



CAPITOLO VI - DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI

1. INTRODUZIONE

Costruire un buon involucro termico per l'edificio permette, grazie al ridotto fabbisogno per riscaldamento e raffrescamento, di poter sfruttare meglio anche le tecnologie impiantistiche oggi a disposizione. Se quindi la riduzione dei fabbisogni energetici dell'edificio è il primo obiettivo di una costruzione ambientalmente sostenibile ed energeticamente sensibile, l'utilizzo di un'impiantistica moderna, efficiente e che fa il più ampio uso di energie rinnovabili è il passo successivo.

2. CALCOLO DEL CARICHI TERMICI

Il calcolo dei carichi termici per la stagione invernale ed estiva costituisce il primo passo per il dimensionamento di qualsiasi impianto di condizionamento dei locali di un edificio. In particolare il carico termico è pari alla quantità di energia termica che un locale disperde verso l'ambiente esterno durante l'inverno o parallelamente il flusso di calore che lo stesso locale accumula in estate. In entrambi i casi si considera una condizione ambientale media in modo tale da non determinare un sovradimensionamento degli impianti stessi. Si può facilmente capire che maggiore sarà l'accuratezza con cui verrà condotto il calcolo e più si sarà in grado di controllare la risposta degli impianti di condizionamento durante l'intero arco dell'anno. D'altro canto si ritiene appropriato sottolineare che dalla determinazione dei carichi termici dipende il benessere igrotermico degli utenti dell'edificio.

A. DETERMINAZIONE DEL CARICO TERMICO INVERNALE

Mediante il calcolo carico termico invernale si è in grado di determinare la quantità di energia da fornire, sotto forma di calore, a ciascun locale dell'edificio. In questo calcolo rientrano solo quei locali che, confinando con l'ambiente esterno, disperdono energia termica per trasmissione. Non verranno quindi considerati i locali dell'edificio che non confinando con l'esterno non ammettono una trasmissione di energia termica in quanto il flusso di calore ceduto da un locale ad un altro alla medesima temperatura è nullo.

La relazione tramite la quale è possibile determinare l'entità del flusso di calore che attraversa un elemento tecnologico, solaio o chiusura verticale, confinante con l'ambiente esterno è

$$Q = k S \Delta T \text{ dove:}$$

Q è il flusso termico che attraversa l'elemento tecnologico considerato

k è la trasmittanza della soluzione tecnologica, i cui valori sono riportati in tabella 1

S è l'ampiezza della superficie dell'elemento considerato confinante con l'ambiente esterno

ΔT è l'escursione termica tra ambiente interno riscaldato ed esterno.

La temperatura di progetto invernale interna per edifici a destinazione residenziale è 20°C mentre quella esterna invernale dipende dal sito di progetto e nel caso della provincia di Como è stimata pari a -7°C.



Elemento tecnologico	Trasmittanza [W/m ² K]
COO 01	0,250
COO 02	0,149
COO 03	0,145
COO 04	0,143
COO 05	0,146
CVO 01	0,149
CVO 02	0,136
CVO 03	0,146
CVO 04	0,131
Singola vetrocamera	1,200
Doppia vetrocamera	0,880

Tabella 1. Trasmittanze caratteristiche degli elementi tecnologici

Per le chiusure verticali il risultato andrà poi amplificato per un coefficiente correttivo che tiene conto dell'esposizione.

Sud	1,00
Nord	1,20
Ovest	1,10
Est	1,15

Tabella 2. Coefficienti correttivi di esposizione

Tale coefficiente sarà minimo per l'esposizione Sud poiché nel nostro emisfero le pareti esposte a Sud sono raggiunte direttamente dai raggi del sole, ciò significa un guadagno solare per gli ambienti interni, mentre sarà massimo per l'esposizione Nord in quanto le pareti aventi tale esposizione non saranno mai raggiunte direttamente dai raggi del sole quindi non si determinano guadagni solari.

B. DETERMINAZIONE DEL CARICO TERMICO ESTIVO

A differenza del caso invernale, si parla qui di flusso di calore entrante nel locale dall'ambiente esterno in quanto questo è caratterizzato da una temperatura maggiore rispetto all'interno dell'edificio. Il calcolo del carico termico estivo è necessario per la determinazione della quantità di energia termica da asportare dai locali dell'edificio e quindi permettere in una fase successiva il dimensionamento delle macchine frigorifere.

Per il calcolo del carico termico dell'edificio in regime estivo, devono essere sommati più effetti, ossia:

il flusso di calore entrante per trasmissione dalle chiusure verticali opache e trasparenti;

il flusso di calore entrante per irraggiamento dalle chiusure verticali trasparenti;

i carichi termici che si sviluppano all'interno del locale, dovuti alla presenza di persone e di apparecchiature elettriche in funzione.

