nella stalla.*

### Ricupero di calore dall'aria di smaltimento



*L'aria di smaltimento (aria viziata della stalla) passa attraverso lo scambiatore di calore e viene convogliata all'esterno.*

L'evaporatore viene installato direttamente nella corrente dell'aria di smaltimento.

Esiste inoltre la possibilità di combinare le due procedure aria ricircolata ed aria di smaltimento.

## 2.3 Coefficiente di lavoro e flusso energetico

### 2.3.1 Coefficiente annuale di lavoro $\beta$

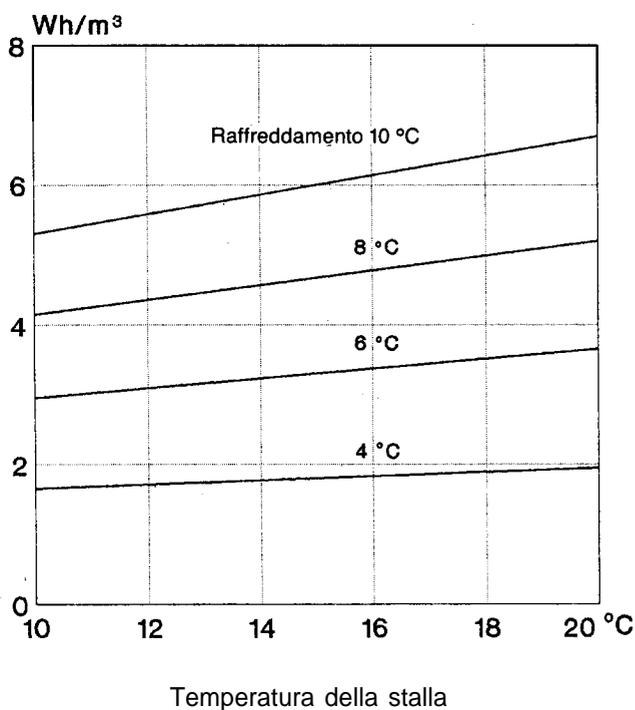
I parametri determinanti per la progettazione di un impianto di pompe termiche sono il coefficiente annuale di lavoro  $\beta$  e l'indice di potenza  $\varepsilon$ .

Il coefficiente annuale di lavoro  $\beta$  corrisponde al rapporto tra l'energia utile ceduta all'impianto per l'utilizzo di calore ed il consumo complessivo di energia pagato secondo tariffa durante l'anno. Ad esempio un coefficiente annuale di lavoro di tre significa che con un chilowattora di corrente possono essere prodotti tre chilowattora di calore.

Nel calcolo deve inoltre essere compreso, come compendio dell'energia di compressione, il fabbisogno energetico di tutti i gruppi ausiliari come ventilatori, pompe, riscaldamento della coppa dell'olio del compressore come pure la regolazione. Il fabbisogno energetico della pompa di circolazione e dell'impianto per l'utilizzo di calore non viene tenuto in considerazione.

Il coefficiente annuale di lavoro  $\beta$  dipende sia dalla temperatura della fonte di calore che dalla temperatura di mandata del riscaldamento. Più è alta la temperatura media della fonte di calore e minore la temperatura di mandata del riscaldamento, maggiore è il coefficiente di lavoro. In altre parole: minore è la necessità di innalzamento della temperatura dal fronte freddo al fronte caldo, maggiore è il coefficiente di lavoro. La qualità ed il dimensionamento delle singole parti di un impianto di riscaldamento con pompe termiche determinano ulteriori ripercussioni sul coefficiente annuale di lavoro.

La tabella mostra dei coefficienti annuali di lavoro medi di un impianto di riscaldamento a pompe termiche per varie temperature della stalla e di mandata del riscaldamento.



*Ricupero di calore dipendente dalla temperatura e dal raffreddamento dell'aria della stalla.*

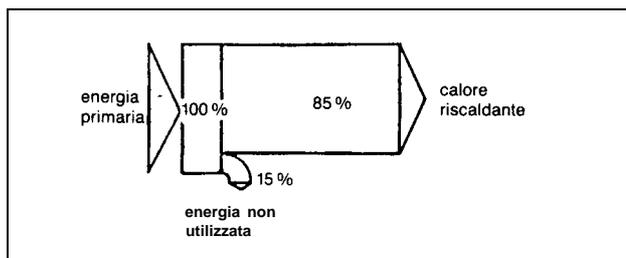
L'indice di potenza  $\epsilon$  corrisponde approssimativamente ad un coefficient di lavoro in un determinate momento (valore momentaneo) ma senza tener conto dei gruppi ausiliari. Visto che le temperature delle fonti utilizzate

in agricoltura non subiscono forti oscillazioni nei periodi di riscaldamento, (rispetto, ad esempio, ad una pompa termica che utilizza l'aria esterna), gli indici di potenza non divergono molto dai coefficienti di lavoro.

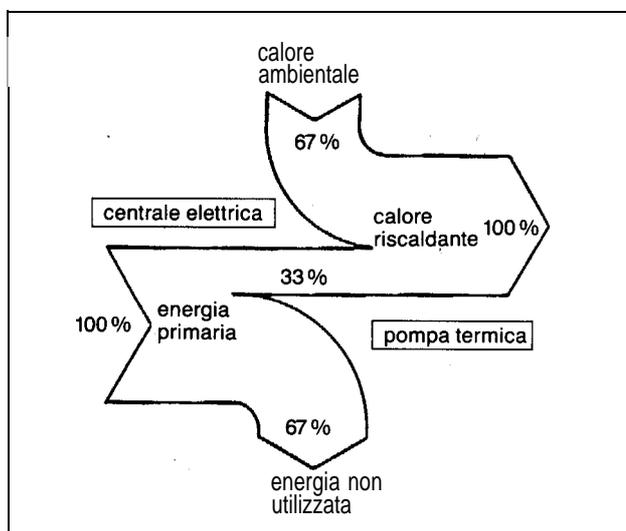
temperatura di mandata del riscaldamento				
temperatura media della stalla	40°C	45°C	50°C	55°C
5°C	2,9-3,2	2,6-2,9	2,3-2,6	2,0-2,3
10°C	3,2-3,6	2,9-3,2	2,6-2,9	2,3-2,6
15°C	3,6-4,0	3,2-3,6	2,9-3,2	2,6-2,9
20°C	4,0-4,4	3,6-4,0	3,2-3,6	2,9-3,2
25°C	4,4-4,8	4,0-4,4	3,6-4,0	3,2-3,6

coefficiente di lavoro $\beta$ (determinate su un periodo di tempo definite, ad es. un anno)	
$\beta = \frac{\text{energia utile}}{\text{energia soggetta a tariffa}}$	
<b>esempio</b>	
energia utile annuale di un'azienda agricola:	24'000 kWh
energia soggetta a tariffa (corrente):	6'667 kWh
coefficient annuale di lavoro $\beta$ :	3,5

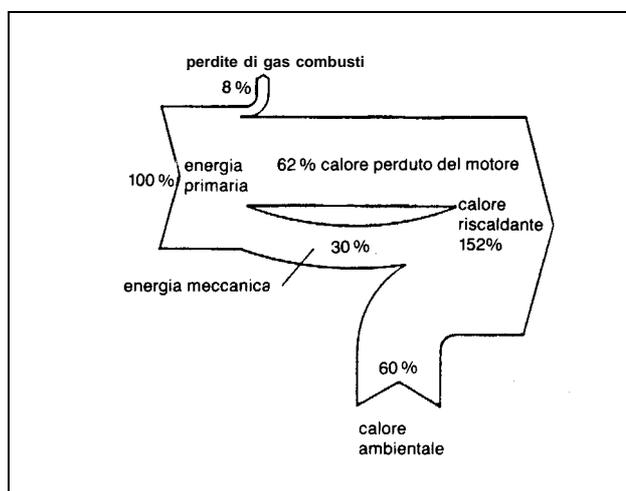
*Coefficienti annuali di lavoro  $\beta$  dell'impianto di riscaldamento a pompe termiche IRPT in relazione alla temperatura media della stalla ed alla temperature di mandata del riscaldamento. I valori più bassi valgono di regola per scambiatori termici a circuito intermedio (impianti con circolazione a salamoia) mentre i valori più alti sono riferiti ad impianti con evaporatori diretti.*



A: produttore di calore convenzionale (caldaia di riscaldamento ad olio).



B: diagramma del flusso energetico di una pompa termica a motore elettrico con energia elettrica di produzione termica.



C: diagramma del flusso energetico di una pompa termica con motore a gas e utilizzo del calore perduto (combinazione forza-calore).

### 2.3.2 Flusso energetico

È sensato illustrare le considerazioni sul processo della pompa termica comprendendo il consumo di energia primaria. Dalla figura A risulta che con un riscaldamento convenzionale ad olio viene utilizzato solamente l'85% ca. dell'energia primaria impiegata.

Dalla figura B risulta che nella produzione di energia elettrica mediante centrale termoelettrica viene utilizzato soltanto un terzo dell'energia primaria mentre nella maggior parte delle centrali termo-elettriche (CTE) la stessa non viene utilizzata o soltanto in minima parte. Con l'impiego di pompe termiche e possibile «riprendere» questi due terzi perduti.

Nella produzione idraulica di energia elettrica l'energia primaria (centrali idroelettriche) viene utilizzata in modo migliore. Per un giudizio concreto deve però essere tenuto in considerazione il fatto che in Svizzera l'energia elettrica è prodotta per ca. il 60% da centrali idroelettriche e per ca. il 40% da centrali termoelettriche (la maggior parte centrali nucleari).

Gli impianti di produzione combinata forza-calore collegati con pompe termiche possono produrre circa 50% più energia utile dell'energia primaria impiegata (figura C). Con riferimento all'energia utile va detto che il motore a diesel è più diffuso del motore a gas. Ma per quanto concerne l'emissione di sostanze nocive il motore a gas è da ritenere migliore. Comunque le due soluzioni producono per kWh di energia utile più sostanze nocive (soprattutto CO<sub>2</sub>, aumentando l'effetto serra) rispetto alla pompa termica elettrica con l'attuale produzione di corrente.

## 2.4 Materiali

### 2.4.1 Pompa termica

Le esigenze di resistenza alla corrosione dei materiali utilizzati sono molto più elevate negli apparecchi impiegati in agricoltura che non per le normali pompe termiche.

In generale si può però dire che i problemi che riguardano la corrosione sono superabili con una scelta idonea dei materiali, rispettivamente della vernice protettiva. Gli impianti installati nelle stalle per maiali e soprattutto in quelle per il pollame richiedono maggiore attenzione rispetto a quelle per bovini a causa delle maggiori quantità di idrogeno solforato, ammoniaca e polvere nell'aria.

### 2.4.2 Carrozzeria

Il materiale in lamiera d'acciaio zincato-senzimir con una smaltatura supplementare impiegato per la carrozzeria della pompa termica, ha dato dei buoni risultati.

### 2.4.3 Ventilatore

Spesso vengono utilizzati ventilatori radiali in lamiera d'acciaio zincato-senzimir. La palettatura fine di cui sono dotati, può portare, in caso di insufficiente filtrazione dell'aria, ad accumulo di polvere e conseguenti squilibri e danni dovuti a deposito. Le ruote necessitano di una smaltatura aggiuntiva.

I ventilatori assiali sono meno soggetti alla polvere. Anche i giranti in alluminio dovrebbero essere smaltati. Buoni risultati hanno dato giranti composti in materiale sintetico.

### 2.4.4 Evaporatore

Gli evaporatori usuali con tubi in rame e lamelle in alluminio applicate non dovrebbero essere utilizzati nell'aria viziata della stalla soprattutto a causa dell'ammoniaca (corrosione) anche se in alcuni casi non si sono verificati dei problemi. L'esigenza minima consiste nella plastificazione delle lamelle in alluminio. Anche per evaporatori con tubi in rame non smaltati a la-

melle in rame può verificarsi una corrosione dipendente dall'acqua di condensa e l'ammoniaca contenute nell'aria della stalla. Se lo spessore dello strato è sufficiente, anche una verniciatura elettroforetica o una stagnatura ad immersione offrono una buona protezione. Quale esigenza minima vengono raccomandati dei tubi in rame con verniciatura preventiva delle lamelle in alluminio.

Migliore è da ritenere un evaporatore con tubi in rame e lamelle-alluminio verniciato elettroforeticamente a montaggio terminato, evitando di conseguenza l'infiltrazione delle acque di condensa tra le lamelle-alluminio ed il tubo in rame. Per procedere alla pulizia con un apparecchio ad alta pressione sono necessarie delle lamelle grosse e stabili (minimo 0,4 mm).

La soluzione più sicura, ma anche la più costosa, consiste in un evaporatore in acciaio al cromo-nichel e molibdeno. Bisogna comunque tener conto della pessima trasmissione del calore e del conseguente aumento di superficie dell'evaporatore che molto spesso determina un peggioramento dei coefficienti annuali di lavoro (aumento della perdita di pressione dell'aria e temperature di evaporazione più basse).

### 2.4.5 Strumenti elettrici di comando e regolazione

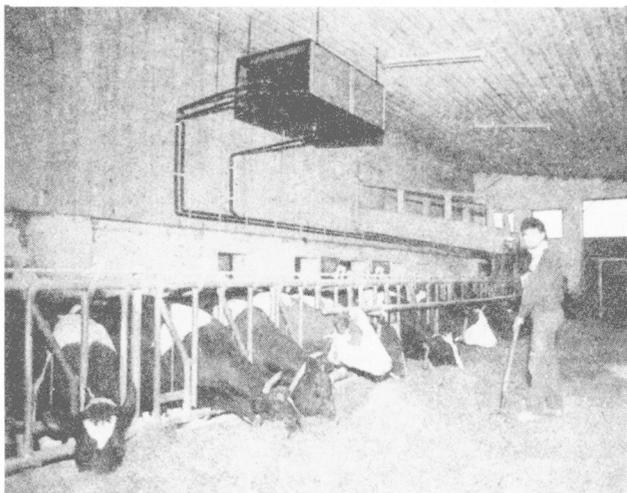
Anche se molti di questi strumenti sono resistenti all'aria viziata della stalla gli stessi dovrebbero essere installati all'esterno della stalla.

### 2.4.6 Impianti ad evaporazione indiretta per la stalla

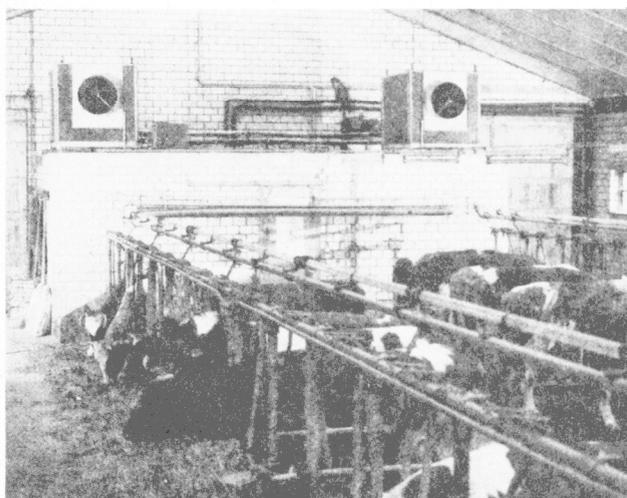
Quali evaporatori indiretti per la stalla si sono affermati soprattutto i sistemi in lamiera di alluminio smaltati, lastre in materie sintetiche come anche registri o avvolgibili in tubi fatti con materiale sintetico. L'acciaio inossidabile è idoneo ma molto costoso. Bisogna comunque tener conto del fatto che l'acciaio inossidabile, ed in particolare il materiale sintetico, hanno una pessima conduzione termica. Importante è comunque che il materiale permetta una buona pulizia periodica.

### 2.4.7 Canali d'aria

Per i canali d'aria sono impiegati lamiere in acciaio, legno, lastre in cemento e gesso come pure lastre in po-



*Evaporatori ad aria ricircolata difficilmente accessibili per la pulizia.*



*Evaporatori ad aria ricircolata facilmente accessibili per la pulizia.*

liuretano espanso. Per i tubi flessibili di distribuzione dell'aria possono essere utilizzate anche quelli in materiale sintetico laminare. Vengono inoltre impiegati tubi-spiro e tubi flessibile spirodali. Deve essere data preferenza al materiale non infiammabile.

I canali dovrebbero essere corti e facilmente accessibili per la pulizia. L'uscita dell'aria deve essere concepita in modo che gli animali non si trovino nell'corrente d'aria.

Per motivi energetici devono essere osservate velocità dell'aria minime (un massimo di 4 m/s).

#### 2.4.8 Pulizia

La quantità di polvere presente nell'aria viziata della stalla, dipende sia dalla specie animale, sia dal modo di alimentarli gli animali che dallo stallaggio. Nell'evaporatore questa polvere si deposita sullo scambiatore di calore ed assieme al vapore acqueo condensato forma una poltiglia attaccaticcia.

Questo comporta una pulizia regolare dello scambiatore di calore. La stessa viene effettuata, di regola, con un apparecchio ad acqua ad alta pressione. L'installazione dell'evaporatore in un luogo facilmente accessibile con la possibilità di impiegare l'acqua, è molto importante. Gli intervalli tra una pulizia e l'altra sono di due o tre settimane.

Nell'evaporatore diretto è usualmente installato un filtro nel flusso d'aria. I feltri di tessuto filtrante trattengono la polvere riducendo quindi la pulizia dello scambiatore di calore ad uno/due volte l'anno. I feltri filtranti devono essere cambiati e puliti da uno a due volte la settimana (lavaggio a mano con spruzzo d'acqua o nella lavatrice).

In molti casi l'incorporazione di impianti per la pulizia (ad esempio iniettori) non ha dato buoni risultati, in quanto per l'asportazione della massa di polvere attaccaticcia non si ha una sufficiente pressione dell'acqua. Inoltre, in caso di acqua calcarea, gli iniettori si otturano facilmente.

## 2.5 Utilizzo del calore

### 2.5.1 In generale

Nelle aziende agricole l'utilizzazione del calore è importante soprattutto nel riscaldamento delle abitazioni, cioè dove esiste un maggiore fabbisogno calorico.

Le pompe di calore che utilizzano l'aria viziata dell'ambiente della stalla sono, di regola, impiegate monovalentemente per il riscaldamento delle abitazioni. Ciò significa che le stesse sono le uniche produttrici di calore. Contrariamente alla pompa termica ad aria esterna la temperatura della fonte di calore (aria della stalla) è alta durante tutto l'arco dell'anno con il risultato di un buon coefficiente annuale di lavoro.

Altra possibilità di applicazione è la produzione di acqua calda per uso non domestico o il riscaldamento di porcili. In generale, l'essiccazione del fieno non può avvenire con pompe termiche che utilizzano l'aria della stalla, perché la potenza calorica delle stesse è insufficiente.

### 2.5.2 Fabbisogno di potenza calorica

Il fabbisogno di potenza calorica delle abitazioni può essere valutato con l'ausilio di valori indicative della potenza specifica di riscaldamento ( $W/m^2$ ) (vedi tabella). I valori dipendono soprattutto dalla grandezza, dalla posizione e dall'isolamento termico dell'edificio. Quale grandezza di riferimento viene usata la superficie riscaldabile di riferimento che risulta dalla somma della superficie utile lorda riscaldata dei singoli piani.

La potenza calorica della pompa termica necessaria viene calcolata moltiplicando il valore indicativo con la superficie riscaldabile di riferimento. A causa dei costi elevati nel dimensionamento delle pompe termiche, devono essere evitate le riserve di potenza.

Dei valori più precisi si ottengono, negli edifici esistenti, se si conosce il consumo energetico. Nella tabella sono menzionati dei valori indicative per un riscaldamento ad olio con o senza riscaldamento dell'acqua. La potenza calorica approssimativa della pompa termica risulta dalla moltiplicazione per quattro del consumo annuale di olio in  $m^3$  (Esempio: consumo an-

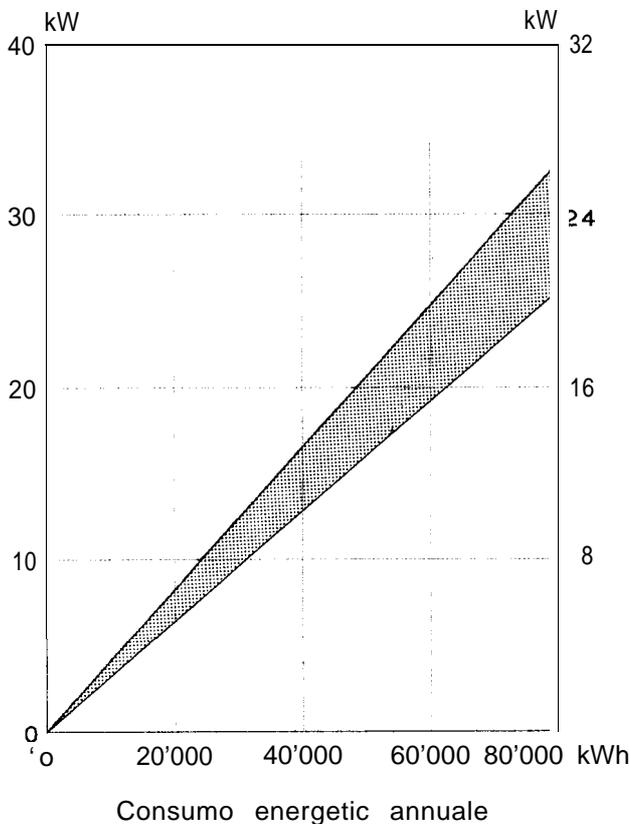
potenza calorica specifiche	tipo di edificio
80...100 $W/m^2$	vecchi edifici agricoli
60...80 $W/m^2$	edifici abitativi isolati in modo tradizionale
30...50 $W/m^2$	edifici abitativi ben isolati

potenza calorica necessaria =  
superficie riscaldabile di riferimento x potenza calorica specifiche

nuale di olio = 3000 litri = 3 m<sup>3</sup>; potenza calorica della pompa termica: 3 x 4 = 12 kW.).

Questi metodi di valutazione sono idonei per il progetto preliminare. Per il progetto definitivo il fabbisogno di potenza calorica deve assolutamente essere dimensionato secondo la Norma SIA 384/2.

**Potenza calorica di una pompa termica**



Potenza calorica necessaria (settore punteggiato) di una pompa termica in funzione al consumo calorico annuale di un riscaldamento ad olio o gas (ascisse sinistra: PT senza riscaldamento dell'acqua; ascisse destra: PT con riscaldamento dell'acqua).

**2.5.3 Distribuzione del calore**

Più la temperatura di mandata è bassa e meglio una pompa termica lavora. I 50°C di temperatura di mandata non devono essere superati.

Il calore può essere ceduto al locale sia per tramite di un riscaldamento a pavimento sia per mezzo di corpi riscaldanti a bassa temperatura. Il riscaldamento a pavimento permette temperature di mandata minimali mentre i corpi riscaldanti permettono un adattamento più rapido ai cambiamenti della temperatura esterna (ad esempio, in caso di irraggiamento solare). La combinazione dei due sistemi nello stesso circuito di riscaldamento è possibile ma non consigliabile.

Problemi possono verificarsi quando in un vecchio edificio vengono installate delle pompe termiche in sostituzione di un riscaldamento ad olio o a legna. In tal caso è necessario un controllo preciso per verificare se i radiatori, con temperature massime di mandata di 50°C, emettono calore a sufficienza per riscaldare il locale. In caso contrario i radiatori devono essere ampliati e/o l'edificio deve avere un'isolamento termico migliore.

**2.5.4 Accumulator termico**

L'installazione di impianti di pompe termiche è possibile sia con che senza accumulator. Un accumulator non è necessario quando il sistema di emissione di calore funziona ad inerzia e quando può essere garantito una quantità d'acqua costante nell'impianto per l'utilizzo di calore (senza valvole termostatiche). Per questo sistema sono adatti i riscaldamenti a pavimento. Tramite l'accumulo di calore nel pavimento può essere evitato il frequente inserimento e disinserimento della pompa termica.

Per una soluzione tecnicamente e idraulicamente perfetta e comunque necessario prevedere l'installazione di un (piccolo) accumulator tampone. Tramite l'impiego di un accumulator tampone la pompa ter-

mica ha dei tempi di funzionamento **più** lunghi (senza «pendolazione») con un conseguente prolungamento della vita media dell'impianto. Importante è che l'accumulatore sia accoppiato al sistema di riscaldamento quasi senza resistenze. In tal modo è possibile evitare errori di circolazione.

Un vero e proprio accumulatore giornaliero non è raccomandabile. La differenza di temperatura minima disponibile determinerebbe la necessità di grandi accumulatori per l'accumulazione notturna/giornaliera. La stanza non verrebbe deumidificata durante il giorno. Tenuto conto che in un prossimo futuro le tariffe ridotte per il consumo notturno potrebbero essere soppresse, l'accumulazione notturna/giornaliera non si giustifica nemmeno dal punto di vista finanziario.

### 2.5.5 Regolazione

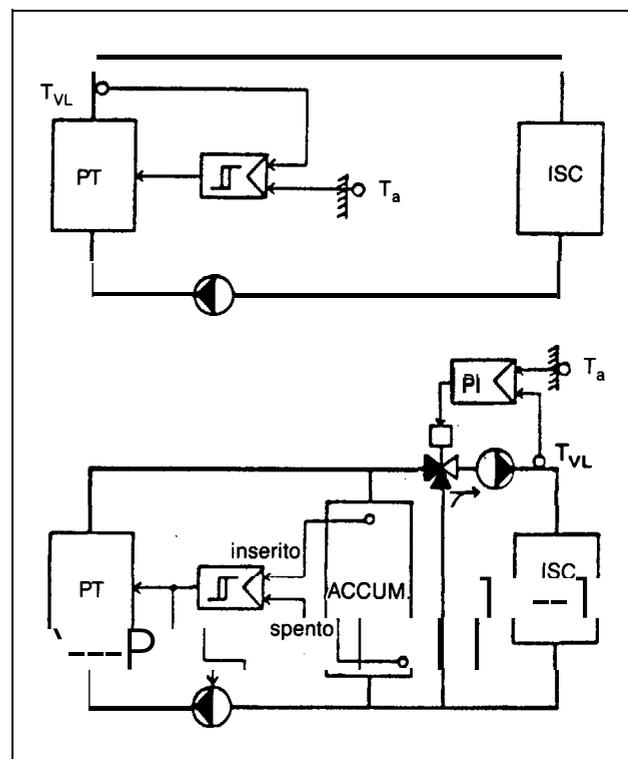
L'impiego di un regolatore della temperatura di mandata funzionante a seconda delle condizioni climatiche, può essere una buona soluzione per impianti senza accumulatore. Inoltre, nell'esercizio a carico parziale, deve poter essere modificata l'erogazione di potenza della pompa termica (con una quantità d'acqua costante negli impianti per l'utilizzo di calore). Di regola, negli impianti più piccoli viene impiegata una regolazione a due posizioni (inserimento/disinserimento). Per evitare frequenti interruzioni, il sistema di emissione di calore deve possedere una sufficiente inerzia (ad es. riscaldamento a pavimento).

La regolazione di impianti con accumulatore è relativamente complicata. Il mantenimento costante delle temperature di accumulo semplifica sia il concetto di regolazione che l'efficienza del funzionamento ma comporta una leggera diminuzione del coefficiente annuo di lavoro. In simili circostanze la quantità d'acqua dell'impianto di utilizzazione di calore dovrebbe essere variabile (ad es. valvole termostatiche).

### 2.5.6 Acqua calda

L'acqua calda sanitaria può essere riscaldata tramite il sistema di riscaldamento o separatamente (per esempio con pompe termiche o con scaldacqua elettrico). Con il riscaldamento tramite la pompa termica l'acqua calda è caricata solo in determinate orari du-

### Comando e regolazione della PT



Comando e regolazione semplice di un impianto a pompe termiche.

In alto: senza accumulatore, il sistema di emissione di calore ha una **capacità** di accumulo di calore sufficiente (pavimento); in basso: con accumulatore, idoneo per tutti i sistemi di emissione di calore a basse temperature (pav. o rad.).

Il coefficiente annuo di lavoro migliore è ottenuto con la regolazione della PT in funzione delle condizioni meteorologiche della temperatura esterna.

**Fabbisogno di energia termica nelle abitazioni in MJ/m<sup>2</sup>a**

	valori reali	valori nominali	
riscaldamento con acqua calda	485	400	340
riscaldamento senza acqua calda	425	340	280

fabbisogno di energia calorica con o senza riscaldamento dell'acqua per diversi edifici (secondo la norms SIA 380/1)

valori reali: edifici esistenti (1988)  
valori nominali: valori medi dopo un risanamento  
edifici nuovi: valori medi per edifici nuovi

**Esempio di costi d'investimento (prezzi 1990)**

pompe termica aria della stalla/acqua potenza L 15/W50	14 kW
corrente assorbita:	4 kW
pompe termica con evaporatore e condensatore per il riscaldamento e l'acqua calda, quadro di comando incorporate e sbrinatori automatici	Fr. 21'000.—
35 m condotta di trasporto (compreso l'installazione)	Fr. 3'500.—
condutture per l'aria viziata e di alimentazione (isolate) per il funzionamento ad aria ricircolata (compreso l'installazione)	Fr. 3'500.—
accumulatore a tampone (750 l), regolatore per la temperatura esterna, pompe e regolatore del carico	Fr. 3'200.—
scaldacqua (300 l) con termostati e compressore	Fr. 3'250.—
messa in esercizio	Fr. 1'120.—
<b>totale</b>	<b>Fr. 35'570.—</b>

Non sono comprese alcune prestazioni come i lavori di muratura e di elettricità nonché il collegamento con il sistema di riscaldamento centrale dell'abitazione.

rante i quali la pompa termica viene regolata sulla temperatura massima (ca. 55°C). Per il resto del tempo la pompa termica lavora a temperature più basse in base alla curva di riscaldamento. Se è richiesta una temperatura dell'acqua sanitaria sopra i 50°C e necessaria l'installazione, nel terzo superiore dello scaldacqua, di un riscaldamento a resistenza elettrica.

Con la pompa termica è possibile produrre acqua calda anche fuori dei periodi di riscaldamento. La pompa termica è messa in esercizio una o due volte al giorno per caricare lo scaldacqua. E ciò ha anche un vantaggio supplementare nel senso che il compressore non rimane fermo per sei mesi evitando di conseguenza possibili danni.

### 2.5.7 Fabbisogno annuale di energia

Il fabbisogno energetico annuale può essere valutato in base al consumo attuale (edifici esistenti) od il coefficiente energetico caratteristico. Nella tabella è indicato il fabbisogno di energia termica per case uni e bifamiliari. I valori sono relativi alla superficie energetica di riferimento. Per calcolare il fabbisogno energetico annuale questi valori devono essere moltiplicati con la superficie energetica di riferimento. Il consumo di corrente elettrica si ottiene dalla divisione del consumo energetico annuale con il coefficiente annuale di lavoro della pompa termica (1 MJ = 0,28 kWh).

## 2.6 Costi d'investimento e d'esercizio

### 2.6.1 Costi d'investimento

I costi di investimento per un impianto con pompe termiche dipendono fortemente dalle condizioni imposte. In più agli investimenti per l'impianto di pompe termiche incidono anche quelli necessari per il recupero di calore (canali d'aria) e quelli per il trasporto del calore (lunghezza tubazioni).

I costi complessivi d'investimento per un impianto di pompe termiche con potenze da 10 a 20 kW si situano tra i 35'000.— ed i 45'000.— Fr.

Una panoramica sui singoli elementi di costo è fornita dall'esempio di lato.

## 2.6.2 Costi d'esercizio

I costi d'investimento comprendono sia i costi energetici che le spese per i servizi e la manutenzione.

I costi energetici sono calcolati in base al consumo di corrente necessario per la pompa termica (cap. 2.5.7) ed alle tariffe. Per gli impianti con pompe termiche senza accumulatore di calore le quote di corrente a tariffa elevata sono del 60 all'80 O/o per impianti con accumulatore di calore del 30 al 40%. Nel futuro, la possibilità di disporre di corrente a bassatariffa durante la notte ed i fine settimana, dovrebbe essere preclusa. Molti comuni, già attualmente, hanno introdotto una tariffa unitaria per tutto il periodo invernale. Nei costi energetici devono pure essere considerate le tasse ed il costo dell'allacciamento elettrico.

Le spese per il servizio e la manutenzione della pompa termica sono valutate pari all'1,5% dei costi dell'impianto. Anche la pulizia dell'evaporatore ed eventualmente del filtro devono essere preventivate. Un impegno di tempo di circa mezz'ora alla settimana dovrebbe essere sufficiente.

## 2.7 Progettazione

Nella progettazione di un impianto con pompe termiche sono tenuti in considerazione svariati settori tra di loro collegati. Per la produzione di calore necessitano delle conoscenze sul clima della stalla, sugli impianti di ventilazione e le pompe termiche. Per l'utilizzo di calore l'edificio deve essere valutato dal profilo energetico e la conoscenza degli impianti di riscaldamento pure indispensabile.

Per questi motivi, ed in particolare per pompe termiche che funzionano con l'aria della stalla, una progettazione accurata è molto importante. La stessa deve, in ogni caso, essere fatta da un tecnico specializzato nel settore energetico od un ingegnere specializzato in impiantistica.

La presente pubblicazione offre le basi per l'allestimento di un progetto preliminare per un'azienda esistente o nuova.

L'occasione per un'eventuale realizzazione di un impianto con pompe termiche può essere la nuova costruzione di una stalla, di una casa d'abitazione, il ri-

### Esempio di costi energetici annuali

**casa d'abitazione: superficie riscaldabile di riferimento 180 m<sup>2</sup>  
fabbisogno di energia calorica 400 MJ/m<sup>2</sup>a**

**pompe termica: potenza calorica 10 kW  
coefficiente annuale di lavoro 3,5  
quota tariffa elevata 60 o/o  
tariffa elevata 18 cent./kWh  
tariffa bassa 10 cent./kWh**

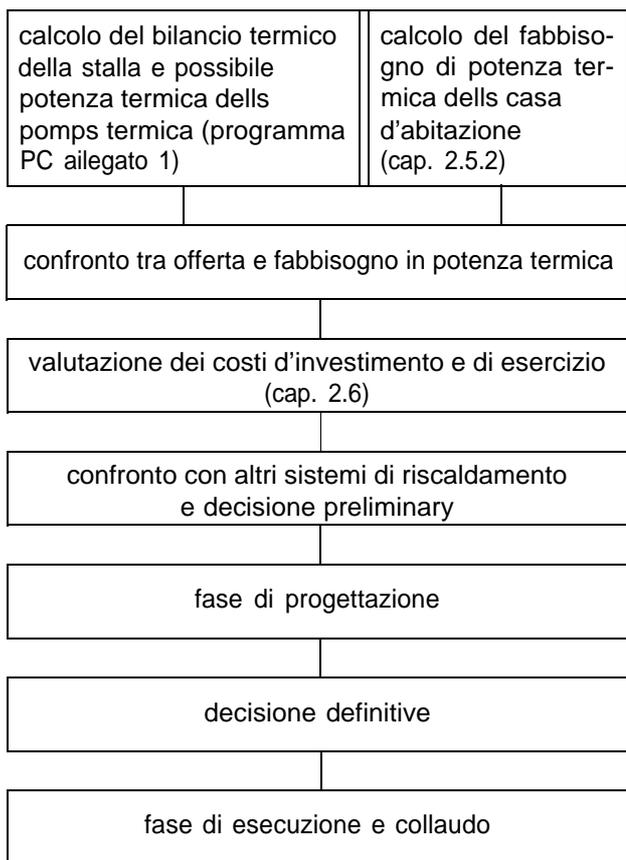
potenza calorica complessiva:  
 $400 \times 180 = 72000 \text{ MJ}$

fabbisogno di corrente della pompa termica:  
 $72000 : 3,5 = 20600 \text{ MJ} = 5714 \text{ kWh}$

tariffa elevata:  $5714 \times 60\% \times 18 = \text{Fr. } 620.—$   
tariffa bassa:  $5714 \times 40\% \times 10 = \text{Fr. } 230.—$

i costi energetici annuali  
ammontano a Fr. 850.—

Per produrre un quantitativo uguale di energia calorica per mezzo di un riscaldamento a olio i costi energetici, considerate un prezzo dell'olio di Fr. 40.— per 100 kg, ammontano a ca. Fr. 850.—.



sanamento dell' impianto di produzione di calore o anche semplicemente il desiderio di migliorare il clima della stalla.

Il primo passo da fare è il calcolo, COI computer, del bilancio termico della stalla per animali (la descrizione precisa del programma è indicata nell'allegato 1). Il bilancio deve essere calcolato in base alla temperatura minima esterna secondo la carta riferita al clima della stalla. In base alle attuali conoscenze un contenuto di CO<sub>2</sub> del 0,5 o/o nella stalla è accettabile. In generale, per stalle con temperature inferiori ai 15 °C, viene scelto il metodo ad aria ricircolata mentre per quelle con temperature più alte il metodo ad aria di smaltimento è ritenuto il più idoneo. Il programma del computer calcola la potenza termica raggiungibile dalla pompa termica con un determinato coefficiente annuale di lavoro.

Il secondo passo consiste nella valutazione o nel calcolo del fabbisogno di potenza termica della casa d'abitazione e di eventuali ulteriori utilizzazioni (cap. 2.5.2).

Il paragone tra l'offerta ed il fabbisogno di potenza termica dimostra se le proporzioni indicate permettono il riscaldamento anche con temperature esterne minime. Se ciò non fosse possibile dovranno essere valutati eventuali miglioramenti da apportare: ad esempio un incremento dell'offerta tramite un miglior isolamento della stalla, una diminuzione del fabbisogno attraverso un isolamento migliore della casa o un riscaldamento supplementare per l'appartamento.

Successivamente devono essere valutati i costi d'investimento (cap. 2.6) oppure richieste le rispettive offerte. In tal caso vengono stabiliti i costi di tutto l'impianto. Devono essere tenuti in considerazione in particolare i canali per l'aria della stalla, le necessarie condotte di trasporto (calore, soluzione salamoia) compresi i lavori di scavo ed il collegamento con il sistema di riscaldamento esistente. La collocazione ottimale dell'evaporatore (accessibilità, possibilità di pulizia) deve essere tenuta in debito conto.

