

CAPITOLO 8_PROGETTO ENERGETICO-IMPIANTISTICO

8.1. Introduzione.....	408
8.2. Calcolo del fabbisogno di energia termica per il riscaldamento.....	409
8.2.1. Calcolo delle superfici disperdenti	410
8.2.2. Calcolo delle perdite per dispersione	415
8.2.3. Calcolo delle perdite per ventilazione	422
8.2.4. Fabbisogno energetico totale invernale per riscaldamento	424
8.3. Calcolo del fabbisogno di acqua calda sanitaria (ACS).....	428
8.4. Impianto con caldaia a cippato	433
8.4.1. Impianto di teleriscaldamento	437
8.5. Unità di trattamento dell'aria (UTA)	438
8.6. Dimensionamento del sistema a pannelli radianti	440
8.7. Fabbisogno di energia elettrica.....	445
8.7.1. Fabbisogno elettrico per apparecchiature	445
8.7.2. Sistema di illuminazione	446

8.1 INTRODUZIONE

A seguito delle scelte tecnologiche effettuate risulta ora necessario, ai fini di una progettazione il più esauriente possibile, il calcolo dei fabbisogni energetici dell'intero sistema dell'albergo diffuso e relative attività connesse. Tale analisi prende il via con lo studio delle caratteristiche climatiche del sito di Luere, in base alle quali sarà possibile calcolare le prestazioni e le esigenze energetiche di ogni involucro. Si sono considerati e sono stati eseguiti i calcoli relativi ai seguenti fabbisogni

- riscaldamento degli ambienti interni
- acqua calda sanitaria
- energia elettrica

Successivamente si è proposto il dimensionamento degli impianti necessari a rispondere a tali esigenze. Vista la vicinanza al centro abitato, si prende in considerazione l'opportunità di allacciamento alle reti energetiche comunali; si considera tuttavia la possibilità di introdurre sistemi di produzione di energia alternativi, in termini di eco-sostenibilità e di reperibilità di materie prime su un territorio tipicamente montano.

Le normative a cui si è fatto riferimento sono le seguenti:

1. UNI 10344 relativa al calcolo del fabbisogno di energia per riscaldamento;
2. UNI 10350 relativa alla verifica igrometrica a fenomeni di condensazione;
3. Decreto 15833 del 13.12.2007, che fornisce le metodologie di calcolo delle perdite per dispersione e per ventilazione e i dati relativi ai periodo di funzionamento del riscaldamento nell'arco di un anno in base alle zone climatiche;
4. UNI 7357 che fornisce i coefficienti correttivi per il calcolo delle perdite per dispersione e ventilazione;
5. UNI 5364 che fornisce i dati climatici per zone come la temperatura esterna di progetto;
6. UNI 10339 che fornisce i dati quali il numero di ricambi d'aria per destinazioni d'uso e gli indici di affollamento, utili ai fini del calcolo delle perdite per ventilazione.

8.2 CALCOLO DEL FABBISOGNO DI ENERGIA TERMICA PER IL RISCALDAMENTO

Trattandosi di un complesso collocato ad oltre 1000 metri di quota, si dovrà prendere in considerazione un periodo di funzionamento del sistema di riscaldamento differenziato in base alle diverse strutture; si presuppone infatti che gli alloggi dell'albergo diffuso vengano utilizzato nel periodo invernale e nel periodo estivo, mentre strutture quali il centro polifunzionale e il ristorante sono attivi durante tutto l'arco dell'anno. Inoltre si decide, sempre per questioni climatiche, di non dimensionare impianti di raffrescamento dal momento che risulterebbero superflui in una località che registra una temperatura massima estiva di 21,7 °C nel mese di luglio. Si riportano di seguito i dati climatici relativi al comune di Premana, utili ai fini del calcolo dei fabbisogni precedentemente descritti.

Latitudine: 46°3'9"00 N

Longitudine: 09°25'38"28 E

Altitudine: minima 700 m s.l.m.; massima 2 512 m s.l.m.

Zona climatica: F

Zona di vento: 1

Gradi giorno: 3 490

Periodo di riscaldamento: nessuna limitazione

Si riporta inoltre la tabella delle temperature medie mensili, dalla quale risulta che il mese più freddo è gennaio, mentre quello più caldo luglio.

GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
-1,2	-0,3	2,5	6,1	10,1	13,9	16,6	15,7	13	8,5	3,3	0,1

8.1_Tabella delle temperature medie mensili (anno 2012)

8.2.1 CALCOLO DELLE SUPERFICI DISPERDENTI

Il fabbisogno termico in termini di energia necessaria al riscaldamento dei locali interni nel periodo invernale viene calcolato come somma delle perdite di calore dovute alle dispersioni che avvengono attraverso l'involucro e quelle che avvengono a seguito della ventilazione. Per quantificare il calore disperso attraverso le superfici dell'involucro edilizio, si è proceduto innanzitutto con il computo delle varie tipologie di chiusura che interessano i fabbricati presi in esame. Per una questione di semplificazione si è deciso di eseguire tale analisi solo per gli edifici più significativi: si è scelto l'edificio 1, che costituisce il modello di alloggio ripetibile per le restanti unità abitative, l'edificio 6 in cui è collocato il ristorante, l'edificio 11 destinato a centro polifunzionale, e gli edifici 9 e 10 destinati al centro benessere.

Vengono riportate le tabelle relative ai suddetti edifici in cui, per ogni tipo di chiusura, vengono considerati la superficie in metri quadri e l'orientamento.

Superfici disperdenti edificio 1

LOCALE	Edificio 1
Superficie [m ²]	26,70
Volume [m ³]	181,56

Superficie [m ²]		Orientamento
CV01 opaca	10,70	Nord-Ovest
CV03 opaca	6,50	Nord-Ovest
CV04 opaca	1,20	Nord-Ovest
CV07 opaca	10,40	Nord-Ovest
CV01 opaca	17,00	Nord- Est
CV03 opaca	11,40	Nord- Est
CV04 opaca	9,70	Nord- Est
CV07 opaca	1,72	Nord- Est
CV trasparente	2,90	Nord- Est
CV opaca	15,00	Sud-Est
CV trasparente	14,30	Sud-Est
CV01 opaca	26,10	Sud-Ovest
CV04 opaca	3,69	Sud-Ovest
CV07 opaca	1,71	Sud-Ovest
CV porta	1,90	Sud-Ovest
CV trasparente	7,40	Sud-Ovest
CI opaca SOFF	27,37	Inclinato
CO opaca PAVQ1	26,70	Orizz
CO opaca PAVQ2	26,70	Orizz

Superfici disperdenti ristorante

LOCALE	Edificio 6
Superficie [m ²]	97,00
Volume [m ³]	698,40

	Superficie [m ²]	Orientamento
CV01 opaca	44,03	Nord
CV04 opaca	6,93	Nord
CV06 opaca	3,09	Nord
CV07 opaca	4,86	Nord
CV09 opaca	10,33	Nord
CV11 opaca	29,87	Nord
CV trasparente	3,86	Nord
CV porta	2,74	Nord
CV01 opaca	31,50	Est
CV03 opaca	3,60	Est
CV04 opaca	3,67	Est
CV06 opaca	4,10	Est
CV07 opaca	3,90	Est
CV09 opaca	6,28	Est
CV porta	1,68	Est
CV trasparente	1,74	Est
CV01 opaca	62,20	Sud
CV02 opaca	11,14	Sud
CV03 opaca	9,70	Sud
CV04 opaca	5,97	Sud
CV05 opaca	2,75	Sud
CV06 opaca	1,70	Sud
CV trasparente	26,20	Sud
CV02 opaca	20,67	Ovest
CV03 opaca	17,43	Ovest
CV05 opaca	0,83	Ovest
CV06 opaca	0,70	Ovest
CV08 opaca	1,45	Ovest
CV09 opaca	1,22	Ovest
CV porta	1,78	Ovest
CV trasparente	7,42	Ovest
CO05 opaca SOFF	72,01	Inclinato
CO03 opaca SOFF	47,20	Orizz
CO opaca PAVQ1	120,46	Orizz
CO opaca PAVQ2	64,36	Orizz

Superfici disperdenti centro polifunzionale

LOCALE	Edificio 11
Superficie [m ²]	123,29
Volume [m ³]	1102,21

Superficie [m ²]		Orientamento
CV01 opaca	18,81	Nord
CV06 opaca	20,64	Nord
CV09 opaca	17,88	Nord
CV trasparente	1,24	Nord
CV porta	2,62	Nord
CV01 opaca	25,93	Est
CV03 opaca	7,23	Est
CV04 opaca	3,31	Est
CV06 opaca	17,53	Est
CV07 opaca	1,23	Est
CV09 opaca	4,24	Est
CV10 opaca	62,45	Est
CV11 opaca	27,62	Est
CV12 opaca	15,72	Est
CV porta	3,95	Est
CV trasparente	30,03	Est
CV01 opaca	18,95	Sud
CV10 opaca	54,02	Sud
CV11 opaca	5,87	Sud
CV12 opaca	1,91	Sud
CV trasparente	1,60	Sud
CV01 opaca	13,37	Ovest
CV03 opaca	8,87	Ovest
CV06 opaca	16,42	Ovest
CV09 opaca	5,42	Ovest
CV10 opaca	84,70	Ovest
CV11 opaca	25,87	Ovest
CV12 opaca	17,32	Ovest
CV trasparente	11,30	Ovest
CO04 opaca SOFF	64,54	Orizz
CO05 opaca SOFF	30,41	Inclinata
CO09 opaca sOFF	30,13	Inclinata
CO trasparente	5,76	Orizz
CO01 opaca PAVQ1	111,17	Orizz
CO02 opaca PAVQ2	23,89	Orizz
CO01 opaca PAVQ2	-	Orizz
CO02 opaca PAVQ2	-	Orizz