In base al fabbisogno annuale di energia termica, al coefficiente annuale di lavoro della pompa termica ed alle tariffe per la corrente vengono calcolati i costi energetici (cap. 2.6). Nei costi d'esercizio sono comprese le spese per il servizio e la manutenzione ed anche il lavoro necessario per la pulizia dell'evaporatore ed eventualmente del filtro.

I costi d'investimento e d'esercizio sono comparabili soltanto con i costi di altri sistemi di riscaldamento (ad es. riscaldamento a legna o ad olio). Per una decisione preliminare bisogna inoltre tener conto di ulteriori criteri come la necessità di spazio, la manovrabilità, il miglioramento del clima della stalla e le ripercussioni ecologiche.

In caso di decisione preliminare positiva si può passare alla fase di progettazione. A questo punto, e non più tardi, deve essere ingaggiato un tecnico specializzato nel settore energetico o un ingegnere impiantistico. Questi elabora un progetto dettagliato con prezzi d'offerta per tutto l'impianto prevedendo eventuali ulteriori chiarificazioni (soprattutto per l'utilizzo di calore nelle abitazioni). Il committente decide poi definitivamente in base al progetto.

Quale fase conclusiva si passa quindi all'esecuzione con confronti delle offerte, le assegnazioni, la direzione lavori e la messa in esercizio. Per l'installazione di un impianto con pompe termiche è importante che la responsabilità di tutto l'impianto sia assunta da una persona (ingegnere specializzato, architetto) (da annotare nel contratto d'appalto). Questa persona deve inoltre occuparsi della consegna e dell'istruzione dell'utente di questo impianto. È indispensabile il verbale di collaudo per controllare le prestazioni garantite dal produttore. Questi verbali sono importanti anche in caso di difetti futuri e servono per la ricerca delle cause. Le esperienze fatte hanno dimostrato che la regolazione degli impianti con pompe termiche non sono sufficientemente armonizzati con l'edificio da riscaldare. E quindi molto importante, almeno per il primo anno d'esercizio, che sia eseguita una ottimizzazione dell'impianto da parte di uno specialista.

#### **Criteri importanti per la scelta di una PT**

- procedimento ad aria ricircolata o di smaltimento
- evaporatore di retto o indiretto
- collocamento ottimale per la pulizia e la manutenzione

#### **Contenuto della documentazione da consegnare al committente**

- verbale di collaudo
- istruzioni per l'uso
- contratto per i servizi
- calcoli (calcolo del fabbisogno calorico della casa d'abitazione)
- documentazione per il controllo personale dei risultati (controllo d'efficacia)

## **2.8 Esempi di impianti**

### **2.8.1 StaUe per vacche e manzi**

Una mucca da latte del peso di 600 kg sviluppa una potenza calorica complessiva di quasi 1000 W, suddivisa per circa i tre quarti come calore sensibile in inverno e per un quarto come calore latente sotto forma di vapore acqueo. Questa quantità di calore è disponibile con temperature tra i 10 ed i 15°C. Queste condizioni sono idonee per una pompa termica.

Nelle stalle con vacche la pompa termica viene di solito azionata con aria ricircolata per togliere l'eccedenza calorica e l'umidità. L'aria ricircolata è raffreddata a ca. 6-7°C. Per evitare che il contenuto di CO<sub>2</sub> nella stalla superi il 0,35% (fino ad un massimo di 0,5% all'ora) viene immessa aria fresca per mezzo di un impianto di ventilazione a gravità o di ventilatori.

**Esempio: stalla per vacche**

**stalla**  
 animali: 20 vacche a 600 kg  
 erogazione complessiva di calore: 22 kW  
 superficie della stalla: 189 m<sup>2</sup>  
 valore-k approssimativo della costruzione: 0,7 W/m<sup>2</sup>K  
 temperature della stalla: 10°C  
 umidità relativa dell'aria della stalla: 80 %  
 temperature esterna minima: - 13°C

pompa termica  
 coefficiente annuale di lavoro della PT: 3,0  
 PT ad aria ricircolata

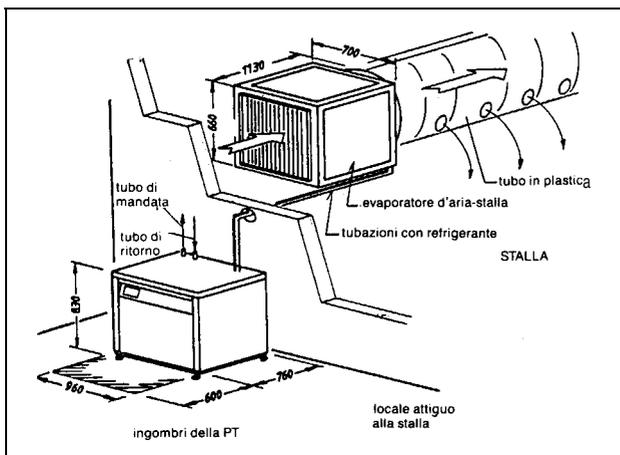
casa d'abitazione  
 superficie di riferimento energetico: 170 m<sup>2</sup>  
 potenza calorica specifica: 50 W/m<sup>2</sup>  
 fabbisogno di potenza calorica: 8500 W

**Bilancio termico (con 13°C)**

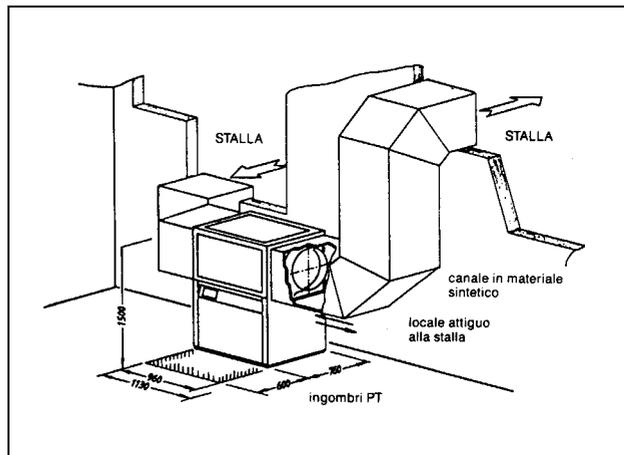
valore di riferimento per la ventilazione	0,35%	0,5%-CO <sub>2</sub>
quantità d'aria (m <sup>3</sup> /h)	1120	760
calore sensibile (W)	16870	16870
perdite per trasmissione (W)	-5300	-5300
perdite per ventilazione (W)	-8440	-5740
eccedenza calorica (W)	3130	5830
potenza calorica della PT (W)	4700	8750

considerate un contenuto massimo ammissibile di 0,5% di CO<sub>2</sub> la casa può essere riscaldata con una pompa termica

con una temperature esterna minima di -13°C la quantità di aria ricircolata ammonta a ca. 1500 m/h (durante 24 ore)



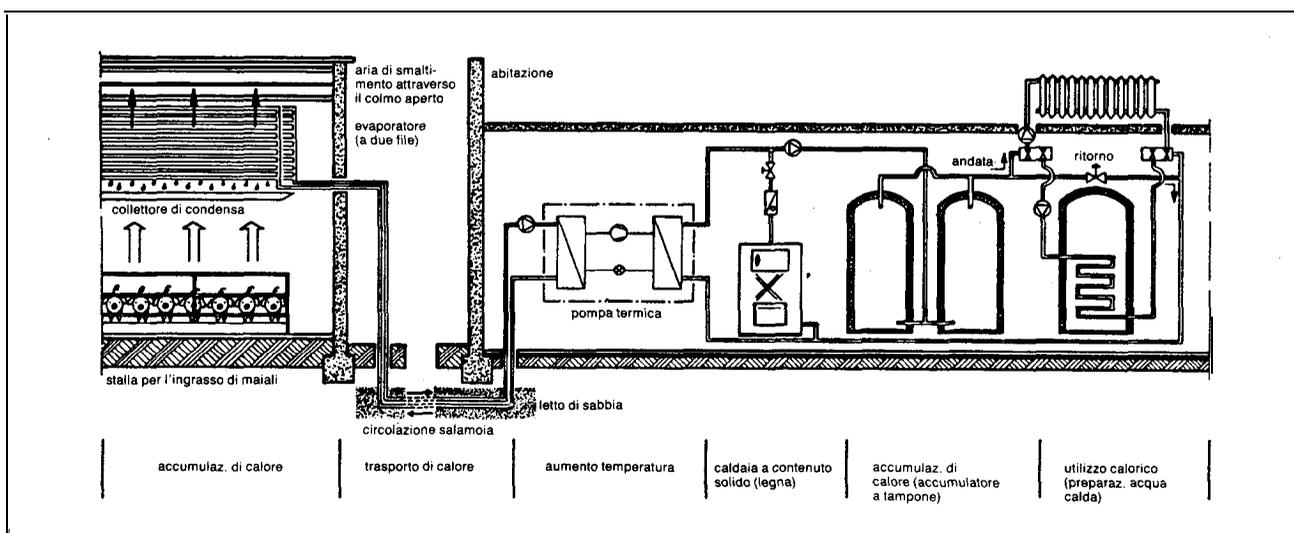
Esempio di un impianto Split con evaporatore diretto per il funzionamento ad aria ricircolata.



Esempio di una pompa termica compatta per il funzionamento ad aria ricircolata.

### 2.8.2 Stalle per l'ingrasso dei maiali

Nelle stalle per l'ingrasso dei maiali viene solitamente usato la procedura ad aria di smaltimento. La temperatura della stalla si situa tra i 15 ed i 20°C permettendo quindi, contrariamente al sistema con l'aria ricircolata, di recuperare più calore (maggiore differenza di temperatura). Con un raffreddamento di ca. 10°C si ottiene un ricupero di calore di ca. 6 Wh per m<sup>3</sup> di aria di smaltimento. Siccome i gas nocivi nei porcili sono più aggressivi vi vengono impiegati praticamente soltanto impianti ad evaporazione indiretta che lavorano con scambiatori di calore in materiale sintetico. Questi evaporatori sono montati direttamente nella corrente dell'aria di smaltimento o posati come cosiddetti «evaporatori silenziosi» sul soffitto della stalla. L'istallazione nella corrente dell'aria di smaltimento determina una caduta di pressione maggiore e di conseguenza dei costi energetici più elevati per il ventilatore. «L'evaporatore silenzioso» ha una cattiva convezione termica naturale e necessita quindi di una maggiore superficie per lo scambio di calore.



Stallaper l'ingrasso di maiali con «raffreddamento silenzioso» nell'aria di smaltimento (senza ventilatore).

**Esempio: stalle per l'ingrasso di maiali**

**stalla**

animali	40 maiali da ingrasso a 40 kg e 40 maiali da ingrasso a 80 kg	
emissione complessiva di calore:		11,4 kW
superficie della stalla:		108 m <sup>2</sup>
valore-k approssimativo della costruzione:		0,6 W/m <sup>2</sup> K
temperatura della stalla:		15°C
umidità relativa dell'aria della stalla:		75%
temperatura esterna minima:		-13°C

**pompa termica**

coefficiente annuale di lavoro della PT:		3,0
PT con funzionamento ad aria di smaltimento		

**casa d'abitazione**

superficie di riferimento energetico:		170 m <sup>2</sup>
potenza termica specifica:		50 W/m <sup>2</sup>
fabbisogno di potenza termica:		8500 W

**Bilancio termico (con -13°C)**

valore di riferimento per la ventilazione	vapore acqueo	0,35%-CO <sub>2</sub>
quantità d'aria (m <sup>3</sup> /h)	807	764
calore sensibile (W)	10916	10916
perdite per trasmissione (W)	-3920	-3920
perdite per ventilazione (W)	-7207	-6826
bilancio termico (W)	-211	170
ricupero di calore dall'aria di smaltimento (W)	4541	4301
potenza calorica della PT (W)	6812	6451

Con una temperature esterna minima la potenza calorica non é sufficiente per riscaldare la casa. Una potenza calorica sufficiente è possibile con una temperatura esterna di -4°C.

Il bilancio termico dells stalla è praticamente equilibrate con la temperature minima esterna. Ciò significa che un riscaldamento supplementare non è più necessario.

---

## 3. Scambiatore di calore

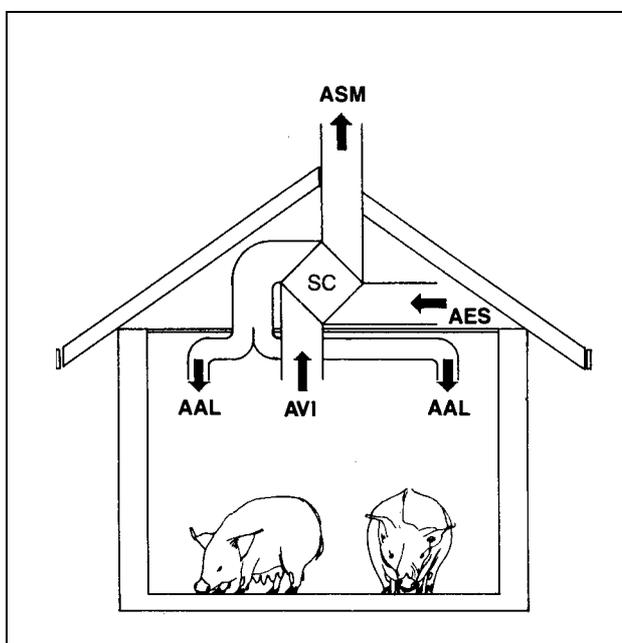
---

<b>3.1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>38</b>
<b>3.2</b>	<b>Definizioni</b>	<b>38</b>
<b>3.3</b>	<b>Corrosione e sporcizia</b>	<b>39</b>
<b>3.4</b>	<b>Sistemi di scambiatori di calore</b>	<b>40</b>
3.4.1	Scambiatori di calore a piastre	40
3.4.2	Sistemi di circolazione combinata	41
3.4.3	Scambiatori di calore con fascio tubiero in materiale sintetico	43
3.4.4	Scambiatori di calore e tubi di calore rotanti	43
<b>3.5</b>	<b>Dimensionamento degli impianti di ricupero calore</b>	<b>44</b>
3.5.1	In generale	44
3.5.2	Calcolo della quantità d'aria	44
3.5.3	Calcolo della potenza dello scambiatore di calore	44
3.5.4	Garanzia/collaudò	45
3.5.5	Esercizio estivo	45
<b>3.6</b>	<b>Economicità</b>	<b>46</b>
3.6.1	Costi d'investimento e d'esercizio	46
3.6.2	Ricupero di calore e utilizzo	46
<b>3.7</b>	<b>Esempi di impianti</b>	<b>47</b>
3.7.1	Stalla per maiali	47
3.7.2	Stalle per la pollicoltura	47

---

## 3. Scambiatore di calore

### Scambiatori di calore per l'aria della stalla



SC: scambiatore di calore  
 AVI: aria viziata  
 ASM: aria di smaltimento  
 AES: aria esterna (di reintegro)  
 AAL: aria di alimentazione.

### 3.1 Introduzione

Gli animali emanano anidride carbonica e vapore acqueo. Questi gas devono essere estromessi e sostituiti con aria fresca esterna. In inverno, nelle stalle con maiali piccoli e pollame, l'aria introdotta dall'esterno deve essere riscaldata. Esistono tre possibilità per eseguire questa operazione:

- collegamento all'impianto centrale di riscaldamento della casa mediante una condotta a distanza
- installazione di un impianto di riscaldamento separato per la stalla (riscaldamento ad olio, gas, legna o elettrico)
- installazione di un impianto di recupero di calore (impianto RC) per l'impianto di ventilazione.

Dal punto di vista energetico ed ecologico l'impianto RC rappresenta la soluzione più opportuna. Se progettato in modo corretto ed il funzionamento è adeguato, lo stesso rappresenta inoltre un'alternativa economicamente interessante rispetto ad un impianto di riscaldamento convenzionale.

L'impianto RC ha come obiettivo il trasferimento del calore dell'aria di smaltimento all'aria fresca esterna immessa nella stalla.

Siccome con un impianto di ventilazione devono essere espulsi sia vapore acqueo che sostanze nocive e sostituiti con aria secca esterna, si possono utilizzare soltanto sistemi che garantiscono una totale separazione tra aria di smaltimento e aria esterna.

Gli impianti RC sono impiegati soprattutto nelle stalle per maiali e pollame. Non si sono fatte sufficienti esperienze per quanto attiene alle stalle per vitelli.

### 3.2 Definizioni

L'aria estromessa dalla stalla, prima che attraversi lo scambiatore di calore, è denominata aria viziata e dopo aria di smaltimento. L'aria fresca immessa, prima che attraversi lo scambiatore di calore, è denominata aria esterna (di reintegro) e dopo aria di alimentazione. Quasi sempre viene usato il concetto «aria di smaltimento» per l'aria viziata e l'aria di smaltimento ed il concetto «aria esterna» per l'aria esterna e l'aria di alimentazione. Nel testo in questa parte della documentazione si procederà nello stesso modo.

Per la valutazione di un impianto RC è importante il rendimento denominato anche coefficiente di recupero termico. Lo stesso rappresenta il rapporto tra riscaldamento dell'aria esterna e la differenza di temperatura tra aria di smaltimento ed esterna.

Il rendimento dipende dal sistema e dalla modalità di costruzione dello scambiatore di calore, dai livelli di temperatura ed anche dalla sporcizia. Nell'applicazione pratica sono raggiunti valori tra il 0,2 ed il 0,7. In tutte le condizioni di esercizio un buon impianto di RC dovrebbe raggiungere un rendimento di almeno 0,5 (rendimento > 50%).

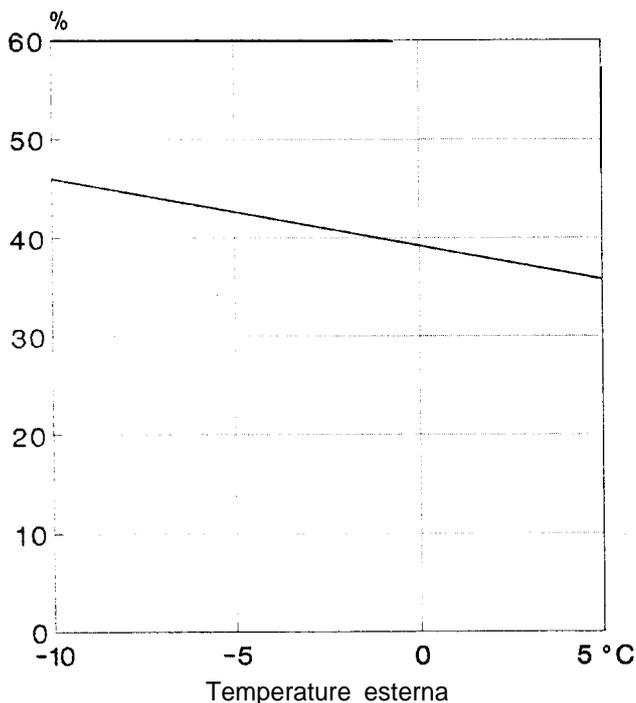
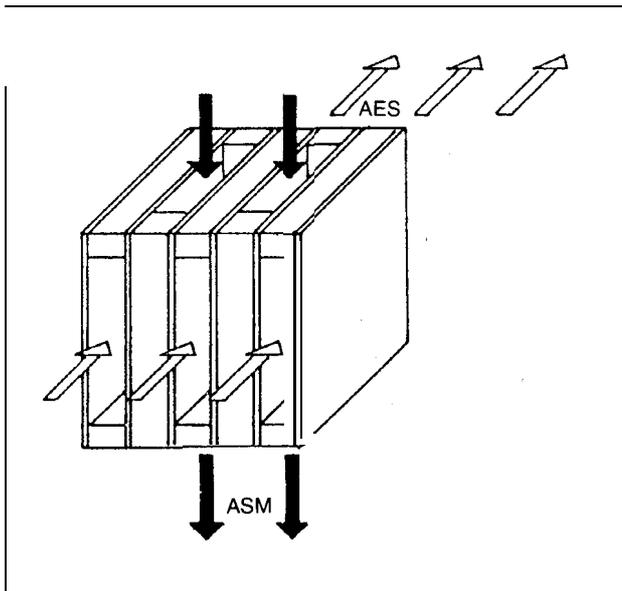
### 3.3 Corrosione e sporcizia

Uno scambiatore di calore deve avere una durata piuttosto lunga e di conseguenza deve essere costituito da materiali non corrodibili oppure avere una protezione idonea contro la corrosione dell'aria della stalla. Tenuto conto che nell'aria della stalla è presente ammoniacca non si devono utilizzare metalli non ferrosi (Cu, Al, Ms). Nei casi in cui ciò non fosse possibile per motivi finanziari (ad es. non è possibile rimpiazzare lamelle-alluminio con altre in acciaio al cromo) questi materiali devono essere dotati di rivestimenti non porosi ed il più possibile resistenti alla diffusione. La verniciatura a due componenti con uno spessore di ca. 100 µm ha dato buoni risultati.

Uno scambiatore di calore installato nell'aria della stalla si sporca rapidamente. Lo stesso deve quindi essere costruito in modo che le particelle di sporcizia non vi aderiscono. La sporcizia aderisce con minor facilità su materiale sintetico o su superfici metalliche rivestite che non su superfici relativamente porose in metallo ossidato. Le distanze tra piastre o lamelle devono essere sufficientemente grandi in modo da permettere una buona pulizia dello scambiatore di calore. Con l'applicazione di filtri gli scambiatori di calore si sporcano meno ma questi filtri devono essere sostituiti molto spesso (almeno settimanalmente) a prescindere dal fatto che gli scambiatori di calore devono comunque essere puliti periodicamente (ca. mensilmente). Questi filtri determinano inoltre una resistenza all'aria e quindi un maggior fabbisogno energetico dei ventilatori per l'aria esterna e l'aria di smaltimento.

<b>Rendimento =</b>	$\frac{T_{aal} - T_{aes}}{T_{avi} - T_{aes}}$		
	T: temperatura Aes: aria esterna Aal: aria di alimentazione Avi: aria viziata della stalla		
<b>Esempio</b>			
<b>Rendimento</b>	0,5	0,5	0,6
<b>Aria esterna (Aes)</b>	-5	0	-5°C
<b>Aria di alimentazione (Aal)</b>	6	8	8°C
<b>Aria viziata della stalla (Avi)</b>	17	17	17°C

**Scambiatore di calore a piastre**



*Rendimenti medi misurati di uno scambiatore con piastre a nervatura in una stalla per maiali in relazione con la temperatura esterna. I rendimenti raggiunti in questo caso sono insufficienti per un impianto moderno.*

**3.4 Sistemi di scambiatori di calore**

**3.4.1 Scambiatori di calore a piastre**

**In generale**

La corrente dell'aria esterna e dell'aria di smaltimento viene condotta lungo una superficie divisoria la quale trasmette direttamente il calore. Nel caso in cui la corrente dell'aria di smaltimento va al disotto del punto di rugiada l'umidità viene eliminata e contemporaneamente è trasmesso calore di condensa (calore latente). Sono stati ottenuti dei buoni risultati con gli scambiatori a piastre soprattutto in stalle per maiali e pollame dove sono molto diffusi.

Nel settore agricolo vengono impiegate prevalentemente piastre in materiale sintetico (piastre a nervatura) in parte anche piastre in alluminio rivestite. Lamine in vetro o materiale sintetico non hanno dato dei buoni risultati per motivi di vulnerabilità. La distanza delle piastre dovrebbe essere di almeno 8 mm a causa della sporcizia.

**Limite del punto di congelamento**

Gli scambiatori a piastre hanno purtroppo un limite del punto di congelamento relativamente alto. Con temperature esterne di ca. -10°C la temperatura della piastra raggiunge solamente ca. 0°C e ciò porta quindi al congelamento della condensa espulsa con l'aria di smaltimento.

In presenza di uno strato di ghiaccio sulle piastre la quantità d'aria di smaltimento ed il coefficiente di trasmissione di calore diminuiscono con conseguente ulteriore abbassamento della temperatura della piastra fino a quando lo scambiatore di calore è quasi completamente ghiacciato.

Bisogna quindi cercare di evitare che l'aria esterna, entrando nello scambiatore a piastre non venga abbassata, nemmeno in pieno inverno, sotto i -10°C. Una possibilità usata di frequente è l'aspirazione dell'aria esterna dalla cavità sopra la stalla. Sfruttando le perdite di calore del soffitto della stalla l'aria esterna viene pre-riscaldata. Un'alternativa è rappresentata inoltre dalla riduzione del rapporto tra la massa d'aria esterna e quella di smaltimento attraverso la riduzione del volume della corrente dell'aria esterna oppure con l'ausilio di un bypass attorno allo scambiatore a piastre.

### Pulizia

Uno scambiatore di calore a piastre dovrebbe essere pulito almeno ogni tre settimane, spruzzando le piastre con molto acqua. Per questo motivo è necessario potervi accedere facilmente disponendo di un allacciamento per l'acqua e di un sistema di scarico. Scambiatori a piastre costruiti con elementi ad estrazione sono facili da pulire.

Se la pulizia non è eseguita regolarmente la portata della corrente d'aria ed il rendimento diminuiscono. In casi estremi lo scambiatore può venir completamente chiuso dalla massa attaccaticcia di polvere.

### Dimensione dello scambiatore

Gli scambiatori di calore a piastre hanno un coefficiente di trasmissione di calore di ca.  $10\text{W/m}^2\text{K}$ . Per ca.  $25\text{ m}^3$  all'ora di aria della stalla (con una quantità minima di aria) è necessaria una superficie di  $1\text{ m}^2$ .

### 3.4.2 Sistemi di circolazione combinata

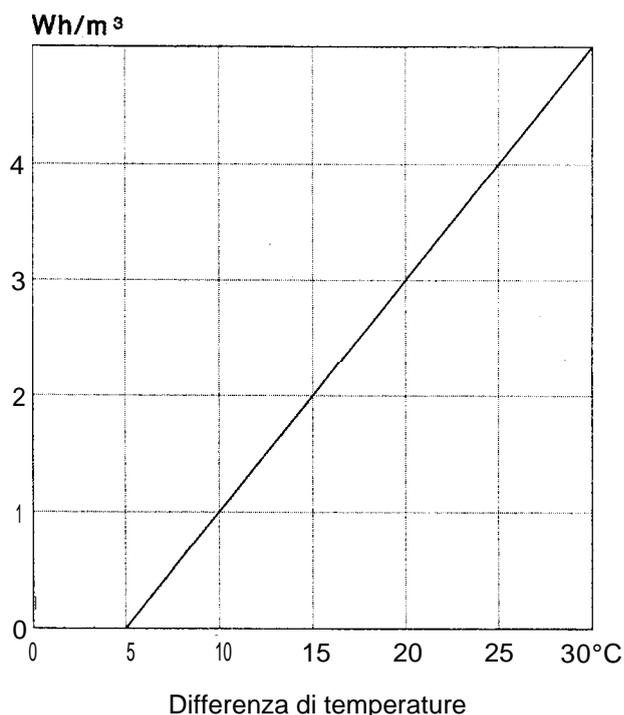
#### In generale

L'aria di smaltimento viene raffreddata in scambiatori di calore a lamelle o a tubi lisci. La miscela acqua/glicol riscaldata viene trasmessa, attraverso un sistema di condutture con pompa di circolazione, allo scambiatore dell'aria esterna la quale viene, a sua volta, riscaldata.

Questo sistema di recupero di calore ha il vantaggio che l'aria esterna e l'aria di smaltimento non devono essere collegate con canali. Le condutture di collegamento per la miscela acqua/glicol necessitano di meno spazio e sono installabili con più facilità ed a minor costo. Il calore recuperato dall'aria di smaltimento può essere condotto nelle stalle dove c'è più bisogno di calore. In una stalla per l'ingrasso di maiali è quindi possibile trasmettere calore dal reparto per l'ingrasso finale alla stalla con i porcellini da latte.

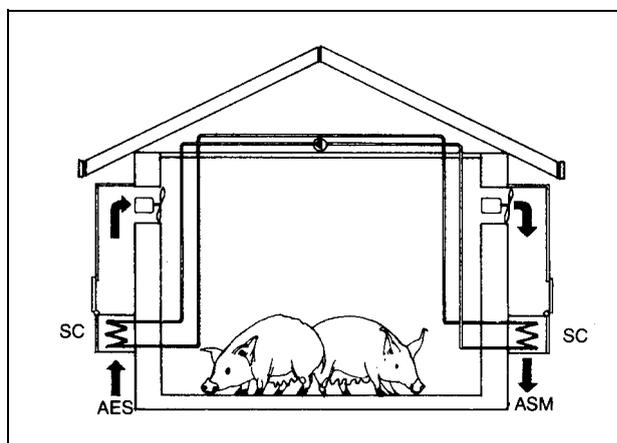
#### Costruzione degli scambiatori di calore lamellati

Per l'esercizio ad acqua/glicol gli scambiatori di calore dovrebbero essere fabbricati con collettori di raccolta installati su entrambi i lati e poter essere svuotati completamente.

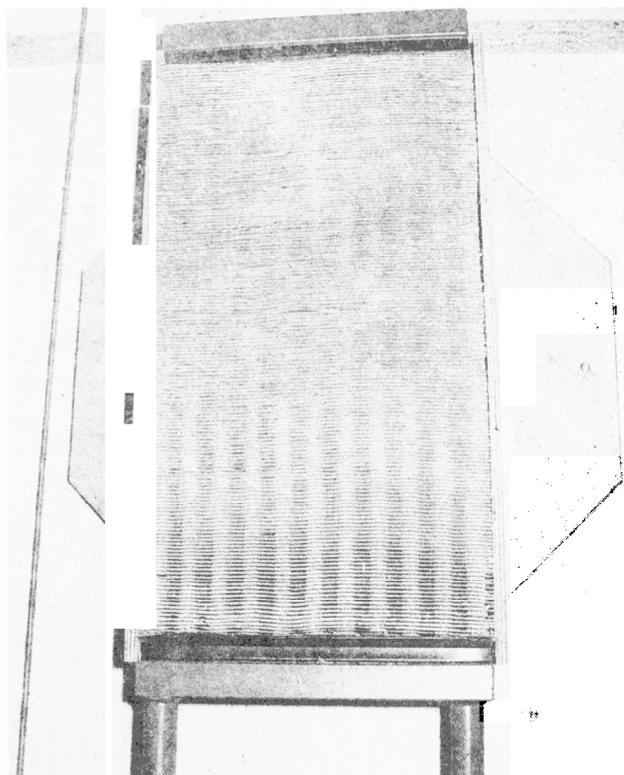


Ricupero medio di calore di diversi scambiatori a piastre ad aria in relazione alla differenza di temperature tra l'aria esterna e quella della stalla.

### Ricupero di calore con un sistema di circolazione combinata



## Scambiatori di calore lamellati



I tubi sono in acciaio zincato o cromato V4A ed i collettori in acciaio (sabbati e patinati) ma anche in V4A. Le lamelle sono quasi esclusivamente in alluminio (spessore ca. 0,4 mm). La patinatura non dovrebbe essere porosa e di ca. 100  $\mu\text{m}$  di spessore. Se le distanze tra le lamelle sono inferiori ai 5 mm gli scambiatori di calore si ostruiscono rapidamente.

Prima della messa in funzione l'impianto deve essere molto ben risciacquato fino alla completa eliminazione delle particelle di ruggine e ossidi. Soltanto a questo punto si può aggiungere la miscela acqua/glicol.

### Limite di congelamento

Anche con i sistemi di circolazione combinata la temperatura della superficie del tubo non deve abbassarsi sotto i 0°C per evitare il congelamento della condensa nell'aria di smaltimento. Il limite di congelamento può essere abbassato con sistemi molto semplici attorno ai -20°C ed anche a temperature inferiori.

Con l'estensione della superficie dello scambiatore di calore nell'aria di smaltimento rispetto a quella a contatto con l'aria esterna è possibile aumentare il livello di temperatura della miscela acqua/glicol e di conseguenza abbassare il limite di congelamento. Lo stesso effetto può essere raggiunto mediante l'aumento della quantità d'aria di circolazione e conseguente diminuzione della differenza di temperatura della miscela acqua/glicol. È possibile anche l'installazione di una regolazione antigelo che limita la potenza dell'impianto RC a bassa temperature evitando il congelamento della condensa.

### Pulizia

Se la distanza tra le lamelle di uno scambiatore è inferiore a 5 mm la pulizia deve essere fatta in modo più frequente che non per lo scambiatore a piastre cioè ca. ogni due settimane. Siccome scambiatori lamellati sono collegati a delle condutture, gli stessi sono puliti allo stato di posa. Di conseguenza deve essere prestata grande attenzione all'accessibilità, alle possibilità di allacciamento, alle condotte dell'acqua nonché ai rispettivi scarichi. Come per lo scambiatore a piastre anche in questo caso la sporcizia viene tolta dalle lamelle con molto acqua.

### 3.4.3 Scambiatori di calore con fascio tubiero in materiale sintetico

Per il recupero di calore dall'aria della stalla può essere impiegato un fascio tubiero in materiale sintetico. La trasmissione di calore all'aria esterna avviene, nella maggior parte dei casi, mediante scambiatori lamellati.

Il grande vantaggio di questi scambiatori a fascio tubiero consiste nella possibilità di una pulizia semplice e della poca sporcizia che ci si posa. Gli svantaggi, per contro, sono sia la pessima convezione termica naturale che la limitata superficie esterna di trasmissione. Per ottenere una potenza sufficiente (rendimento di almeno il 50%) devono essere installati tubi piuttosto lunghi.

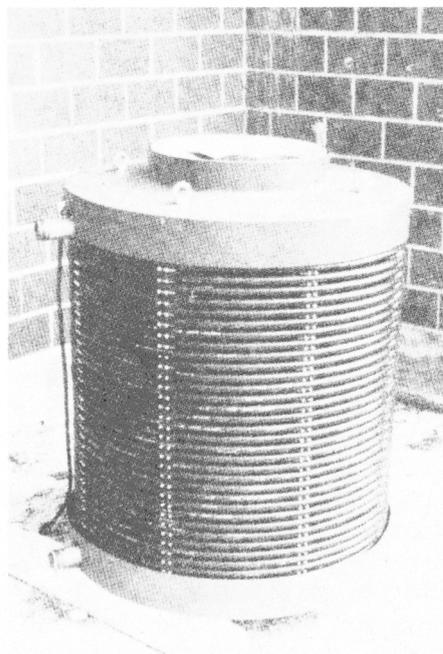
Deve inoltre essere prestata attenzione al fatto dell'uso esclusivo di materiali sintetici a tenuta stagna contro la diffusione di ossigeno (per es. lamine-alu integrate). Un'immissione regolare di ossigeno consuma rapidamente gli inibitori anticorrosivi determinando la corrosione del sistema (nella maggior parte dei casi corrosione profonda).

### 3.4.4 Scambiatori di calore e tubi di calore rotanti

Gli scambiatori di calore rotanti non sono adatti per l'impiego in agricoltura. Con l'aumento della sporcizia e della corrosione l'umidità viene trasmessa dall'aria di smaltimento all'aria esterna. Non possono essere evitate le perdite d'aria. La pulizia degli scambiatori di calore rotanti è inoltre possibile solo in modo limitato.

I tubi di calore (Heatpipe) idonei per l'impiego nell'aria della stalla non sono attualmente reperibili sul mercato. Quelli ottenibili sono composti in tubi di rame con lamelle-alluminio sottili e con piccole distanze tra le lamelle. Questi prodotti dimostrano una forte tendenza alla corrosione ed alla sporcizia. La loro pulizia è inoltre difficoltosa. Nell'attuale situazione di mercato è quindi consigliabile non utilizzare questi tubi di calore.

### Scambiatori di calore a fascio tubiero



## 3.5 Dimensionamento degli impianti di recupero calore

### 3.5.1 In generale

Siccome gli scambiatori di calore costituiscono parte del sistema di ventilazione gli stessi devono essere progettati assieme all'intero impianto di ventilazione della stalla. Per quanto attiene alle componenti più piccole, il progettista della ditta per ventilazioni procederà al dimensionamento degli scambiatori di calore, dei ventilatori, dei canali d'aria ed alla regolazione e progettazione dell'intero impianto.

Gli scambiatori di calore possono essere impiegati sia per singole sezioni che per tutta la stalla. Alcuni settori per porcellini o maiali di allevamento presentano quasi sempre, in caso di un isolamento mediocre e nonostante l'impiego di uno scambiatore di calore, delle carenze termiche. In questi casi l'utilizzo dell'aria derivante da più stalle (ad esempio allevamento porcellini, maiali d'ingrasso) assieme ad uno scambiatore di calore permette, il più delle volte, di avere un bilancio termico equilibrate e positivo. I calcoli che seguono devono quindi essere eseguiti da un lato per i singoli settori e d'altro complessivamente su stalle con diverse sezioni.

Questa documentazione illustra la procedura per il dimensionamento di un impianto RC (quantità d'aria, rendimento dello scambiatore di calore) mentre l'impianto di ventilazione singolo non viene trattato.

Le temperature dell'insufflamento d'aria dopo lo scambiatore di calore giocano un ruolo secondario in agricoltura rispetto a quelle degli impianti RC nell'industria e nell'artigianato. La quantità d'aria che deve essere trasportata è determinata dalle condizioni quadro del clima della stalla (scarico di vapore acqueo e di anidride carbonica). Si tratta quindi di recuperare la maggior quantità possibile di calore dall'aria di smaltimento per aumentare al massimo la temperatura dell'aria esterna.

Per il dimensionamento dell'impianto RC devono essere determinate le quantità minime e massime dell'aria come pure le potenze necessarie dello scambiatore di calore.

### 3.5.2 Calcolo della quantità d'aria

La quantità d'aria per il dimensionamento dello scambiatore di calore e del relativo ventilatore è determinata mediante il programma PC «clima della stalla» (descrizione precisa del programma nell'allegato 1). La quantità d'aria minimale corrisponde alla quantità invernali d'aria a temperature esterne minimali. La quantità d'aria massima per lo scambiatore di calore corrisponde alla quantità d'aria ad una temperatura esterna in cui lo scambiatore di calore è messo fuori esercizio. Ciò potrà avvenire soltanto quando il bilancio termico della stalla è equilibrato senza lo scambiatore di calore.