Superfici disperdenti centro benessere

LOCALE	Edificio 9-10
Superficie [m ²]	163,29
Volume [m ³]	1014,03

Superficie [m ²]		Orientamento
CV01 opaca	18,58	Nord
CV03 opaca	10,53	Nord
CV04 opaca	16,57	Nord
CV09 opaca	6,23	Nord
CV11 opaca	28,92	Nord
CV14 opaca	30,51	Nord
CV porta	1,97	Nord
CV01 opaca	39,32	Est
CV03 opaca	10,46	Est
CV04 opaca	7,49	Est
CV07 opaca	8,20	Est
CV trasparente	8,74	Est
CV01 opaca	33,54	Sud
CV04 opaca	1,95	Sud
CV14 opaca	9,44	Sud
CV trasparente	60,87	Sud
CV01 opaca	37,15	Ovest
CV04 opaca	1,41	Ovest
CV07 opaca	1,53	Ovest
CV14 opaca	9,63	Ovest
CV trasparente	41,07	Ovest
CV porta	3,29	Ovest
CO04 opaca SOFF	101,51	Orizz
CO09 opaca sOFF	73,24	Inclinata
CO01 opaca PAVQ1	150,56	Orizz
CO01 opaca PAVQ2	-	Orizz

8.2.2 CALCOLO DELLE PERDITE PER DISPERSIONE

Per il calcolo delle dispersioni si presuppone di operare in regime stazionario, ipotizzando cioè che tutti i parametri in gioco siano costanti.

Il calcolo della potenza dissipata avviene in maniera distinta nei seguenti tre casi:

- Chiusure verticali fuori terra
- Chiusure verticali contro terra
- Chiusure orizzontali contro terra

Chiusure verticali fuori terra

Per le chiusure opache verticali si utilizza la seguente formula:

$$P_t = U \cdot S \cdot (t_i - t_e)$$

Dove

U è la trasmittanza termica misurata in W/m^2K e individuata per ogni stratigrafia all'interno del capitolo 6

S è la superficie disperdente della parete

t_i e t_e sono le temperature interna ed esterna di progetto che per Premana sono da considerarsi rispettivamente pari a 20°C e $-7,9^\circ\text{C}$.

Chiusure verticali contro terra

In questo caso la formula per le dispersioni è la medesima

$$P_t = U_{mt} \cdot S \cdot (t_i - t_e)$$

Tuttavia il valore di trasmittanza da inserire in formula non sarà quello caratteristico del pacchetto, ma dovrà essere corretto e individuato come valore di trasmittanza del muro contro terra U_{mt} , con la seguente formula

$$U_{mt} = \frac{1}{\frac{1}{U_m} + \frac{1}{\lambda_t}}$$

Dove

U_m è il valore caratteristico di trasmittanza del pacchetto della chiusura

λ_t è la conducibilità del terreno pari a 3 W/mK

Chiusure orizzontali contro terra

Le dispersioni attraverso i pavimenti sono date dalle somma di due contributi

- P_1 che rappresenta il calore disperso tra pavimento e terreno
- P_2 che rappresenta il calore disperso tra pavimento e ambiente esterno

I due contributi si calcolano utilizzando le seguenti formule

$$P_1 = U_{pt} \cdot S \cdot (t_i - t_g)$$

Dove

S è la superficie del pavimento

t_i è la temperatura interna di progetto

t_g è la temperatura del terreno che viene considerata pari alla temperatura media annuale del sito di progetto; nel caso si Premana si ha $t_g = 7,4^\circ\text{C}$

U_{pt} è la trasmittanza corretta del pavimento verso il terreno che si individua mediante la seguente formula:

$$U_{pt} = \frac{1}{\frac{1}{U_p} + \frac{1}{C_t}}$$

Dove

U_p è la trasmittanza caratteristica del pavimento

C_t è la conduttanza del terreno pari a $2 \text{ W/m}^2\text{K}$

$$P_2 = U_{pl} \cdot p \cdot (2 - L) \cdot (t_i - t_e)$$

Dove

p è il perimetro del pavimento

L è la profondità a cui è collocato il pavimento rispetto al livello di terreno esterno

$t_i - t_e$ è la differenza tra la temperatura interna ed esterna di progetto

U_{pl} è la trasmittanza corretta per le dispersioni tra pavimento e terreno e ci calcola con la seguente formula:

$$U_{pl} = \frac{1}{\frac{1}{U_p} + \frac{2}{\lambda_t}}$$

Dove

U_p è la trasmittanza caratteristica del pavimento

λ_t è la conducibilità del terreno pari a 3 W/mK

Nel caso in cui la profondità del pavimento sia maggiore di 2 m (quando $L > 2 \text{ m}$), non c'è dispersione verso l'esterno, ma solo verso il terreno, pertanto in questi casi non andrà calcolata la P_2 , ma solo la P_1 .

Di seguito si riportano le tabelle Excel contenenti i dati ottenuti per le perdite per dispersione dei quattro edifici presi in esame.

Edificio 1

	Superficie [m ²]	U [W/m ² K]	ΔT [°C]	Fattore orient.	P _t [w]
CV01 opaca	10,70	0,21	27,90	1,15	85,28
CV03 opaca	6,50	0,21	27,90	1,15	52,56
CV04 opaca	1,20	0,18	27,90	1,15	8,54
CV07 opaca	10,40	0,18	27,90	1,15	74,02
CV01 opaca	17,00	0,21	27,90	1,20	141,38
CV03 opaca	11,40	0,21	27,90	1,20	96,18
CV04 opaca	9,70	0,18	27,90	1,20	72,04
CV07 opaca	1,72	0,18	27,90	1,20	12,77
CV trasparente	2,90	1,10	27,90	1,20	128,16
CV opaca	15,00	0,21	27,90	1,10	114,35
CV trasparente	14,30	1,10	27,90	1,10	579,30
CV01 opaca	26,10	0,21	27,90	1,05	189,93
CV04 opaca	3,69	0,18	27,90	1,05	23,98
CV07 opaca	1,71	0,18	27,90	1,05	11,11
CV porta	1,90	1,45	27,90	1,05	96,85
CV trasparente	7,40	1,10	27,90	1,05	286,15
CI opaca SOFF	27,37	0,23	27,90	1,00	208,01
CO opaca PAVQ1	26,70	0,22	7,50	1,00	51,88
CO opaca PAVQ2	26,70	0,21	27,90	1,00	102,31

La perdita totale per dispersione dell'edificio 1 risulta essere $P_t = 2,370 \text{ KW}$.

Ristorante

	Superficie [m ²]	U [W/m ² K]	ΔT [°C]	Fattore orient.	P _t [w]
CV01 opaca	44,03	0,21	27,90	1,20	366,17
CV04 opaca	6,93	0,18	27,90	1,20	51,47
CV06 opaca	3,09	0,19	27,90	1,20	23,28
CV07 opaca	4,86	0,18	27,90	1,20	36,10
CV09 opaca	10,33	0,19	27,90	1,20	77,82
CV11 opaca	29,87	0,16	27,90	1,20	195,22
CV trasparente	3,86	1,10	27,90	1,20	170,59
CV porta	2,74	1,45	26,90	1,20	153,90
CV01 opaca	31,50	0,21	27,90	1,15	251,05
CV03 opaca	3,60	0,21	27,90	1,15	29,11
CV04 opaca	3,67	0,18	27,90	1,15	26,12
CV06 opaca	4,10	0,19	27,90	1,15	29,60
CV07 opaca	3,90	0,20	27,90	1,15	29,58
CV09 opaca	6,28	0,19	27,90	1,15	45,34
CV porta	1,68	1,45	27,90	1,15	93,79
CV trasparente	1,74	1,10	27,90	1,15	73,69
CV01 opaca	62,20	0,21	27,90	1,00	431,07
CV02 opaca	11,14	0,21	27,90	1,00	78,70
CV03 opaca	9,70	0,21	27,90	1,00	68,20
CV04 opaca	5,97	0,18	27,90	1,00	36,95
CV05 opaca	2,75	0,19	27,90	1,00	17,34
CV06 opaca	1,70	0,19	27,90	1,00	10,67
CV trasparente	26,20	1,10	27,90	1,00	964,89
CV02 opaca	20,67	0,21	27,90	1,10	160,62
CV03 opaca	17,43	0,21	27,90	1,10	247,14
CV05 opaca	0,83	0,19	27,90	1,10	5,76
CV06 opaca	0,70	0,19	27,90	1,10	8,86
CV08 opaca	1,45	0,19	27,90	1,10	18,44
CV09 opaca	1,22	0,19	27,90	1,10	15,44
CV porta	1,78	1,45	27,90	1,10	95,05
CV trasparente	7,42	1,10	27,90	1,10	300,59
CO05 opaca SOFF	72,01	0,23	27,90	1,00	547,27
CO03 opaca SOFF	47,20	0,25	27,90	1,00	391,90
CO opaca PAVQ1	120,46	0,22	7,50	1,00	234,04
CO opaca PAVQ2	64,36	0,21	27,90	1,00	487,94

La perdita totale per dispersione del ristorante risulta essere $P_t = 6,050 \text{ KW}$.

Centro polifunzionale

	Superficie [m ²]	U [W/m ² K]	ΔT [°C]	Fattore orient.	P _t [w]
CV01 opaca	18,81	0,21	27,90	1,20	156,43
CV06 opaca	20,64	0,19	27,90	1,20	155,48
CV09 opaca	17,88	0,19	27,90	1,20	134,69
CV trasparente	1,24	1,10	27,90	1,20	54,80
CV porta	2,62	1,45	26,90	1,20	147,16
CV01 opaca	25,93	0,21	27,90	1,15	206,66
CV03 opaca	7,23	0,21	27,90	1,15	58,46
CV04 opaca	3,31	0,18	27,90	1,15	23,56
CV06 opaca	17,53	0,19	27,90	1,15	126,55
CV07 opaca	1,23	0,20	27,90	1,15	9,33
CV09 opaca	4,24	0,19	27,90	1,15	30,61
CV10 opaca	62,45	0,18	27,90	1,15	432,80
CV11 opaca	27,62	0,16	27,90	1,15	172,99
CV12 opaca	15,72	0,16	27,90	1,15	98,46
CV porta	3,95	1,45	27,90	1,15	220,52
CV trasparente	30,03	1,10	27,90	1,15	1271,84
CV01 opaca	18,95	0,21	27,90	1,00	131,33
CV10 opaca	54,02	0,18	27,90	1,00	325,55
CV11 opaca	5,87	0,16	27,90	1,00	31,97
CV12 opaca	1,91	0,16	27,90	1,00	10,40
CV trasparente	1,60	1,10	27,90	1,00	58,92
CV01 opaca	13,37	0,21	27,90	1,10	103,89
CV03 opaca	8,87	0,21	27,90	1,10	68,60
CV06 opaca	16,42	0,19	27,90	1,10	113,38
CV09 opaca	5,42	0,19	27,90	1,10	37,43
CV10 opaca	84,70	0,19	27,90	1,10	584,87
CV11 opaca	25,87	0,19	27,90	1,10	178,64
CV12 opaca	17,32	0,19	27,90	1,10	119,60
CV trasparente	11,30	1,10	27,90	1,10	457,77
CO04 opaca SOFF	64,54	0,26	27,90	1,00	557,49
CO05 opaca SOFF	30,41	0,25	27,90	1,00	252,50
CO09 opaca sOFF	30,13	0,26	27,90	1,00	260,26
CO trasparente	5,76	1,10	27,90	1,00	212,13
CO01 opaca PAVQ1	111,17	0,22	12,60	1,00	362,87
CO02 opaca PAVQ2	23,89	0,22	12,60	1,00	77,98
CO01 opaca PAVQ2	-	0,21	27,90	1,00	217,67
CO02 opaca PAVQ2	-	0,21	27,90	1,00	59,44

La perdita totale per dispersione del centro polifunzionale risulta essere

$$P_t = 7,523 \text{ KW.}$$

Centro benessere

	Superficie [m ²]	U [W/m ² K]	ΔT [°C]	Fattore orient.	P _t [w]
CV01 opaca	18,58	0,21	27,90	1,20	154,52
CV03 opaca	10,53	0,21	27,90	1,20	88,84
CV04 opaca	16,57	0,18	27,90	1,20	123,06
CV09 opaca	6,23	0,19	27,90	1,20	46,93
CV11 opaca	28,92	0,16	27,90	1,20	189,01
CV14 opaca	30,51	0,19	27,90	1,20	232,90
CV porta	1,97	1,45	26,90	1,20	110,65
CV01 opaca	39,32	0,21	27,90	1,15	313,38
CV03 opaca	10,46	0,21	27,90	1,15	84,57
CV04 opaca	7,49	0,18	27,90	1,15	53,31
CV07 opaca	8,20	0,20	27,90	1,15	62,20
CV trasparente	8,74	1,10	27,90	1,15	370,16
CV01 opaca	33,54	0,21	27,90	1,00	232,44
CV04 opaca	1,95	0,20	27,90	1,00	12,86
CV14 opaca	9,44	0,19	27,90	1,00	60,05
CV trasparente	60,87	1,10	27,90	1,00	2241,72
CV01 opaca	37,15	0,21	27,90	1,10	288,68
CV04 opaca	1,41	0,18	27,90	1,10	9,60
CV07 opaca	1,53	0,18	27,90	1,10	10,42
CV14 opaca	9,63	0,19	27,90	1,10	67,38
CV trasparente	41,07	1,10	27,90	1,10	1663,78
CV porta	3,29	1,45	27,90	1,10	175,69
CO04 opaca SOFF	101,51	0,25	27,90	1,00	842,84
CO09 opaca sOFF	73,24	0,23	27,90	1,00	556,62
CO01 opaca PAVQ1	150,56	0,22	12,60	1,00	491,44
CO01 opaca PAVQ2	-	0,21	27,90	1,00	366,31

La perdita totale per dispersione del centro benessere risulta essere $P_t = 8,849 \text{ KW}$.

8.2.3 CALCOLO DELLE PERDITE PER VENTILAZIONE

Considerando sempre di operare in regime invernale, è necessario tener conto delle perdite per ventilazione, ossia della quantità di calore che viene dispersa tramite lo scambio di masse d'aria tra l'esterno e l'interno dell'involucro.

Albergo diffuso

Per le camere e gli alloggi si prende in considerazione la formula necessaria al calcolo delle perdite per ventilazione nelle residenze

$$P_v = G \cdot \rho \cdot c \cdot (t_i - t_e)$$

Dove

P_v è la potenza dispersa per ventilazione in W

G è la portata di aria di rinnovo del locale in m^3/h

$\rho \cdot c$ è la capacità termica volumica dell'aria

$t_i - t_e$ è la differenza tra temperatura interna ed esterna

Si considera che la capacità termica volumica dell'aria, data dal prodotto tra densità e volume specifico, sia pari a $0,33 Wh/m^3K$. Le temperature interna ed esterna, per Premana, sono rispettivamente $20^\circ C$ e $-7,9^\circ C$.

La portata d'aria viene calcolata come segue:

$$G = V_n \cdot n$$

Dove

V_n è il volume netto del locale

n è il valore dei ricambi d'aria che, per nuovi edifici, è pari a $0,5 volumi/h$.

A titolo di esempio si considera un V_n relativo all'edificio 1 e pari a $181,56 m^3$ che fornisce un valore di portata d'aria pari a

$$G = 0,5 \frac{vol}{h} \cdot 181,56 m^3 = 90,78 m^3/h$$

È possibile dunque calcolare la potenza dispersa tramite ventilazione per l'edificio 1 che risulta essere pari a

$$P_v = 90,78 \frac{m^3}{h} \cdot 0,33 \frac{Wh}{m^3K} \cdot (27,9 K) = 835,81 W$$

Ristorante

Per il ristorante si prende in considerazione la medesima formula e il calcolo delle perdite per ventilazione risulta essere:

$$P_v = G \cdot \rho \cdot c \cdot (t_i - t_e)$$

In questo caso il valore della portata d'aria sarà pari a

$$G = V_n \cdot n$$

Dove

V_n è il volume netto dell'ambiente riscaldato e che per il ristorante risulta essere pari a $698,4 m^3$

n è il numero dei ricambi d'aria per destinazione d'uso (per il ristorante si considera $n = 20 h^{-1}$).