Con l'impiego di un impianto RC la stalla ha un'eccedenza termica quando le temperature esterne superano quella minimale. La quantità d'aria, a queste temperature, può di conseguenza essere aumentata rispetto al calcolo teorico. Il clima della stalla sarà sensibilmente migliorato senza causare una mancanza di calore.

Lo scambiatore di calore viene generalmente impiegato fino a quando lo stesso non recupera più calore utile (surriscaldamento della stalla). Questo è il caso con temperature esterne inferiori di ca. 5-10°C rispetto alla temperatura della stalla. La quantità massima d'aria per lo scambiatore di calore viene calcolata per una temperatura esterna che è di 5°C inferiore alla temperatura della stalla. In tal modo anche se la temperatura esterna varia sensibilmente durante una giornata nella stagione intermedia, è garantita la trasmissione della quantità d'aria necessaria con lo scambiatore di calore in esercizio.

Il ventilatore per lo scambiatore di calore deve essere regolabile con quantità d'aria minime e massime. Il valore di riferimento della quantità d'aria massima può essere ritenuto pari al triplo fino cinque volte la quantità d'aria minimale.

### 3.5.3 Calcolo della potenza dello scambiatore di calore

La potenza dello scambiatore di calore necessaria può essere dedotta dai calcoli eseguiti secondo il programma PC riferiti alle rispettive temperature esterne («ricupero di calore SC»).

### 3.5.4 Garanzia/collaudo

Il grado di rendimento di uno scambiatore di calore deve essere garantito dal produttore in forma scritta. Con differenza di temperatura da 30 fino a 10°C lo stesso dovrebbe essere di almeno il 50 % (scambiatore di calore pulito).

Nell'interesse del committente, al momento del collaudo dell'impianto di ventilazione, il volume delle correnti d'aria ed i rendimenti dovrebbero essere rilevati e registrati a verbale. Ciò permette il calcolo del grado di rendimento e di conseguenza la verifica del rendimento garantito. Il verbale serve per ricercare le cause di eventuali imperfezioni che dovessero verificarsi in un secondo tempo.

### 3.5.5 Esercizio estivo

Gli scambiatori di calore sono in esercizio soltanto durante l'inverno e, al massimo, durante il periodo di transizione. L'impianto di ventilazione invece, deve essere progettato anche per l'esercizio estivo. Le quantità d'aria necessarie possono essere dedotte dal programma PC «clima della stalla».

L'esercizio estivo è assicurato da un impianto di ventilazione indipendente (ventilatori separati) o in combinazione con un impianto RC. Lo scambiatore combinato con l'impianto RC, può essere aggirato mediante un bypass che permette la diminuzione della pressione e l'aumento della trasmissione della quantità d'aria. In alcuni tipi di scambiatori di calore gli elementi possono essere tolti e sostituiti con un «mezzo estivo». In tal modo si raggiunge lo stesso risultato come con il bypass.

#### Esempio

stalla per maiali con 100 porcellini di 20 kg  
 quantità d'aria secondo la scala del vapore  
 acqueo

temperatura della stalla:	20°C
temperatura esterna minima:	-12°C
umidità relativa dell'aria esterna:	100%/80%
impiego SC con temperature esterne:	15°C
umidità relativa dell'aria nella stalla:	70%

temperatura esterna:	(°C)	-12	15
quantità d'aria:	(m <sup>3</sup> /h)	513	2642
calore dell'animale (sensibile)	(W)	6241	6241
perdite per trasmissione	(W)	-3200	-500
perdite per ventilazione	(W)	-5247	-4220
bilancio termico senza SC	(W)	-2206	1521
recupero di calore SC	(W)	2772	0
bilancio termico con SC	(W)	566	1521

#### Dimensionamento SC

- quantità minima d'aria: 513 m<sup>3</sup>/h
- quantità massima d'aria: 2642 m<sup>3</sup>/h
- potenza necessaria dello scambiatore di calore (a -12°C): 2.7 kW

**Esempio di costi d'investimento  
(prezzi 1990)**

impianto di ventilazione a pressione costante per quattro stalle per l'ingrasso di maiali (70-80 posti) con scambiatore di calore integrato (uno per ogni stalla)

impianto di ventilazione con SC a piastre in materiale sintetico integrato (superficie dello scambiatore 40 m<sup>2</sup>, con una potenza massima del ventilatore di 4800 m<sup>3</sup>/h):

4 x Fr. 2'900.— Fr. 11'600.—

canali d'aria, camini, intelaiatura del tetto, strumenti elettronici di regolazione, ecc.  
4 x Fr. 2'500.— Fr. 10'000.—

distribuzione dell'aria esterna nel soffitto Fr. 2'500.—

impianto di allarme Fr. 900.—

montaggio e lavori di adattamento Fr. 6'000.—

totale Fr.31'000.—

quota per l'impianto RC (ca.)

scambiatore di calore con carcassa Fr. 8'000.—

canali d'aria supplementari e montaggio Fr. 5'000.—

totale quota impianto RC Fr. 13'000.—

## 3.6 Economicità

### 3.6.1 Costi d'investimento e d'esercizio

I costi d'investimento per un impianto di ricupero di calore sono difficilmente valutabili in dettaglio. Gli scambiatori di calore sono integrati in un sistema di ventilazione che deve essere installato indipendente dall'impianto di ricupero di calore. Per valutare l'economicità devono essere conteggiati anche i costi supplementari per lo scambiatore di calore, per il prolungamento dei canali d'aria, per le valvole a farfalla, il bypass, ecc. Di fianco è illustrato il calcolo in base ad un esempio di una stalla per l'ingrasso di maiali con quattro settori.

I costi d'esercizio vengono valutati tenendo conto dell'aumento del fabbisogno di corrente dei ventilatori e dei costi di manutenzione. Il fabbisogno di corrente può essere calcolato in base alla perdita di carico supplementare dello scambiatore di calore. Tale perdita non dovrebbe superare i 100-150 Pa con la quantità d'aria massima. Una ulteriore perdita di carico di 80 Pa con una quantità d'aria di trasmissione di 2000 m<sup>3</sup>/h determinerebbe un fabbisogno supplementare di corrente di ca. 80 Watt.

I costi di manutenzione comprendono in particolare la pulizia dello scambiatore di calore che possono essere valutati in mezz'ora/un'ora ogni due/quattro settimane.

### 3.6.2 Ricupero di calore e utilizzo

A secondo del rendimento dello scambiatore di calore possono essere recuperati dal 40 al 60 % delle perdite di calore della ventilazione. Per il bilancio annuale conta comunque esclusivamente la quantità di calore che può essere utilizzato in modo proficuo (sostituzione del riscaldamento, miglioramento del clima della stalla tramite aumento della quantità d'aria). Questo vantaggio dipende essenzialmente dal luogo d'impiego dello SC (dall'aria della stalla, dalla costruzione/isolamentotermico). Nelle stalle di animali con alte temperature (ad esempio porcellini) ed in una stalla con isolamento termico medio, lo scambiatore di calore può essere utilizzato durante ca. 3000 ore all'anno in modo proficuo. In una stalla per pre-ingrasso di maiali le ore utili si riducono attorno a 1000. Ad esempio il ricupero di calore utile annuale in una stalla con

100 porcellini e di ca. 3000-6000 kWh. Ciò comporta un risparmio di alcune centinaia di franchi all'anno.

Con il solo risparmio d'energia l'impianto di RC non può essere ammortizzato. Grazie all'impiego dello scambiatore di calore è comunque possibile rinunciare ad un ulteriore riscaldamento della stalla. In questo caso i maggiori costi sono più che compensate perchè l'installazione di un riscaldamento separato o dei tubi di calore a distanza con la relativa distribuzione calorica hanno costi molto più elevati.

L'impiego di uno scambiatore di calore ha anche altri vantaggi. In inverno, l'aria esterna viene riscaldata di ca. 10°C, riducendo quindi il pericolo di raffreddamento degli animali. Il clima della stalla è migliorato perchè, grazie all'impiego dello scambiatore di calore, possono essere trasmesse quantità d'aria maggiori con un bilancio termico equilibrato. Ciò riduce il contenuto di sostanze inquinanti nella stalla ed aumenta il benessere degli animali. Anche il rischio di danni alla costruzione (condensazione e formazione di muffa), è ridotto a causa dell'umidità minima dell'aria.

## 3.7 Esempi di impianti

### 3.7.1 Stalla per maiali

Nella scuola di agricoltura di Flawil è stato installato un impianto centrale di recupero di calore. Nella stalla (superficie base ca. 350 m<sup>2</sup>) sono comprese tre stalle per maialini da latte con cinque box, una stalla per l'ingrasso (60 posti) ed una per scrofe che allattano, verri e rimonte. L'aria di smaltimento di tutti gli scompartimenti viene convogliata nello scambiatore di calore che si trova nel soffitto. L'aria esterna viene condotta dal soffitto nello scambiatore di calore e distribuita nelle singole stalle. Per questo processo viene impiegato uno scambiatore di calore a piastre in materiale sintetico con pacchetti estraibili di una superficie di 65 m<sup>2</sup>. Il rendimento d'aria massimo dei ventilatori (aria di smaltimento, aria esterna) ammonta a ca. 3000 m<sup>3</sup>/h. Il funzionamento estivo è garantito mediante ventilatori separati.

Con l'installazione dell'impianto RC la stalla non deve più essere riscaldata (ad eccezione delle lampade utilizzate per i porcellini). I calcoli hanno dimostrato che l'impianto può essere gestito con economicità nonostante i costi d'investimento relativamente alti di Fr. 20'000.- (1980).

### 3.7.2 Stalle per la pollicoltura

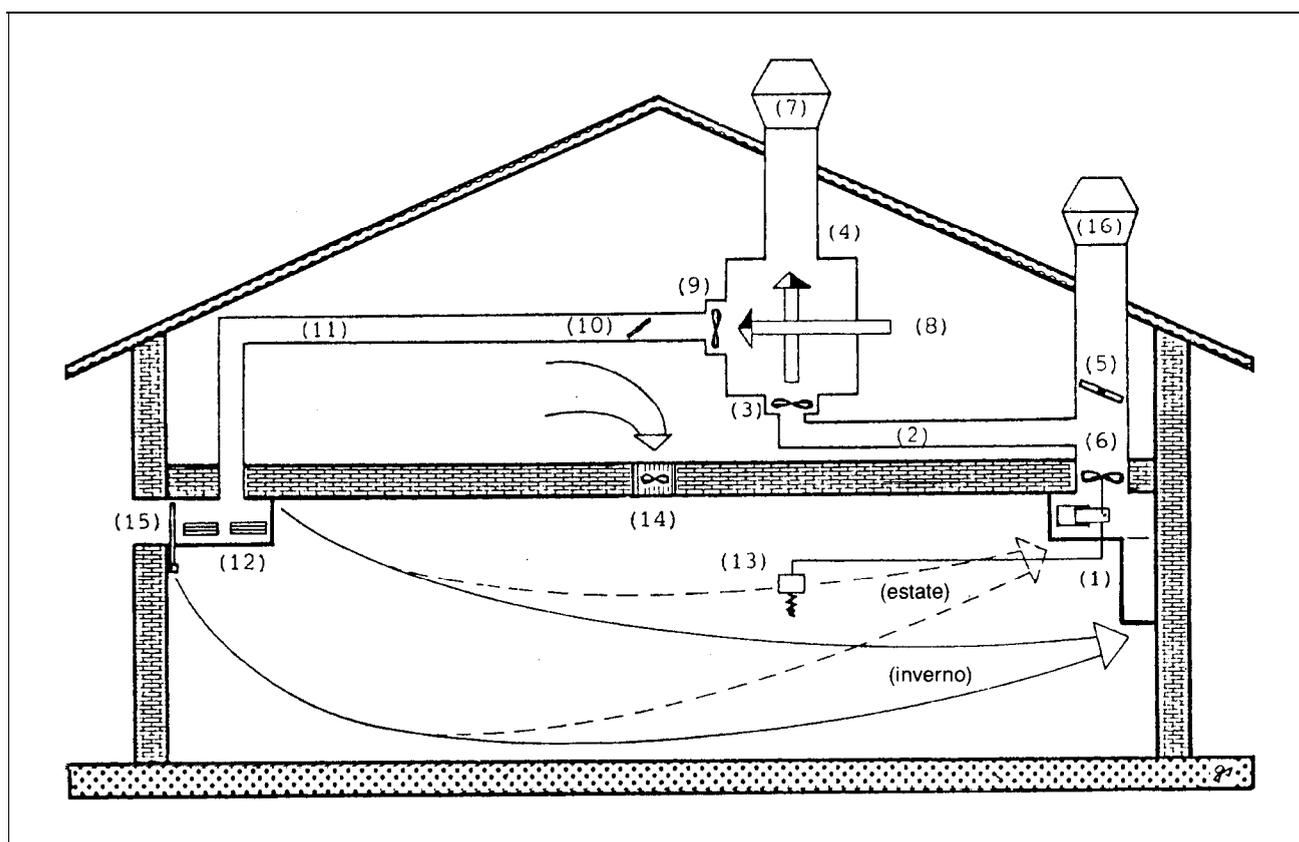
Interessante risulta il recupero di calore nelle stalle per l'ingrasso del pollame dove vengono richieste temperature tra i 20 e 30°C (a seconda dell'età degli animali).

In generale le stalle per l'ingrasso del pollame vengono attualmente smerciate come impianti pronti per l'uso. Ciò vuol dire che la costruzione e gli impianti per il foraggio, per l'asportazione del letame e per la ventilazione sono venduti sotto forma di pacchetto complessivo. In Svizzera, una ditta precede all'installazione dell'impianto con il recupero di calore in serie.

La stessa utilizza uno scambiatore di calore con soffitto cilindrico (vedi illustrazione). Le superfici dello scambiatore (ca. 50 m<sup>2</sup>) sono fabricate in lamiera di alluminio rivestite in materiale sintetico. Come ventilatore è utilizzato una corona di palette doppia che trasmette un massimo di 9000 m<sup>3</sup> di aria all'ora (funzionamento con bypass senza pacchetti estraibili dello scambiatore).

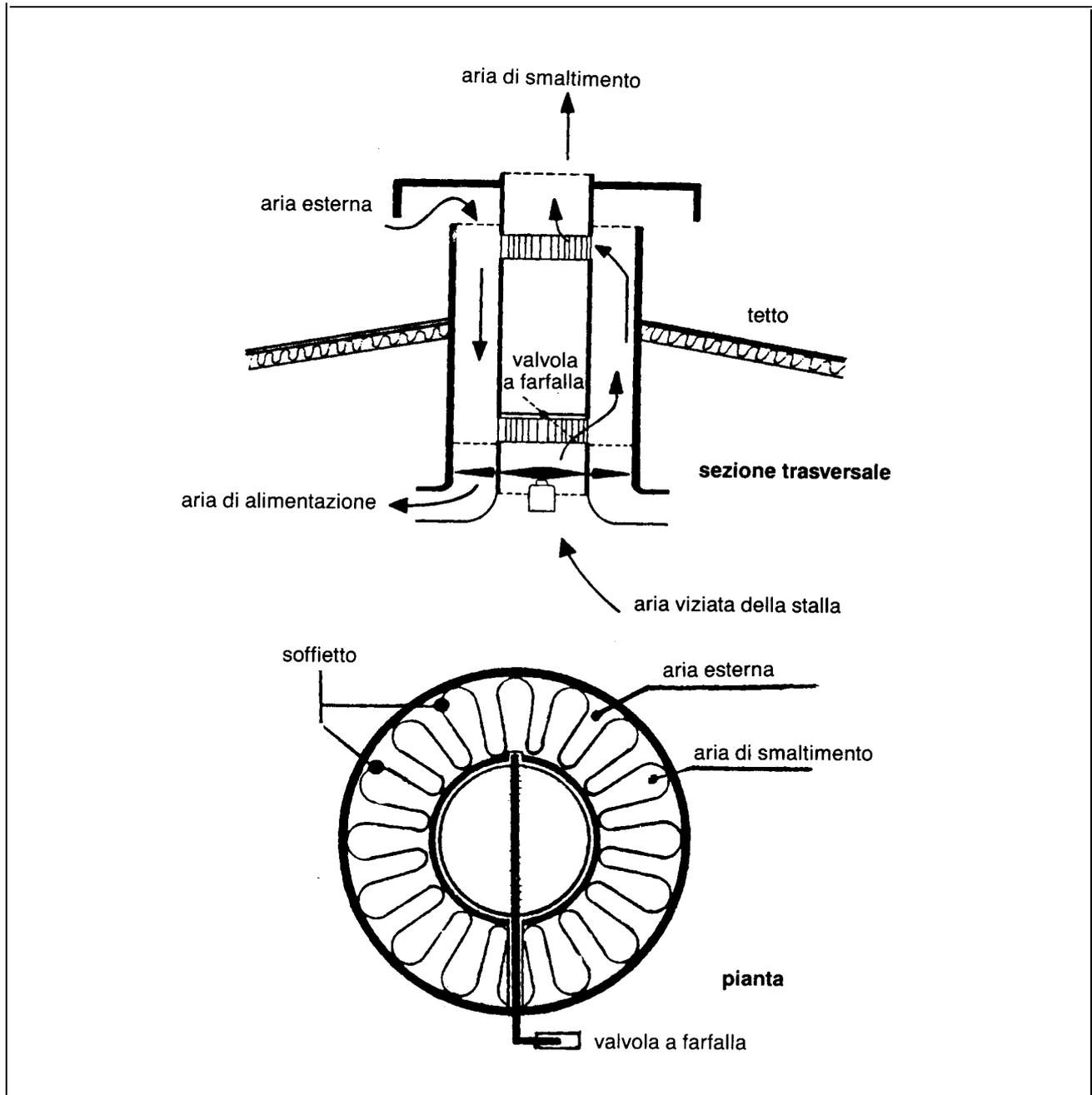
Per la superficie di un impianto di 300 m<sup>2</sup> (ca. 5000 polli) vengono impiegati due unità di scambiatori di calore. In base a misurazioni si è potuto dimostrare che il consumo energetico poteva essere ridotto del 60% grazie all'impianto RC il che corrisponde ad una riduzione del consumo annuale di olio combustibile di ca. 5000 kg. I maggiori costi per il recupero di calore ammontano a ca. Fr. 15'000.—.

Impianto RC installato in una stalla per l'allevamento e per l'ingrasso di maiali



- |  |   |
|--|---|
| 1: canale di raccolta dell'aria di smaltimento nella stalla    | 10: farfalla di regolazione nel canale per l'aria esterna               |
| 2: canale di alimentazione all'impianto RC                     | 11: canale di alimentazione per l'aria esterna                          |
| 3: ventilator dell'aria di smaltimento nel RC                  | 12: canale d'afflusso dell'aria esterna nella stalla                    |
| 4: scambiatore di calore                                       | 13: termostato della stalla   |
| 5: farfalla di regolazione dell'aria di smaltimento nel camino | 14: apertura per l'aggiunta di aria fresca (nel locale per il foraggio) |
| 6: ventilatore del camino                                      | 15: saracinesca dell'aria esterna per il funzionamento estivo.          |
| 7: camino dell'aria di smaltimento per l'impianto RC           | 16: camino dell'aria di smaltimento per il funzionamento estivo.        |
| 8: aspirazione dal sottotetto dell'aria esterna                |   |
| 9: ventilator dell'aria esterna nel RC                         |   |

Scambiatore di calore a soffietto cilindrico





---

## Parte 2<sup>a</sup>: Collettori solari per la ventilazione del fieno

### 1. Ventilazione del fieno

---

#### 1.1 In generale 52

---

#### 1.2 Progettazione di una ventilazione per il fieno 53

1.2.1	Impianto per l'essiccazione di superfici	53
1.2.2	Fabbisogno di fieno	54
1.2.3	Massa volumica apparente	54
1.2.4	Volumi dei depositi	55
1.2.5	Superficie base del deposito HS	55
1.2.6	Deposito separato del fieno di primo e secondo taglio ?	56
1.2.7	Dimensioni funzionali	56

---

#### 1.3 Scelta del ventilator 58

1.3.1	Quantità d'aria QW	58
1.3.2	Pressione dell'aria pW	58
1.3.3	Scelta del ventilatore	59
1.3.4	Quantità d'aria minima QK	59
1.3.5	Pressione dell'aria pK con una quantità d'aria minima	59
1.3.6	Riserva di pressione disponibile pD	59
1.3.7	Potenza elettrica assorbita Nel	61
1.3.8	Grado di rendimento Eta	61
1.3.9	Rumore	62

---

#### 1.4 Ulteriori criteri per la scelta 62

---

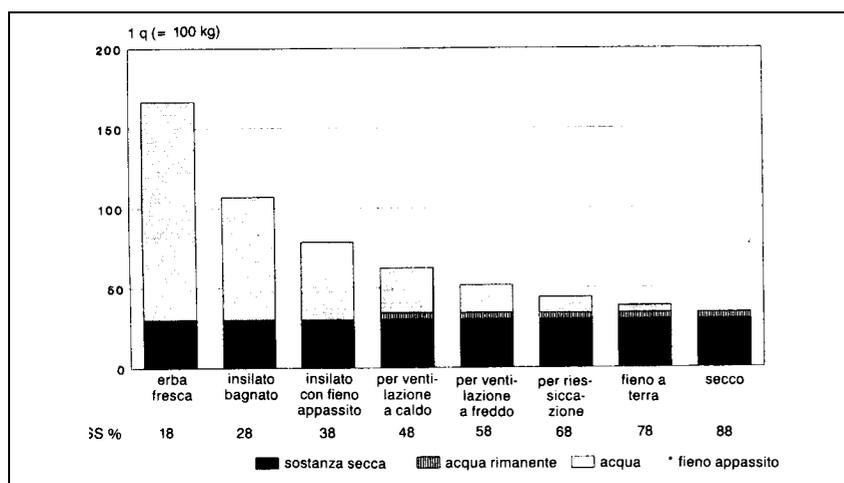
# 1. Ventilazione del fieno

## 1.1 In generale

Le aziende dotate di ventilatori per il fieno aumentano di anno in anno. Secondo il censimento delle aziende agricole del 1990, circa 44000 agricoltori dispongono di uno o più impianti di ventilazione.

Un terzo di questi impianti ha un'età di 20 e più anni e parecchi sono ancora muniti di ventilatori assiali. L'aumento delle compressioni dei quantitativi di fieno ammucchiato a causa del taglio precoce e delle umidità di raccolto come anche l'utilizzo di collettori solari presuppongono l'impiego di ventilatori radiali a pressione stabile. Nel primo capitolo è descritta la scelta di un ventilatore appropriate in base all'elenco dei ventilatori oggi disponibili con i dati di misurazione FAT.

Un ettaro (ha) di erba fresca tagliata produce ca. 30 quintali (1 q = 100 kg) di sostanza secca (SS). Quest'erba con ad esempio il 18% di SS contiene ancora 136,7 q di acqua. Nella preparazione del fieno, dall'erba deve essere eliminata l'acqua nella misura di ca. l'88% fino ad un resto ammissibile di 4,1 q, affinché il foraggio sia idoneo per l'insilamento. Un impianto di ventilazione con una superficie base di 100 m<sup>2</sup> non riesce ad eliminare questa quantità d'acqua senza rovinare il fieno. Solo attraverso un grande dispendio di mezzi tecnici, ad es. con un impianto di essiccazione dell'erba, l'estrazione dell'acqua richiede ancora dalle 3 alle 4 ore. Questa capacità di essiccazione elevata implica un fabbisogno energetico rilevante (ca. 1300 l di olio e 400 kWh di corrente per 30 q SS).



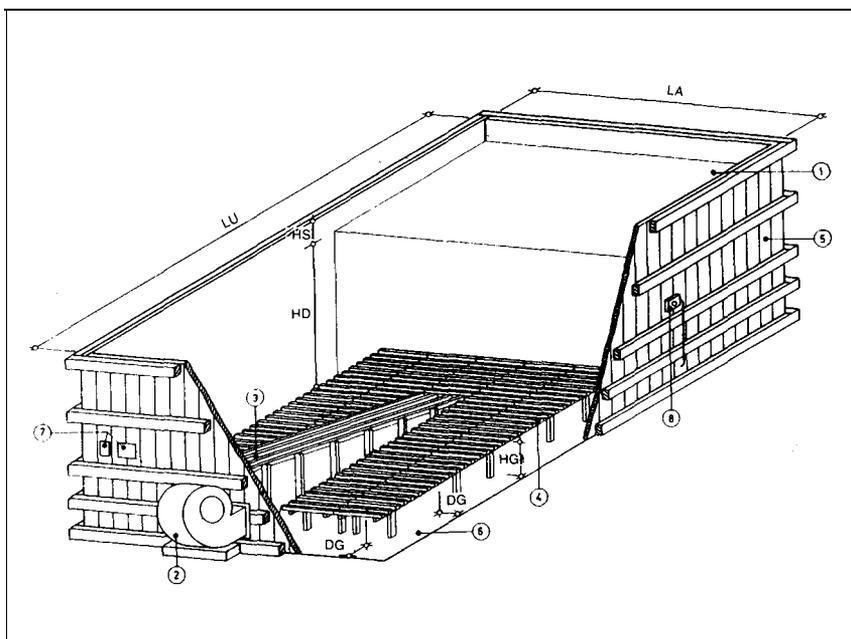
*A seconda del grado di appassimento sopra il deposito di fieno evapora ancora molto acqua. La fienagione giornaliera (sostanza secca quasi uguale a quella in verde del foraggio insilato) entra in considerazione solo sporadicamente e in quantità ridotte. Il fieno a terra elimina un certo quantitativo d'acqua a causa dell'autoriscaldamento.*

Il sistema meno costoso rimane ancora sempre un'essiccazione preliminare all'aperto sfruttando il calore del sole. A seconda del grado di pre-essiccazione con la ventilazione, devono ancora essere eliminate grandi quantità d'acqua. Il grafico dimostra come con la procedura «ventilazione a caldo» (collettori solari, pompe termiche o forno ad aria calda con riscaldamento ad olio), devono essere eliminate delle quantità d'acqua triple rispetto al metodo di «riessiccazione». Quest'ultima necessita però di più di due giorni di bel tempo per l'essiccazione preliminare all'aperto, il che implica un maggior rischio per cambiamenti di tempo e maggiori perdite. Ventilazioni esterne, sili di forma cilindrica o prismatica come pure impianti di aspirazione possono essere al massimo utilizzati per la riesiccazione ma non per un'essiccazione del fieno intorno al 70% di SS. Inoltre questi impianti non possono essere dotati di collettori solari.

## 1.2 Progettazione di una ventilazione per il fieno

### 1.2.1 Impianto per l'essiccazione di superfici

#### Impianti per la ventilazione interna



- 1: deposito di fieno
- 2: ventilator
- 3: canale di entrata
- 4: griglia
- 5: parete di contenimento
- 6: pavimento
- 7: strumento di regolazione
- 8: controllo della pressione dell'aria

- LU: lunghezza del deposito
- LA: larghezza del deposito
- HD: altezza del deposito
- HS: altezza sedimentazione
- HG: altezza della griglia
- DG: distanza tra griglia e parete di contenimento

<b>Calcolo del fabbisogno di fieno</b>	
16 vacche con 4800 kg di latte; 16 kg SS = 256 kg SS	
4 manzi d'allev. 6-12 m; 4,5 kg SS	= 18kg SS
5 manzi d'allev. 13-18 m; 6,5 kg SS	= 32,5 kg SS
3 manzi d'allev. 19-24 m; 8,5 kg SS	= 25,5 kg SS
<b>totale al giorno</b>	<b>332 kg SS</b>
fabbisogno per 200 giorni	66400 kg SS
di cui 1/3 fieno	22130 kg SS
15% di supplemento (riserva)	3320 kg SS
<b>totale per il periodo invernale</b>	<b>25450 kg SS</b>
peso del fieno	28700 kg fieno
vendita del fieno	10900 kg fieno
<b>totale</b>	<b>39600 kg fieno</b>

<b>Massa volumica apparente del fieno con l'88% di SS in kg/m<sup>3</sup></b>		
stadio di utilizzazione	altezza del deposito	
	3m	6m
2 -3; presto - semi-presto	90	100
3 -4; semi-presto - semi-tardi	80	90
4 -5; semi-tardi - tardi	70	80

L'impianto per la ventilazione interna con pavimento a griglia come da figura deve essere, di regola, preso in considerazione quando si intende progettare un nuovo impianto oppure trasformarne uno esistente. Impianti con canali principal e secondari non sono idonei a causa dell'essiccazione irregolare dei depositi di fieno.

### 1.2.2 Fabbisogno di fieno

Il fabbisogno di fieno dipende:

- dal numero e dal tipo di animali che si nutrono di foraggio secco
- dalla durata del foraggiamento durante il periodo invernale (150-210 giorni)
- dalla quota parte di fieno in kg SS nella razione di foraggio (tenendo conto di: insilamento, erba secca, foraggio per l'equilibria energetico e per il rendimento latteo, rape da foraggio, ecc.
- dall'acquisto o dalla vendita di fieno.

La tabella a lato mostra un esempio di calcolo. Una seconda possibilità per il calcolo della quantità di fieno può essere la valutazione del raccolto con le rispettive superfici di fieno.

### 1.2.3 Massa volumica apparente

Secondo un rilevamento della FAT la massa volumica apparente oscilla tra 51 e 129 kg SS/m<sup>3</sup> quindi in una proporzione di 1:2,5. Non è di conseguenza possibile indicare una cifra valida per tutta la Svizzera riferita a tutti i depositi di fieno. Calcoli recenti dimostrano che lo stadio di utilizzazione, rispettivamente di contenuto di fibre grezze del fieno influenzano la massa volumica apparente. Anche l'altezza del deposito gioca un ruolo importante.

L'aumento della massa volumica apparente è influenzato da:

- spessore degli strati d'immagazzinamento
- basso contenuto di SS (forte umidità del fieno al momento della messa sotto tetto)
- foraggio fine e giovane
- fieno appassito con taglio corto
- foraggio con molto trifoglio ed erba
- lavorazione meccanica all'aperto, ad esempio tramite compressione
- una determinata prima compressione eseguita dal veicolo di carico.

L'immagazzinamento con la benna riduce la massa volumica apparente fino al 20% rispetto ad un immagazzinamento con compressore.

### 1.2.4 Volumi dei depositi

In base al calcolo del fabbisogno di fieno ed alla massa volumica apparente è possibile determinare il volume del deposito necessario.

### 1.2.5 Superficie base del deposito HS

L'altezza del deposito (indicato come HD nell'illustrazione dell' «impianto per la ventilazione interna» deve essere limitata ad un massimo di 5 m. Quando i depositi sono più alti, per poter introdurre l'aria per l'essiccazione si rendono necessarie delle pressioni dell'aria troppo elevate.

Per il foraggiamento esclusivamente con fieno, nel caso di un progetto per un nuovo impianto, si deve tendere verso una superficie di riferimento del deposito dai 7 a 8 m<sup>2</sup> per UBG. Una massa volumica apparente elevata (100 kg/m<sup>3</sup>) fa diminuire la cifra di riferimento di 1-2 m<sup>2</sup>. Una massa volumica apparente bassa (70 kg/m<sup>3</sup>) ha l'effetto contrario.

La superficie del deposito dipende dal progetto dell'architetto e dalle situazioni specifiche. La pianta dipende spesso dalle distanze degli elementi della struttura e non dal dimensionamento appropriate per la ventilazione. Conoscendo il volume e la superficie del deposito si potrà di conseguenza calcolare l'altezza necessaria.

Depositi lunghi e stretti, ad esempio 5 x 20 m, sono più difficili da ventilare rispetto a quelli quadrati o rettangolari con un rapporto tra i lati di 1:1,5. La larghezza massima di un deposito di fieno dipende dall'attrezzatura per lo scarico. Il trasportatore pneumatico a tubo telescopico con distributore a curva orientabile e idoneo per una larghezza di distribuzione massima di 14m.

I depositi con una superficie oltre i 150 m<sup>2</sup> si possono suddividere. Non sono necessarie pareti di sostegno tra i depositi. È sufficiente interrompere la griglia nei punti di suddivisione.

I motivi per cui è meglio suddividere i depositi di grandi dimensioni sono i seguenti:

#### Calcolo del volume del deposito

$$\text{volumi del deposito in m}^3 = \frac{\text{quantità complessiva di fieno in kg}}{\text{massa volumica apparente in kg/m}^3}$$

$$\text{esempio: } \frac{39600 \text{ kg}}{80 \text{ kg/m}^3} = 495 \text{ m}^3$$

#### Calcolo dell'altezza del deposito

$$\text{altezza del deposito HD in m} = \frac{\text{volume del deposito in m}^3}{\text{superficie del deposito in m}^2}$$

$$\text{esempio: } \frac{495 \text{ m}^3}{110 \text{ m}^2} = 4,5 \text{ m}$$

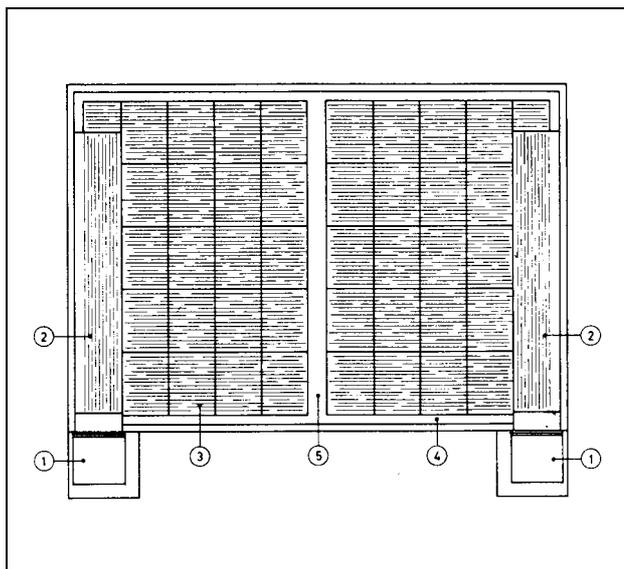
#### Valori indicative del deposito di fieno

superficie: 7-8 m<sup>2</sup> per UBG  
(mass. 150 m<sup>2</sup>)

altezza: mass. 5 m

forma: quadrata o rettangolare  
(mass. 1: 1,5)

### Ventilazione di due mucchi di fieno



Se i due mucchi sono caricati parallelamente non è necessaria una parete divisoria.  
 Il ventilatore con i canali di alimentazione (2) trasmettono l'aria sotto due sezioni della griglia (3). La distanza (5) tra le griglie corrisponde al doppio della distanza tra griglia e parete (4).

- Introducendo quantità piccole la ripartizione sui depositi non risulta regolare. Nei punti poco o per niente coperti da foraggio umido l'aria si disperde nelle superfici già essiccate in modo eccessivo senza poter essere riutilizzata.
- Per limitare al massimo le perdite di pressione i canali della presa d'aria e dell'alimentazione devono essere superdimensionati. Un ventilatore di 15 kW necessita già di una sezione di 4 m<sup>2</sup>.
- Per l'impiego di un collettore solare i depositi di fieno eccessivamente voluminosi non sono particolarmente adatti. Si tenta di raggiungere un riscaldamento dell'aria di almeno 5-6°C.
- Per grandi depositi gli impianti con pompe termiche o deumidificatori necessitano di potenze massime assorbite ed investimenti elevati.

#### 1.2.6 Deposito separato del fieno di primo e secondo taglio ?

Nonostante la suddivisione dei depositi di fieno che superano i 150 m<sup>2</sup> si deve evitare la separazione dei mucchi di primo e secondo taglio. Una suddivisione dimezzerebbe la capacità di essiccazione con parallelo raddoppio della durata di essiccazione. Per contro, due mucchi caricati contemporaneamente con due ventilatori hanno una grande capacità di essiccazione. Se tutto il fieno raccolto viene immagazzinato in breve tempo su metà della superficie del deposito, si formano per ogni giornata di raccolta grandi altezze degli strati, che richiedono un aumento delle pressioni dell'aria. Ciò fa sorgere dei problemi nei procedimenti di essiccazione (formazione di muffa), a causa dei tempi prolungati di ventilazione.

#### 1.2.7 Dimension funzionali

Nella progettazione di un impianto di ventilazione si dimenticano sovente certe condizioni per il dimensionamento, con conseguente diminuzione del volume del mucchio o della funzione della ventilazione. L'altezza della griglia HG per depositi di ca. 50 m<sup>2</sup> di superficie è di 30 cm, da 50 a 100 m<sup>2</sup> di 35 cm e per mucchi più grandi di 40 cm.

La sedimentazione del fieno durante l'essiccazione necessita di un'altezza HS pari a ca. il 20 % dell'altezza di riempimento. Con un'altezza dello strato di 1 m ciò corrisponde a 20 cm.

Il coefficiente della DG determina la distanza tra griglia e parete e corrisponde al rapporto tra la superficie della griglia e la superficie del mucchio. Nella tabella che segue sono riportati i valori indicative.