Risulta così

$$G = 698,4 m^3 \cdot 20 h^{-1} = 13\,968 m^3/h$$

e

$$P_v = 13\,968 \frac{m^3}{h} \cdot 0,33 \frac{Wh}{m^3K} \cdot (27,9 K) = 128\,603,376 W$$

Centro polifunzionale

Nello stesso modo si calcolano le perdite per ventilazione nel centro polifunzionale, considerando un numero di ricambi d'aria n pari a $25 h^{-1}$ e un volume netto dell'ambiente V_n pari a $1\,102,21 m^3$

$$G = V_n \cdot n = 1\,102,21 m^3 \cdot 25 h^{-1} = 27\,555,25 m^3/h$$

e

$$P_v = 27\,555,25 \frac{m^3}{h} \cdot 0,33 \frac{Wh}{m^3K} \cdot (27,9 K) = 253\,701,187 W$$

Centro benessere

Infine un procedimento analogo viene ripetuto per il centro benessere, considerando un numero di ricambi d'aria n pari a $20 h^{-1}$ e un volume netto dell'ambiente V_n pari a $1\,014,01 m^3$

$$G = V_n \cdot n = 1\,014,01 m^3 \cdot 20 h^{-1} = 20\,280,2 m^3/h$$

e

$$P_v = \frac{20\,280,2 m^3}{h} \cdot 0,33 \frac{Wh}{m^3K} \cdot (27,9 K) = 186\,719,801 W$$

8.2.4 FABBISOGNO ENERGETICO TOTALE INVERNALE PER RISCALDAMENTO

Per trovare il fabbisogno invernale di ogni tipologia di edificio è necessario eseguire la sommatoria tra le perdite per dispersione e per ventilazione, secondo la formula:

$$P_i = P_v + P_t$$

Albergo diffuso

Per una questione di comodità si è deciso di considerare che tutti gli edifici in cui sono installati alloggi si comportino, da un punto di vista di fabbisogno energetico in regime invernale, come l'edificio 1. Per questo motivo non si riportano i calcoli relativi alle perdite per dispersione e per ventilazione di ogni edificio, ma, ai fini di una stima di massima con ampio margine di sicurezza, si è deciso di trovare il fabbisogno energetico invernale totale per l'albergo diffuso, moltiplicando i valori trovati per l'edificio 1 per il numero di edifici destinati ad alloggi, cioè 19.

Risulta che il fabbisogno energetico invernale dell'edificio 1 è dato dalla somma delle perdite per dispersione e per ventilazione:

$$P_i = P_t + P_v = 2,370 KW + 0,836 KW = 3,206 KW$$

La stima del fabbisogno per l'intero sistema dell'albergo diffuso composto da 19 edifici è dunque:

$$P = P_i \cdot 19 = 3,206 \text{ KW} \cdot 19 = 60,914 \text{ KW}$$

Ora, ipotizzando che l'albergo diffuso, dei 307 giorni annui in cui è attivo, faccia funzionare il riscaldamento per 125 giorni, e che in un giorno l'impianto di riscaldamento funzioni per 18 ore, è possibile quantificare l'energia annua necessaria per il riscaldamento in questo modo:

$$\begin{aligned} E_r &= P \cdot \frac{\text{ore}}{\text{giorni}} \cdot \frac{\text{giorni}}{\text{anno}} = 60,914 \text{ KW} \cdot 18 \frac{\text{ore}}{\text{giorni}} \cdot 125 \frac{\text{giorni}}{\text{anno}} \\ &= 137,057 \text{ MWh/anno} \end{aligned}$$

Ristorante

Il fabbisogno energetico invernale dell'edificio destinato a ristorante è dato dalla somma delle perdite per dispersione e per ventilazione:

$$P_i = P_t + P_v = 6,050 \text{ KW} + 128,603 \text{ KW} = 134,653 \text{ KW}$$

Ipotizzando che il ristorante, dei 307 giorni annui in cui è attivo, faccia funzionare il riscaldamento per 125 giorni, e che in un giorno l'impianto di riscaldamento funzioni per 6 ore, è possibile quantificare l'energia annua per il riscaldamento:

$$\begin{aligned} E_r &= P \cdot \frac{\text{ore}}{\text{giorni}} \cdot \frac{\text{giorni}}{\text{anno}} = 134,653 \text{ KW} \cdot 6 \frac{\text{ore}}{\text{giorni}} \cdot 125 \frac{\text{giorni}}{\text{anno}} \\ &= 100,99 \text{ MWh/anno} \end{aligned}$$

Centro polifunzionale

Il fabbisogno energetico invernale dell'edificio destinato a centro polifunzionale è dato dalla somma delle perdite per dispersione e per ventilazione:

$$P_i = P_t + P_v = 7,523 \text{ KW} + 253,701 \text{ KW} = 261,224 \text{ KW}$$

Ipotizzando che il centro polifunzionale, dei 156 giorni annui in cui è attivo, faccia funzionare il riscaldamento per 91 giorni, e che in un giorno l'impianto di riscaldamento funzioni per 6 ore, è possibile quantificare l'energia annua per il riscaldamento:

$$E_r = P \cdot \frac{\text{ore}}{\text{giorni}} \cdot \frac{\text{giorni}}{\text{anno}} = 261,224 \text{ KW} \cdot 6 \frac{\text{ore}}{\text{giorni}} \cdot 91 \frac{\text{giorni}}{\text{anno}}$$

$$= 142,628 \text{ MWh/anno}$$

Centro benessere

Il fabbisogno energetico invernale dell'edificio destinato a centro benessere è dato dalla somma delle perdite per dispersione e per ventilazione:

$$P_i = P_t + P_v = 8,849 \text{ KW} + 186,720 \text{ KW} = 195,569 \text{ KW}$$

Ipotizzando che il centro benessere, dei 307 giorni annui in cui è attivo, faccia funzionare il riscaldamento per 125 giorni, e che in un giorno l'impianto di riscaldamento funzioni per 18 ore, è possibile quantificare l'energia annua per il riscaldamento:

$$E_r = P \cdot \frac{\text{ore}}{\text{giorni}} \cdot \frac{\text{giorni}}{\text{anno}} = 195,569 \text{ KW} \cdot 18 \frac{\text{ore}}{\text{giorni}} \cdot 125 \frac{\text{giorni}}{\text{anno}}$$

$$= 440,03 \text{ MWh/anno}$$

Il fabbisogno energetico invernale sarà dunque dato dalla somma di questi 4 dati e risulta essere pari a

$$\begin{aligned} E_t &= 137,057 \frac{MWh}{anno} + 100,99 \frac{MWh}{anno} + 142,628 \frac{MWh}{anno} + 440,03 \frac{MWh}{anno} \\ &= 820,705 \frac{MWh}{anno} \end{aligned}$$

8.3 CALCOLO DEL FABBISOGNO DI ACQUA CALDA SANITARIA (ACS)

Nel calcolo di tale fabbisogno si vanno a considerare innanzitutto le quantità in volume di acqua calda necessarie ad ogni tipologia di destinazione d'uso; anche in questo caso è stato calcolato il fabbisogno in litri per l'albergo diffuso, il ristorante, il centro polifunzionale e il centro benessere. La normativa prevede diverse modalità di calcolo del fabbisogno di acqua calda per ciascuna di queste strutture. Una volta ottenuto il dato relativo al fabbisogno di acqua calda espresso in litri giornalieri, si è calcolata la potenza giornaliera necessaria a riscaldare questa quantità di acqua.

Albergo diffuso

Per il calcolo del fabbisogno di acqua calda sanitaria per una struttura alberghiera si utilizza la seguente formula:

$$V = q \cdot n$$

Dove

V è il volume in litri di acqua calda

q è il fabbisogno giornaliero di acqua calda per persona

n è il numero degli ospiti della struttura alberghiera

Considerando che il fabbisogno giornaliero di acqua calda per persona in una struttura alberghiera a di categoria 3 stelle è pari a 80 l/persona e che l'albergo diffuso in progetto ospita 63 posti letto, risulta che il fabbisogno di acqua calda sanitaria sia pari a:

$$V = 80 \frac{l}{gg \cdot pers} \cdot 63 \text{ pers} = 5\,040 \frac{l}{gg} = 5,04 \text{ m}^3/gg$$

La quantità di calore necessaria per scaldare questo quantitativo di acqua è dato dalla seguente formula:

$$P_w = \rho_w \cdot c_w \cdot V_w \cdot (t_{er} - t_{in})$$

Dove

P_w è la potenza ricercata

ρ_w è la massa volumica dell'acqua pari a 1000 kg/m^3

c_w è il calore specifico dell'acqua pari a $1,162 \cdot 10^{-3} \text{ KWh/kg} \cdot \text{K}$

V_w è il volume di acqua giornaliero misurato in m^3/gg

$t_{er} - t_{in}$ è la differenza tra temperatura di erogazione ($40 \text{ }^\circ\text{C}$) e la temperatura di ingresso ($15 \text{ }^\circ\text{C}$)

Risulta dunque

$$P_w = 146,412 \text{ KWh/gg}$$

Considerando poi che l'albergo diffuso è attivo per 307 giorni all'anno, si calcola il fabbisogno energetico annuo per acqua calda:

$$E_w = 146,412 \frac{\text{KWh}}{\text{gg}} \cdot \frac{307 \text{ gg}}{\text{anno}} = 44,948 \text{ MWh/anno}$$

Ristorante

Per una struttura destinata a ristorazione il fabbisogno di acqua calda si calcola invece secondo la seguente formula

$$V = q \cdot p$$

Dove

V è il volume in litri di acqua calda

q è il fabbisogno giornaliero di acqua calda per portata

p è il numero delle portate

Da normativa risulta che il fabbisogno giornaliero di acqua calda in un ristorante sia pari a 10 litri al giorno per persona. È poi necessario considerare che lo spazio ristorante ospita 58 posti a sedere; pertanto, considerando che l'attività operi a pieno

regime, sia avrà un massimo di 58 portate a pranzo e 58 portate a cena, per un totale di 116 portate.

Il fabbisogno di acqua calda risulta pertanto essere pari a

$$V = 10 \frac{l}{gg \cdot port} \cdot 116 port = 1160 \frac{l}{gg} = 1,16 m^3/gg$$

La quantità di calore necessaria per scaldare questo quantitativo di acqua è pari a:

$$P_w = \rho_w \cdot c_w \cdot V_w \cdot (t_{er} - t_{in}) = 33,698 KWh/gg$$

Considerando poi che anche il ristorante è attivo per 307 giorni all'anno, si calcola il fabbisogno energetico annuo per acqua calda:

$$E_w = 33,698 \frac{KWh}{gg} \cdot \frac{307 gg}{anno} = 10,345 MWh/anno$$

Centro polifunzionale

Per un centro polifunzionale il fabbisogno di acqua calda giornaliero è dato dalla formula

$$V = q \cdot S$$

Dove

q è il fabbisogno giornaliero in litri al metro quadro di superficie del locale

S è la superficie del locale

Nel caso di un centro polifunzionale dotato di sala conferenze, sala espositiva e servizi igienici, il fabbisogno giornaliero q è considerato pari a $0,2 \frac{l}{gg} al m^2$, mentre la superficie del centro è pari a $279,7 m^2$.

Risulta quindi

$$V = 0,2 \frac{l}{gg \cdot m^2} \cdot 279,7 m^2 = 55,94 \frac{l}{gg} = 0,056 m^3/gg$$

La quantità di calore necessaria per scaldare questo quantitativo di acqua è pari a:

$$P_w = \rho_w \cdot c_w \cdot V_w \cdot (t_{er} - t_{in}) = 1,623 \text{ KWh/gg}$$

Considerando poi che il centro polifunzionale è attivo per 156 giorni all'anno, si calcola il fabbisogno energetico annuo per acqua calda:

$$E_w = 1,623 \frac{\text{KWh}}{\text{gg}} \cdot \frac{156 \text{ gg}}{\text{anno}} = 0,254 \text{ MWh/anno}$$

Centro benessere

Si calcola ora il fabbisogno di acqua calda sanitaria per il centro benessere, utilizzando lo stesso procedimento appena adottato, ma considerando un fabbisogno giornaliero in funzione delle persone che usufruiscono il sito e non più in funzione della metratura. Per centri benessere il valore di fabbisogno giornaliero per persona risulta essere di 70 litri. Nel nostro caso, avendo a disposizione un centro SPA 349,3 m², si stima una clientela massima giornaliera di 42 persone. Di conseguenza la formula risulta essere:

$$V = 70 \frac{\text{l}}{\text{gg} \cdot \text{pers}} \cdot 42 \text{ pers} = 2940 \frac{\text{l}}{\text{gg}} = 2,94 \text{ m}^3/\text{gg}$$

La quantità di calore necessaria per scaldare questo quantitativo di acqua è pari a:

$$P_w = \rho_w \cdot c_w \cdot V_w \cdot (t_{er} - t_{in}) = 85,407 \text{ KWh/gg}$$

Considerando poi che il centro benessere è attivo per 307 giorni all'anno, si calcola il fabbisogno energetico annuo per acqua calda:

$$E_w = 85,407 \frac{\text{KWh}}{\text{gg}} \cdot \frac{307 \text{ gg}}{\text{anno}} = 26,22 \text{ MWh/anno}$$

Sommando i fabbisogni energetici annui delle rispettive destinazione d'uso, si ottiene il fabbisogno totale annuo di energia necessario all'intero borgo per ottenere acqua calda sanitaria. Esso risulta essere pari a :

$$E_{w,tot} = 44,948 \frac{MWh}{anno} + 10,345 \frac{MWh}{anno} + 0,254 \frac{MWh}{anno} + 26,22 \frac{MWh}{anno} = 81,767 \frac{MWh}{anno}$$

8.4 IMPIANTO CON CALDAIA A CIPPATO

Dopo aver quantificato il fabbisogno energetico per il riscaldamento invernale e per l'acqua calda sanitaria, si valuta e si propone ora una soluzione impiantistica in grado di soddisfare tali esigenze. Viene presa in considerazione la possibilità di installazione di un impianto di riscaldamento a cippato.

Nelle zone di montagna si fa ancora largo uso di impianti di riscaldamento a gas e a gasolio, e la cosa, soprattutto per gli esercizi alberghieri e turistici, comporta un notevole dispendio in termini finanziari soprattutto nei periodi invernali. Inoltre, le soluzioni energetiche di questo tipo sono caratterizzate da un alto livello di inquinamento, soprattutto se si considera il fatto che queste strutture turistiche sono insediate in luoghi di notevole valore ambientale.

Da una ricerca effettuata in Trentino su un campione di 139 alberghi di montagna a 3 stelle, risulta che ancora il 10% di essi si riscalda con il GPL e ben il 56 % ancora con il gasolio. Dalla medesima ricerca risulta inoltre che il consumo medio di energia sia tra i 7 e i 10 MWh/stanza/anno, di cui il 60 % per acqua calda sanitaria e il 40 % per riscaldamento. Il carico termico annuo si attesta dunque tra i 280 e i 400 MWh. Viene riportata la tabella che mette a confronto i prezzi dei combustibili per produrre 10 MWh di energia.

10 MWh termici equivalgono a	Combustibile	pci	Costo energia primaria €/Mwh
1.000 Nm ³	Metano	10 kWh/Nm ³	70
1.000 litri	Gasolio	10 kWh/l	108
1.466 litri	GPL	6,82 kWh/l	168
3,2 tonnellate	Cippato M35	3,11 kWh/kg	30
2,13 tonnellate	Pellet Gold /EN plus	4,6 kWh/kg	46

8.2_Confronto tra i prezzi dei vari combustibili

Risulta dunque che per la produzione della stessa quantità di energia, da un punto di visto economico, sono maggiormente convenienti i combustibili rinnovabili.

L'obiettivo che sta a monte della scelta impiantistica di studio è dunque quello di introdurre un sistema di riscaldamento innovativo, che sfrutti energie rinnovabili e non inquinanti e che si sostituisca ai tradizionali metodi di riscaldamento.

Altro aspetto da tenere in considerazione è quello della reperibilità delle materie combustibili. Trattandosi di una località di montagna nelle cui vicinanze (sia in Valsassina che nella bassa Valtellina) sono installate diverse segherie, risulta più conveniente la scelta di una caldaia a cippato, dal momento che si tratta di un materiale di scarto prodotto dalle attività che lavorano e trasformano il legno.

La scelta di una caldaia a cippato prevede un investimento iniziale notevole, pertanto è opportuno scegliere un apparecchio con certificazione UNI EN 303-05, in modo da garantire bassi consumi elettrici, alti rendimenti, emissioni contenute ed una lunga vita utile, in modo da poter ammortizzare l'investimento iniziale.

Per il caso di studio si è deciso di far ricadere la scelta su una caldaia con le seguenti caratteristiche:

- Caldaia a cippato
- Accumulo inerziale che nel caso di alberghi deve essere caratterizzato da almeno 40 l/KW
- Il silo di stoccaggio del cippato deve garantire almeno 15-20 giorni di autonomia nei mesi più freddi

Di seguito si riportano alcuni esempi di investimenti relativi ad installazione di impianti di riscaldamento a cippato, inseriti all'interno di alberghi da montagna.