Distanza (DG) in cm tra parete e griglia in funzione della superficie del mucchio													
larghezza mucchio (LA) in m	lunghezza mucchio (LU) in m												
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
4	30	30	35	35	35	35	35	40	40	40	40	40	40
5	35	40	40	40	40	45	45	45	45	45	45	50	50
6	40	40	45	45	45	50	50	50	50	55	55	55	55
7	45	45	50	50	55	55	55	55	60	60	60	60	65
8	45	50	55	55	55	60	60	65	65	65	65	70	70
9	50	55	55	60	60	65	65	70	70	70	70	75	75
10	55	55	60	65	65	70	70	75	75	75	80	80	80
11	55	60	65	65	70	70	75	75	80	80	85	85	85
12	55	60	65	70	70	75	80	80	85	85	85	90	90
13	60	65	70	70	75	80	80	85	90	90	90	95	95
14	60	65	70	75	80	80	85	90	90	95	95	100	100

<----- suddividere i mucchi secondo questa linea

Valori indicative ventilazione	
quantità d'aria:	0,11 m <sup>3</sup> /s e per m <sup>2</sup> di superficie del mucchio
pressione dell'aria collettore solare incluso:	4 mbar per 4 m di altezza del mucchio 5 mbar per 5 m di altezza del mucchio

Perdite prevedibili di pressione attraverso il mucchio di fieno (PF) e gli elementi costruttivi (A)		
quantità di aria (QW) (m <sup>3</sup> /s per m <sup>2</sup> )	0,11	0,07
consistenza di foraggio secondo ASPF*):	mbar per m altezza del mucchio	
	PF1	PF2
equilibrate E	1,6	1,1
ricco di erba		
o piante EP	1,2	0,8
ricco di trifoglio Q	2,4	1,5
elemento costruttivo	aggiunte mbar	
	A1	A2
collettore solare	1,2	0,5
pompa termica	1,5	0,6
deumidificatore	0,7	0,3
* ) Associazione per la promozione della foraggicoltura ASPF		

## 1.3 Scelta del ventilatore

La scelta del ventilatore viene dapprima fatta in base alla superficie ed all'altezza del mucchio. Le stesse determinano la quantità e la pressione dell'aria del ventilatore. Quali ulteriori criteri di scelta vengono tenuti in considerazione i confronti tra rendimento e livello dell'intensità sonora (rumore). L'ubicazione del motore del ventilatore (altezza sul livello del mare, temperature ambiente) influenza la potenza assorbita. Pure il prezzo e le garanzie di prestazioni fornite ecc., hanno la loro importanza. Un esempio di calcolo è illustrato alla pagina seguente.

### 1.3.1 Quantità d'aria QW

La quantità d'aria QW dipende dalla superficie del mucchio AS ed ammonta a 0,11 m<sup>3</sup>/s per m<sup>2</sup> di superficie. Chi, di regola, mette il fieno al coperto il secondo giorno dopo il taglio può ridurre la quantità d'aria fino al 10%. La quantità d'aria aumenta del 10% quando si fa essiccare del fieno appassito pesante (inferiore al 60% di SS).

Un quantitativo d'aria troppo elevato fa aumentare la pressione con un conseguente maggiore consumo energetico. È inoltre poco probabile che un maggior quantitativo d'aria possa influenzare positivamente la capacità di essiccazione.

### 1.3.2 Pressione dell'aria pW

La quantità d'aria determina la pressione necessaria del ventilatore. La pressione pW dipende dall'altezza del mucchio HD, dal patrimonio vegetale e dalla quantità d'aria QW. Per la pressione pW necessaria si inserisce la metà dell'altezza del mucchio.

Procedure supplementari per il riscaldamento dell'aria come, ad es., con collettore solare, pompa termica e deumidificatore richiedono aggiunte A. Soltanto il riscaldamento ad aria calda e con olio combustibile o altri impianti con ventilatori di sostegno non richiedono di aggiunte.

### 1.3.3 Scelta del ventilatore

È possibile scegliere il ventilatore più adatto nella tabella (alla pagina seguente) in base alla quantità d'aria QW e al fabbisogno di pressione pW necessari. Con una pressione dell'aria di 5 mbar (valore arrotondato di 4,8) si segue la colonna V8 verticalmente dall'alto al basso.

Una prima scelta è fatta tenendo in considerazione tutti i ventilatori che con 5 mbar presentano una quantità d'aria da 10,9 a 12,1 m<sup>3</sup>/s (10,9 m<sup>3</sup>/s = 12,1 - 10%) sulla linea H1. Tutti i ventilatori rientrano in questa scelta, ad eccezione del tipo FAT-No. 0001. Il tipo X1 viene escluso.

### 1.3.4 Quantità d'aria minima QK

In caso di aumento della pressione alcuni ventilatori riducono di molto il loro rendimento, cioè con una maggiore altezza del mucchio la quantità d'aria convogliata non è sufficiente. Dopo l'ultimo taglio il ventilatore dovrebbe fornire ancora almeno 0,07 m<sup>3</sup>/s per m<sup>2</sup> di superficie del mucchio.

### 1.3.5 Pressione dell'aria pK con una quantità d'aria minima

La quantità d'aria minima QK comprende anche la corrispondente pressione dell'aria pK. La stessa è presa in considerazione a partire da una quantità d'aria QW inferiore di 0,07 m<sup>3</sup>/s per m<sup>2</sup> (tabella perdite di pressione). Il calcolo della pK è fatto considerando l'altezza complessiva del mucchio HD. A queste condizioni rispondono tutti i ventilatori rimanenti (tipi X, Y e Z).

### 1.3.6 Riserva di pressione disponibile pD

Affinchè il ventilatore possa trasmettere aria anche nel caso in cui siano eccezionalmente immagazzinati, dei carichi di foraggio pesante, occorre una riserva di pressione di almeno 2 mbar. La pressione massima necessaria p<sub>mass.</sub> in base ai dati sui ventilatori per il fieno (V3, H3) supera in tal caso la pressione dell'aria pK di 2 mbar o anche di più. Il tipo FAT-No. 00040 Z dispone di una riserva di pressione insufficiente ed è escluso.

Schema di calcolo con esempio																																									
superficie deposito HS (v. cap.1 .2.5)	110 m <sup>2</sup>																																								
altezza deposito HD (v. cap.1 .2.5)	4,5 m																																								
<b>scelta ventilatore:</b>																																									
quantità d'aria QW (m <sup>3</sup> /s): (HS × 0,11) - 10%	10,9 fino 12,1																																								
pressione dell'aria pW (mbar): 0,5 × AL × PF1+A1	4,8																																								
<b>controllo:</b>																																									
quantità d'aria QK (m <sup>3</sup> /s): HS × 0,07	min. 7,7																																								
pressione dell'aria pK (mbar): AL × PF2+A2	5,5																																								
pressione dell'aria pD (mbar): p K + 2	7,5																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>FAT No.</th> <th>QW (m%)</th> <th>QK (m%)</th> <th>p<sub>mass.</sub> pD (bar)</th> <th>Nel/ NelN (%)</th> <th>Eta (%)</th> <th>rumore (dBA)</th> <th>prezzi Fr.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0001</td> <td>7,1</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>0002</td> <td>11,1</td> <td>10,6</td> <td>3,6</td> <td>14</td> <td>49</td> <td>73</td> <td>7'500</td> </tr> <tr> <td>0003</td> <td>11,8</td> <td>11,0</td> <td>4,1</td> <td>17</td> <td>43</td> <td>72</td> <td>8'000</td> </tr> <tr> <td>0004</td> <td>10,9</td> <td>8,8</td> <td>-0,6</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>		FAT No.	QW (m%)	QK (m%)	p <sub>mass.</sub> pD (bar)	Nel/ NelN (%)	Eta (%)	rumore (dBA)	prezzi Fr.	0001	7,1	-	-	-	-	-	-	0002	11,1	10,6	3,6	14	49	73	7'500	0003	11,8	11,0	4,1	17	43	72	8'000	0004	10,9	8,8	-0,6	-	-	-	-
FAT No.	QW (m%)	QK (m%)	p <sub>mass.</sub> pD (bar)	Nel/ NelN (%)	Eta (%)	rumore (dBA)	prezzi Fr.																																		
0001	7,1	-	-	-	-	-	-																																		
0002	11,1	10,6	3,6	14	49	73	7'500																																		
0003	11,8	11,0	4,1	17	43	72	8'000																																		
0004	10,9	8,8	-0,6	-	-	-	-																																		

**Estratto dal riassunto dei dati sui ventilatori per il fieno misurati e convertiti dalla FAT.** (Una lista completa è ottenibile presso l'Istituto federale di ricerca FAT a Tänikon)

		V1	V2	V3	V5			V8			V11
		FAT No.	lista dei ventilatori	(mm WS) p mbar	(20) 2	(30) 3	(40) 4	(50) 5	(60) 6	(70) 7	(80) 8
H1 - H2 - H3 -	0001 84 RE	ditta A tipo X rumore dB(A) V68 S 74	n = 960 U/min NelN = 5.5 kW pmax = 10.1 mbar	Q (m³/s) Nel (kW) Eta (%)	8,7 5,5 31	8,2 5,9 42	7,7 6,1 51	7,1 6,0 59	6,4 6,1 63	5,9 6,3 66	5,2 6,3 66
H1 - H2 - H3 -	0002 84 RD	ditta A tipo X rumore dB (A) V71 S 74	n = 980 U/min NelN = 9.2 kW pmax = 11.1 mbar	Q (m³/s) Nel (kW) Eta (%)	13,6 9,4 30	13,0 9,9 39	12,3 10,3 48	11,6 10,5 55	10,6 10,5 60	9,7 10,6 64	8,6 10,5 66
H1 - H2 - H3 -	0003 84 RD	ditta B tipo Y rumore dB (A) V71 S 73	n = 1043 U/min NelN = 10.0 kW pmax = 11.6 mbar	Q (m³/s) Nel (kW) Eta (%)	13,5 10,3 26	12,9 10,9 36	12,4 11,2 44	11,8 11,7 51	11,0 11,5 57	10,2 11,7 61	9,3 11,7 64
H1 - H2 - H3 -	0004 84 RD	ditta C tipo Z rumore dB (A) V69 S 71	n = 660 U/min NelN = 7.5 kW pmax = 6.9 mbar	Q (m³/s) Nel (kW) Eta (%)	15,6 7,3 43	14,1 8,0 53	12,6 8,1 62	10,9 8,4 65	8,8 8,3 64		

### 1.3.7 Potenza elettrica assorbita Nel

Il motore elettrico del ventilator sopporta un certo sovraccarico. Per località fino a 700 m.s.m. ciò corrisponde al 20% e per altre superiori al 13% della potenza nominale NelN. La densità dell'aria influenza l'effetto di raffreddamento della stessa. A temperature elevate l'aria diventa più rarefatta. Per questo motivo l'utilizzo di collettori solari o di pompe termiche limitano le possibilità di sovraccarico a ca. il 13 % (anche a quote inferiori ai 700 m.s.m.). Nei dati relativi ai ventilator per il fieno si sceglie pertanto il valore più alto della potenza assorbita Nel (H2, V5 fino V8) suddividendo 10 stesso con la potenza nominale NelN (H2, V3). Moltiplicando per 100 si ottiene il sovraccarico in %.

È stato eseguito un controllo della potenza elettrica di collegamento disponibile? La sezione trasversale della linea di allacciamento ed il relativo sistema di sicurezza esistenti (normale o ad azione ritardata) permettono di valutare quale sia la potenza massima disponibile del motore elettrico. Nella tabella a lato sono riportati alcuni dati.

### 1.3.8 Grado di rendimento Eta

Il ventilatore è in grado di erogare potenza meccanica costituita da quantità e pressione dell'aria. Il motore elettrico preleva potenza dalla rete elettrica. Il rapporto tra potenza erogata (quantità e pressione dell'aria) e quella prelevata (chilowatt) è denominato grado di rendimento. Maggiore è il grado di rendimento, meglio il ventilatore (compreso il motore elettrico) trasforma la potenza prelevata dalla rete elettrica.

Il confronto dei gradi di rendimento dei ventilatori eseguito solo con una determinata pressione, (ad es. 2 mbar), porta ad un risultato errato. Infatti, durante la raccolta del fieno, la pressione sale da 2 mbar fino alla pressione dell'aria pk nell'esempio di calcolo fino a 5,5 mbar).

Un confronto del grado di rendimento esteso a tutto il settore di impiego e quindi giustificato. Il sistema utilizzato è quello del calcolo della media aritmetica dei gradi di rendimento. Difference del 2-3% sono insignificanti: possono essere addebitate alle diverse modalità di fabbricazione dei motori, alle cinghie trapezoidali con tensioni irregolari, a valori di calcolo arrotondati, ecc. In ogni caso differenze superiori al 5% influenzano la scelta del ventilatore.

#### Sicurezza minimale, sezioni trasversali del conduttore e sovraccarico ammesso dei motori del ventilator

sezione t rasver- sale del conduttore elettrico	sicurezza in ampere	potenza nominate NelN		potenza elettrica massima ammis- sibile in kW con sovraccarico di		
		mm <sup>2</sup>	normale	ritard.	kW PS	20%
2,5/1,5	15	10	3	4	3,6	3,4
412,5	20	15	4	5,5	4,8	4,5
412,5	20	15	5,5	7,5	6,6	6,2
614	25	20	7,5	10	9	8,5
10/4	40	20	9	12*)	10,8	10,2
10/6	40	25	10	13,5")	12	11,3
10/6	40	25	11	15	13,2	12,4
16/10	50	40	15	20	18	17
16/10	60	40	18,5	25	22,2	20,9
16	60	50	22	30	26,4	24,9

\*) motori non secondo norms

#### Valutazione dei gradi di rendimento in base a 203 ventilatori radiali - stato 1. gennaio 1991

settore pressione dell'aria	gradi di rendimento Eta in %			
	debole	suffi- ciente	buono	eccel- lente
mbar				
2-4	meno di 38	38-42	43-47	piu di 47
2-5	meno di 42	42-46	47-50	piu di 50
2-6	meno di 45	45-49	50-53	piu di 53
2-7	meno di 47	47-52	53-54	piu di 54
2-8	meno di 49	49-52	53-55	piu di 55

<b>Valutazione del rumore in base a 203 ventilatori radiali - stato 1. gennaio 1991</b>				
intensità sonora in dB(A)				
misura- zione	molto forte	forte	silen- zioso	molto silenzioso
frontale	più di 71	69-71	67-68	meno di 67
laterale	più di 74	72-74	70-71	meno di 70

Dalla tabella per la valutazione del grado di rendimento si può inoltre dedurre se i valori di un ventilatore sono deboli, sufficienti, buoni o eccellenti.

### 1.3.9 Rumore

In generale, la ventilazione del fieno con collettori solari, non pone problemi di rumore essendo i ventilatori collocati nei canali dell'aria. Se comunque si dovessero verificare dei problemi, la scelta del ventilator dovrà essere fatta tenendo presente la questione delle emissioni di rumore. La lista FAT dei ventilatori per il fieno considerate attuali propone unicamente ventilator radiali. La tabella espone i valori delle emissioni di rumore misurati e valutati da molto forte a molto silenzioso. La differenza tra i valori delle emissioni minime e massime è di 20 dB(A). Ciò significa che il ventilatore più rumoroso fa quattro volte più rumore di quello più silenzioso.

## 1.4 Ulteriori criteri per la scelta

Oltre agli aspetti tecnici devono essere considerate il prezzo, le condizioni di garanzia e fornitura, il servizio e la consulenza della ditta fornitrice.

---

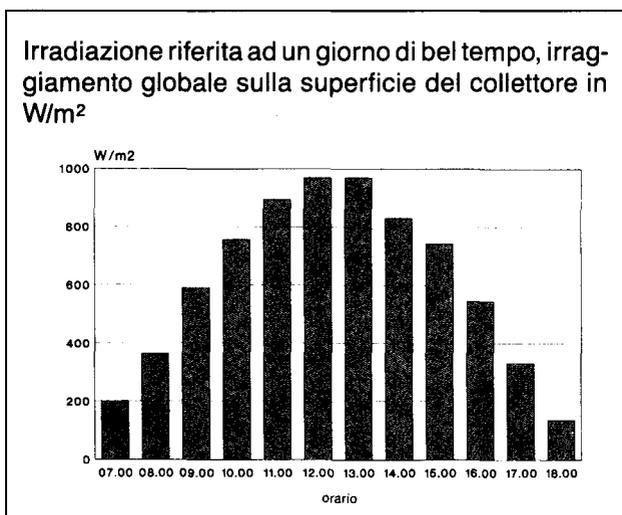
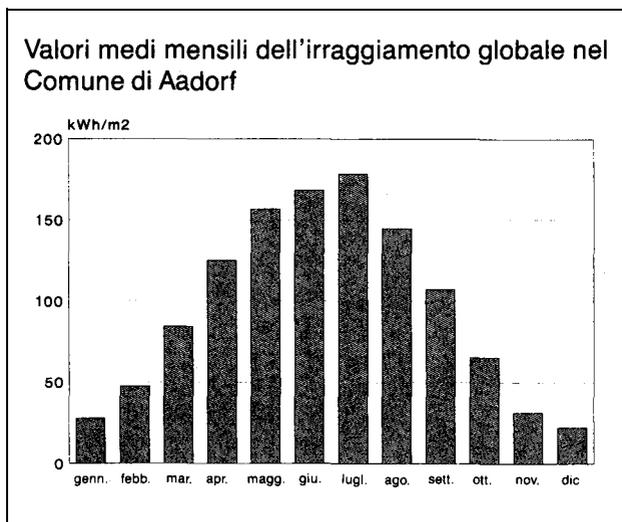
## 2. Considerazioni generali sui collettori solari

---

<b>2.1 Energia solare disponibile</b>	<b>64</b>
<b>2.2 Modalità di funzionamento</b>	<b>64</b>
<b>2.3 Collettori con copertura trasparente</b>	<b>65</b>
<b>2.4 Collettori con copertura opaca</b>	<b>66</b>
2.4.1 Collettori in eternit	67
2.4.2 Collettori in tegole	67
2.4.3 Collettori in lamiera	67
<b>2.5 Parametri importanti per i collettori solari</b>	<b>68</b>
2.5.1 Riscaldamento dell'aria	68
2.5.2 Rendimento	68
2.5.3 Perdita di carico	68

---

## 2. Considerazioni generali sui collettori solari



### 2.1 Energia solare disponibile

La disponibilità di energia solare varia fortemente sia durante l'arco dell'anno che nel torso di una giornata. Ad es., sull'Altopiano Svizzero, l'irraggiamento per m<sup>2</sup> di superficie orizzontale, durante cinque mesi, da maggio a settembre, è di 100 fino a 180 kWh (vedi esempio Aadorf). In un giorno di bel tempo l'irraggiamento sulla superficie del collettore è di ca. 1000 W/m<sup>2</sup>, rispettivamente un valore medio di ca. 600 W/m<sup>2</sup> tra le ore 8.00 e 18.00. Con questa potenza un collettore con ad es. il 45% di rendimento ed una durata di funzionamento di 10 ore, può produrre in un giorno da 2,5 a 3 kWh per m<sup>2</sup>.

Il grande vantaggio dell'utilizzo dell'energia solare per la ventilazione del fieno in agricoltura consiste nel fatto che la stessa cade nella stagione con un'elevata disponibilità di irraggiamento solare. Siccome i periodi di bel tempo sono sovente disturbati o interrotti da temporali, i periodi disponibili di tre o più giorni consecutive per la raccolta e la preparazione del fieno si riducono sensibilmente. Per l'utilizzo efficiente degli impianti per la ventilazione del fieno è possibile impiegare mezzi di sostegno come riscaldamenti ad olio, pompe termiche, deumidificatori o collettori solari.

Il collettore solare rappresenta l'unica soluzione che permette di rinunciare ad un apporto supplementare di energia esterna. E inoltre possibile l'uso finalizzato del ventilator cioè solo nei giorni con una rilevante disponibilità d'irraggiamento. Nei periodi restanti 10 stesso funziona ad intervalli per evitare la fermentazione del fieno.

### 2.2. Modalità di funzionamento

Una superficie scura (assorbente) viene riscaldata dai raggi del sole ed il calore assorbito è poi ceduto all'ambiente. Il collettore solare sfrutta questo effetto.

In un collettore ad aria la superficie scura cede questo calore al flusso d'aria circolante. L'aumento della temperatura dell'aria ha come conseguenza l'abbassamento dell'umidità relativa dell'aria con il parallelo incremento della capacità d'assorbimento di acqua dall'aria.

A seconda delle caratteristiche dell'impianto è possibile aumentare l'assorbimento di acqua per m<sup>3</sup> d'aria del 50 fino al 75% e ridurre di conseguenza il consumo energetico del ventilatore. Ciò permette la raccolta di fieno ancora umido od una sua rapida essiccazione. L'agricoltore, di regola, sceglie una delle due possibilità.

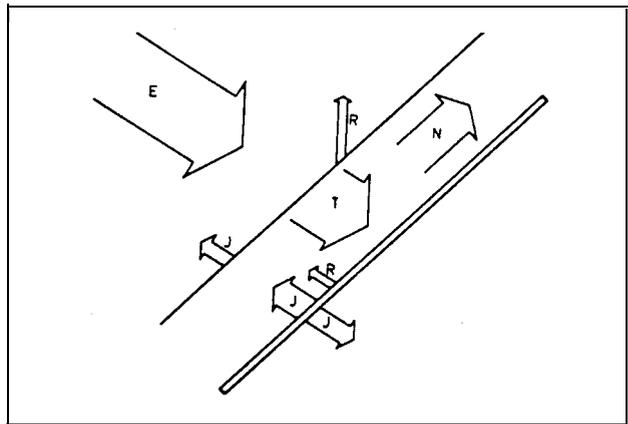
Sostanzialmente sono disponibili due diversi modelli costruttivi di collettori.

## 2.3 Collettori con copertura trasparente

Il collettore con la copertura trasparente utilizza il cosiddetto effetto serra. I raggi del sole penetrano attraverso la copertura arrivando su una piastra assorbente opaca. I raggi vengono assorbiti dalla piastra, cioè la luce ad onde corte e trasformata in radiazione termica ad onde lunghe. La stessa radiazione non può più attraversare la piastra di copertura. La radiazione influenza quindi soltanto in minima parte l'ambiente e ciò rende possibile uno sfruttamento ottimale dell'energia irradiata.

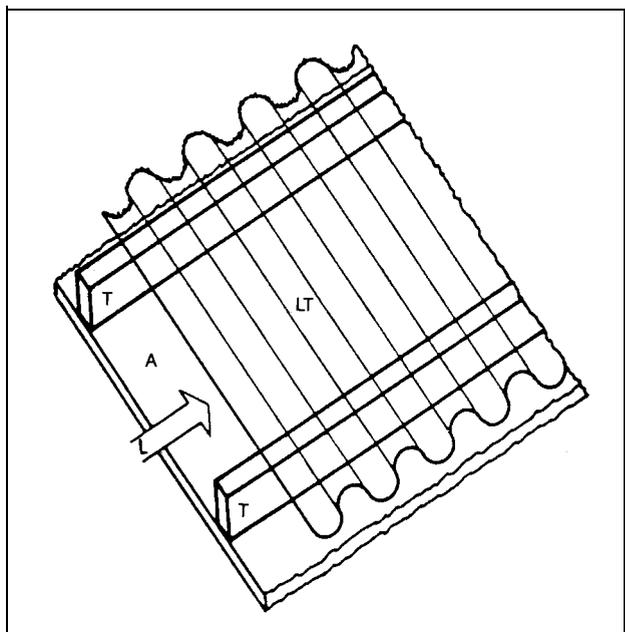
Siccome la produzione di collettori a copertura trasparente nel settore agricolo è praticamente cessata per motivi estetici, non ci prolungheremo in dettagli come, rivestimenti selettivi, ecc.

### Schema di un collettore solare



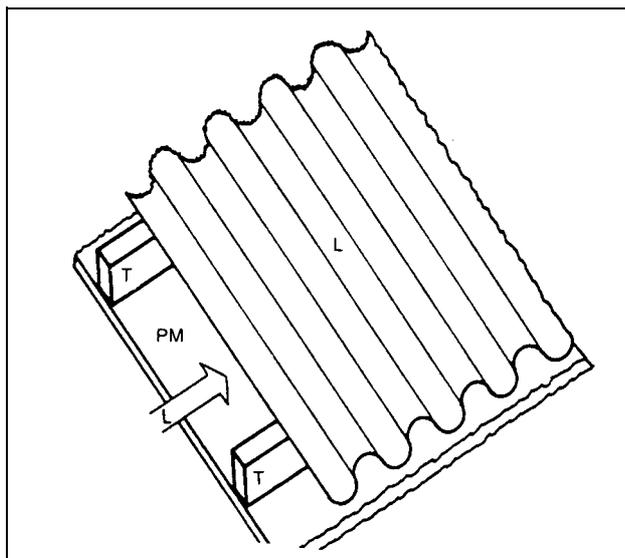
- E:* irraggiamento solare
- R:* riflessione
- J:* irraggiamento termico
- N:* energia utile
- T:* irraggiamento che attraversa il collettore con copertura trasparente
- T:* trasmissione di calore all'aria in un collettore con copertura opaca.

### Collettori con copertura trasparente



- T:* travetti
- LT:* lastra trasparente
- A:* assorbitore (pannello nero in masonite).

**Collettore con copertura opaca**



T: travetti  
 L: lastre in eternit o lamiera  
 PM: pannello di masonite.

**2.4 Collettori con copertura opaca**

Nel collettore con copertura opaca, il calore prodotto dai raggi solari è assorbito dalla copertura medesima. Questo calore può quindi essere trasmesso sia all'aria esterna che all'aria che attraversa il collettore.

La trasmissione del calore dall'assorbitore all'aria circolante avviene soprattutto mediante convezione. Per questo motivo si rende necessaria una buona vorticosità dell'aria nel collettore. Maggiore è la velocità dell'aria, migliore è il rendimento. Per contro, aumentano le perdite di carico nel collettore.

Caratteristiche del collettore	Vantaggi	Svantaggi
copertura trasparente (ad es. poliestere, policarbonati, lastre in vetro)	rendimento elevato - perdite relativamente contenute con portate d'aria esigue e correnti ventose che sfiorano la superficie del collettore	- resistenza insufficiente in caso di grandine - invecchiamento e ingiallimento materiale infiammabile - problemi estetici
copertura opaca (ad es. eternit, lamiera, tegole)	- aspetto esterno poco appariscente - lunga durata di vita - resistenti al fuoco e alla grandine	- rendimento leggermente inferiore - perdite di carico maggiori soprattutto con eternit - diminuzione del rendimento in luoghi esposti al vento

### 2.4.1 Collettori in eternit

Nelle nuove costruzioni vengono prevalentemente installati collettori in eternit. Dal punto di vista estetico non danno problemi particolari. Il rendimento si situa di regola tra il 40 ed il 50%. Per raggiungere un alto rendimento è necessaria una progettazione molto accurata con un calcolo preciso dell'altezza dei canali, rispettivamente della velocità dell'aria.

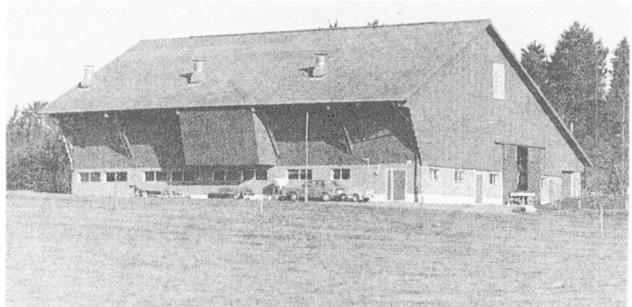
### 2.4.2 Collettori in tegole

I collettori in tegole sono utilizzati in luoghi con importanti esigenze d'inserimento paesaggistico dei tetti ma anche nel caso di trasformazioni. In generale, in simili casi, si valuta un rendimento piuttosto basso attorno al 30-40%. Una posa così come un trasporto dell'aria ottimali, come nel caso di un collettore in eternit, non sono possibili a causa del pericolo di formazione di «aria falsa» (interstizi tra le tegole). Inoltre a causa della necessità di compensazione del pessimo rendimento attraverso una maggiore superficie, si raggiungono rapidamente i limiti di fattibilità.

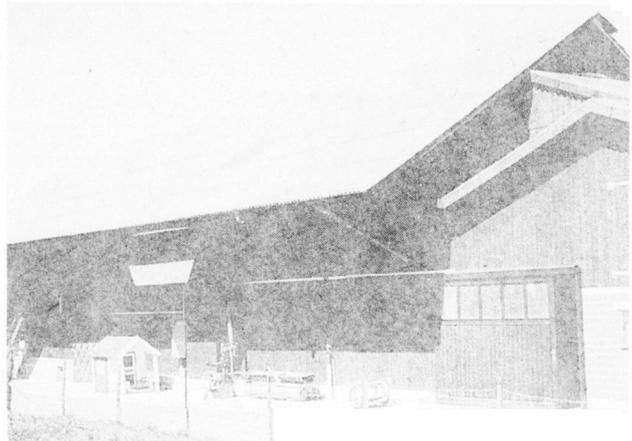
È difficile valutare le ripercussioni delle precipitazioni sui collettori in tegole. È presumibile che le tegole asciughino con relativa lentezza e che di conseguenza parte dell'umidità sia risucchiata attraverso le fessure.

### 2.4.3 Collettori in lamiera

Il collettore in lamiera di alluminio verniciato a caldo o in lamiera d'acciaio si situa, sia per il grado di rendimento che dal profilo estetico, tra il collettore in eternit ed il collettore con copertura trasparente, la cui fabbricazione è oggi quasi cessata. Per aziende situate in vicinanza di industrie o in zone con tetti tradizionali in lamiera, il collettore in lamiera rappresenta una soluzione buona e vantaggiosa. La strutturazione del tetto simile alle tegole aiuta a migliorarne l'estetica.



*I collettori in eternit non sono visibili dall'esterno e sono quindi idonei anche in luoghi dove si pongono delle esigenze elevate di ordine paesaggistico circa l'inserimento degli edifici agricoli.*



*Collettori in lamiera in sostituzione del vecchio tetto in tegole. Entrata dell'aria sul retro del colmo. Il canale di raccolta trasmette l'aria sotto la pensilina da entrambi i lati al ventilatore.*

## 2.5 Parametri importanti per i collettori solari

### 2.5.1 Riscaldamento dell'aria

La funzione del collettore solare e quella di riscaldare l'aria di essiccazione per la ventilazione del fieno. La stessa potrà quindi assorbire più acqua e di conseguenza asciugare più rapidamente l'intero mucchio.

Ad esempio se l'aria con il 90% di umidità relativa è riscaldata di 6°C e cioè da 15 a 21°C, l'umidità relativa si abbassa al 60%. Quest'aria è sufficiente per l'essiccazione totale del fieno fino a ca. l'88% di SS. Il rendimento del collettore è ritenuto soddisfacente quando, con 800 W/m<sup>2</sup> di irraggiamento solare, si ottiene un riscaldamento dell'aria di 6°C.

### 2.5.2 Rendimento

Maggiore è il rendimento migliore risulta lo sfruttamento dell'energia irradiata. Il rendimento dipende principalmente dalla velocità e dalla vorticosità dell'aria nel collettore. Soprattutto nei collettori con copertura opaca è possibile migliorare il rendimento mediante una scelta ottimale della velocità dell'aria.

Con la determinazione del ventilatore e quindi della quantità d'aria complessiva la velocità è stabilita in funzione dell'altezza del canale. Minore è l'altezza del canale maggiori sono la velocità dell'aria ed il rendimento. Una velocità dell'aria più elevata determina comunque anche una maggiore perdita di carico all'interno del collettore.

Il rendimento dipende inoltre dalla lunghezza del collettore. Con più i collettori sono corti migliore è il rendimento.

### 2.5.3 Perdita di carico

L'aria di essiccazione da riscaldare e aspirata dal ventilatore per il fieno, tra il tetto ed i pannelli di conduzione d'aria sottostanti (pannelli in masonite). L'immissione dell'aria esterna ed il movimento dell'aria nelle parti inferiori quasi sempre ondulate del tetto, determinano una perdita di carico. Questa perdita cresce rapi-

damente nel caso di velocità elevate dell'aria (nel quadrato della velocità!).

La perdita di carico all'interno del collettore solare non dovrebbe superare 1 mbar. Se il ventilatore dispone di riserve, tale limite può essere eccezionalmente tollerato fino a 1,5 mbar. Questi valori comprendono anche le perdite di carico dal canale di raccolta fino al ventilatore, nel caso in cui le condotte d'aria sono dimensionate secondo le direttive tecniche (capitolo 3.7).

La perdita supplementare di carico all'interno del collettore solare determina la necessità di una maggiore potenza del motore del ventilatore del 25-35%. Questa maggiore potenza è comunque più che compensata dal tempo di essiccazione più ridotto grazie all'uso di aria riscaldata. Si ottiene così anche un consumo energetico inferiore rispetto a quello di una ventilazione a freddo.

#### Valori indicative di un collettore solare

riscaldamento dell'aria: minimo 6°C  
perdita di carico: massimo 1 mbar

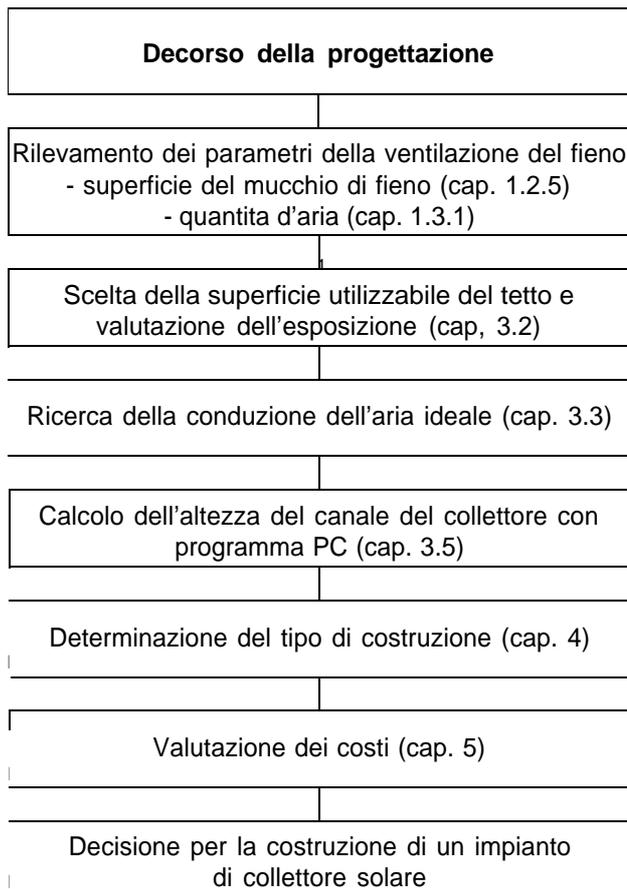
## 3. Progettazione di impianti di collettori solari

---

<b>3.1</b>	<b>Decorso della progettazione</b>	<b>70</b>
<b>3.2</b>	<b>Superfici utilizzabili dei tetti ed esposizione</b>	<b>71</b>
<b>3.3</b>	<b>Conduzione ideale dell'aria</b>	<b>73</b>
<b>3.4</b>	<b>Lunghezze di aspirazione differenziate</b>	<b>76</b>
<b>3.5</b>	<b>Calcolo dell'altezza del canale con il programma PC</b>	<b>76</b>
<b>3.6</b>	<b>Canale di raccolta</b>	<b>77</b>
<b>3.7</b>	<b>Canali d'aria</b>	<b>77</b>

---

## 3. Progettazione di impianti di collettori solari



### 3.1 Decorso della progettazione

La progettazione di un impianto di collettori solari inizia con la determinazione della superficie del mucchio di fieno e della quantità d'aria che occorre convogliare. Se si ha a che fare con due mucchi di fieno si deve nello stesso tempo rispondere alla domanda se gli stessi debbano, o meno, essere alimentati contemporaneamente con aria riscaldata. Se, in base alle conoscenze del contadino, questo problema non si pone o solo raramente, allora la progettazione del collettore deve essere riferita esclusivamente al mucchio più alto. Diversamente i canali di raccolta e quelli per l'alimentazione devono essere dimensionati in base ai due ventilatori ed alla quantità d'aria complessiva.

In seguito si passa alla scelta della superficie del tetto idonea per il collettore solare. I relativi criteri sono la dimensione (superficie necessaria), l'esposizione del tetto, come pure la lunghezza più ridotta possibile dei canali d'aria di adduzione al ventilatore oltre che la facilità di montaggio.

In base alla superficie del tetto impiegata viene calcolata l'altezza del canale. I risultati sono da ritenere soddisfacenti quando il riscaldamento dell'aria è per lo meno di 6°C, la perdita di carico è inferiore ad 1 mbar e l'altezza del canale corrisponde al massimo a quella dei travetti. In tal caso il montaggio del collettore solare non presenta problemi. Se questi valori non sono raggiungibili dev'essere scelta un'altra superficie del tetto (ev. più grande, più lunga o più larga) ed il calcolo dell'altezza del canale deve essere rifatto.

Nel caso di risultati soddisfacenti si passa al dimensionamento dei canali di raccolta e dell'aria ed in seguito sono determinate le modalità di costruzione dell'impianto di collettori solari.

Infine possono essere valutati i costi d'investimento e presa la decisione per la relativa costruzione.

### 3.2 Superfici utilizzabili dei tetti ed esposizione

La potenza di un collettore dipende direttamente dalla sua superficie. La stessa non dovrebbe essere troppo piccola in quanto ciò potrebbe risultare non conforme alle aspettative e potrebbero verificarsi degli inconvenienti con la conduzione dell'aria (sezione insufficiente). Per la progettazione e adotta la seguente formula:

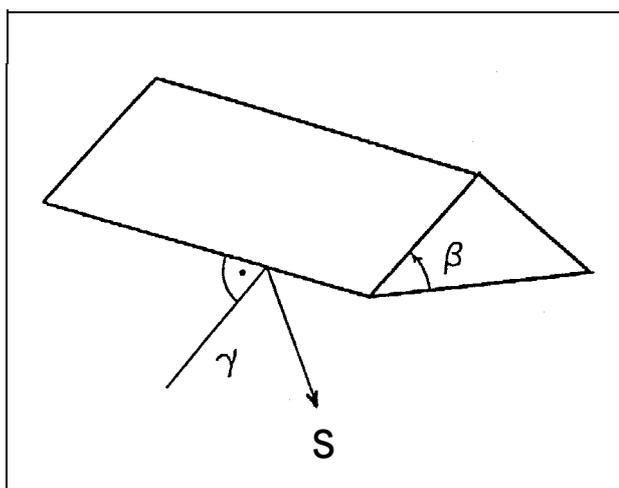
**superficie del collettore in eternit = 2,5 x superficie del mucchio di fieno**

Nella procedura di calcolo questa superficie può essere adeguata sia verso il basso che verso l'alto.

In base ai piani è possibile determinare quale superficie del tetto è ritenuta idonea per l'installazione del collettore solare. Un'esposizione favorevole dello stesso permette un irraggiamento solare prolungato e completo. Nei mesi da maggio a settembre una superficie di tetto esposta a sud e con una pendenza di 20° permette uno sfruttamento ottimale dell'energia solare.