“Hotel Barancio” a San Vito di Cadore (Belluno)

VALUTAZIONE ECONOMICA	
investimento	46.000 €
costo cippato autoprodotta	(100 msr/a) = 600 €/a (cippatura + carico cippato)
ipotesi di acquisto cippato	100 msr x 25 € = 2.500 €/a
costo gasolio	1,12 €/l x 7.580 l/a = ca. 8.500 €/a
risparmio (autoprod.)	7.900 €/a – Risparmio rispetto all’acquisto: 6.000 €/a
ammortamento semplice	46.000/7.900 = 6 anni
ammortamento semplice	46.000/6.000 = 7,5 anni
ammortamento semplice	18.400/7.900 = 2,3 anni (situaz. reale)
durata investimento	25 anni
guadagno	25-2,3=22,7 anni x 7.900 = 179.000 €
VALORE AGGIUNTO PER IL TERRITORIO LOCALE	
valore di sostituzione del gasolio	8.500 € x 25 anni = 212.500 €

“Residence al lago” ad Auronzo di Cadore (Belluno)

VALUTAZIONE ECONOMICA	
investimento	50.000 €
carico termico a regime	148 MWh (4.400 m3)
costo pellet	35 t x 200 € = 7.000 €/a
costo gasolio	1,12 €/l x 17.500 l/a = ca. 19.600 €/a
costo gasolio pre-riqualificaz. en	40.000 l x 1,12 € = 45.000 €/a
risparmio	12.600 €/a (con riqualif. en. energetica)
ammortamento semplice	50.000/12.600 = 4 anni
durata investimento	25 anni
guadagno	25-4=21 anni x 12.600 = 264.600 €
VALORE AGGIUNTO PELLETT VS GASOLIO E RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA	
mancato acquisto gasolio	19.600 € x 25 anni = 490.000 €
mancato acquisto gasolio con riqualif. en	45.000 € x 25 anni = 1.125.000 €

“Hotel Stella Alpina” a Falcade (Belluno)

VALUTAZIONE ECONOMICA	
investimento	240.000 €
costo cippato	26 €/msr x 500 msr/anno = 13.000 €/a
costo gasolio	1,12 €/l x 35.000 l/a = ca. 40.000 €/a
risparmio	27.000 €/a
ammortamento semplice	240.000/27.000 = 9 anni
durata investimento	25 anni
guadagno	25-9=16 anni x 27.000 = 432.000 €
VALORE AGGIUNTO PER IL TERRITORIO LOCALE	
valore di sostituzione del gasolio	40.000 € x 25 anni = 1 M€
valore di retribuzione del cippato locale	13.000 x 25 anni = 325.000 €

“Hotel Palace” a Bormio (Sondrio)

VALUTAZIONE ECONOMICA	
investimento	200.000 €
costo cippato	28 €/msr x 1800 msr/anno = 50.400 €/a
costo gasolio	1,12 €/l x 119.643 l/a = ca. 134.000 €/a
risparmio	83.600 €/a
ammortamento semplice	200.000/83.600 ~ 2,5 anni
durata investimento	25 anni
guadagno	25-2,5 = 22,5 anni x 84.000 = 1,8 M€
VALORE AGGIUNTO PER IL TERRITORIO LOCALE	
valore di sostituzione del gasolio	134.000 € x 25 anni = 3,35 M€
valore di retribuzione del cippato locale	50.0 25 anni = 1,25 M€

8.4.1 IMPIANTO DI TELERISCALDAMENTO

Per Luere si è deciso di introdurre un solo locale da adibire a centrale termica; si tratta del piano terra dell'edificio 2, posto nelle immediate vicinanze della strada e dunque ben accessibile per i rifornimenti; le varie utenze, pur essendo collocate a diverse decine di metri di distanza, verranno fornite di energia tramite una rete di teleriscaldamento. Una rete di teleriscaldamento consente infatti di distribuire calore alle varie abitazioni tramite un sistema di tubature interrato nelle quali scorre acqua calda. Questo metodo centralizzato di rifornimento calorifero trova la migliore applicazione in località di montagna, dove vi è la necessità di riscaldamento per molti mesi all'anno e dove vi è facilità di reperimento di materie prime quali ad esempio il cippato.

I vantaggi del teleriscaldamento risiedono nella possibilità di minimizzare i consumi dal momento che se venissero installate più caldaie, ad esempio una per ogni utenza, queste ultime si accenderebbero e si spegnerebbero in maniera molto frequente per adeguarsi all'utilizzo della singola abitazione. Con un impianto centralizzato, invece, la caldaia manterrebbe un andamento costante, dal momento che i periodi di utilizzo e di non utilizzo si compenserebbero a vicenda.

8.5 UNITA' DI TRATTAMENTO DELL'ARIA (UTA)

Si propone di inserire e dimensionare unità di trattamento dell'aria solo nei locali che sono ritenuti affollati e frequentati in maniera collettiva. Negli alloggi dell'albergo diffuso non si prevede di inserire particolari dispositivi di aerazione, visto le ridotte dimensioni dei locali interni; in questi casi i ricambi d'aria possono essere garantiti dal semplice cambio d'aria per ventilazione dovuto all'apertura dei serramenti. Per quanto riguarda invece il ristorante, le cucine, il centro polifunzionale e il centro benessere si prevede di introdurre dei dispositivi di ventilazione, da utilizzare sia per la climatizzazione estiva che per il riscaldamento invernale.

Il gruppo di ventilazione è progettato per spingere l'aria all'interno di canalizzazioni attraverso le quali si immette l'aria trattata in più locali contemporaneamente. Alimentati con acqua refrigerata proveniente da un refrigeratore rendono l'aria dei locali fresca, asciutta e pulita, mentre se alimentati con acqua calda proveniente dalla caldaia, forniscono aria calda pulita.

Trattandosi di locali con differenti destinazioni d'uso si prevede di suddividere l'impiego di questo sistema per aree, in modo da consentire il trattamento separato delle varie aree e di avere delle macchine di potenze ridotte.

I trattamenti che avvengono all'interno di un'UTA sono quello di trasformazione di raffreddamento, trasformazione di umidificazione ad acqua e post riscaldamento. Inoltre si è considerato un sistema misto aria-acqua che garantisce una miglior gestione del comfort termico.

La composizione e il dimensionamento dell'UTA possono essere fatti per aggregazione dei seguenti componenti:

- sezione ventilante: comprende il telaio del gruppo moto ventilante, il ventilatore, il motore, la trasmissione a cinghie e pulegge, la slitta tendicinghia, la tela antivibrante di raccordo fra la bocca del ventilatore ed il pannello frontale, i supporti antivibranti e microinterruttore per l'arresto del ventilatore all'apertura della porta
- sezione batterie di raffreddamento e separatori

- sezione batterie di riscaldamento – batterie elettriche
- sezione recuperatori rotativi: il recuperatore di calore scelto è uno di tipo rotativo entalpico con efficienza η del 80%; questo è il sistema più efficiente grazie alla superficie di scambio molto elevata in rapporto al volume. Esso permette il recupero del calore latente, oltre che del calore sensibile, con notevole aumento della resa globale dell'unità. La possibilità di recuperare umidità consente inoltre di ridurre l'impiego dei dispositivi di umidificazione.
- sezioni di filtrazione
- sezione silenziatore
- sezioni di umidificazione

8.6 DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA A PANNELLI RADIANTI

La distribuzione del calore tramite impianto di riscaldamento avviene mediante pannelli radianti integrati nei pacchetti delle pavimentazioni nella totalità degli edifici recuperati di Luere. Mentre negli alloggi dell'albergo diffuso questo rappresenta l'unico metodo di riscaldamento, negli edifici destinati ad uso collettivo quali ristorante, centro polivalente e centro benessere, tale sistema è integrato con batterie di riscaldamento dell'aria immessa nell'impianto di aerazione meccanica.

Il calore si trasferisce per irraggiamento, pertanto si evitano le conseguenze dovute alle correnti convettive che fanno sì che l'aria calda vada a confinarsi nelle zone alte del locale, lasciando fredde le zone più basse vicine al pavimento.

I vantaggi connessi all'utilizzo di pannelli radianti sono il benessere termico, le condizioni igieniche e l'impatto ambientale e il risparmio energetico. Questo tipo di sistema permette inoltre un notevole risparmio energetico dal momento che nel regime invernale consente la circolazione di acqua ad una temperatura che varia dai 25 ai 45 °C (in funzione della temperatura invernale esterna), che sviluppano una temperatura interna che va dai 22 °C nella zona più bassa del locale, ai 18 °C nella parte più alta. Un altro vantaggio consiste nel fatto che è possibile far funzionare i pannelli anche in regime estivo e dunque ai fini del raffrescamento; è possibile infatti fare circolare nelle tubature acqua ad una temperatura intorno ai 13-14 °C, sempre in funzione della temperatura esterna e dell'umidità interna. Inoltre la resa frigorifera è molto limitata, poiché negli impianti a pannelli non è possibile abbassare troppo la temperatura del pavimento senza provocare fenomeni di condensa superficiale. Per questo motivo risulta difficile ottenere potenze frigorifere superiori a 40 – 50 W/m^2 . L'incapacità di deumidificare dipende invece dalla natura stessa degli impianti a pannelli i cui terminali (cioè i pavimenti) non possono far condensare ed evacuare parte dell'acqua contenuta nell'aria.

Il fluido proveniente dalla centrale termica attraverso le colonne della rete principale viene distribuito alla rete secondaria, quindi ai singoli collettori presenti in ciascun piano e tramite questi ai singoli pannelli che vanno a coprire i vari ambienti. I collettori

vengono normalmente realizzati in ottone con condotti di andata e ritorno fra loro indipendenti.