L'irraggiamento solare complessivo è costituito dai raggi diretti e da quelli diffusi (indiretti). Nei processi di essiccazione nel settore agricolo interessano soprattutto i giorni di bel tempo con una parte rilevante di raggi diretti. Nella tabella sono indicati i valori riferiti allo sfruttamento dell'irraggiamento diretto per diverse esposizioni e pendenze del tetto. Questo sempre come percentuale rispetto allo sfruttamento in posizione ottimale (sud/20° di pendenza del tetto). Da ciò risulta che ad es. una superficie del tetto posizionata in direzione ovest o est (90°) con una pendenza di 10°, sfrutta un buon 90% dell'energia prodotta da una medesima superficie rivolta a sud con una pendenza di 20°; con uno scarto di 90° ed una pendenza del tetto di 50°, si ottiene soltanto ancora il 70%. Risulta inoltre evidente che in estate con il sole molto alto anche le falde rivolte a nord con una leggera pendenza (10°) possono avere un rendimento fino all'85% di una superficie rivolta a sud.

#### Esposizione del collettore



L'orientamento (esposizione) di un tetto viene definito tramite due angoli:

$\gamma$ : scarto della superficie del tetto dall'esposizione sud

$\beta$ : pendenza del tetto.

#### Sfruttamento relativo dell'irraggiamento diretto riferito all'esposizione ideale sud e con una pendenza del tetto di 20°

esposizione (scarto dell'esposizione sud)	pendenza del tetto				
	10°	20°	30°	40°	50°
	0%	0%	0%	0%	0%
0 sud	98	100	99	96	89
30	97	99	98	94	88
60	95	94	92	89	83
90 ovest/est	91	88	84	79	72
120	88	81	73	65	57
150	86	76	65	52	39
180 nord	85	74	62	47	32

**Confronto delle potenze di un collettore**

tipo e direzione dell'aria a contatto con l'ondulazione	spazio intermedio spondente ad una perdita di carico di 1 mbar	rendimento in o/o	aumento della temperatura in °C
eternit q.	10 cm	44	7,1
lamiera q.	8 cm	52	8,5
policarbonato trasparente q.	8 cm	<b>58</b>	9,5
eternit 1.	12 cm	42	6,9
tegole 1.	10 cm	37	6,1

Collettore di 250 m<sup>2</sup> per un mucchio di fieno di ca. 100 m<sup>2</sup> di superficie, irraggiamento solare 800 W/m<sup>2</sup> 500 m.s.m., lunghezza di aspirazione 10 m. Il collettore in eternit con un rendimento del 44 % permette un riscaldamento dell'aria di ca. 7°C. Un collettore in lamiera riscalda l'aria di ca. 8,5°C ed un collettore trasparente di ca. 9,5°C.

Un collettore trasparente, oggi quasi abbandonato, permette di raggiungere l'aumento della temperatura del collettore in eternit di ca. 7°C, già con una superficie di 180 m<sup>2</sup>. In altri termini ciò significa che il rendimento inferiore del collettore in eternit potrebbe essere compensato, in molti casi, mediante una superficie maggiore. La differenza tra il collettore in tegole e quello in eternit è difficilmente compensabile con una superficie ancora più estesa del collettore medesimo. In tal caso sia la conduzione dell'aria che le superfici del tetto esistenti sono degli elementi condizionanti.

Se il colmo si sviluppa da nord a sud è ragionevole una ripartizione della superficie del collettore solare sulle due falde del tetto. Se la parte rivolta a sud ha una superficie insufficiente (riscaldamento dell'aria insufficiente, perdite di carico troppo elevate, con una necessità di canali collettori troppo grandi) è possibile utilizzare anche parte della falda nord.

Per un confronto oggettivo delle varianti con un'esposizione differenziata, l'aumento di temperatura di parte della superficie, calcolata con il programma PC, deve essere moltiplicata con 10 sfruttamento relativo indicato nella tabella (valore in o/o dividendo per 100).

Camini di ventilazione, prese d'aria SUI tetto ed edifici annessi possono pregiudicare il funzionamento del collettore solare, in quanto ostacolano la circolazione dell'aria nei canali del collettore o rendono difficile l'aspirazione della stessa. Questi ostacoli devono essere conosciuti al momento della scelta della superficie del tetto e, se del caso, aggirati.

Un confronto del rendimento del collettore è illustrato in base ad un esempio nella tabella «potenze del collettore».

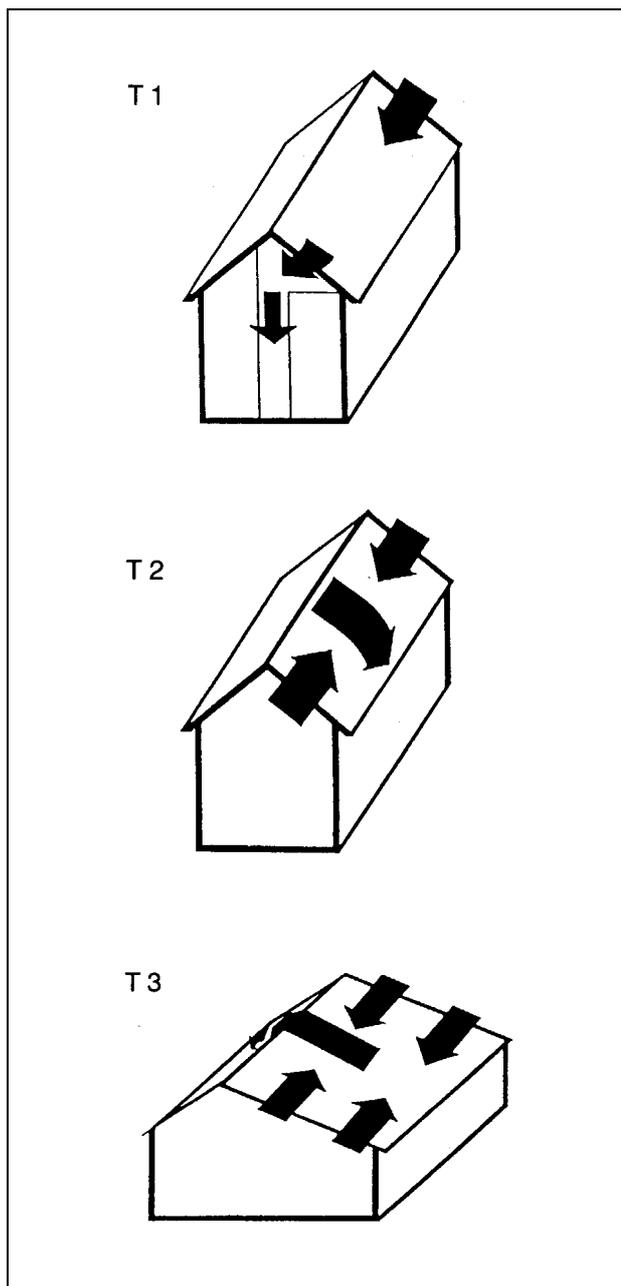
### 3.3 Conduzione ideale dell'aria

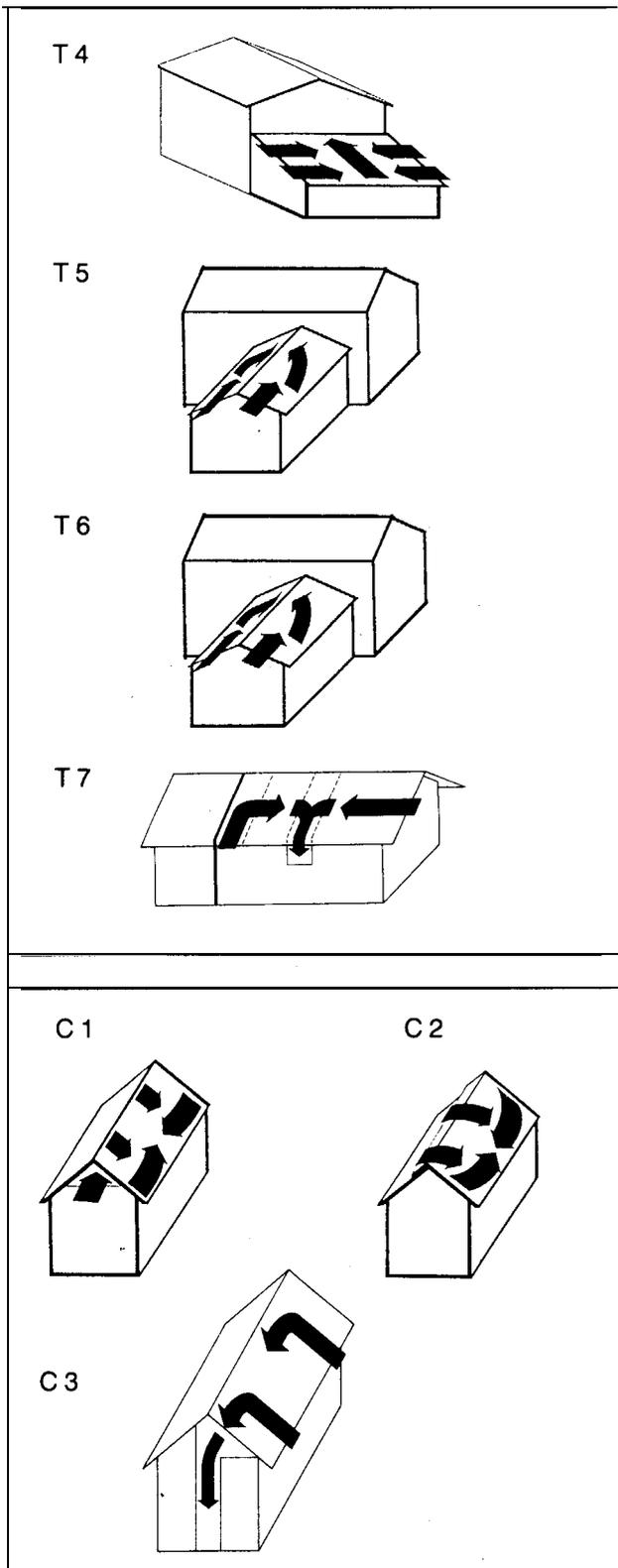
Il collettore ed il collegamento collettore-ventilatore dipendono in modo rilevante dalla concezione della costruzione. Generalmente si fa una distinzione tra tetti con travi e tetti a capriata semplice. Nei tetti con travi le travi portanti sono disposte parallelamente al colmo ed alla gronda mentre nei tetti a capriata semplice le travi sono orientate dalla gronda al colmo. Gli esempi di conduzione dell'aria che seguono, sono di conseguenza suddivisi in due gruppi, cioè in tetti con travi (T) ed in tetti a capriata semplice (C).

**T 1** Una soluzione semplice per una falda del tetto con un canale di aspirazione ed uno di raccolta nel lato opposto.

**T 2** Questa disposizione è applicata sovente in fienili con tettoie. L'aria è aspirata dai due lati del tetto, condotta sulla parte mediana attraverso un montante a livello e quindi al ventilatore. In questa variante il canale di raccolta è sospeso e parte integrante del collettore.

**T 3** Questo modello è spesso applicato per edifici più grandi come stalle libere a box. Questo tipo di stalla è ubicata quasi sempre sul lato sud e dotata di un tetto con pendenza molto contenuta. Il fienile si trova sul lato nord. I ventilatori sono installati (soprattutto nell'utilizzo di benne) sulla parte fredda esterna a nord. Ciò rappresenta una condizione poco favorevole per una ventilazione ad aria fredda. Gli svantaggi di questa soluzione sono rappresentati dai canali di alimentazione lunghi, mentre per il collettore solare si presentano delle condizioni favorevoli per l'aspirazione.





**T 4-7** Una variante molto vantaggiosa dal punto di vista dei costi si può ottenere con l'installazione dei collettori solari nelle stalle annesse ai fienili o nelle tettoie di ricovero per il fieno. La maggior parte delle stalle sono costruite come stalle riscaldate e le stesse sono quindi già dotate di un soffitto isolante.

**ad T 4** Il ventilatore aspira l'aria negli interstizi delle travi direttamente tra l'isolazione e la copertura. Il settore di raccolta può essere realizzato tramite un abbassamento del tetto nella parte più elevata.

**ad T 5 e T 6** L'aria attraversa il tetto della stalla e viene raccolta e condotta al ventilatore soltanto alla fine. I costi di costruzione sono minimi ma si rende necessaria una grande superficie a causa del pessimo rendimento (sezione troppo grande).

**T 7** Questa possibilità di applicazione è ideale nel caso di tetti estremamente lunghi o suddivisi da un muro tagliafuoco o costruzioni annesse. L'abbassamento del canale di aspirazione porta ad ulteriori costi.

I tetti a capriata semplice formano dei canali d'aria che si sviluppano dal colmo alla gronda. Nei tetti rivolti a sud ciò impedisce un'aspirazione dell'aria sul lato ovest-est.

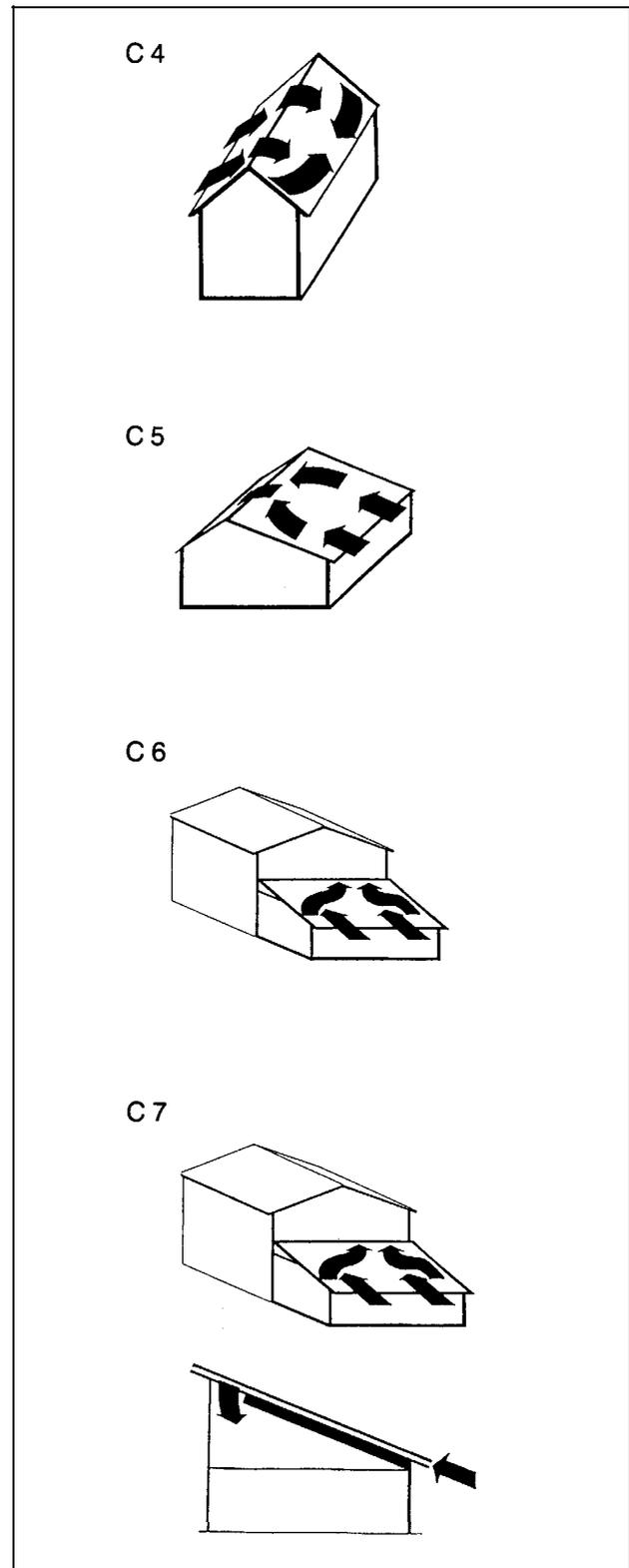
**C 1** In questo caso un canale nel triangolo del colmo trasmette l'aria ai canali. La stessa viene trasportata da un canale di raccolta lungo la gronda fino al ventilatore.

**C 2** Un'ulteriore possibilità di aspirare l'aria nel colmo è data per mezzo di una falda sporgente che supera il colmo (ad es. un tetto in lamiera-alluminio). In tal caso la lamiera viene piegata in modo da formare un colmo che funge da cappa.

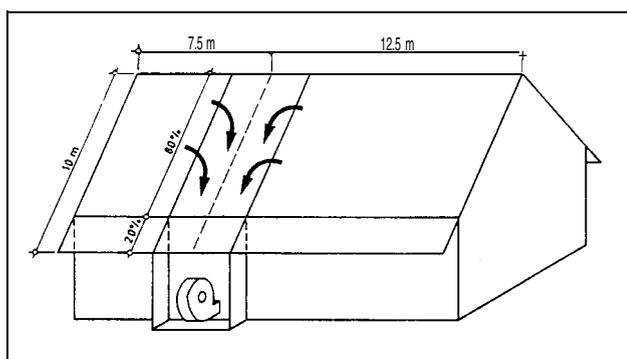
**C 3** L'aria scorre lungo la gronda nei canali collettori. Un canale di raccolta nel colmo ed un canale di alimentazione verticale provvedono al collegamento con il ventilatore.

- C 4** Offre una soluzione per tetti con un colmo rivolto verso nord-sud, quindi collettori nelle falde ovest e est.
- C 5** L'aria scorre dalla gronda verso il colmo dove viene raccolta e trasmessa dalla parte posterior (eventualmente anche lateralmente) al ventilator.
- C 6** Qui e illustrate una soluzione per una costruzione annessa con utilizzo dell'inter-spazio soffitto-tetto della stalla. Il canale di raccolta viene installato trasversalmente alla corrente d'aria nell'estremità superiore della costruzione annessa.
- C 7** Se la costruzione annessa (eventualmente già esistente) dispone di un soffitto orizzontale bisogna tener conto, per un buon rendimento (sufficiente **velocità** d'aria), di introdurre una piastra sotto le travi per la conduzione dell'aria. Se lo spazio triangolare può essere sufficientemente isolato non è necessario un canale speciale per la conduzione dell'aria. Anche in questo caso deve essere tenuto conto della ventilazione della stalla.

Siccome in alcune di queste varianti il collettore viene collocato sopra il colmo ed è di conseguenza impedita la ventilazione del medesimo, si deve provvedere ad una ventilazione sufficiente del fienile sui lati frontali.



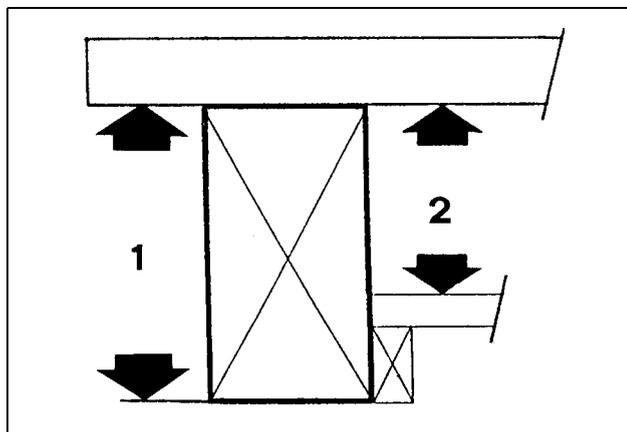
### Lunghezze di aspirazione differenziate



Obiettivo: riscaldamento dell'aria uguale in entrambe le sezioni.

Procedura: calcolo dell'aumento di temperature con il programma PC per entrambe le lunghezze delle sezioni. Scelta delle altezze del canale del collettore con più o meno 10 stesso aumento di temperature e uguale perdita di carico.

### Altezza del canale



1: altezza delle travi  
2: altezza del canale.

### 3.4 Lunghezze di aspirazione differenziate

Nei collettori con aspirazione da entrambi i lati il canale di raccolta non è sempre situato in corrispondenza della media del tetto. In questo caso (aspirazione fino a metà del canale di raccolta) il calcolo dell'altezza del canale è effettuata per ogni singolo settore del collettore. Con questo sistema si ottiene un rendimento ottimale del collettore. Al momento dell'installazione sull'edificio si dovrà tener conto di un'opportuna differenziazione in corrispondenza delle intercapedini.

### 3.5 Calcolo dell'altezza del canale con il programma PC

Per raggiungere un grado di rendimento ottimale deve essere scelto con precisione la velocità dell'aria e di conseguenza l'altezza del canale. Per la determinazione dell'altezza del canale è a disposizione il programma PC «Soko». Questo programma permette il calcolo delle velocità dell'aria nel collettore, la perdita di carico, il grado di rendimento come pure l'aumento della temperatura dell'aria di essiccazione con un irraggiamento solare di  $800 \text{ W/m}^2$  in relazione a delle lunghezze e larghezze prestabilite del collettore. I risultati dipendono dall'altezza del canale (dieci diverse altezze con intervalli di un cm ciascuno). Si hanno a disposizione quattro diversi materiali di copertura per tetti. La descrizione dettagliata del programma PC è illustrate nell'allegato 2.

L'altezza scelta del canale deve essere tale da permettere di raggiungere un riscaldamento dell'aria minimo di  $6^\circ\text{C}$  ed una perdita di carico inferiore ad 1 mbar. Per facilitare il montaggio l'altezza del canale dovrebbe essere corrispondente al massimo a quella delle travi.

L'altezza del canale può essere determinata anche senza programma PC e calcolata in base a tabelle («dimensionamento di collettori solari per la ventilazione del fieno», rapporto FAT No. 325).

### 3.6 Canale di raccolta

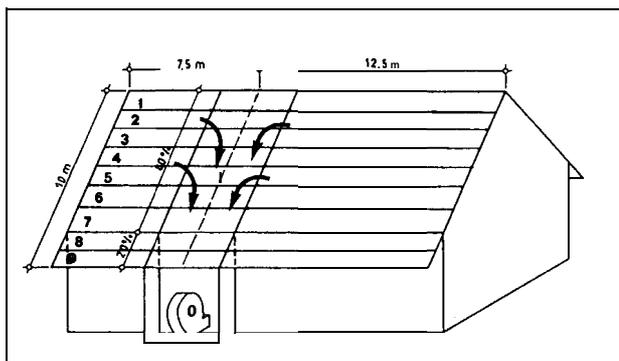
Nel canale di raccolta le velocità dell'aria dovrebbero essere mantenuti al disotto dei 5 m/s (normale 4 m/s). Va comunque solo tenuto conto del quantitativo d'aria effettivo esistente in ogni sezione del canale. Nel caso in cui i canali dei collettori sboccano direttamente nel vano del ventilator, per il calcolo della sezione trasversale del canale di raccolta, il quantitativo d'aria di questo settore deve essere dedotta dal quantitativo d'aria complessivo.

Nel canale di raccolta devono essere sommate le parti dei canali del collettore. Il canale di raccolta nel tetto con terzere e spesso realizzato in forma conica.

### 3.7 Canali d'aria

Il compito dei canali d'aria è quello di trasmettere aria, direttamente e senza grandi perdite, dal collettore al ventilator. Ciò implica in primo luogo di disporre di una sezione trasversale che permette una circolazione dell'aria a velocità ridotta ed in secondo luogo evitare possibili deviazioni con un eventuale spezzamento o arrotondamento delle angolazioni.

#### Canale di raccolta nel tetto con terzere



#### Esempio di calcolo per il canale di raccolta

mucchio di fieno 80 m<sup>2</sup>, quota d'aria 0,11 m<sup>3</sup>/s => 8,8 m<sup>3</sup>/s portata d'aria.

L'intero tetto contiene 9 canali collettori, di cui 2 si trovano nella sezione della gronda sporgente; ciò significa che ca. il 20 o/o dell'aria fluisce direttamente dai canali collettori della pensilina nel locale del ventilator che risponde ad una portata d'aria di 1,9 m<sup>3</sup>/s; i restanti 6,9 m<sup>3</sup>/s affluiscono attraverso il canale di raccolta.

7 campi del collettore sboccano nel canale di raccolta

portata d'aria per campo: ca. 1 m<sup>3</sup>/s

larghezza del canale di raccolta (distanza delle traverse in luce): 5 m

aumento dell'altezza del canale di raccolta per settore per una velocità massima dell'aria di 4 m/s:

$$\frac{1 \text{ m}^3/\text{s}}{4 \text{ m/s}} = 0,25 \text{ m}^2 \quad - \quad \frac{0,25 \text{ m}^2}{5 \text{ m}} = 5 \text{ cm}$$

1. campo minimo pari all'altezza del canale collettore 05 cm di passaggio libero
2. campo minimo 10 cm

7. campo minimo 35 cm.



## 4. Costruzione di impianti di collettori solari

---

<b>4.1</b>	<b>Collettori</b>	<b>80</b>
4.1.1	In tetti con trave	80
4.1.2	In tetti a capriata semplice	80
4.1.3	Trave/piastra per la conduzione dell'aria	81
4.1.4	Aspirazione dell'aria	81
4.1.5	Impermeabilizzazione	82

---

<b>4.2</b>	<b>Canale di raccolta</b>	<b>82</b>
4.2.1	In tetti con trave	82
4.2.2	In tetti a capriata semplice	84

---

<b>4.3</b>	<b>Canali d'aria</b>	<b>85</b>
------------	----------------------	-----------

---

<b>4.4</b>	<b>Locale per il ventilator</b>	<b>86</b>
------------	---------------------------------	-----------

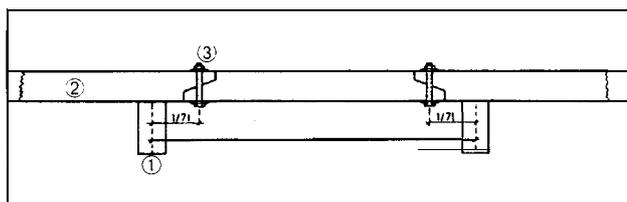
---

<b>4.5</b>	<b>Forme speciali</b>	<b>87</b>
4.5.1	Collettori installati nel sottotetto	87
4.5.2	Collettori installati sopra il tetto	87

---

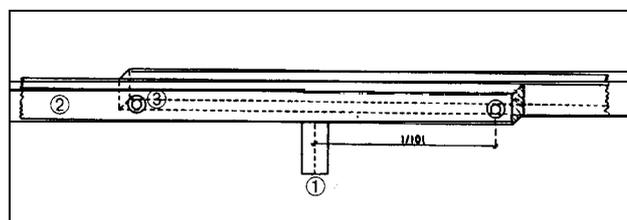
## 4. Costruzione di impianti di collettori solari

### Accoppiamenti Gerber

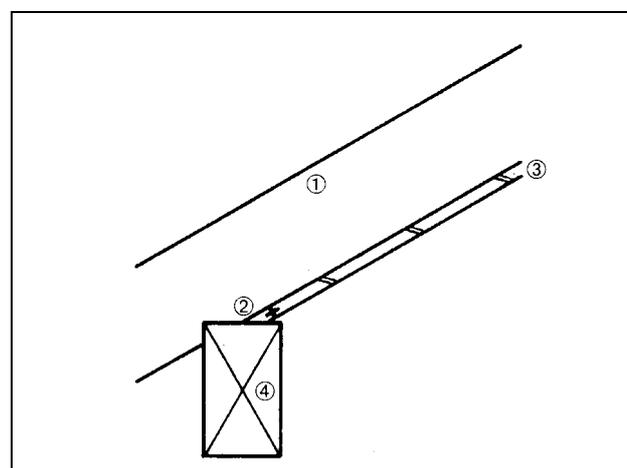


- 1: paniforte  
2: terzere  
3: vite da carpentiere.

### Terzere accoppiate



### Collegamento piede del terzere



- 1: capriata  
2: cuneo  
3: pannello di masonite  
4: piede terzere.

## 4.1 Collettori

### 4.1.1 In tetti con terzere

Le terzere sono denominate più semplicemente travi maestre o travi portanti del tetto. Le stesse costituiscono le travi orizzontali che sostengono la copertura del tetto (ad es. piastre in eternit). Le dimensioni sono di regoladi 16 fino a 22 cm d'altezza e di 8 fino a 12 cm di larghezza. Lo spessore e le distanze delle travi vengono calcolati dall'architetto o da un esperto specializzato in costruzioni in legno in funzione dei carichi di neve specifici del luogo.

La posa dei giunti Gerber posti delle terzere accoppiate e da ritenere migliore in quanto garantiscono un flusso d'aria senza ostacoli. Le stesse formano le pareti laterali dei diversi canali del collettore. Come delimitazione inferiore dei canali del collettore viene utilizzata una piastra per la conduzione dell'aria (di regola pannelli di masonite). Per canali del collettore con un'altezza inferiore, di 2 cm rispetto a quella delle terzere e consigliabile la fissazione alle terzere di assicelle laterali prima di essere sollevati.

### 4.1.2 In tetti a capriata semplice

Le capriate semplici corrispondono alle travi che scorrono dalla gronda al colmo che sostengono i listelli delle tegole o altro materiale di copertura. Nel caso di nuove costruzioni la procedura è identica a quella per il tetto con terzere. In caso di rifacimento di vecchi tetti in tegole i collettori possono essere installati facilmente in tetti a capriata semplice. Solitamente questi tetti sono leggermente deformati e non idonei per la posa dei pannelli in masonite tra le travi. Questo procedimento si giustifica solo in casi in cui è prevedibile un aumento insufficiente della temperatura.

Nei tetti a capriata semplice deve essere rivolta un'attenzione particolare ai passaggi negli infissi delle terzere. In questi punti le capriate sono spesso intagliate ed il passaggio diventa quindi più stretto. Nell'illustrazione «collegamento piede terzere» ciò è messo in evidenza dall'esempio dell'ultima terzere (piede terzere).

### 4.1.3 Trave/piastra per la conduzione dell'aria

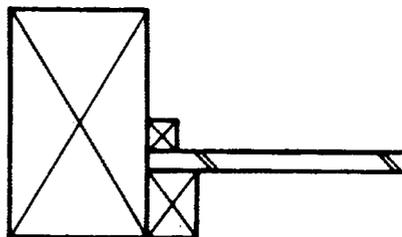
Per le nuove costruzioni è raccomandabile inserire le travi (pannelli in masonite) direttamente prima della copertura del tetto. Il carpentiere ha la possibilità di montare le assicelle o tavole laterali sotto la trave (capriate/terzere in eternit) già nell'officina. I pannelli di masonite tagliati a formato (19 mm) possono quindi essere posati speditamente dall'alto. In questo caso si rende comunque necessario l'impegno di un carpentiere (poco impegno personale) ma contemporaneamente non deve essere sottovalutato il lavoro supplementare per l'impalcatura ed il lavoro faticoso dei successive montaggio in condizioni sfavorevoli. La giunzione dei pannelli avviene mediante scanalatura e linguetta. Per lasciar «lavorare» i pannelli, gli stessi sono accostati solo fino ad una distanza di ca. 2 mm. Nel montaggio dei pannelli dal basso, le controvenature possono essere fissate dopo o eventualmente, inseriti dei nastri metallici.

Al posto di travi sono utilizzabili anche altri materiali oltre i pannelli di masonite (ad esempio lamiera sagomate, cartoni di fibra dura o materiali in tessuto impermeabile). Comunque i cartoni di fibra dura non sono raccomandabili in quanto sprovvisti di giunti idonei. Se l'intercapedine del collettore è di poco inferiore o uguale al lo spessore della trave e possibile impiegare materiali in tessuto impermeabile (Bigroflex, Nissan, Sarnafil). Gli stessi sono molto più leggeri rispetto ai pannelli di masonite. Per evitare il rigonfiamento con conseguente restringimento della sezione trasversale dei canali a causa del riscaldamento nei mesi estivi, questi prodotti dovrebbero essere leggermente pre-compressi mediante listelli del tetto bordati e con paranco. In certi casi è possibile disporre di prodotto preconfezionati; in altri termini ciò significa che la ditta venditrice prepara dei pezzi che corrispondono ad esempio, alla distanza di capriata ed alla larghezza del tetto. Il materiale in tessuto impermeabile è particolarmente adatto per il montaggio personale in edifici vecchi dove non si ha un carico dovuto all'uso di mezzi meccanici (henna) od il rinfazzo del rivestimento (inclusosassi) attraverso il ventilator.

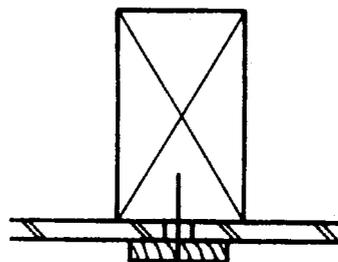
### 4.1.4 Aspirazione dell'aria

Usualmente i canali collettori sono condotti fuori dal fienile dove vengono semplicemente chiusi con un asse ad angolo o di gronda e muniti di una rete di pro-

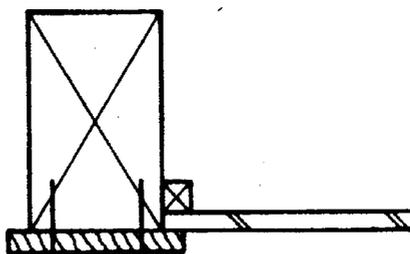
### Modi di montaggio



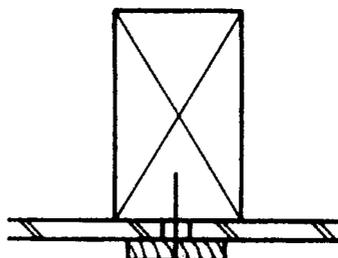
*Travi grosse, passaggio necessario piccolo. Il pannello di masonite è posato sull'assicella lateralmente. Inserimento dall'alto prima della copertura del tetto.*



*L'altezza della trave corrisponde al passaggio necessario, il pannello di masonite è fissato dal lato inferiore, a livello, con l'asse.*

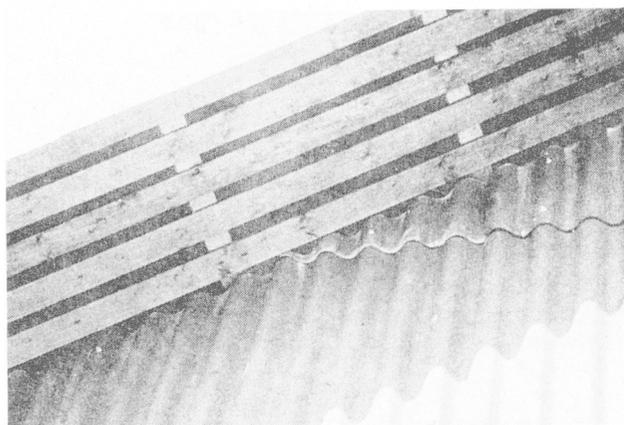
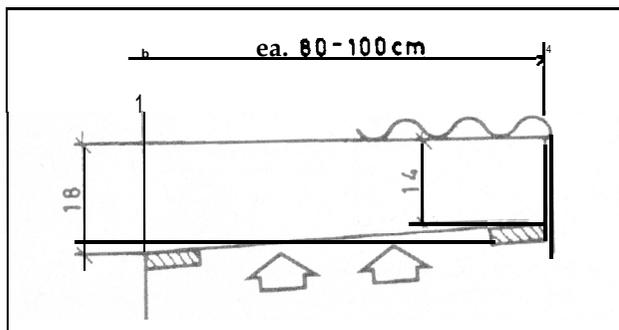


*Il passaggio necessario è di poco inferiore allo spessore della trave. Inserimento del pannello di masonite dall'alto.*

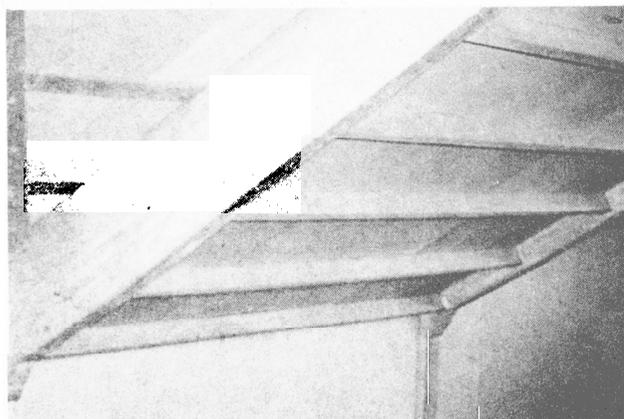


*L'altezza della trave corrisponde al passaggio necessario, Travi in materiale impermeabile. Idoneo soprattutto per tetti a capriata semplice ed edifici vecchi.*

### Aspirazione dell'aria dallo spigolo smussato del frontone



In caso di luoghi esposti al vento o per motivi estetici le tavole possono essere montate anche nel modo illustrato. Deve essere rivolta un'attenzione particolare alla sezione trasversale della aspirazione che deve rispondere, per 10 meno, a quella del collettore.



A: le puntazze per travi fissate alla capriata sorreggono le travi del canale di raccolta.

tezione per gli uccelli. L'apertura deve corrispondere per 10 meno all'altezza del canale collettore. Se [e] terzere si appoggiano contro un muro tagliafuoco deve essere costruito un canale per l'afflusso dell'aria. Per canali di aspirazione dal colmo e inoltre raccomandabile l'installazione di una rete di protezione per uccelli e persiane supplementari.

#### 4.1.5 Impermeabilizzazione

L'esterno dei collettori dovrebbe essere relativamente ben ermetizzato. Per profili ondulati sono disponibili blocchi isolanti di gomma spugna adeguati ai profili. Durante il montaggio gli stessi possono essere inseriti tra il rivestimento e la copertura. E sufficientemente provvedere ad un'impermeabilizzazione nel terzere superiore del collettore. Di regola i pannelli di mansone sono installati con scanalatura e linguetta e impermeabilizzati nelle vicinanze del canale con schiuma di montaggio o riempimento. I materiali in tessuto impermeabilizzato devono essere fissati da tutti i lati con assicelle o cornici.

L'acqua di condensa si forma solo in casi rari a causa, principalmente, dell'umidità dell'aria della stalla.

## 4.2 Canale di raccolta

### 4.2.1 In tetti con terzere

Nelle tettoie dei fienili con falde rivolte a sud e ventilatori installati SUI lato sud **medesimo**, il canale risultante è molto corto. Come sezione di raccolta si possono utilizzare i campi intermedi della capriata. A seconda della forma della capriata il canale di raccolta ottiene una forma conica che si allarga verso la gronda.