Per poter funzionare in modo corretto e permettere la manutenzione dell'impianto, devono essere dotati dei seguenti dispositivi di controllo e regolazione:

- valvole di intercettazione generale
- valvole di intercettazione dei pannelli
- valvole micrometriche per la regolazione dei pannelli
- valvole automatiche di sfiato
- rubinetti di scarico

I tubi in materia plastica sono quelli che meglio si prestano a realizzare i pannelli, perché a differenza dei tubi metallici sono più facili da porsi in opera, non si corrodono e non consentono il formarsi di incrostazioni. I più usati sono quelli in polietilene reticolato (PEX), polibutene (PB) e polipropilene (PP). Tutti i tubi realizzati in plastica devono essere dotati di barriere contro la diffusione dell'ossigeno dal momento che questo gas può causare la corrosione della caldaia e dei tubi metallici. Ogni stanza deve essere riscaldata con uno o più pannelli specificatamente riservati così da rendere possibile regolare la sua temperatura ambiente in modo autonomo, cioè senza modificare l'equilibrio termico degli altri locali.

I pannelli possono avere due tipi di sviluppo, a serpentina o a spirale. Lo sviluppo a spirale offre

- una temperatura superficiale più omogenea, dato che (a differenza di quanto avviene con le serpentine) i suoi tubi di andata e di ritorno si sviluppano fra loro in modo alterno
- una maggior facilità di posa in opera, in quanto la realizzazione delle spirali richiede solo due curve a 180°, quelle centrali, cioè quelle in cui lo sviluppo della spirale si inverte.

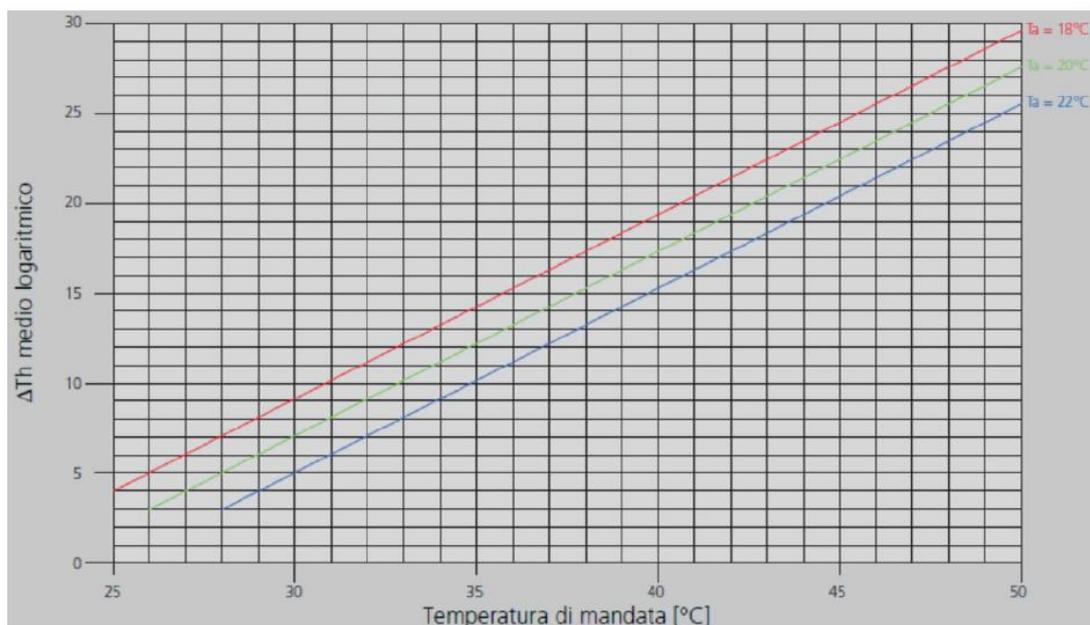
I pannelli possono essere realizzati ad interasse variabile con tubi più ravvicinati in corrispondenza di vetrate o pareti molto disperdenti, oppure con interasse costante.

A titolo esemplificativo si riporta il dimensionamento del passo e della resa termica dei pannelli radianti nell'edificio 1, caratterizzato dai seguenti dati:

- Superficie pavimento: $26,70 \text{ m}^2$
- Fabbisogno invernale: $3,206 \text{ KW}$
- Fabbisogno al m^2 : $0,12 \text{ KW}/\text{m}^2 = 120 \text{ W}/\text{m}^2$
- Temperatura massima di mandata: 38°C
- Temperatura massima del pavimento: 26°C
- Temperatura ambiente nel periodo invernale: 20°C

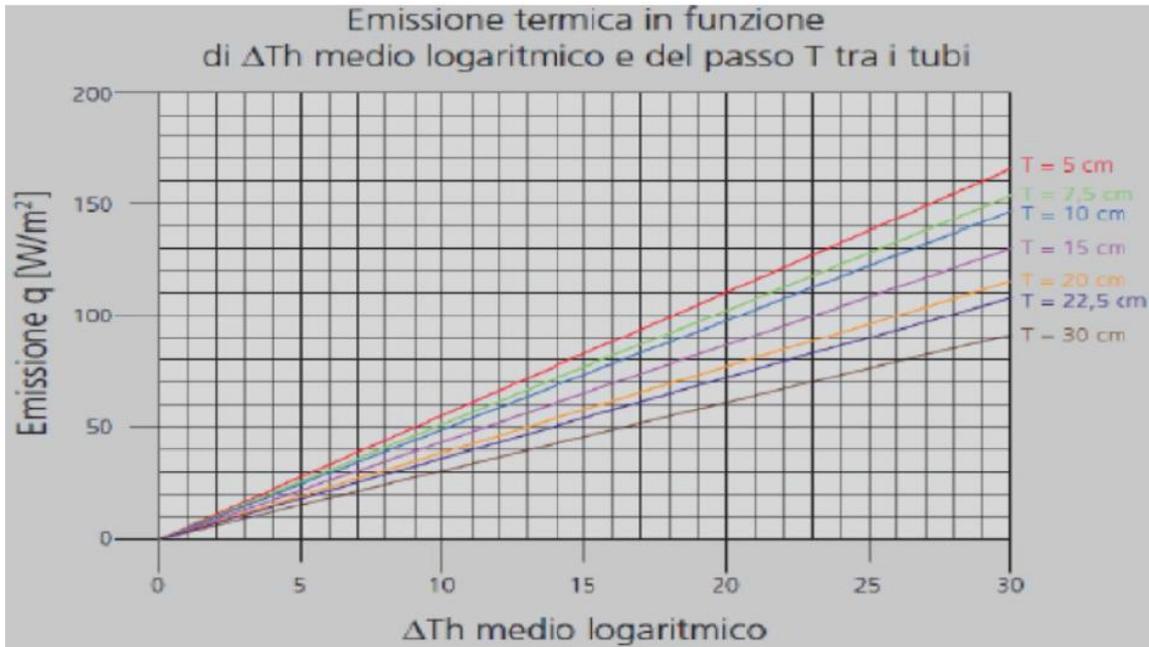
Il dimensionamento avviene in conformità alla norma UNI EN 1264-3.

Conoscendo i dati appena elencati ed utilizzando il grafico seguente, si identifica il valore ΔT_h medio logaritmico, che risulta essere pari a $15,3^\circ \text{C}$.



8.3_Grafico per l'individuazione del ΔT_h medio logaritmico

Conoscendo il valore di $\Delta T_h = 15,3^\circ \text{C}$ e sapendo che il fabbisogno termico invernale al m^2 è pari a $120 \text{ W}/\text{m}^2$, è possibile analizzare il seguente grafico per individuare il valore del passo T delle serpentine, che risulta essere pari a $T = 5 \text{ cm}$.



8.4_Grafico per l'individuazione del passo delle serpentine

Per tale analisi si è considerato solo il valore di emissione termica relativa al regime invernale, dal momento che, pur essendo i pannelli utilizzabili anche per raffrescamento, essi sono principalmente utilizzati per il riscaldamento invernale. Pertanto il dimensionamento del passo in regime invernale non viene preso in considerazione.

Le portate delle varie tubazioni si calcolano come inverso della seguente formula

$$Q = (Tm - Tr) \cdot G \cdot c$$

$$G = Q / [c \cdot (Tm - Tr)]$$

Dove

Q è l'emissione, cioè la potenza in W richiesta da ogni locale

$Tm - Tr = 3^\circ C$ è la differenza tra la temperatura di mandata e la temperatura di ritorno (rispettivamente $Tm = 38^\circ C$ e $Tr = 35^\circ C$)

$$c = 1,16 \frac{W}{l}$$

G è la portata in l/h

Il dimensionamento dell'intero impianto radiante procede determinando per ogni locale il numero di pannelli necessari e il loro passo. Si calcola anche la lunghezza lineare di ciascun pannello, considerando che non esistono particolari limiti in merito al valore di questa grandezza ma che nelle applicazioni civili/pubbliche è consigliabile non andare oltre le lunghezze commerciali dei rotoli di tubo (120 ÷ 150 metri).

Nel progettare la disposizione dei pannelli occorre porre attenzione alle distanze fra i tubi e le strutture che delimitano l'ambiente, in quanto devono essere almeno di:

- 5 cm nel caso di pareti e di pilastri,
- 20 cm nel caso di canne fumarie, caminetti e gabbie di ascensori.

Inoltre i tubi dei pannelli non devono interferire con i tubi di scarico e non devono passare sotto le vasche, i piatti doccia, i WC e i bidet, a meno che questi ultimi non siano di tipo sospeso.