A seconda della **sezione** trasversale disponibile esistono svariate **modalità** costruttive:

A: la piastra di conduzione dell'aria è fissata alle capriate con puntazze per travi.

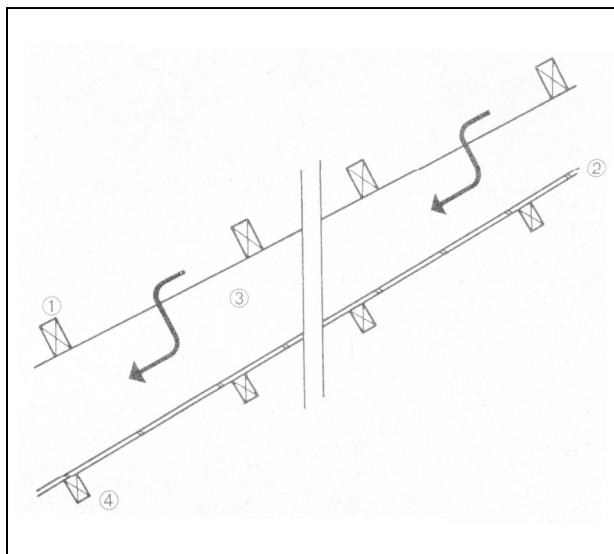
B: le travi vengono fissate alle terzere con nastri in metallo o listelli in legno e si sviluppano dalla gronda al colmo. In questo modo le correnti d'aria possono circolare indisturbate.

C: le travi trasversali sono fissate allo spigolo inferiore della capriata ed i pannelli di masonite posati dall'alto.

Se la dipendenza della larghezza del campo della capriata e della forza della medesima risulta una sezione maggiore del necessario, può essere adottata la variante A. Se questa sezione trasversale è per contro ridotta, entrano in considerazione le varianti B e C.

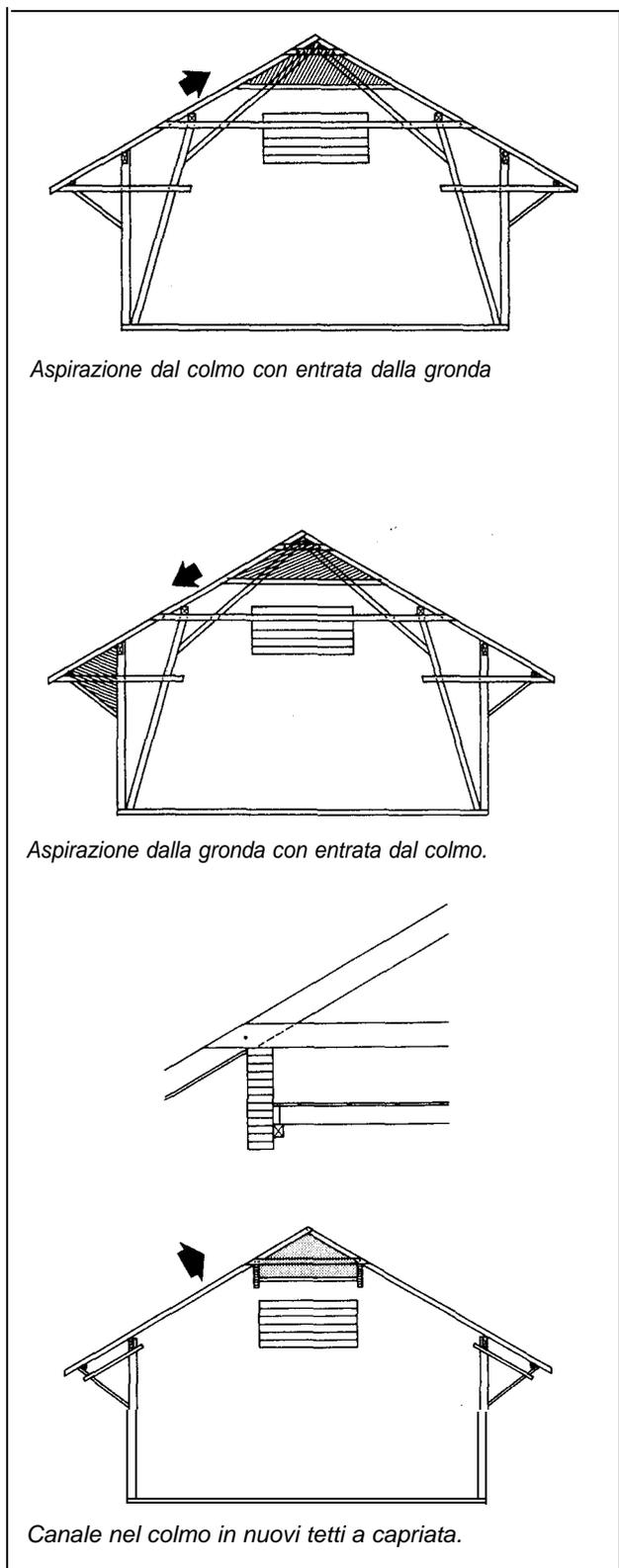


B: le assi di supporto dei pannelli di masonite del canale di raccolta corrono in direzione del flusso e sono appese alle terzere con listelli del tetto.



C: canale di raccolta in sezione trasversale nel caso in cui l'altezza dello stesso è uguale alla larghezza della capriata.

- 1: terzere
- 2: pannello di masonite
- 3: capriata
- 4: trave con puntazza per travi.



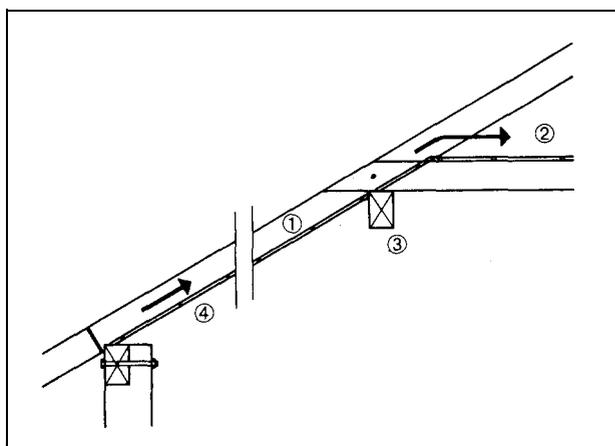
#### 4.2.2 In tetti a capriata semplice

Nel metodo di aspirazione dal colmo l'aria corre lungo la gronda nei canali del collettore. Il canale di raccolta nel colmo è dotato di un pavimento posato su tenaglie esistenti o travi espressamente intarsiate. Nei tetti a capriata più recenti le travi (8 x 16 cm) possono essere adattate ai pianiforti che scorrono in posizione longitudinale mediante puntazze per travi.

Nell'aspirazione dalla gronda con canale d'entrata dal colmo, l'aria affluisce dall'esterno attraverso le feritoie, viene ripartita nei canali dei collettori e corre sotto la pensilina nel canale di raccolta. Questa via d'aria è applicabile sia a nuove che a vecchie costruzioni. Nelle varianti con aspirazione dal colmo esiste il pericolo che l'aria viziata viene risucchiata nuovamente dal fienile. Le aperture per l'aria viziata possono eventualmente essere installate sul lato opposto dell'edificio e non direttamente sotto il punto di aspirazione.

In tutte le varianti con la sezione del colmo chiusa (canale di raccolta nel colmo o collettore sopra il colmo) deve essere prestata particolare attenzione alla ventilazione della stalla.

#### Canale di raccolta nel tetto a capriata



- 1: capriata
- 2: canale di raccolta
- 3: terzere intermedia
- 4: pannello di masonite.

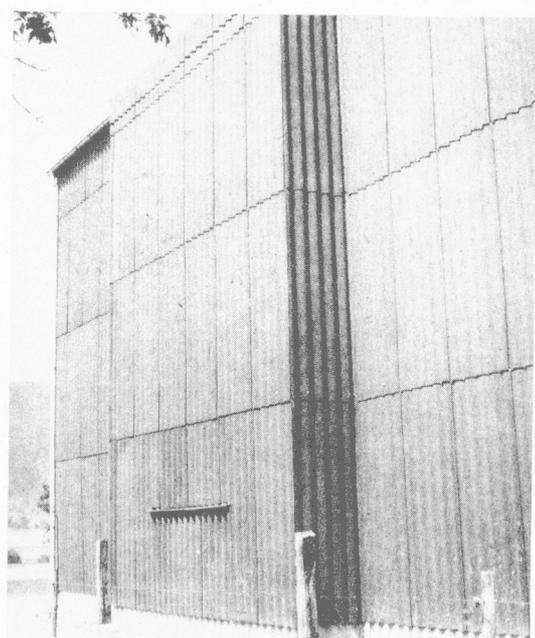
### 4.3 Canali d'aria

In molti casi il canale d'aria è collegato al ventilatore a partire dal settore di raccolta. Il ventilatore è posizionato nel canale in modo tale che il rinvio dalla verticale al ventilatore avviene direttamente attraverso gli ugelli di aspirazione e conseguentemente senza perdite.

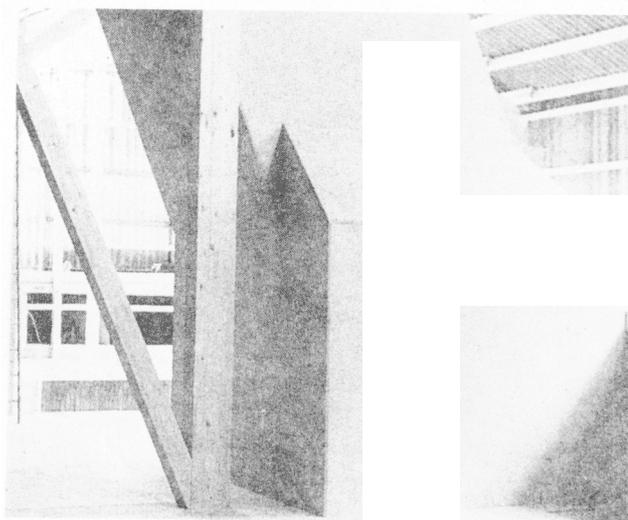
I canali d'aria possono avere delle forme geometriche molto diversificate. Quelle più usuali sono quadrate o triangolari. Molto spesso si utilizzano anche interi spazi accessori. In alcuni casi davanti ad una parete viene posata una seconda creando in tal modo un piccolo locale.



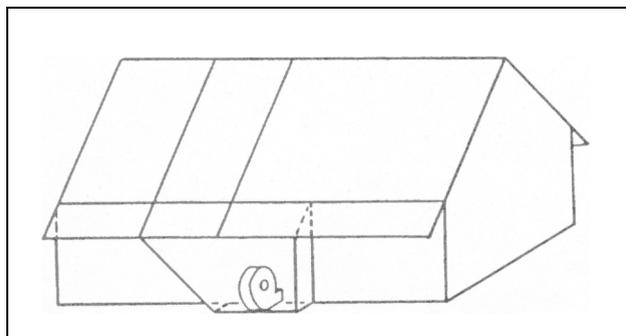
*Canale d'aria posato sul colmo. Con questi canali relativamente lunghi deve essere prestata una particolare attenzione alla sezione trasversale perchè potrebbero verificarsi delle perdite di pressione troppo elevate.*



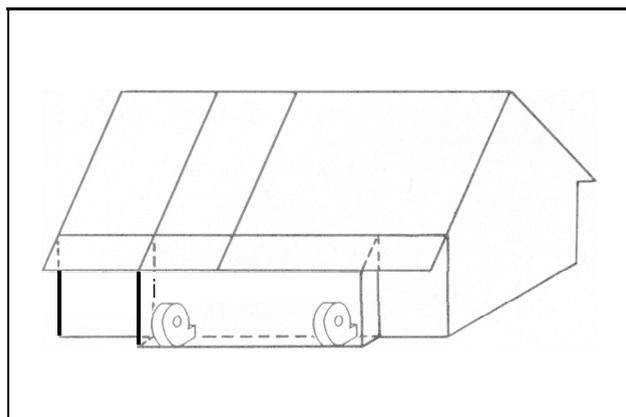
*Nei fienili con benne si riscontrano spesso delle difficoltà in corrispondenza della percorrenza della benna. Nell'esempio illustrato il canale d'aria è stato collocato sulla parete esterna dell'edificio.*



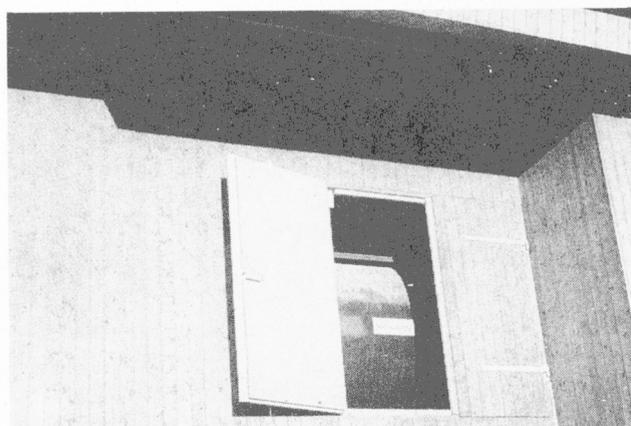
*Il canale d'aria collega il canale di raccolta con il ventilatore. Nella misura del possibile il canale dovrebbe essere dimensionato in modo generoso.*



*Locale per ventilatore collocato lateralmente.*



*Locale per ventilatore ampio per la ripartizione su due ventilatori.*



*Locale per il ventilatore tra la parete del deposito di fieno e facciata. Una porta assicura l'accesso al ventilatore e permette l'entrata diretta dell'aria.*

## 4.4 Locale del ventilatore

Solitamente il ventilatore è situato direttamente nel canale della presa d'aria. Il locale del ventilatore può presentare misure molto diversificate. All'interno dell'edificio può servire contemporaneamente come locale di deposito (per esempio spazio tra parete esterna e quella del deposito di fieno). Devono essere assicurati sia la tenuta stagna del locale del ventilatore che l'afflusso della corrente d'aria al ventilatore (distanza adeguata tra la parete del locale del ventilatore e ventilatore medesimo).

il locale del ventilatore installato sulla parete esterna può essere sfruttato come giunto laterale ad angolo (ad esempio di 1 campo di capriata) qualora il campo della capriata nel quale è situato il ventilatore non corrisponde a quello ideale del canale di raccolta. La ripartizione dell'aria su due ventilatori può avvenire attraverso il locale del ventilatore.

## 4.5 Forme speciali

### 4.5.1 Collettori installati nel sottotetto

Gli stessi vengono utilizzati, come risulta dalla denominazione, nei sottotetti nuovi o esistenti (quasi sempre sopra una stalla). Una stalla costruita accanto ad un capannone per il deposito di fieno con tettoia ha generalmente un vuoto tra la copertura del tetto ed il soffitto isolato. Lo sfruttamento di questo vuoto rappresenta una possibile variante di collettore poco costosa se la sezione trasversale non è troppo grande ed il collettore può essere allacciato alla ventilazione con un canale molto corto. Di questa possibilità si può tener conto al momento della progettazione di nuove costruzioni ed in caso di trasformazioni.



*Questa stalla annessa ha un tetto sotto forma di collettore (190 m<sup>2</sup>) dotato di una copertura trasparente in poliestere. L'aria penetra nel collettore dalla gronda, scorre verso l'alto e viene aspirata dal ventilatore per il fieno da entrambi i lati verso il centro.*

### 4.5.2 Collettori installati sopra il tetto

Il collettore può essere installato sopra un tetto esistente. Le nuove travi sono posate in corrispondenza di quelle vecchie sopra la copertura del tetto. Il vecchio tetto forma la piastra inferiore di conduzione dell'aria. La nuova copertura è posata sullo strato delle nuove travi. L'aria può essere aspirata attraverso un relativo passaggio nella vecchia copertura del tetto direttamente nel canale di raccolta situato all'interno. Il vantaggio di questo modo di costruzione sta nella facilità d'accesso per il montaggio. Gli svantaggi sono da ricercare sia nei maggiori costi per il materiale supplementare necessario quali la copertura che per il secondo strato di travi.



*Un collettore in lamiera-alluminio installato sopra il tetto in eternit di un fienile esistente. Il secondo strato di travi viene posato sul tetto esistente. Quest'ultimo è interrotto soltanto in mezzo per lasciar affluire l'aria nel canale di raccolta sottostante.*



---

## 5. Costi d'investimento

---

1.	Copertura del collettore	90
2.	Travi per collettore	90
3.	Canale di raccolta dell'aria	91
	Esempio di calcolo	91

---

## 5. Costi d'investimento

I costi d'investimento per collettori integrati nel tetto sono composti da:

- costi d'investimento supplementari per la copertura rispetto al materiale standard solitamente utilizzato a parità di altitudine
- costi d'investimento per le travi, il canale di raccolta ed il canale d'aria fino al ventilatore.

Per collettori installati sul tetto l'intero prezzo del materiale necessario per la copertura supplementare deve essere addebitato al collettore. Le travi non sono necessarie.

In base ai prezzi indicative esposti in seguito, è possibile valutare i costi d'investimento supplementari per un impianto di collettore.

### Costi d'investimento (prezzo base 1991) per la costruzione di impianti di collettori solari

Elemento costruttivo	Unità	Costi d'investimento supplementari per un impianto di collettore solare in Fr. per unità
<b>1. Copertura del collettore</b>		
materiale di copertura posato sulle parti costruttive in legno (tetto con terzere) senza profili di finitura		
1.1 eternit ondulato marrone (copertura standard, 35.— Fr./m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	
1.2 poliestere ondulato con profilo ondulato in eternit (50-60.— Fr./m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	15-25.—
1.3 lastre alluminio ondulate marroni (50-60.— Fr./m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	15-25.—
1.4 lamiera d'acciaio a trapezio marrone (35.— Fr./m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	
1.5 lamiera d'acciaio con motivo a tegola marrone (55-65.— Fr./m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	20-30.—
<b>Supplementi alle pos.1.1 -1.5 per:</b>		
1.6 ardesia in eternit sul tetto a capriata semplice, incl. incannicciata d'ardesia 60/40 mm (65-75.— Fr./m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	30-40.—
1.7 incannicciata 60/60 mm con montaggio sul tetto a capriata semplice	m <sup>2</sup>	5-7.—
1.8 montaggio sul tetto con pannelli ondulati di copertura esistente	m <sup>2</sup>	15-20.—
<b>2. Travi per collettore già montate, incl. listelli di fissaggio</b>		
2.1 pannelli di masonite montati durante la costruzione tra terzere e capriate	m <sup>2</sup>	35-40.—
2.2 pannelli di masonite montati successivamente sotto terzere o capriate, incl. impalcatura a rullo	m <sup>2</sup>	50-55.—
2.3 la superficie di scorrimento per il materiale sintetico montata successivamente sotto terzere o capriate, incl. impalcatura a rullo	m <sup>2</sup>	25-30.—

	Unità	Costi d'investimento supplementari per un impianto di collettore solare in Fr. per unità
<b>3. Canale di raccolta dell'aria con pannelli in masonite già montati, incl. listelli di fissaggio</b>		
3.1 nella superficie del tetto con collettore: supplement alla superficie del collettore per l'abbassamento della trave	m <sup>2</sup>	10-15.—
3.2 nella restante superficie del tetto	m <sup>2</sup>	55-60.—
3.3 canale di t'accolta nel colmo dei tetti a capriata semplice: supplement alla superficie del collettore per la formazione del canale	m <sup>2</sup>	10-15.—
3.4 canale di raccolta nella gronda dei tetti a capriata semplice: supplement alla superficie per la formazione del canale	m <sup>2</sup>	10-15.—
3.5 canale verticale sulla parete dell'edificio (su tre lati) per il collegamento al ventilatore:		
1. per 1 ventilatore dimensione 250/200 cm	m <sup>2</sup>	290-360.—
2. per 2 ventilatori dimensione 450/200 cm	m <sup>2</sup>	380-470.—

- I prezzi sono compresi del montaggio in posa da parte di una ditta.
- I costi per il materiale ammontano a ca. il 60% e per il lavoro a ca. il 40%.
- L'impalcatura necessaria per il successivo montaggio del rivestimento deve essere calcolata in Fr. 15.— per m<sup>2</sup>.

### Esempio di calcolo

superficie del collettore	pos. 1.1	200 m <sup>2</sup>	Fr.	—.—
travi	pos. 2.1	200 m <sup>2</sup> a 37.—	Fr.	7'400.—
canale di raccolta dell'aria	pos. 3.1	12 m <sup>2</sup> a 12.—	Fr.	144.—
	pos. 3.2	12 m <sup>2</sup> a 57.—	Fr.	684.—
	pos. 3.5.1	6 lm a 320.—	Fr.	1'920.—

Costi d'investimento supplementari complessivi  
per l'impianto collettore

**Fr. 10'148.—**



---

# Bibliografia

---

**Programmi d'impulso** **94**

---

**Norme** **94**

---

**Pubblicazioni generali** **94**

---

**Documentazione illustrate** **94**

---

# Bibliografia

## Programmi d'impulso

### **Manuale di pianificazione e progettazione per il risanamento termico negli edifici**

Ufficio federale dei problemi congiunturali UFSM,  
Berna  
No. 724.500

### **Ricupero di calore negli impianti di ventilazione e condizionamento**

Ufficio federale dei problemi congiunturali UFSM,  
Berna  
No. 724.709

### **Tecnica della ventilazione**

Ufficio federale dei problemi congiunturali UFSM,  
Berna  
No. 724.618

### **Sistemi di riscaldamento per il risparmio energetico negli edifici**

Ufficio federale dei problemi congiunturali UFSM,  
Berna  
No. 724.609

### **Riscaldamento a pompe termiche con aria esterna quale fonte di calore**

Ufficio federale dei problemi congiunturali UFSM,  
Berna  
No. 724.712

## Norme

### **Norme svizzere per il clima nella stalla**

Istituto per la produzione animale ETH Zurigo, 1983

### **Climatisation of Animal Houses**

Commission International du Génie Rural CIGR,  
Aberdeen. 1984

SIA 384/2: fabbisogno di rendimento termico di edifici  
SIA Zurigo, 1982

SIA 380/1: energia nell'edilizia  
SIA, Zurigo, 1988

## Pubblicazioni generali

### **Pompe termiche**

INFOSOLAR Brugg, 1981

### **Misurazioni pratiche negli scambiatori di calore a piastre**

W. Göbel, rapporto-FAT No. 301, Tänikon, 1986

### **La ventilazione del fieno dall'A alla Z**

J. Baumgartner, rapporto-FAT No. 406, Tänikon, 1991

### **Il collettore solare per la ventilazione del fieno - progettazione e realizzazione**

F. Nydegger, rapporto-FAT No. 407, Tänikon, 1991

### **Analisi di collettori d'aria per il riscaldamento e l'essiccazione**

J. Keller, V. Kyburz, A. Kölliker, rapporto-PSI No. 18,  
Würenlingen 1988

## Documentazione illustrate

(per quanto non estratti dalle pubblicazioni sopraindicate)

Istituto federale di ricerca di Economia Aziendale e  
Tecnica Agraria, Tänikon; Scuola di agraria, Flawil;  
Kalte Fedder GmbH & Co., Coesfeld; Planair SA, La  
Sagne; B. Pulver & Co., Muri.

# **Allegato 1**

---

**Programma PC clima della stalla (versione 2.1)**

---

# Allegato 1

## Programma PC clima della stalla (versione 2.1)

### 1. Istruzione per l'uso

#### Menu-pulldown

La prima riga superiore del video illustra le funzioni principali del programma. Ogni titolo del menu contiene una funzione che può essere scelta. I menu-pulldown vengono attivati mediante il tasto Alt oppure con il mouse. Le singole funzioni possono ora essere scelte con il tasto FRECCIA e RETURN, oppure con il mouse o il tasto scelta rapida (segnali accentuate nei menu). Premendo contemporaneamente il tasto Alt e quello della scelta rapida si può selezionare direttamente una delle funzioni del menu-pulldown (senza dover prima attivare il menu).

A video «vuoto» il menu-pulldown può essere attivato mediante il tasto Alt o F10.

#### Maschere e utilizzo della finestra

Nelle finestre è possibile dirigersi verso i singoli campi d'immissione tramite il mouse. Per il comando a tastiera esistono le possibilità elencate nella riga-aiuto visibile a margine del video. In generale corrispondono comunque ai tasti: TAB, SHIFT +TAB, FRECCIA IN SU o FRECCIA IN GIÙ.

È possibile in ogni momento uscire dalle finestre mediante una delle funzioni di conclusion (Buttons) che sono indicate nella parte inferiore delle stesse. Questi Buttons possono essere attivati direttamente ed in qualsiasi momento mediante il tasto Alt unitamente ad un tasto di scelta rapida. L'uscita da queste finestre è possibile soltanto tramite questi Buttons.

#### Box per l'allarme

I box per l'allarme sono delle piccole finestre che generalmente sono visibili in mezzo allo schermo. Gli stessi contengono una comunicazione e le funzioni di conclusion (Buttons). Il button desiderata può essere attivato tramite un tasto scelta rapida. Con RE-

TURN viene attivato il button su cui si trova il cursore. Con i tasti TAB, SHIFT+TAB, FRECCIA IN SU e FRECCIA IN GIÙ è possibile spostare il cursore su un altro button.

#### Campi d'immissione

L'elaborazione (lavorazione) del contenuto di un campo d'immissione avviene con i seguenti tasti:

FRECCIA A SINISTRA	muovere il cursore a sinistra
FRECCIA A DESTRA	muovere il cursore a destra
HOME	spostare il cursore all'inizio del campo
END	spostare il cursore alla fine del testo immesso
INS	commutare tra il modus inserimento e sovrascrittura
CTRL+Y	cancellare il campo di immissione
CTRL+U	ripristinare i valori originali

Nei campi numerici possono essere immessi esclusivamente i valori 1234567890.

#### Archivio dati (file)

STK.EXE	programma clima della stalla.
STKTIER.DAT	dati per il programma clima della stalla.
STK.BAT	dati d'aiuto per richiamare il programma clima della stalla dal sottoindirizzario C: (l'esempio può essere modificato a piacimento).
STKDEF.DEF	archivio dati-testo; contiene i valori attuali per l'archivio dei dati ed il layout.
BEISPIEL.STK	tutti i valori d'immissione di un calcolo per il clima della stalla vengono memoriz-

zati nell'archivio dati con l'estensione « .STK ».

NONAME.STK archivio dati temporaneo; lo stesso contiene i valori d'immissione dell'ultimo calcolo del clima della stalla; questi dati possono nuovamente essere disponibili per il programma clima della stalla tramite la funzione DOS: COPY NONAME.STK XYZ.STK.

STKOUITE archivio dati-testo temporaneo; contiene i risultati dell'ultimo calcolo SUI clima della stalla.

● .HLP archivio dati-testo; contiene i testi d'aiuto.

## 2. Descrizione del programma

### 2.1 In generale

Il clima della stalla ha una grande importanza per l'allevamento zootecnico. Lo stesso influenza la salute e la capacità di rendimento sia degli animali che del personale, determinando inoltre anche lo stato e la durata di vita dell'edificio. I calcoli SUI clima della stalla possono inoltre contribuire affinché gli animali e la sostanza edilizia non subiscano delle conseguenze negative o danni a causa di un pessimo clima della stalla.

Quale base di calcolo del programma computerizzato sono utilizzate, — come è il caso per la norma austriaca (1983) e quella tedesca rielaborata (1991) —, le formule di calcolo, le emissioni di calore e le indicazioni sul clima nella stalla della proposta di calcolo CIGR del 1984. Il metodo di calcolo è applicato sia per stalle riscaldate che fredde. Mentre nelle stalle riscaldate la temperatura in inverno viene tenuta costante, rispettivamente non va al di sotto di un determinato valore con isolamento termico e regolazione dell'aria, nella stalla fredda senza o con uno scarso isolamento termico, la stessa segue l'andamento della temperatura esterna con una differenza massima di 8°C.

### 2.2 Maschere d'immissione

Sotto «**calcoli per il clima della stalla**» nel menu principale e «**nuova elaborazione**» nel menu pull-down,

sono indicate, una dopo l'altra, le seguenti maschere d'immissione: «**DATI CARATTERISTICI DELL'AZIENDA**», «**PATRIMONIO ZOOTECNICO SCELTO**», e «**COSTRUZIONE DELL'EDIFICIO E TRASMISSIONE**». Della maschera «**PATRIMONIO ZOOTECNICO SCELTO**» fanno parte tre ulteriori finestre cioè «**scegliere il tipo di animali**», «**rilevare il patrimonio zootecnico**» e «**clima della stalla**».

## Dati caratteristici dell'azienda

Sotto «**numero**» può essere immesso un qualsiasi nome o cifra per la denominazione del calcolo. In molti casi è comunque opportuno utilizzare il numero dell'oggetto edilizio.

il «**nome dell'archivio dati**» è importante per l'archiviazione ed il ritrovamento di un calcolo. Lo stesso può essere introdotto soltanto al momento della memorizzazione del calcolo. In questo caso è utile usare un nome riferito al calcolo (un massimo di 8 lettere, rispettivamente numeri).

«**Altitudine s.m**» deve sempre essere indicato perché la pressione d'aria come anche il valore Default sono regolati in base alla temperatura esterna minima inserita. Alcuni valori d'immissione come la temperatura esterna, l'emissione di calore o la temperatura degli animali nella stalla, ecc., prestabiliti o estrapolati in precedenza, sono comunque modificabili come valori default.

## Patrimonio zootecnico scelto

Mediante i box per l'allarme «elaborazione del patrimonio zootecnico» con le indicazioni pull-down «aggiungere», «modificare» e «cancellare» si arriva alla 1. finestra: «scegliere il tipo di animali». È sufficiente selezionare un tipo di animali che fa parte del patrimonio zootecnico della relativa stalla. La categoria d'animale selezionata compare unitamente all'emissione di calore nella 2. finestra: «rilevare il patrimonio zootecnico». Dev'essere indicata unicamente la quantità di animali della relativa categoria. Le emissioni di calore degli animali secondo CIGR valgono come va-

lore Default. Lo stesso può, ad esempio, essere sostituito con valori di altre norme. Si deve comunque tener conto del fatto che l'emissione di calore secondo CIGR è più alto per molti tipi di animali rispetto quella indicata dalle norme svizzere sul clima della stalla. Ad esempio, per i buoi di riproduzione, si hanno delle emissioni fino al 25% e per maialini e polli da ingrasso addirittura del 50%. Per questo motivo in molti calcoli sul clima della stalla risulta un bilancio termico positivo, rispetto al modo di calcolo secondo norme svizzere. L'aumento delle emissioni di calore sono da attribuire ai rendimenti degli animali che sono oggi in realtà maggiori. Le emissioni di calore secondo CIGR nonché ulteriori perfezionamenti delle ipotesi di calcolo, danno risultati più conformi.

Nella **finestra 3: «clima della stalla»** viene registrato quanto segue:

#### **Temperatura della stalla**

Come valori Default per la temperatura e l'umidità relativa dell'aria nella stalla riscaldata, sono assunti le indicazioni della proposta di calcolo CIGR per la categoria di animali descritta nella prima riga. La temperatura della stalla è modificabile nell'ambito dei -15°C fino ai 35°C rendendo quindi possibile il calcolo anche per le stalle fredde. In ogni caso stalle non riscaldate situate ad un'altezza superiore ai 1000 m.s.m., non sono raccomandabili se non sono acquisite delle condizioni minime di isolamento del tetto e delle pareti.

#### **Temperature esterna**

La temperatura esterna quale temperatura di riferimento in inverno (parametro del freddo) è dedotta in modo approssimativo dalla quota di altitudine della stalla indicata nella maschera «DATI CARATTERISTICI DELL'AZIENDA». In molti casi un valore più preciso e specifico di un luogo può essere ripreso sia da una carta sulle norme svizzere clima della stalla sia dal dot. 70 della SIA.

#### **Umidità relativa dell'aria**

L'umidità relativa media dell'aria riferita alla temperatura esterna si situa intorno all'80%. Per il calcolo delle stalle riscaldate viene indicato come valore normale, rispettivamente valore Default per l'interpretazione della temperatura, l'umidità relativa dell'aria del 100%, in modo da poter asportare il vapore acqueo dalla stalla anche in caso di nebbia. Nel calcolo della rata d'aria nelle stalle non riscaldate si determina l'umidità relativa dell'aria interna pari al 90% e quella

esterna pari all'80%. Con temperature nella stalla inferiori ai 0°C, come può verificarsi nelle stalle non riscaldate, gli animali supportano un'umidità relativa dell'aria maggiore. L'80% di umidità relativa dell'aria esterna è valido anche per il calcolo con temperature esterne più elevate rispetto a quelle corrispondenti al parametro del freddo specifico locale. Per analisi della stalla in un determinato momento sono ammesse delle variazioni dell'umidità relativa dell'aria del 60 fino al 100% per l'interno e del 40 fino al 100% per l'esterno.

#### **Fattore di umidità**

La formazione di vapore acqueo maggiore rispetto a quello prodotto dagli animali è da attribuire al foraggio (foraggio liquido o insilato per suini), all'acqua potabile, (abbeveratoi a rubinetto o a vasca), ai pavimenti umidi della stalla (a causa del letame o dell'uso generoso di acqua per la pulizia) ed al sistema di evacuazione del letame (cantine per letame, rispettivamente canali sotto il pavimento fessurato o materasso per il letame). In alcune norme un'aggiunta di vapore acqueo del ca. il 10% dell'emissione di provenienza animale, indipendentemente dal sistema di evacuazione utilizzato, è già implicito. Normalmente vale quindi il fattore umidità 1,1. Solo nel caso in cui le quattro cause indicate in precedenza non si riscontrano o sono ininfluenti, può essere utilizzato il fattore 1,0. In caso contrario e più indicato utilizzare il fattore 1,2.

#### **Fattore di correzione scambiatore di calore**

Il grado di rendimento differenziato degli scambiatori di calore è tenuto in considerazione dal fattore di correzione (valore Default 1). Per scambiatori a lamina o impianti molto sporchi questo fattore è pari a 0,5 mentre per scambiatori speciali puliti può arrivare fino a 1,5.

#### **Coefficiente di lavoro pompa termica**

Il coefficiente di lavoro corrisponde al rapporto tra il recupero di energia termica e quella utilizzata sotto forma di corrente elettrica. Il valore Default per vacche/buoi è il 3,5 e per suini il 3,0.

## **Costruzione dell'edificio e trasmissione**

#### **Superfici esterne della stalla**

Oltre alle superfici delle pareti, finestre, portoni, porte, tetti e soffitti devono essere immessi i rispettivi valori-K così come le temperature dei locali accessori. Le

superfici delle pareti devono essere introdotte con le dimensioni compressive effettive misurate esternamente sia in senso orizzontale che dallo spigolo superiore del pavimento della stalla allo spigolo superiore del soffitto in senso verticale.

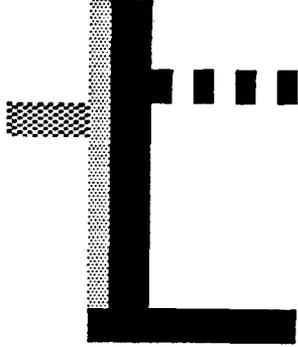
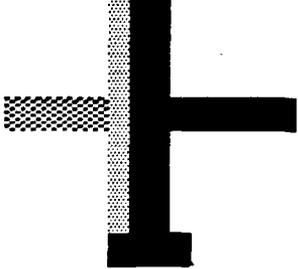
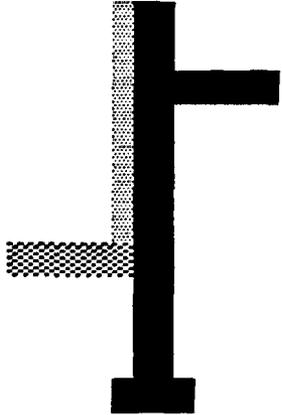
Il computer deduce automaticamente le superfici di finestre o portoni/porte (fessura nelle murature) dalle sezioni parete «esterna», «interna» ed «ulteriori».

### Settore parete sotto terra

Le perdite di calore per trasmissione non si verificano soltanto negli elementi costruttivi fuori terra di una stalla, come pareti e tetto ma anche attraverso il pavimento della stalla, rispettivamente il pavimento della fossa del letame e le fondazioni dei muri esterni. Per il calcolo delle perdite di calore per le parti interrato esistono svariate proposte (CIGR 1984, SIA 384/2, Ufficio federale dei problemi congiunturali TH-K 77, DIN 18910 nuovo, elemento 29) che portano a risultati differenziati. Una semplice possibilità per tener conto delle perdite approssimative di calore per trasmissione e ottenibile con l'inclusione nel calcolo di possibili perdite per una striscia di 1 m al di sotto dello spigolo superiore del terreno, rispettivamente del pavimento della stalla sotto le pareti esterne.

Per il calcolo si considera da un lato la differenza complessiva della temperatura esterna e interna. Dall'altro lato si considera il valore-K per la striscia profonda 1 m da includere nel calcolo a seconda della situazione e del settore isolante perimetrale usualmente accettato e valutato in modo approssimativo, tenendo conto di un flusso termico all'esterno fino a una profondità di 2 m. Ad esempio, per un muro in calcestruzzo nel caso in cui il terreno è situato al di sopra del livello del pavimento della stalla, e attribuito un valore-K di  $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  (vedi parte 2 «valori indicative-K per elementi costruttivi»). L'installazione di un isolamento perimetrale dello spessore di 5 cm e con una profondità di 50 cm abbassa il valore-K della striscia ipotetica di calcolo di una profondità di 1 m, ad un valore di  $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Se questo isolamento fosse realizzato fino a 2 m sotto terra il valore-K relativo ammonterebbe a  $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ . In una stalla per l'ingrasso dei maiali con una superficie per 320 animali con una pianta dalle dimensioni  $14 \times 28 \text{ m}$  ed una differenza di temperatura di  $30^\circ\text{C}$  tra interno, e esterno, si riscontrano delle perdite di calore per trasmissione nel suoio di  $30 \times 0,7 \times 84 = 1764 \text{ W}$ . Nei passaggi intermedi come ad esempio tra la situazione «terreno 2 m sopra il pavimento della stalla» e «terreno allo stesso livello del pavimento del-

la stalla si può interpolare. Nelle stalle non riscaldate con temperature inferiori ai  $0^\circ\text{C}$  si verificano delle perdite nel terreno irrilevanti tanto più che lo strato di stame usuale diminuisce il deflusso termico.

Valori-K per perdite di calore nel settore delle fondazioni ( $W/m^2K$ ) per la striscia teorica di 1 m sotto il livello del terreno, rispettivamente del pavimento della stalla			
situazione	terreno > pavimento	terreno = pavimento	terreno < pavimento
muro in calcestruzzo 25 cm isolamento termico 5 cm			
isolamento termico profondo 2 m	0,7	0,5	0,7
profondo 1 m	0,9	0,6	0,9
profondo 50 cm	1,1	0,7	1,1
senza isolamento termico	1,5	1,0	1,5
Supplemento di $0,5 W/m^2K$ per una soletta in cemento armato a contatto con il terreno, nel caso «terreno > pavimento» e «terreno = pavimento» collegata ininterrottamente con il basamento.			

### Valori-K

Nella costruzione di nuove stalle riscaldate i valori-K delle murature esterne non dovrebbero superare lo  $0,5 W/m^2K$  e del tetto/soffitto  $100,4 W/m^2K$ . Per contro, in stalle non riscaldate i valori-K non devono superare, sempre per i due elementi costruttivi menzionati, i  $1,2 W/m^2K$ , al fine di evitare il deposito di condensa.

I valori-K devono essere calcolati o possono essere dedotti da tabelle. Il valore-K medio che tiene conto delle diverse quote di superficie di riferimento, deve essere calcolato e introdotto nel caso in cui il settore della parete situato al di sopra della superficie di base della stalla (basamento) ha un isolamento termico diverso da quello della parete.

### 2.3 Dati di uscita sullo schermo

#### In generale

Sullo schermo sono visibili, oltre ai valori d'entrata, il calore sensibile emesso, il vapore acqueo e l'anidride carbonica degli animali come pure le diverse rate d'aria ed i rispettivi bilanci termici.

#### Rata d'aria invernale

In inverno, nella stalla non devono essere superati l'umidità relativa dell'aria del 70 o 80% rispettivamente, secondo CIGR, DIN 18910 e della norms svizzera sul clima nella stalla, del 0,35 Vol. %  $CO_2$ . Come rata d'aria invernale deve sempre essere tenuta in considerazione la maggiore delle due (scala vapore acqueo e anidride carbonica).

### Rata d'aria estiva

Per un ottimale indite di ricambio d'aria del ventilatore la rata d'aria estiva è molto importante. Per le vacche, buoi, pecore e capre è generalmente necessaria la rata d'aria derivante dalla differenza di temperatura di 3°C, per il pollame ed i suini una differenza di 2°C (per un'altitudine sopra i 800 m anche 3°C). Il calcolo della rata d'aria estiva si basa sull'asportazione di calore risultante a 30°C.

### Bilanci termici

La scala di ventilazione con la maggiore rata d'aria invernale da un risultato sfavorevole del bilancio termico. Un bilancio negativo può essere evitato o attenuato nel modo che segue: migliore isolamento termico di singole strutture edilizie, minori volumi della stalla, superfici delle finestre più piccole, nel caso in cui superino il 5% della superficie della stalla, temperature della stalla inferiori attraverso l'aumento di rate d'aria, impiego di scambiatori termici e stalle con una supplementare, irrilevante formazione di vapore acqueo (vedi annotazioni sul fattore umidità sotto «scelta del patrimonio zootecnico»).

### Scambiatori termici

Le stalle con animali giovani (vitelli, maialini e pulcini) denotano spesso un bilancio termico negativo che può essere equilibrato tramite uno scambiatore termico che trasmette il calore dall'aria di smaltimento all'aria esterna. Per questo motivo sono indicati sotto «bilancio termico con scambiatore termico» i due bilanci termici con e senza scambiatori termici.

In molti casi si riesce a recuperare il 50% del calore per perdite di ventilazione tramite lo scambio di calore e la condensazione. Anche in tutti gli altri casi, dove uno scambiatore termico non viene utilizzato per riscaldare, lo stesso migliora comunque il clima della stalla perché nella misura in cui recupera calore permette di far entrare più aria nella stalla (un Wh riscalda 1 m<sup>3</sup> d'aria di ca. tre gradi). Contemporaneamente l'aria esterna viene riscaldata diminuendo il pericolo di corrente. Sono pure calcolate le dimensioni delle superfici di separazione necessarie di uno scambiatore termico a piastre.

### Pompe termiche

Oltre alle due rate d'aria di smaltimento ed ai bilanci termici secondo il tenore dello 0,35% di CO<sub>2</sub> ed alla scala del vapore acqueo, è indicato un terzo elemento di calcolo cioè la scala del 0,50% di CO<sub>2</sub> in quanto si presume che gli animali (con temperature esterne

basse) emettano un maggiore quantitativo di anidride carbonica all'ora. Secondo questa scala, in presenza di un esercizio ad aria ricircolata (vacche/buoi), si ottiene la massima produttività termica. Oltre alla portata termica viene indicato quale rata di aria ricircolata (m<sup>3</sup>/h) e quanta condensa (g/h) sono ottenibili se l'aria della stalla è raffreddata a 3°C con il 95% di umidità relativa dell'aria.

Nell'esercizio ad aria di smaltimento nelle stalle con maiali il contenuto superiore di CO<sub>2</sub> ammesso non è importante perché, specialmente in inverno, il tenore di 0,35% di CO<sub>2</sub> o di vapore acqueo richiedono una maggiore rata d'aria di smaltimento dalla quale viene poi recuperato calore (raffreddamento dell'aria di smaltimento a 5°C con un'umidità relativa dell'aria del 95%).

## 2.4 Stampa

Il calcolo può essere stampato così come è rappresentato sullo schermo. I risultati, compreso l'indirizzo, vengono visualizzati su due, rispettivamente tre fogli A4 a seconda se sono inclusi o meno lo scambiatore termico e la pompa termica.

## 3. Elementi base del calcolo

### 3.1 Temperature esterne

Il valore Default quale temperature indicative per la temperature esterna, viene determinate in funzione dell'altitudine come segue: la temperature esterna a partire da -7°C sotto i 100 m.s.m. diminuisce di 1°C ogni 100 m di aumento dell'altitudine. Questa temperature, come parametro del freddo, è analoga alla quantità media dei giorni di gelo di un determinato luogo. Come giorni di gelo si intendono giorni nei quali le temperature sono situate al di sotto dei 0°C per ognuno dei tre periodi di misurazione. Il parametro del freddo è equivalente alla temperatura media più bassa per 90 ore all'anno (ca. 4 giorni, rispettivamente l'1% della durata di un anno).

### 3.2 Parametri dell'aria

Per il calcolo delle rate d'aria invernali sono necessari i cosiddetti parametri dell'aria.

Questi valori non dipendono unicamente dalla temperatura e dall'umidità dell'aria ma anche dall'altitudine alla quale è situata la stalla. Per esempio la pressione e la densità nell'aria tra i 500 ed i 1500 m.s. m. diminuiscono del 13%, mentre la capacità di assorbimento del vapore acqueo aumenta del 13%. Per il calcolo si possono utilizzare le formule di Janssen e Schoedder (grandezze sullo stato dell'aria, elementi base di tecnica agraria Bd. 30,3, 1980).

### 3.3 Formule di calcolo (calore emesso dagli animali, rate d'aria, ecc.)

L'emissione di calore degli animali comprende sempre sia il calore sensibile che latente (in relazione al vapore acqueo). Con le formule secondo la proposta di calcolo CIGR tabella 3 il computer calcola, in base all'emissione di calore degli animali in una stalla, la quota di calore sensibile, il tenore di vapore acqueo e di anidride carbonica. La tabella 3 contiene anche le formule per il calcolo delle rate d'aria invernali ed estive nonché delle perdite per ventilazione. Le rate d'aria invernali calcolate in  $m^3/h$  si riferiscono all'aria di smaltimento. A dipendenza della maggiore densità in inverno, la rata d'aria dell'aria esterna è inferiore del 10%. Per il bilancio termico il programma del computer paragona la quota di calore sensibile emessa dagli animali con la sommata delle perdite per trasmissione e della quota di calore sensibile delle perdite per ventilazione, così come praticato secondo le norme per edifici industriali e abitativi.

### 3.4 Scambiatore di calore

Il ricupero di calore tramite scambiatori di calore per il riscaldamento della stalla dipende dalla differenza tra la temperatura  $t$  esterna e quella interna (misurazioni personali e di diversi autori):

ricupero di calore in  $Wh/m^3 = 0,2 dt - 1$ .

Se si divide per 100 la rata d'aria invernale moltiplicata per 4, si ottiene la superficie necessaria di tutte le piastre dello scambiatore. Ciò è spiegabile con il fatto che nel periodo di transizione uno scambiatore di calore deve lasciar passare ca. il quadruplo di rata d'aria invernale, in considerazione del fatto che, secondo svariate misurazioni, sono ammessi ca.  $100 m^3/h$  d'aria per metro quadro di superficie dello scambiatore a piastre.

### 3.5 pompa termica

Mediante pompe termiche il calore della stalla può essere usato come riscaldamento dell'abitazione. Il calore viene prelevato dall'aria ricircolata oppure da quella di smaltimento. Per l'utilizzo di calore derivante dall'aria ricircolata, le pompe termiche a costruzione compatta e split sono le più idonee. Negli impianti compatti l'aria ricircolata viene trasmessa alla pompa termica e negli impianti split solamente all'evaporatore che è separato dalla pompa.

I due tipi di impianti utilizzati soprattutto in stalle con vacche/buoi, prelevano dall'aria ricircolata l'intero calore residuo, quindi l'eccedenza di calore. Sfruttando la quota dell'eccedenza di calore, compresa la quota di corrente del compressore, si ottiene quindi la quantità necessaria di calore per una pompa termica per vacche e buoi. Con coefficienti di lavoro più bassi si ottengono potenzialità caloriche maggiori rispetto a coefficienti più alti. Ciò deriva dal fatto che la quota di corrente del compressore è più alta.

La rata di aria ricircolata ( $m^3/h$ ) si ottiene dividendo il calore residuo con la differenza tra l'entalpia dell'aria della stalla e l'aria ricircolata ( $3^\circ C$  con il 95% di umidità relativa dell'aria). La quantità di condensa ( $g/h$ ) si ottiene moltiplicando la differenza del contenuto di vapore acqueo dei due stati d'aria con la rata di aria ricircolata.

Per l'utilizzo del calore dall'aria di smaltimento vengono impiegate pompe termiche con una circolazione ad acqua o salamoia. Ciò è il caso soprattutto in stalle con maiali perché le temperature sono più alte rispetto a stalle con vacche, permettendo quindi il ricupero di calore dall'aria di smaltimento. Inoltre il pericolo più accentuato di formazione di polvere nella stalla per maiali influisce in misura minore sulla circolazione supplementare. Una circolazione supplementare e la formazione di polvere determinano comunque un coefficiente di lavoro più basso. L'aria di smaltimento viene raffreddata a  $5^\circ C$  con il 95% di umidità relativa dell'aria prelevando, a seconda della temperatura della stalla, per  $m^3$  d'aria da 3 a 10  $Wh$  di calore. In questo modo si ottiene la potenzialità calorica compresa la quota di corrente del compressore.

## 4. Tabelle e formule

Tab. 1: **valori sul clima della stalla ed emissione di calore (secondo CIGR)**

tipi di animali	peso (kg)	temperatura raccodata (°C)	umidità (%)	prod. di calore per anim. (W)
vitelli	50	10	80	135
vitelli d'allevamento 2 m	100	10	80	235
vitelli d'allevamento 4 m	150	10	80	335
bovini d'allevamento 6 m	200	10	80	430
bovini d'allevamento 14 m	300	10	80	595
bovini d'allevamento 22 m	400	10	80	745
bovini d'allevamento 30 m	500	10	80	885
vitelli d'ingrasso	100	10	80	260
viteili d'ingrasso	150	10	80	375
bovini d'ingrasso Muni	200	10	80	475
bovini d'ingrasso Muni	300	10	80	660
bovini d'ingrasso Muni	400	10	80	830
bovini d'ingrasso Muni	500	10	80	980
mucche da latte (15 l latte/giorno)	500	10	80	1005
mucche da latte (15 l latte/giorno)	600	10	80	1095
mucche da latte (15 l latte/giorno)	700	10	80	1180
animali d'allevamento	1000	10	80	1105
maialini	2	28	66	18
maialini	5	25	66	37
maialini	10	24	66	61
maialini	20	20	70	96
maiali preingrasso	20	20	70	96
maiali preingrasso	30	17	73	125
maiali preingrasso	40	5	75	150
maiali fine ingrasso	60	13	77	190
maiali fine ingrasso	80	13	77	225
maiali fine ingrasso	100	13	77	255
scrofe d'ailevamento verro	150	15	75	225
scrofe d 'allevamento verro	200	15	75	275
scrofe d'allevamento verro	250	15	75	320
scrofe (incluso 10 maialini a 5 kg)	150	18	72	760
scrofe (incluso 10 maialini a 5 kg)	200	8	72	805
scrofe (incluso 10 maialini a 5 kg)	250	18	72	855

agnelli d'ingrasso	20	10	80	65
agnelli d'ingrasso	40	10	80	110
allevamento pecore da lana	60	0	80	120
allevamento pecore da lana	80	10	80	150
cavalli da sells	500	14	76	650
cavalli da soma	800	10	80	960
pulcini	0.053	0	60	1.10
pulcini	0.30	27	63	4.00
polli d'ingrasso	0.50	24	66	5.90
polli d'ingrasso	1.00	18	72	10.00
polli d'ingrasso	1.50	18	72	13.60
galline ovaiole	1.50	18	72	9.50
galline ovaiole	2.00	18	72	11.80
capre (con 5 l di latte/giorno)	30	10	80	140
capre (con 5 l di latte/giorno)	40	10	80	160
capre (con 5 di latte/giorno)	50	10	80	175
capre (con 5 di latte/giorno)	60	10	80	190
capre (con 5 di iatte/giorno)	70	10	80	20

Tab. 2: valori-K indicative per elementi costruttivi in edifici agricoli

elemento costruttivi	isolamento termico cm	valore-K	W/m <sup>2</sup> K
pareti			
telaio in legno, rivestimento			
od opere in muratura, isolamento esterno			
od opere in muratura con intercapedine	12		0,3
	8		0,4
	6		0,5
calcestruzzo poroso (spessore parete)	30		0,4
(spessore parete)	25		0,5
solaio/tetto			
rivestimento in legno			
o solaio in calcestruzzo	12		0,3
	8		0,4
porte/portoni			
alluminio da entrambi i lati	4		1,3
rispett. materiale sintetico	3,5		1,5
	2		2,1
abete rosso	4		2,2
	2,4		3,0
finestre*)			
soletta a doppia nervatura		3,0	
vetratura isolante	(strato d'aria)	0,6	3,0
vetratura semplice		5,2	

\*) supplement di 0,5 W/m<sup>2</sup>K per finestre con telaio in metallo

Tab. 3: formule per il calcolo del clima della stalla secondo CIGR, 1984

quota di calore sensibile	$Q_f = Q \cdot (0,8 - (1,85 \cdot (t+10) \wedge 4) / (10) \wedge 7)$	(w)
quota dell'emissione di calore latente	$Q_l = Q - Q_f$	(w)
emissione di vapore acqueo	$X = (Q_l / 0,68) \cdot f_w$	(g/h)
emissione di anidride carbonica	$K = 0,163 \cdot Q$	(l/h)
rata d'aria invernale secondo H <sub>2</sub> O	$V_w = X / (x_i - x_a)$	(kg/h)
rata d'aria invernale secondo CO <sub>2</sub>	$V_k = K / (k_i - k_a)$	(m <sup>3</sup> /h)
rata d'aria estiva	$V_s = Q_f / (0,28 \cdot dt)$	(kg/h)
	$Q_f \text{ con } 30 \text{ gradi}$	(kg/h)
perdite di calore per ventilazione	$Q_v = 0,28 \cdot V_w \cdot dt$ rispett. $0,28 \cdot V_k \cdot RH \cdot dt$	(w)
calore residuo (bilancio termico)	$Q_r = Q_f - Q_b - Q_v$	(w)

Q, Q <sub>f</sub> , Q <sub>l</sub>	= emissione complessiva di calore sensibile, latente degli animali
Q <sub>r</sub> , Q <sub>b</sub> , Q <sub>v</sub>	= calore residuo, trasmissione attraverso elementi costruttivi, perdite per ventilazione
t	= temperatura ambiente, rispett. stalla °C
X	= emissione di vapore acqueo in g/h
K	= emissione di anidride carbonica in l/h
f <sub>w</sub>	= fattore di umidità
V <sub>w</sub> , V <sub>s</sub> , V <sub>k</sub>	= rate d'aria invernali, estive in kg/h rispett. m <sup>3</sup> /h
x <sub>i</sub> , x <sub>a</sub> # )	= contenuto di vapore acqueo dell'aria interna, esterna in g/kg
k <sub>i</sub> , k <sub>a</sub>	= contenuto di anidride carbonica in Vol. %
dt	= differenza di temperatura tra interno ed esterno
RH	= densità dell'aria in kg/m <sup>3</sup>

# ) Il contenuto di anidride carbonica all'esterno è stabilito in 0,03%, all'interno in 0,35%



# **Allegato 2**

---

**Programma PC collettori solari (versione 1.1)**

---

# Allegato 2

## Programma PC collettori solari (versione 1.1)

### 1. In generale

Il programma PC «collettori solari» serve per il dimensionamento di collettori solari per l'essiccazione del fieno. Questo programma si basa su misurazioni di modelli di collettori solari effettuate presso l'Istituto PSI di Würenlingen. In base ai risultati ottenuti è stato allestito il rapporto FAT No. 325 «dimensionamento di collettori solari per l'essiccazione del fieno» ed un programma computerizzato per calcolatori di grande capacità. Questo programma è stato modificato ed è ora disponibile per i personal computer.

Il programma calcola la velocità dell'aria nel collettore, la perdita di pressione, il grado di rendimento e l'aumento di temperatura dell'aria di essiccazione con 800 W/m<sup>2</sup> di irraggiamento solare per una determinata superficie del collettore ed un certo tipo di materiale del tetto partendo dall'altezza massima delle terzere e delle capriate. Questo procedura di calcolo viene ripetuta nove volte mentre l'altezza del canale diminuisce ogni volta di 1 cm (1 altezza calcolata = altezza delle terzere).

### 2. Dati d'immissione

Chiamando il programma «SOKO» viene visualizzata, dopo il titolo del programma, una lista con collettori solari già calcolati. Il file «SOKO.DAT» contiene un determinato numero di modelli aziendali che possono essere modificati a piacimento. Dopo la scelta dell'azienda lo schermo visualizza la maschera di ingresso con i dati dell'azienda scelta. Gli stessi possono essere modificati (globalmente o singolarmente) per ogni calcolo.

La maschera contiene i seguenti dati d'immissione:

- indirizzo del consulente
- indirizzo dell'azienda con indicazione dell'altitudine e della posizione geografica
- numero delle ventilazioni
- superficie del mucchio (uno o due mucchi)
- altezza del mucchio (uno o due mucchi)

- portata d'aria (uno o due mucchi)
- carico dell'impianto
- tipo di collettore (materiale)
- lunghezza complessiva del collettore
- lunghezza parziale del collettore (in caso di aspirazione dai due lati)
- larghezza del collettore
- altezza delle travi

L'indirizzo del consulente può essere adattato una volta per ogni utente. L'indirizzo dell'azienda viene modificato ad ogni procedura di calcolo. I due indirizzi sono visualizzati soltanto con la stampa dei risultati ma non sullo schermo.

La maschera per l'immissione dei dati contiene delle spiegazioni sull'immissione dei valori numerici. Un test di plausibilità controlla i valori immessi. Gli stessi si devono trovare all'interno dei limiti delle parentesi.

Le correzioni nello stesso riquadro avvengono con il tasto <-.

Dopo l'immissione di nuovi dati deve essere premuto il tasto Enter. Con il tasto FRECCIA IN SU ci si sposta nel riquadro precedente e con il tasto FRECCIA IN GIU' in quello successivo. I tasti di comando relativi sono visibili nell'ultima riga.

Se due mucchi (sia di uguali o differenti dimensioni) devono essere ventilati uno dopo l'altro o contemporaneamente, si preme il 2, altrimenti l'1 (numero delle ventilazioni).

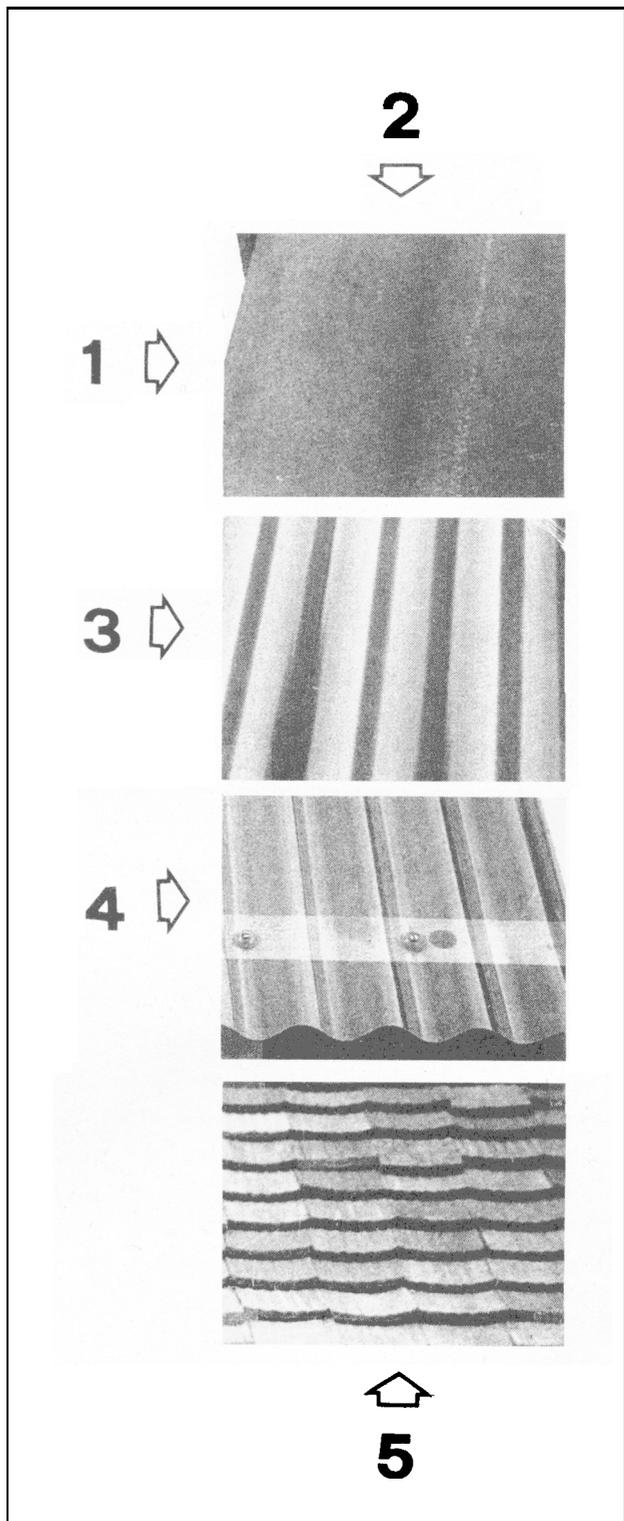
Partendo dalla superficie e dall'altezza del mucchio il programma calcola la portata d'aria e il carico dell'impianto. Ma ciò avviene soltanto premendo nel relativo riquadro il tasto ENTER o FRECCIA IN GIU. Se è già stato scelto un determinato ventilatore, deve essere immessa la portata d'aria specificata (nel corrispondente carico dell'impianto).

Il calcolo può essere effettuato per cinque diversi tipi di collettori:

- tipo 1: eternit marrone, ondulazione trasversale
- tipo 2: eternit marrone, ondulazione longitudinale
- tipo 3: alluminio marrone, ondulazione trasversale
- tipo 4: polycarbonato trasparente, ondulazione trasversale
- tipo 5: copertura in tegole

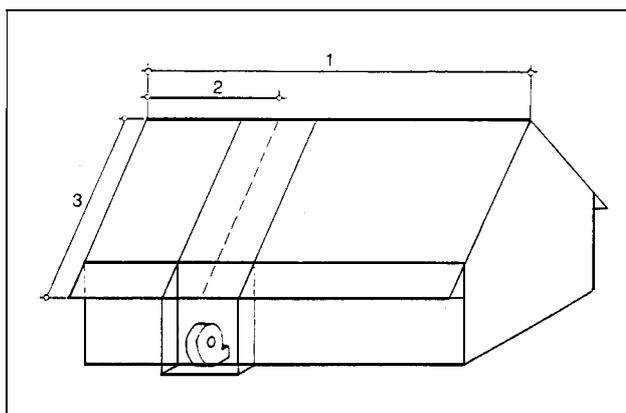
Una lunghezza parziale del collettore è tenuta in considerazione soltanto in caso di aspirazione dai due lati. In generale, un collettore installato su un tetto a capriata semplice, ha una lunghezza parziale zero (0), cioè l'aspirazione avviene soltanto da una parte. Le misure che devono essere immesse per l'altezza delle travi o delle capriate così come anche per l'altezza del canale, sono rappresentate nella figura. Dopo l'immissione degli ultimi valori, deve essere premuto il tasto PgDn.

### Materiale per il tetto



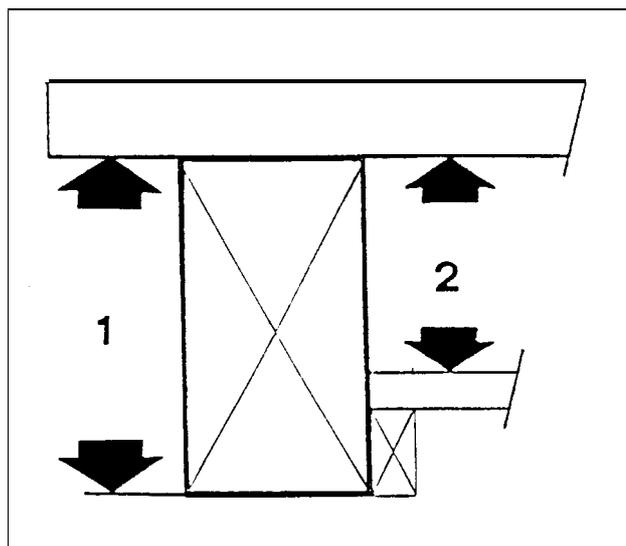
- 1: eternit marrone, ondulazione trasversale
- 2: eternit marrone, ondulazione longitudinale
- 3: alluminio marrone, ondulazione trasversale
- 4: polycarbonato trasparente, ondulazione trasversale
- 5: copertura in tegole.

### Misure del collettore



1: lunghezza complessiva  
2: lunghezza parziale  
3: larghezza.

### Distanze



1: altezza della trave  
2: altezza del canale.

## 3. Controllo dei dati

Sullo schermo sono visualizzate le indicazioni che seguono:

I dati con il segno # (ad es. # 0,15) sono critici e devono essere modificati. I dati vengono memorizzati e possono essere nuovamente richiamati nell'esercizio No. 1 sotto SOKO.DAT.

I dati con il segno \$ sono al di fuori dei limiti e devono essere controllati. In questo caso il programma non è comunque interrotto.

La scelta viene confermata con l'indicazione dei numeri di aspirazione d'aria (da un solo lato o dai due lati) e delle ventilazioni. La verifica del calcolo dimostra se la rata d'aria si colloca entro condizioni di normalità o se la stessa è critica ( # segno).

Il rapporto tra la superficie del collettore e quella del mucchio è pure verificata. Se tale proporzione è situata al di fuori dei valori che seguono, la stessa è visualizzata con un avvertimento (segno \$):

eternit	2-3
alluminio	1,5- 2,5
polycarbonato	1-1,5
tegole	2,5- 3,5

Se compare il segno \$ significa che i valori sono superiori o inferiori a quelli dei valori indicative. Valori troppo elevati significano che si è in presenza di una superficie del collettore troppo grande con costi d'investimento alti. Con valori inferiori il riscaldamento dell'aria risulterà minore ai 6°C.

## 4. Interpretazione dei risultati

I risultati vengono dapprima visualizzati sullo schermo. Si determina l'altezza del canale con cui vengono raggiunti i 6°C di riscaldamento dell'aria e non si supera una perdita di carico di più di 1 mbar e meglio come è indicato nell'estratto dallo schermo che segue:

altezza della trave (cm):	20		
portata d'aria (m <sup>3</sup> /s):	12,1		
lunghezza del collettore (m):	12,5		
altezza del canale (cm):	13	12	11
velocità dell'aria (m/s):	5,82	6,30	6,88
perdita di carico (mbar):	0,98	1,23	1,58
grado di rendimento (%):	49	50	52
aumento di temperatura*) (GrC):	5,8	6,0	6,1
lunghezza del collettore (m):	7,5		
altezza del canale (cm):	8	7	6
velocità d'aria (m/s):	5,67	6,48	0,00
perdita di carico (mbar):	0,91	1,33	0,00
grado di rendimento (%):	51	53	0
aumento di temperatura*) (GrC):	6,0	6,3	0,0

\*) con irraggiamento solare di 800 W/m<sup>2</sup>

Se le lunghezze di aspirazione non sono di uguali dimensioni, il programma permette la scelta di diverse altezze di canali nelle quali la perdita di carico è quasi uguale.

A questo punto si può decidere se i risultati sono soddisfacenti. In caso contrario i dati vengono memorizzati e si inizia da capo.

## 5. Stampare e memorizzare

Se i risultati sono soddisfacenti, si può passare alla stampa degli stessi. Nel caso in cui la stampante non è inserita il programma ordina, mediante un impulso sonoro, (dopo una pausa di alcuni secondi) di procedere.

Il programma ci richiede successivamente il numero d'esercizio sotto il quale devono essere memorizzati i dati. Il numero 1 è riservato per i «casi di pericolo». I numeri da 2 a 15 sono liberamente disponibili riutiliz-

zando, nel contempo, quelli non più usati mediante sovrascrittura.

L'ultima domanda è se si desidera calcolare un nuovo collettore od un'ulteriore variante.



# Allegato 3

---

**Programma PC biogas (versione 1.1 .1)**

---

# Allegato 3

## Program ma PC biogas (versione 1.1 .1)

### Capitolo 1: in breve

Se avete delle conoscenze sull'uso del programma MS-DOS calcolatrici, leggete questo capitolo. Ciò vi permetterà di disporre di una conoscenza approssimativa SUI BIOGAS ed in poco tempo potete passare all'elaborazione dei dati.

### Capitolo 2: avvio

In questo capitolo potete leggere come si avvia il programma BIOGAS ed otterrete informazioni più precise sul manuale d'uso e sulle maschere dello schermo.

### Capitolo 3: i menu

In questo capitolo sono trattati la funzione e l'uso dei menu «Pull-down».

### Capitolo 4: immissione dei dati

In questo capitolo vengono illustrate le possibilità relative all'immissione dei dati e di correzioni.

### Capitolo 5: rappresentazione dei bilanci calcolati

In questo capitolo apprenderete come rappresentare i risultati dell'immissione dei vostri dati.

### Capitolo 6: stampa dei dati

In questo capitolo sono illustrate i dettagli per la stampa dei vostri dati e calcolazioni.

### Capitolo 7: memorizzazione e lettura dei dati

In questo capitolo è descritto come potete memorizzare i vostri dati su mini-dischi o dischi fissi e come gli stessi potranno essere nuovamente letti e elaborati.

### Allegato: il file BIOGAS.DEF

Nell'allegato è spiegato la funzione ed il contenuto del file BIOGAS.DEF.

## 1. In breve

Seguendo passo dopo passo le indicazioni di questo capitolo vi permetterà di conoscere le funzioni essenziali del programma BIOGAS. In molte fasi troverete le indicazioni SUI capitolo nel quale sono menzionati dei dettagli sulla problematica specifici. Se del caso consultatelo per poi ritornare a questo capitolo.

## 1.1 Avvio del programma

Il programma BIOGAS inizia immettendo nel file DOS-Prompt « BIOGAS < Enter>». Lo schermo avvio è visualizzato.

## 1.2 Commutare sul modus-menu

Digitate <F10>.

Ciò vi permetterà di entrare nel modus-menu nel quale si possono eseguire svariati comandi. Il menu-archivio dati (file) è ora aperto ed il comando «nuovo» è attivato. Per una descrizione dettagliata sull'uso del menu consultate il capitolo 3.

## 1.3 Allestimento di un nuovo documento

Digitate il tasto <Enter> .

In tal modo uscirete dal modus-menu per entrare nella maschera d'immissione «patrimonio zootecnico e potenziale BIOGAS».

## 1.4 Immettete il patrimonio zootecnico ed il potenziale BIOGAS della vostra azienda

Potete quindi immettere i vostri dati nei riquadri; ogni volta che premete <Enter> vi sposterete nel riquadro successive. Una spiegazione dettagliata per l'immissione dei dati viene illustrata nel capitolo 4.

## 1.5 Entrate nella maschera d'immissione successive

Entrate nel modus-menu (vedi passo 2) ed aprite il modus-menu-immissioni premendo il tasto di direzione <destra> . Attivate il comando «proz.- e Betr-Parameter (parametro processo ed esercizio)» (tasto di direzione <giù> ) e digitate <Enter> . Riempite anche questa maschera secondo le indicazioni specifiche per la vostra azienda.

## 1.6 Compilate la terza maschera d'immissione

La procedura è identica a quella descritta per la fase 6, ma ora dovete attivare il comando «dati climatici ». Adeguate la maschera dati climatici alle vostre esigenze.

### 1.7 Memorizzazione delle vostre immissione

E auspicabile memorizzare i dati immessi il piu presto possibile. Premete quindi <Alt>-S (questa e una procedura abbreviate per richiamare la finestra del menu-comandi. A questo proposito leggete il capitolo 3).

Sullo schermo appare l'invito di immettere il nome di un file e come proposta e visualizzato il testo «BIOGAS.DAT». Digitate «Mein Hof <Enter>» (la mia azienda) (l'introduzione può essere effettuata sia con lettere maiuscole che minuscole).

Nel file BIOGAS viene quindi visualizzato il file MEINHOF.DAT; l'estensione «.DAT.» viene aggiunta automaticamente. Da questo momento nella riga di configurazione (vedi capitolo 2) appare il nome del file nel quale sono stati memorizzati i vostri dati. I dettagli per la memorizzazione di dati sono indicati nel capitolo 7.

### 1.8 Calcolo dei bilanci energetici della sua azienda

Qui avete la possibilità di calcolare il «bilancio giornaliero», il «bilancio annuale con riscaldamento a gas», il «bilancio annuale con un impianto di produzione combinata forza-calore» e la «sostituzione energetica». Questi quattro comandi si trovano nel menu-calcolatrici. Ulteriori dettagli nel capitolo 5.

### 1.9 Stampa dei vostri dati

Mediante il tasto <Alt>-P potete stampare i vostri dati visibili attualmente nella maschera dello schermo. Ulteriori dettagli relativi alla stampa sono indicati nel capitolo 6.

### 1.10 Fine del programma

Con il tasto eAlt>-X potete terminare in ogni momento il lavoro con il programma BIOGAS. Se dopo l'ultima memorizzazione sono state fatte delle modifiche successive, potete ora procedere alla loro memorizzazione.

## 2. Avvio del programma e informazioni generale

### 2.1 Avvio del programma

All'avvio del programma BIOGAS avete due possibilità:

— digitate «BIOGAS <Enter>»;

— digitate «BIOGAS <nome del file> <Enter>», ric-ordandovi che il <nome del file> e il nome di un file esistente del programma BIOGAS. In tal caso questo file viene attivato ed e pronto per l'uso. I dettagli sono illustrate nel capitolo 7.

Dopo l'avvio del programma il file BIOGAS cerca dapprima un file denominato BIOGAS.DEF nell'indirizzario base (cioe l'elenco nel quale si trova il file BIOGAS.EXE). Se la ricerca risulta negativa, viene attivato un segnale acustico e nella riga di configurazione è visualizzata una comunicazione in merito. Dopo aver digitato un tasto qualsiasi si ritorna a DOS-Prompt.

Nel caso in cui si verifica questo errore significa che il file BIOGAS.DEF non esiste; copiate quindi questo file dal dischetto originale nell'indirizzario base ed avviate nuovamente il file BIOGAS.

L'importanza del file BIOGAS.DEF e illustrate nell'allegato.

### 2.2 Le maschere dello schermo

Le maschere dello schermo sono state progettate in modo da essere ben leggibili sullo schermo monocromatico. Nel caso di schermi a colore alcune informazioni sono ulteriormente evidenziate, ad es. i campi d'immissione ed i campi con calcoli sono raffigurati in modo diverso uno dall'altro.

Si opera una distinzione tra maschere d'immissione (nelle quali sono immessi e modificati i dati) e maschere di rappresentazione grafica (che servono unicamente per la raffigurazione di dati, ad esempio di calcoli).

Tutte le maschere dello schermo sono di regola strutturate in modo identico. Le stesse sono composte in 3 parti:

— la barra del menu si trova nella prima riga dello schermo; la stessa viene utilizzata quando vi trovate nel modus-menu;

— il settore inferiore e costituito dalle ultime due righe dello schermo. La riga superiore (riga principale) contiene di regola il nome del file appena

aperto oppure il testo «nessun file»; in questa riga vengono visualizzate anche le comunicazioni relative al programma. La seconda riga informa in merito alla disponibilità di tasti speciali;

il settore principale dello schermo serve per la raffigurazione e la elaborazione dei dati.

### 2.3 Schermo-avvio

Lo schermo-avvio viene sempre visualizzato quando non è stato aperto nessun documento:

- quando viene avviato BIOGAS senza indicare il nome del file;
- quando viene chiuso un documento.