Il salto termico tra temperatura di mandata e ritorno è pari a 3°C; si mantiene un valore non troppo alto sia per non abbassare eccessivamente la resa dei pannelli sia per non avere temperature superficiali troppo discontinue che potrebbero causare sensazioni di discomfort termico.

Conoscendo le portate è possibile calcolare quale deve essere il diametro delle tubazioni di mandata e ritorno per ciascun montante nonché della tubazione che le riunisce per arrivare nella sottostazione, ovvero si procede con il dimensionamento della rete di distribuzione.

8.7 FABBISOGNO DI ENERGIA ELETTRICA

All'interno di questo paragrafo si prendono in considerazione i principali consumi di energia elettrica che interessano il borgo di Luere. Da una parte si vanno a calcolare i consumi dovuti alle apparecchiature elettriche che interessano la cucina del ristorante e a dimensionare gli apparecchi di illuminazione.

8.7.1 FABBISOGNO ELETTRICO PER APPARECCHIATURE

La maggior parte degli apparecchi elettrici che comportano un notevole consumo di energia, sono collocati nella cucina del ristorante. Pertanto, a titolo di esempio, si riporta solo il calcolo del fabbisogno elettrico per le apparecchiature di questo locale.

Si effettua una stima secondo tale tabella:

APPARECCHIO	N° APPARECCHI	POTENZA APP. (W)	POTENZA TOT. (W)	UTILIZZO (h/gg)	CONSUMO (Wh/gg)
Friggitrice	1	470	470	2	940
Griglia per carne	1	1 140	1 140	3	3 420
Forno	2	700	1 400	4	5 600
Cella frigorifera	1	3 000	3 000	24	72 000
Asciugatore mani	6	1 600	9 600	0,5	4 800
Asciugacapelli	2	670	1 340	1	1 340
Macchina caffè	3	260	780	8	6 240
Computer	1	200	200	8	1 600
Lavastoviglie	2	6 000	1 200	4	4 800
Lavatrice	1	2 700	2 700	1	2 700
Asciugatrice	1	2 000	2000	1	2 000
Affettatrice	1	50	50	1	50

8.5_Tabella dei fabbisogni elettrici per apparecchiature

Sommando i consumi giornalieri per ogni apparecchio risulta un valore di

$$105,490 \text{ KWh/gg}$$

Ora, ipotizzando che il ristorante sia in funzione tutti i mesi dell'anno, eccetto novembre e febbraio, si calcola che sia attivo per 307 giorni all'anno.

Pertanto il fabbisogno annua di energia elettrica per apparecchiature nel ristorante risulta essere:

$$105,490 \frac{\text{KWh}}{\text{gg}} \cdot \frac{307 \text{ gg}}{\text{anno}} = 32,385 \text{ MWh/anno}$$

8.7.2 SISTEMA DI ILLUMINAZIONE

A titolo di esempio si riporta una verifica in termini illuminotecnici relativa al sistema di illuminazione all'interno della sala ristorante. Si decide di dotare questo locale di un sistema di illuminazione costituito da faretti LED.

Da un'analisi relativa al posizionamento dei punti luce, risulta che, posizionando un faretto indicativamente sopra a ciascun tavolo e considerando la posizione più sfavorevole del punto P, il faretto verrà ad essere posizionato ad una distanza in pianta di circa 1,2 m dal muro. Lo studio consiste nel verificare che nel punto P collocato nell'angolo a distanza 1,2 m dalla sorgente luminosa puntuale, sia soddisfatto il livello di illuminamento raccomandato.

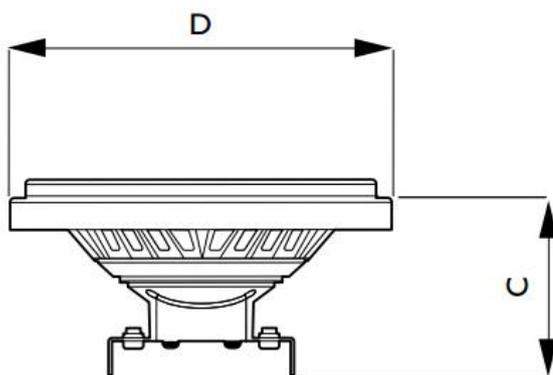
Da normativa risulta che i livelli di illuminamento raccomandati per ciascun locale, in base alla destinazione d'uso, sono i seguenti:

LOCALE	E_n (lux)
Ingresso	100
Corridoi	100
Deposito rifiuti	100

Bagni	100
Scale	150
Spogliatoi	200
Ristorante/bar	200
Reception	250
Cucina	500

8.6_Livelli di illuminamento raccomandati in base alle destinazione d'uso

Si è deciso di adattare come punto luce un faretto LED con le seguenti caratteristiche:



8.7_Faretto LED a giunto cardanico

- Dimensioni: $D = 111 \text{ mm}$
 $C = 60,5 \text{ mm}$
- Massa: $0,122 \text{ kg}$
- Tipologia: faretti LED a giunto cardanico, girevoli a 360° e orientabili a 40°
- Temperatura di colore: 3000 K
- Potenza nominale: 15 W
- Flusso luminoso: $3,38 \text{ Klm}$

L'illuminamento E_h si calcola con la seguente formula:

$$E_h = \frac{I}{h^2}$$

Dove

E_h è l'illuminamento misurato in *lux*

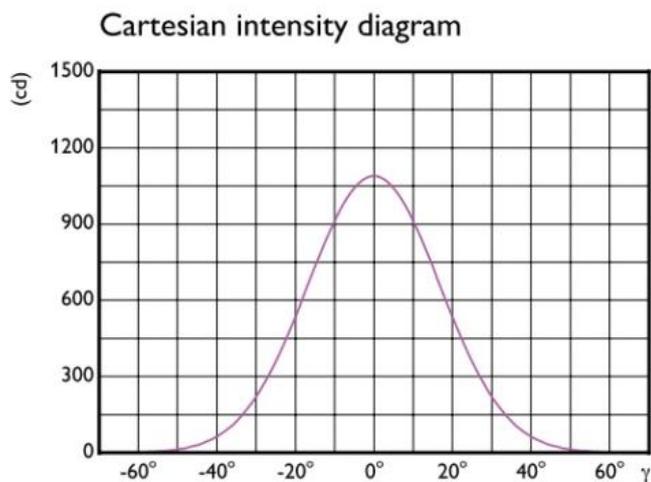
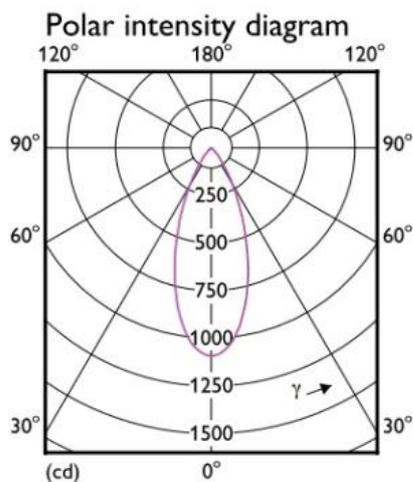
I è l'intensità luminosa misurata in *candele*

h è la distanza tra il punto P e il punto luce

A questo punto si procede calcolando la geometria e la posizione del punto P rispetto al faretto. Considerando un'altezza interna di 2,70 m e una distanza in pianta di 1,2 m, risulta che la distanza tra il punto P e il punto luce sia $h = 2,95 \text{ m}$.

L'angolo che si viene a formare sul piano verticale sarà dunque pari a $\alpha = 24^\circ$.

Una volta scelto l'apparecchio luminoso da adottare, si va a considerare la relativa curva fotometrica. La curva fotometrica rappresenta graficamente come una sorgente luminosa emette luce nello spazio; è possibile ricavare infatti in che direzione tale sorgente emette la luce e con quale intensità. A qualsiasi oggetto che emette luce può essere associata una curva fotometrica, sia esso una semplice lampadina, un apparecchio illuminante o uno schermo che riflette della luce. La curva fotometrica di un apparecchio d'illuminazione consente di prevedere il suo impatto sull'ambiente circostante.



8.8_Curva fotometrica

I valori delle intensità luminose sono generalmente espressi facendo riferimento a un flusso di 1000 *lm*.

Analizzando tali grafici è possibile ricavare che per un angolo a $\alpha = 24^\circ$ l'emissione luminosa prodotta dalla lampada è di 550 *cd/Klm*.

Con questo dato e con il valore del flusso luminoso del faretto noto, è possibile calcolare il valore dell'intensità luminosa:

$$I = 550 \frac{cd}{Klm} \cdot 3,38 Klm = 1859 cd$$

Ora si calcola il valore dell'illuminamento con la seguente formula:

$$E = \frac{I}{h} = \frac{1859 cd}{(2,95 m)^2} = 213,62 lux > 200 lux$$

Il valore appena trovato è superiore al livello di illuminamento raccomandato per sale da ristorante, pertanto risulta essere verificato!