Lo schermo di avvio è una normale maschera di raffigurazione. Nella stessa vengono indicate le informazioni inerenti il programma.

### 2.4 Le diverse caratteristiche del programma

Si differenziano tra:

- modus-immissione
- modus-raffigurazioni e
- menu.

Quasi sempre vi troverete nel modus-immissione per elaborare i dati della vostra azienda. Se volete procedere alla valutazione di questi dati dovete entrare nel modus-raffigurazioni dove sono illustrate i bilanci energetici. Il modus-menu viene utilizzato per eseguire altri comandi come ad esempio memorizzare, stampare, ecc., come anche per cambiare dal modus-immissione in quello delle raffigurazioni o viceversa. Questi tre modi sono descritti dettagliatamente nei capitoli 3 (modus-menu), 4 (modus-immissione) e 5 (modus-raffigurazioni).

Un ulteriore metodo è il cosiddetto modus-dialogo con il quale avete delle possibilità di scelta limitate, ad esempio l'immissione del nome di un file oppure la risposta ad una domanda con un «sì» o con un «no».

## 3. I menu

Tutti i comandi del programma BIOGAS vengono eseguiti mediante un menu. Il BIOGAS offre cosiddetti «menu pull-down», con una visualizzazione permanente dei titoli nella barra-menu. Nel momento in cui entrate nel modus-menu, uno di questi viene attivato; con alcuni tasti potete aprire tutti i menu e ciò vi permetterà una visione rapida di tutti i comandi offerti da un programma.

### 3.1 Utilizzo del menu

Con il tasto <F10> si cambia dal modus-immissione o raffigurazione nel modus-menu. Si apre l'ultimo menu attivato. Con i tasti di direzione ed a destra > e a sinistra < entrerete nel menu successivo oppure in quello precedente.

In ogni menu si trovano degli ordini che possono essere raffigurati in svariate maniere:

- i comandi non eseguibili sono raffigurati con una semiluminosità e come 10 indica il nome medesimo, non eseguibili;
- i comandi non attivi sono raffigurati con una piena luminosità. Gli stessi possono essere eseguiti, ma solo dopo la loro attivazione;
- i comandi attivi sono raffigurati inversamente. È possibile l'attivazione di un unico comando. Il cambiamento del comando attivo avviene tramite i tasti di direzione a su >, rispettivamente a giù <. Esiste la possibilità che al momento dell'apertura di un menu nessun ordine sia attivo anche se 10 stesso contiene dei comandi eseguibili. In tal caso è sufficiente utilizzare i tasti di direzione < su > o < giù > .

È possibile lasciare il modus-menu

- mediante l'uso del tasto <enter> : in questo caso l'ordine attivo viene eseguito, o
- mediante l'uso del tasto < Esc > : in questo caso non viene eseguito nessun ordine.

### 3.2 Comandi abbreviate

Ogni comando è eseguibile direttamente senza dover entrare nel modus-menu. In questo caso viene digitato il tasto < Alt > assieme ad un tasto specifico di co-

mando. Questo tasto è visibile a destra di ogni comando; e quindi sufficiente, ad esempio, utilizzare la combinazione dei tasti < Alt > -X per lasciare il programma.

### 3.3 I menu in dettaglio

#### 3.3.1 File-menu

L'utilizzo del file dipende in ogni caso dai comandi contenuti nel menu-file:

- nuovo <Alt > -N; in questo modo viene aperto un nuovo documento non ancora attribuito ad un file (nella riga di configurazione viene visualizzato «nessun file»).
- Aprire... < Alt > -O; in questo caso entrate nel modus-dialogo e potete scegliere un file esistente (ulteriori dettagli nel capitolo 7). Questo file viene quindi aperto e vi troverete nel modus-elaborazione. Il nome del file viene visualizzato nella riga di configurazione.
- Memorizzare < Alt > -S: i dati del documento attuale sono memorizzati su dischetto o disco fisso. Se l'attribuzione di questo documento ad un file non è ancora avvenuta, dovete digitare un nome di file (analogo a «memorizzare sotto...»). Dopo la memorizzazione vi troverete nuovamente nella finestra precedente.
- Memorizzare sotto... <Alt > -A: questo comando vi permette di memorizzare il vostro documento in un altro file. Entrerete nel modus-dialogo dove potete immettere un nome di file come pure scegliere l'unità e l'indirizzo nel quale deve essere scritto il file (vedi capitolo 7). Il file originario viene chiuso e lavorerete in seguito con il nuovo file. Il nuovo nome del file viene visualizzato nella riga di configurazione.
- Chiudere <Alt > -W: il documento attualmente aperto viene chiuso; nel caso in cui i vostri dati non fossero ancora stati memorizzati, rispettivamente modificati dopo l'ultima memorizzazione, vi viene data la possibilità di farlo (attraverso l'attivazione del comando «memorizzare»).
- Stampare <Alt > -P: il contenuto della maschera dello schermo visibile al momento viene stampato.
- Terminare < Alt > -X: dopo aver chiuso un documento attivo (digitando il comando «chiudere») il programma BIOGAS termina e vi ritroverete nel DOS-Prompt.

#### 3.3.2 Menu-immissione

I comandi di questo menu servono al richiamo di maschere d'immissione che permettono l'introduzione dei dati. In questo modo entrerete nel modus-immissione.

- patr.zootecnico/pot. biogas < Alt > -1 : con l'attivazione di questo comando entrate nella maschera «PATRIMONIO ZOOTEKNICO E POTENZIALE BIOGAS»; qui vengono registrati il patrimonio zootecnico dell'azienda ed il potenziale di biogas delle singole specie d'animali.
- Parametro-processo ed esercizio c Alt > -2: questo comando vi conduce nella maschera «DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI BIOGAS», nella quale possono essere immessi e modificati i parametri di processo ed esercizio.
- Dati SUI clima cAlt > -3: Questo comando permette l'adeguamento delle temperature medie mensili come pure l'immissione delle temperature giornaliere che devono essere utilizzate per la determinazione del bilancio giornaliero.

#### 3.3.3 Menu-calcoli

I comandi di questo menu richiamano maschere di raffigurazione che descrivono i risultati dei calcoli del bilancio. Si entra quindi nel modus-raffigurazioni.

- Bilancio giornaliero cAlt > -T: calcolo e rappresentazione del bilancio energetico giornaliero
- Bilancio annuale riscald. gas <Ah > -G: calcolo e rappresentazione del bilancio energetico annuale con riscaldamento a gas.
- Bilancio annuale CFC <Alt > -K: calcolo e rappresentazione del bilancio energetico annuale con l'impiego di un impianto combinato forza-calore.
- Sostituzione energetica <Ah> -E: calcolo e rappresentazione della quantità di energia sostituita tramite biogas; il layout di questa maschera di raffigurazione dipende dal fatto se nella maschera «DIMENSIONAMENTO DI IMPIANTO DI BIO-

GAS » e stata scelta l'opzione « riscaldamento dell'acqua con riscaldamento ad olio/legna » o « riscaldamento dell'acqua con boiler elettrico ».

## 4. Immissione dati

Se vi trovate nel modus-immissione (nelle tre maschere dimmissione «PATRIMONIO ZOOTECNICO E POTENZIALE BIOGAS», «DIMENSIONAMENTO IMPIANTO DI BIOGAS» e «dati climatici»), potete modificare i dati nei riquadri di immissione. Il contenuto dei riquadri calcolati viene di nuovo automaticamente calcolato se vengono modificati i relativi dati nei riquadri d'immissione.

### 4.1 Tipi di riquadri

Il settore principal delle maschere d'immissione contiene 3 tipi di riquadri:

- riquadri statistic: il contenuto degli stessi non viene mai modificato e serve unicamente per la comprensione. Ne fanno parte ad esempio il titolo della maschera e le units. I riquadri statistic sono rappresentati con una luminosita ridotta.
- Riquadri d'immissione: gli stessi servono per la registrazione e la modifica dei dati. E attivo (pronto per l'elaborazione) sempre e soltanto un unico riquadro. Gli altri sono inattivi. Il riquadro d'immissione e rappresentato in modo inverso e contiene un cursore lampeggiante. I riquadri d'immissione inattivi sono raffigurati con una luminosita piena.
- Riquadri calcolati: negli stessi vengono illustrate i risultati di calcoli. Il loro contenuto e modificabile in base a calcolazioni; non e possibile modificare direttamente il contenuto di un riquadro calcolato. Gli stessi sono raffigurati, come i riquadri d'immissione, con luminosita piena. In schermi a colore sono rappresentati con fondo blu.

### 4.2 Elaborazione dei riquadri d'immissione

In generale si lavora nel riquadro d'immissione attivato, cioe in quello che e rappresentato in modo inverse. Con l'immissione di dati nel riquadro d'immissione attivato, il contenuto originale viene cancellato. Una tale

immissione specificata può essere annullata, solo fintanto vi trovate ancora in questo riquadro: digitate < Esc > ed il contenuto originale sara nuovamente recuperato.

Durante l'immissione di dati avete la possibilità di cancellare l'ultimo segno immesso mediante l'uso del tasto < BS > (Bloc Scorr). Altre funzioni di edizione non esistono. Al momento dell'uscita dal riquadro viene eseguito il controllo se l'immissione dei dati e autorizzata, cioe ad esempio se nel riquadro numerico e stata immessa una cifra realmente valida. In caso di immissione errata, scatta un segnale acustico ed il riquadro non può essere abbandonato.

### 4.3 Navigazione all'interno di una maschera d'immissione

Con il richiamo di tasti specifici potete spostarvi all'interno della maschera d'immissione.

< giu > , < Enter > : in giu

< destra > , < tab > : a destra

< su > : in su

< sinistra > , < Shift > , < tab > : a sinistra

< Home > : nel primo riquadro

< End > : nell'ultimo riquadro

Con l'azionamento del tasto < F10 > vi spostate nel modus-menu.

## 5. Raffigurazione del bilancio calcolato

Con il richiamo dei comandi «bilancio giornaliero», «bilancio annuale rise. a gas», «bilancio annuale impianto CFC» o «sostituzione energetica» nel menu-calcolo arriverete nel modus-raffigurazione. A seconda del bilancio richiesto viene visualizzata una maschera di raffigurazione con i risultati relativi.

Nel modus-raffigurazione non c'e la possibilità di modificazione dei dati. Soltanto spostandovi nel modus-menu con il tasto < F10 > cio viene reso possibile.

## 6. Stampa di dati

Tutti i dati visibili sullo schermo possono essere stampati con il comando «stampare» nel menu-file. Esistono 5 diverse maschere per la stampa:

- patrimonio zootecnico e parametro impianto: in questa maschera per la stampa le due maschere dello schermo «PATRIMONIO ZOOTECHNICO E POTENZIALE BIOGAS» e « DIM ENSIONAMENTO IMPIANTO BIOGAS » sono combinate.
- Dati climatici: questa maschera di stampa corrisponde alla maschera dello schermo «dati climatici».
- Risultati bilancio giornaliero: corrisponde alla maschera di stampa « risultati bilancio giornaliero ».
- Risultati bilancio annuale: qui sono riunite le due maschere dello schermo «risultati bilancio annuale (utilizzo nella caldaia di riscaldamento a gas)» e «risultati bilancio annuale (utilizzo in un impianto combinato forza-calore) ».
- Risparmio di energia con biogas: corrisponde alla maschera dello schermo u RISPARMIO di olio/legna per riscaldamento (inclusa l'elettricità) con biogas». Se la stampante non è pronta viene visualizzata un'informazione specificata.

Net file BIOGAS.DEF sono memorizzati dei valori che hanno un influsso sulla stampante:

allacciamento stampante

margine superiore

margine sinistro.

In merito si richiama l'allegato.

## 7. Memorizzazione e lettura di dati

### 7.1 Memorizzare

I dati del vostro documento vengono memorizzati nelle occasioni seguenti:

- quando eseguite il comando memorizzare: il program ma BIOGAS controlla se il vostro documento è già stato attribuito ad un file (quando viene visualizzato un nome file nella riga di configurazione). In caso affermativo i dati vengono iscritti in questo file. In caso contrario viene chiamato il comando « memorizzare sotto.. » (vedi sotto);
- quando eseguite il comando memorizzare sotto.: questo significa che volete attribuire i vostri dati ad un nuovo file. Viene quindi visualizzato «memorizzare sotto» dialogo, che vi permette di dare un nuovo nome al documento che deve essere memorizzato o/e di inserirlo in un altro indirizzario e in un'altra unità. Il «memorizzare sotto-» dialogo è descritto in modo dettagliato nel capitolo 7.3;
- quando eseguite il comando chiudere ma avete successivamente modificato dei dati nel vostro documento senza memorizzarli: BIOGAS presenta il modus-dialogo con la domanda se volete memorizzare la modifica prima della chiusura. «J» richiama il comando «memorizzare» (vedi sopra); «N», chiude il documento senza memorizzare [a modifica; < Esc > revoca il comando «chiudere» ;
- quando eseguite il comando terminare, ma avete modificato dei dati nel vostro documento, senza aver memorizzato questi cambiamenti: il comando «terminare» nel file BIOGAS richiama prima il comando «chiudere» e contemporaneamente vengono visualizzati lo stesso dialogo e le medesime possibilità presentati con il comando «chiudere» (vedi sopra).

## 7.2 Lettura

Dati memorizzati possono essere letti in due maniere:

- nell'avvio del programma richiedete il file BIOGAS con un nome-file, eventualmente assieme ad una via d'accesso (vedi capitolo 2.1). L'introduzione del riconoscimento del file (la parte del nome-file dopo il punto) è necessaria soltanto se il file da aprire non possiede il riconoscimento standard del file che è determinate nel BIOGAS.DEF (vedi allegato); se il nome-file immesso non è dotato di un punto, il riconoscimento standard del file viene automaticamente aggiunto.  
Se il file richiamato non viene trovato, si visualizza una relativa comunicazione e ritornerete allo schermo di avvio.

- Eseguite il comando aprire.. (dallo schermo d'avvio):  
si presenta il dialogo «aprire file» che vi permette la relativa scelta dai file esistenti (vedi capitolo 7.3). Per entrambi i casi vale: se il file non è un file BIOGAS viene visualizzato unacomunicazione specifiche e ritornerete nello schermo avvio. In caso contrario entrate nella maschera « PATRIMONIO ZOOTECNICO E POTENZIALE BIOGAS».

## 7.3 1 dialoghi « memorizzare sotto » e « aprire file »

I due dialoghi sono molto simili ed hanno il compito di semplificare il più possibile, l'utilizzo del file. Non dovete digitare né units né vie di accesso con le «parentesi uncinata Backslash » ma potete semplicemente spostarvi nel punto dove volete scrivere o leggere il vostro file. Entrambi i dialoghi sono dotati di 6 riquadri:

- riquadro-titolo: lo stesso viene utilizzato per vedere se vi trovate nel dialogo « memorizzare sotto » o « aprire file »; questo riquadro non può essere modificato;
- nome-riquadro /maschera file: nel dialogo « memorizzare sotto » viene digitato il nome del file nella maschera del file del dialogo « aprire file »;
- riquadro units: lo stesso illustra una lista di tutte le units riconosciute dal sistema (vengono rappresentate anche delle units virtuali come ad esem-

pio RAM-Disks o Drives: reticolari). In questa lista può essere scelta l'units attuale;

- indirizzario-/riquadro-f ile: in questa lista sono elencati tutti i sottoindirizzari che si trovano nell'indite attuale come pure i file del dialogo «aprire file» che corrispondono ai nomi della maschera del file;
- riquadro via d'accesso: in questo riquadro è rappresentato la via d'accesso attuale. Lo stesso non può essere direttamente modificato, ma viene aggiornato in base ai cambiamenti nei riquadri units ed indirizzario;
- riquadro d'aiuto: questo riquadro visualizza quali tasti possono essere utilizzati.

Con il tasto Tab ci si può spostare da un riquadro all'altro mentre viene evidenziato in grassetto quello attualmente attivo. Tutte le azioni riguardano il riquadro attivato. In ogni riquadro Esc determina l'interruzione dell'ordine immesso nel file e la scomparsa del dialogo.

- Nome-/riquadro maschera-file: questo riquadro si comporta in modo identico ad un riquadro d'immissione in una maschera di immissione. In altri termini mediante l'introduzione dei dati viene cancellato il contenuto precedente. Le lettere minuscole vengono trasformate automaticamente in lettere maiuscole. Return provoca, a seconda del dialogo, svariate azioni:

nel dialogo « memorizzare sotto » vale quale accettazione del nome file introdotto. Se lo stesso non è dotato di un punto, viene aggiunto il riconoscimento del file standard (vedi capitolo 7.2).

Nel caso in cui il nome del file digitato non risultasse valido (ad esempio perché contiene spazi vuoti), appare una comunicazione d'errore di immissione. In caso contrario viene controllato se l'indirizzario attuale contenga già un file identico; in caso affermativo deve essere esplicitamente confermato che il file precedente può essere cancellato. Se tutto è regolare il file desiderata viene digitato nell'indirizzario attuale ed il dialogo chiuso.

Nel dialogo «aprire file» vale come conferma che in base alla maschera del file il riquadro indirizzario e file devono avere una nuova raffigurazione. In

questo caso nell'indirizzario attuale vengono esaminati tutti i file che sono adatti alla maschera del file; la maschera del file contiene cosiddetti Wildcards, cioè segni come «\*» e «?» che servono da supporto di spazio per svariati simboli.

- Quando il riquadro-unita è attivato, l'unità attuale può essere scelta digitando «su» o «giù» e confermata con < Return>. Nel caso in cui nella corrispondente unità non fosse stato introdotto il dischetto appare una comunicazione di errore e l'unità non può essere attivata. Il riquadro indirizzario-file e quello d'accesso vengono automaticamente aggiornati.
- Nel riquadro indirizzario/file può essere scelto l'indirizzario selezionato nell'unità evidenziata, spostando il cursore digitando <su> e <giù> sopra il nome di un sottoindirizzario segnalato con ' o ' <UP-DIR >' (per l'indirizzario base) e azionando il tasto <Return>. Il riquadro d'accesso viene automaticamente aggiornato. Se il cursore nel dialogo «aprire file» è situato sopra il nome del file e si preme < Return> il file evidenziato viene aperto ed il dialogo scompare.

## Allegato: il file BIOGAS.DEF

**Nel file** BIOGAS.DEF sono memorizzati alcuni valori di pre-regolazione che possono essere modificati, con cautela.

Attenzione ! il file BIOGAS può andare perso se il file BIOGAS.DEF è stato modificato e non ha più la struttura prescritta. Si raccomanda quindi vivamente di fare una copia della versione precedente.

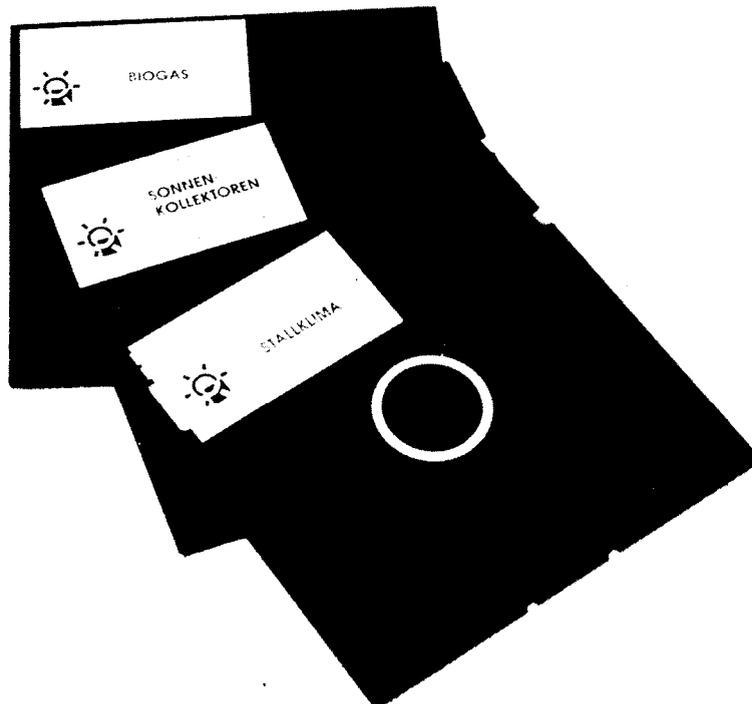
Il file BIOGAS.DEF è un file-testo che può essere utilizzato con ogni normale programma di edizione o di elaborazione testi. Particolare attenzione deve essere prestata anche alla memorizzazione della vostra versione modificata che deve essere effettuata nel file «SOLO TESTO».

La struttura di BIOGAS.DEF è la seguente:

riga 1:	nome dell'azienda
riga 2:	descrizione
riga 3:	operatore
righe da 4 a 14:	patrimonio zootecnico (numero, sfruttamento biogas, quantità letame); una riga per ogni specie di animale
riga 15:	tipo di stalla (B=sopra pavimento, T=sotto pavimento)
riga 16:	temperature di fermentazione, periodo di sosta, valore-K, volumi gas aggiuntivi
riga 17:	consumo olio da riscaldamento, consumo legna, altri supporti energetici, consumo di acqua calda
riga 18:	modo di prep. acqua calda, (H=olio/legna, E=boiler elettrico)
riga 19:	gradi di rendimento (paragoni riscaldamento, acqua calda, riscaldamento gas, impianto CFC)
riga 20:	consumo di gas impianto CFC
riga 21:	temperature giornaliere (esterne, terreno, letame fresco)
righe da 22 a 33:	temperature mensili (esterne, terreno, letame fresco), quota parte indite climatico giornaliero riscaldamento)
righe da 34 a 44:	kg SO per animale e giorno; una riga per ogni specie di animale
riga 45:	calore specifico, rispettivamente valore riscaldamento (olio, legna, letame, gas)

- riga 46: temperature dell'acqua (acqua fredda e calda)
- riga 47: margine stampa (sinistra, sopra)
- riga 48: allacciamento stampante (può essere indicato anche un nome-file)
- riga 49: maschera nome-file che viene visualizzata nel dialogo «**aprire file**»
- riga 50: riconoscimento file standard, che viene attaccato al nome file nel caso in cui 10 stesso non fosse dotato di un punto
- riga 51: nome file standard che viene visualizzato nel dialogo «**memorizzare sotto**».

## BUONO per programmi PC



I dati base per il dimensionamento di impianti per il recupero di calore dall'aria della stalla, di collettori solari per la ventilazione del fieno e di impianti di biogas, vengono calcolati con tre programmi PC.

Gli stessi possono essere richiesti alla INFOSOLAR, c/o FAT, 8356 Tanikon, con il buono allegato alla documentazione.

# Programma PC BIOGAS Istruzione d'uso abbreviate

Uso del programma e descritto in modo dettagliato nell'allegato 3 della documentazione. Le condizioni delle basi tecniche e la procedura per la progettazione di un impianto di biogas sono illustrate nel «Manuale biogas». Lo stesso è ottenibile presso la INFOSOLAR a 8356 Tanikon.

Inizio del programma: «BIOGAS» < Enter >

Attivazione del menu: < F10 >

## 1. Patrimonio zootecnico e potenziale biogas

	mesofile impianto di biogas		impianto ACF		
temperature di fermentazione	30°C		22°C		
	tempo di sosta [d]	prodiz. di gas [l/kg OS]	tempo di sosta [d]	prodiz. di gas [l/kg OS]	quantita letame [l/d]
buoi					
mucche da latte (600 kg)					
senza stame	20	210	> 40	210	60
<b>con stame</b>	24	270	> 48	270	60
<b>allevamento (250 kg)</b>					
<b>senza stame</b>	20	210	> 40	210	24
<b>con stame</b>	24	270	> 48	270	24
buoi d'ingrasso (320 -500 kg)	18	350	> 36	400	25
vitelli d'ingrasso (45 -135 kg)	18	350	> 36	400	12
maiali					
(15 -27 kg) foraggio secco	15	430	> 30	480	3,1
(15 -27 kg) zuppa	15	430	> 30	480	4,5
(15- 100027 - 68 kg)					
foraggio secco	15	430	> 30	480	3,9
zuppa	15	430	> 30	480	7,5
siero del latte	15	430	> 30	480	11,3
(68 -100 kg) foraggio secco	15	430	> 30	480	5,8
(68 -100 kg) zuppa	15	430	> 30	480	8,6
rimonte (allevamento)	15	430	> 30	480	9,0
scrofe per la riproduzione con porcellini	15	430	> 30	480	15,0
pollame					
galline ovaiole (2,3 kg)					0,14 kg
galline d'ingrasso/tacchini (5 -10 kg)					0,06 kg

## 2. Dimensionamento impianto di biogas

Temperature di fermentazione, tempo di sosta: paragone con la tabella sulla prima pagina

**Valore-K:** il valore-K medio di impianti nuovi non dovrebbe superare i 0.4 W/m<sup>2</sup>. Negli impianti più vecchi sono riscontrabili valori sensibilmente più alti.

Volumi supplementari di gas nel contenitore di fermentazione: ca. il 15 O/o del volume d'utilizzazione (dipendente dalla costruzione del contenitore di fermentazione).

Consumo energetic per il riscaldamento dell'ambiente: deve essere immesso il consumo annuale per il riscaldamento dell'ambiente (ad es. olio e legna per il riscaldamento). In caso di esistenza di caldaie combinate deve essere dedotto il consumo per il riscaldamento dell'acqua.

Grado d'utilizzazione del riscaldamento ad olio o legna:

nuovo sistema di riscaldamento ad olio 0.8  
vecchio sistema di riscaldamento ad olio da 0.6 a 0.7  
nuovo sistema di riscaldamento a legna 0.7  
vecchio sistema di riscaldamento a legna da 0.5 a 0.6

Grado di rendimento dell'accumulazione e distribuzione di acqua calda:

nuovo impianto 0.7

Valori più bassi per vecchi impianti (pessimo isolamento del boiler, perdite per circolazione).

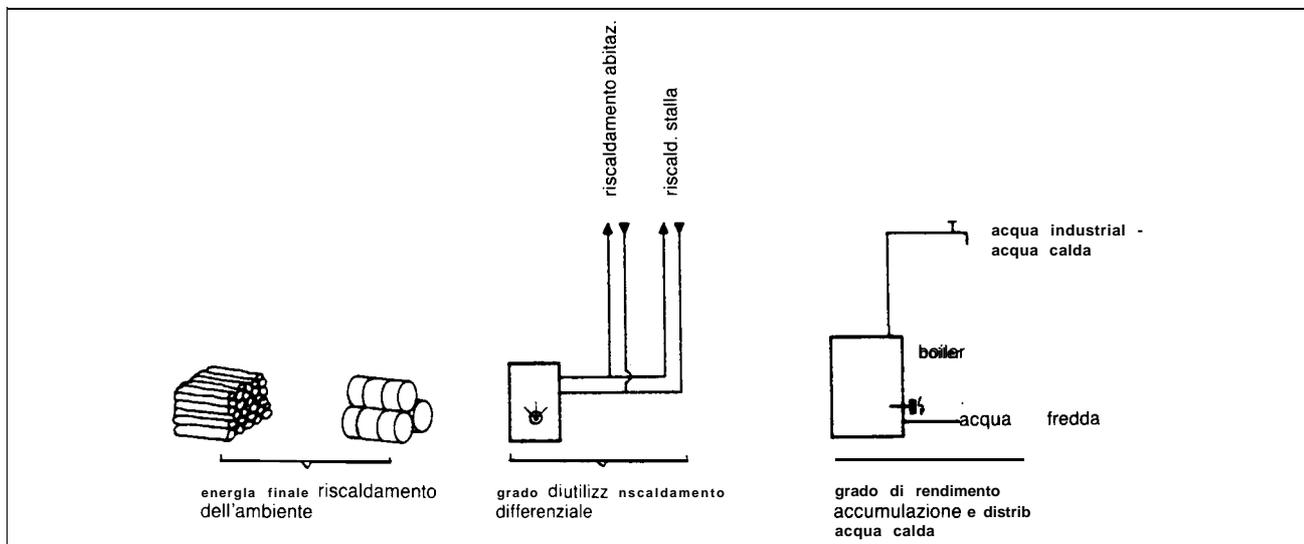


Figura 1: significato dei valori introdotti

Preparazione dell'acqua calda con riscaldamento ad olio/legna (L) o boiler elettrico (E): in caso di scelta del tipo «L», viene indicato il risparmio in kg dell'olio ed in steri della legna. Nel **caso di scelta del tipo «E»** vengono indicati i risparmi sia di corrente elettrica per la preparazione dell'acqua calda che dell'olio e di legna per il riscaldamento dell'ambiente.

Utilizzo di biogas: i valori Default sono dati d'esperienzadi impianti azionati con biogas. Il consumo di biogas in un impianto combinato forza-calore corrisponde a quello del totem-FIAT (potenza elettrica ca. 12 kW).

## 3. Dati climatici

Temperature esterne, ripartizione giornaliera dell'indite climatico di riscaldamento (20/12): valori per le diverse ubicazioni sono indicate nelle raccomandazioni SIA 380/1 o nel manuale biogas. I valori Default sono riferiti a Zurigo IMS (556 m.s.m.).

Temperature del terreno: i valori per le temperature del terreno si trovano nella documentazione SIA Nri. 64 e 48. Latemperatura del terreno e necessaria per il calcolo delle perdite di calore in impianti biogas con funzionamento sotto il livello del pavimento.

Temperature del letame fresco: la temperatura del letame fresco dipende dalla concezione dell' impianto (fossa anteriore esterna aperta o coperta; l'afflusso direttamente dalla stalla). I valori Default sono uguali alla temperatura del terreno. Gli stessi possono corrispondere ad un'avanfossa disposta sotto il livello del pavimento all'esterno della stalla. La temperatura del letame fresco influenza in modo determinante la quantità dell'energia di processo necessaria.

#### 4. Risultati del bilancio giornaliero ed annuale di una caldaia di riscaldamento a gas, rispettivamente di un impianto CFC

Le illustrazioni che seguono mostrano il significato dei singoli concetti per l'utilizzo del biogas nelle caldaie di riscaldamento a gas e negli impianti combinati forza-calore.

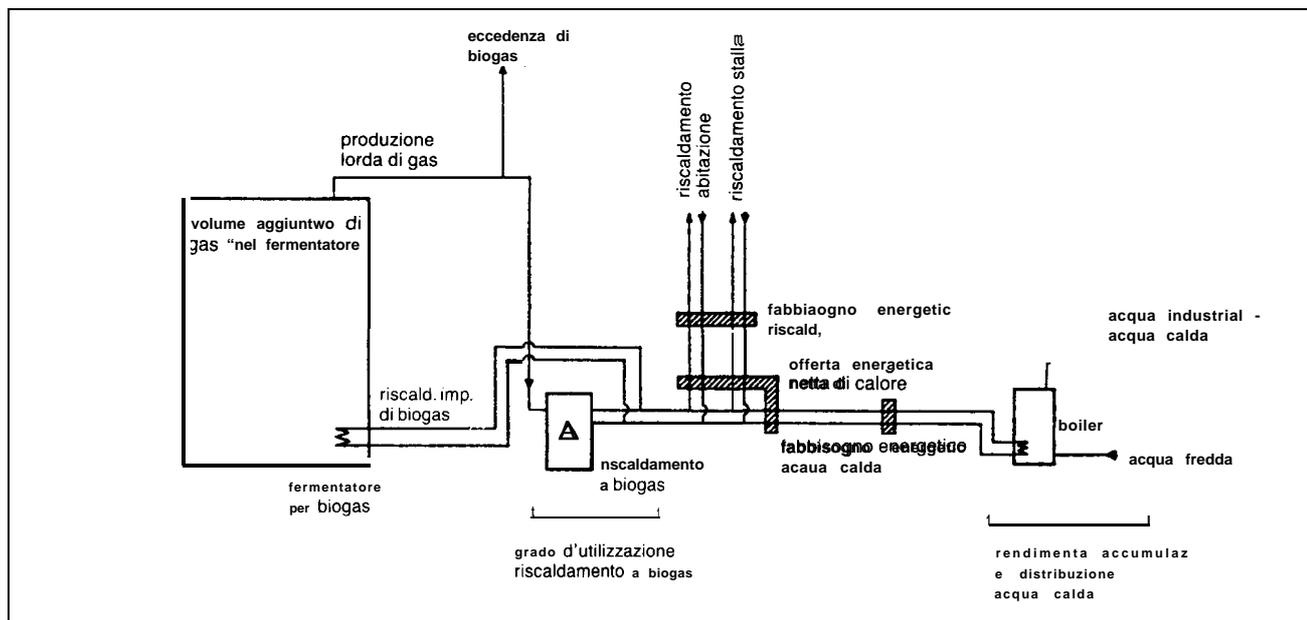


Figura 2: il significato dei risultati con l'utilizzo del biogas in una caldaia di riscaldamento a gas

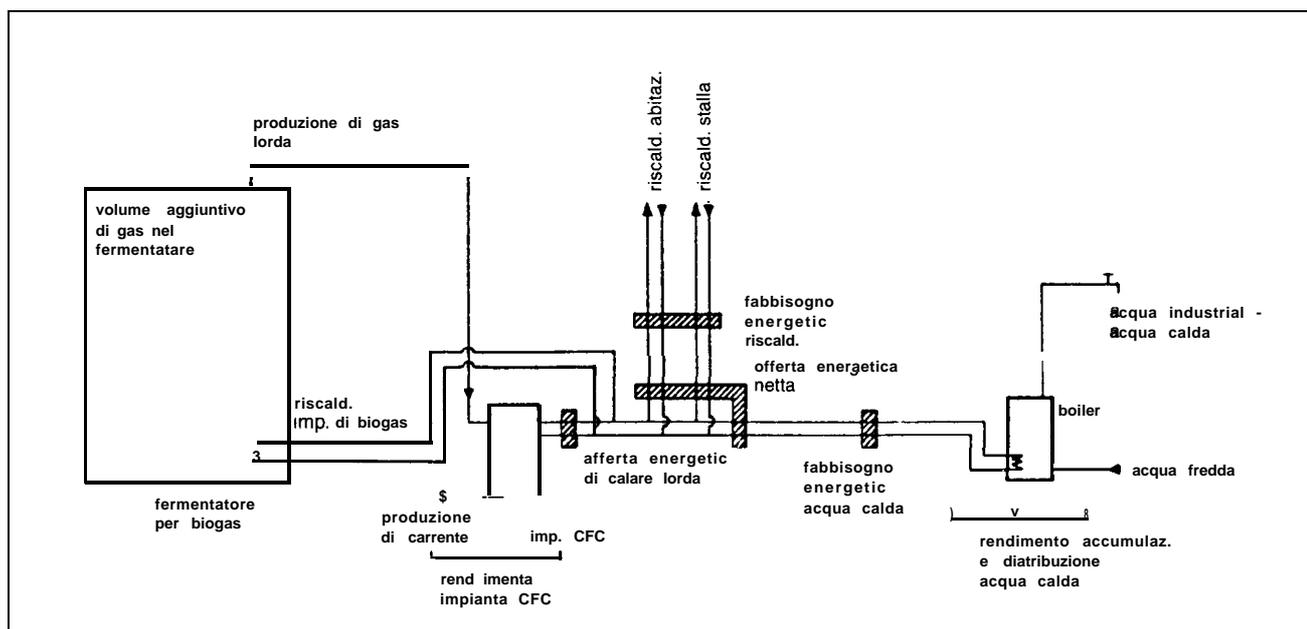


Figura 3: il significato dei risultati con l'utilizzo di biogas in un impianto combinato forza-calore

---

Ecceденza ed ammanco di calore: nei bilanci annuali dell'ultima colonna e indicato il bilancio calorico mensile tra offerta energetica effettiva ed il fabbisogno. In caso di bilancio negativo cio significa che il biogas prodotto non e sufficient per coprire il fabbisogno energetico, mentre un bilancio positivo significa eccedenza calorica.

L'utilizzo di una caldaia di riscaldamento a gas produce di regola un'eccedenza di biogas (soprattutto durante i mesi estivi). Si parte comunque dal presupposto che la caldaia di riscaldamento a gas e in esercizio soltanto in caso di fabbisogno calorico.

In caso di utilizzo in un impianto combinato forza-calore la quantita complessiva di gas prodotto viene bruciata nell'impianto. Cio significa che di regola, durante i mesi estivi, e disponibile un'eccedenza calorica. La stessa deve quindi essere asportata in qualche modo per poter raffreddare sufficientemente l'impianto CFC.

## 5. Risparmio di olio o legna da riscaldamento (A) con biogas oppure risparmio di olio o legna da riscaldamento elettrico con biogas (B)

Nella scelta di « H » per il dimensionamento dell' impianto di biogas (preparazione di acqua calda con riscaldamento ad olio/legna) viene visualizzata la maschera A; nella scelta di tipo « E » (preparazione dell'acqua calda con boiler elettrico) la maschera B.

L'offerta energetica netta di calore (offerta lorda meno il calore di processo per l'impianto di fermentazione) viene impiegata principalmente per la preparazione dell'acqua calda. Con l'offerta residua di calore viene attivato il riscaldamento per l'ambiente (bilanci mensili).

Nel caso B viene calcolata la corrente elettrica sostituita con il biogas, utilizzata nel boiler elettrico per la preparazione dell'acqua calda.

La produzione di corrente dell'impianto CFC corrisponde alla corrente elettrica della quantita complessiva di biogas.

### Comandi abbreviate

Il tasto < Alt > viene utilizzato unitamente alle seguenti lettere, rispettivamente cifre:

N	nuovo archivio dati (file)	1	patrimonio zootecnico/ potenziale biogas	T	bilancio giornaliero
O	aprire nuovo file		parametri di processo e di esercizio	G	bilancio annuale caldaia di riscaldamento a gas
S	memorizzare	2	dati climatici	K	bilancio annuale impianto CFC
A	memorizzare sotto. . .			E	sostituzione energetica
W	chiudere	3			
P	stampare				
X	uscire				

### Bibliografia

Manuale biogas

A. Wellinger, U. Baserga, W. Edelmann, K. Egger e B. Seiler; casa editrice Wirz AG, Aarau, 1991

Energie rinnovabili in agricoltura: condizioni di base per la progettazione

Ufficio federale dei problemi congiunturali; documentazione Program ma d'impulso Pacer; UFSM, No. 724.221 i; Berna; 1993

---