I. CALCOLO DEL FLUSSO ENTRANTE PER TRASMISSIONE ATTRAVERSO LE CHIUSURE OPACHE

La formula tramite la quale è possibile stimare l'entità del flusso termico entrante per trasmissione attraverso le chiusure opache verticali e orizzontali confinanti con l'ambiente esterno è

$$Q = k S \Delta T_e \text{ dove:}$$



Q è il flusso termico che attraversa l'elemento tecnologico considerato
 k è la trasmittanza della soluzione tecnologica, riportata in tabella 1
 S è l'ampiezza della superficie dell'elemento considerato confinante con l'ambiente esterno
 ΔT_e è la differenza di temperatura equivalente tra un locale interno e l'ambiente esterno.
 La differenza di temperatura equivalente è un artificio che consente ancora di utilizzare la relazione classica $Q = k S \Delta T$ per il calcolo del calore trasmesso attraverso elementi tecnologici opachi e trasparenti. La variabilità della temperatura esterna e dell'irraggiamento solare porta a modificare la differenza di temperatura di calcolo poiché questa deve tenere necessariamente conto dell'inerzia delle pareti, del mese, del giorno e dell'ora di calcolo, dell'esposizione e della latitudine, del colore e quindi del fattore di assorbimento.
 Nel nostro caso, dovendo massimizzare il valore della differenza di temperatura equivalente, ci si riferisce alla data del 21 Luglio che corrisponde al giorno più caldo dell'anno, in modo tale da porsi nella condizione di carico termico più alta per l'impianto di condizionamento. La latitudine considerata per il comune di Erba è di 45° Nord, la massa frontale delle chiusure verticali opache è di circa 100 Kg/m² per la CVO 01 e CVO 03 e di circa 500 Kg/m² per la CVO 02 e CVO 04 mentre per i solai il peso è di circa 400 Kg/m². I valori risultanti dall'incrocio di questi parametri sono riportati nelle tabelle 3 e 4.

Massa frontale	Esposizione	ΔT_e
[Kg/m ²]		[°C]
100	Nord	6,90
	Nord-Est	13,10
	Nord-Ovest	20,30
	Est	19,70
	Sud	10,80
	Sud-Est	15,20
500	Nord	4,20
	Nord-Est	8,50
	Nord-Ovest	11,90
	Est	13,60
	Sud	9,70
	Sud-Est	10,20

Tabella 3. Differenza di temperatura equivalente per le chiusure verticali opache

Massa frontale	Esposizione	ΔT_e
[Kg/m ²]		[°C]
400	Al sole	20,30
	In ombra	5,30

Tabella 4. Differenza di temperatura equivalente per le chiusure orizzontali opache

II. CALCOLO DEL FLUSSO ENTRANTE PER TRASMISSIONE ATTRAVERSO LE CHIUSURE TRASPARENTI

Per quanto riguarda le chiusure verticali trasparenti, la trasmissione di calore dall'ambiente esterno al locale interno avviene sia per trasmissione che per irraggiamento: dovranno quindi essere sommati i flussi entranti per entrambi gli effetti.

La formula con la quale è possibile stimare l'entità del flusso termico entrante per trasmissione attraverso le chiusure trasparenti confinanti con l'ambiente esterno è la medesima di quella già vista nel caso invernale.



La temperatura di progetto interna estiva per edifici a destinazione residenziale è compresa tra i 23-27°C; si desidera mantenere una condizione di comfort che fissa la temperatura interna al valore di 24°C ed un tasso di umidità relativa pari al 50% mentre la temperatura di progetto esterna estiva dipende dal sito di progetto e rappresenta una media delle temperature massime registrate in loco in un intervallo di tempo sufficientemente ampio e nel caso della provincia di Como è stimata pari a 33°C.

III. CALCOLO DEL FLUSSO ENTRANTE PER IRRAGGIAMENTO ATTRAVERSO LE CHIUSURE TRASPARENTI

La formula con la quale è possibile stimare l'entità del flusso termico entrante per irraggiamento attraverso le chiusure trasparenti confinanti con l'ambiente esterno ed esposte al sole è

$$Q = FGS SC S \text{ dove:}$$

Q è il flusso termico che attraversa l'elemento tecnologico considerato
 SC è il coefficiente di attenuazione dei vetri considerati, cioè il rapporto fra il guadagno solare attraverso il vetro in esame posto in un determinato luogo in determinate condizioni, e quello del vetro di riferimento posto nello stesso luogo e nelle medesime condizioni. Tali valori sono riportati in tabella 5.

Elemento	SC
	[%]
Singola vetrocamera	0,48
Doppia vetrocamera	0,13

Tabella 5. Valori del coefficiente di attenuazione SC per i tipi di vetri utilizzati

S è l'ampiezza della superficie vetrata esposta all'irraggiamento diretto da parte del sole. Al fine di quantificare la superficie vetrata netta esposta al sole è necessario determinare la proiezione dell'ombra degli oggetti sulla superficie vetrata utilizzando gli angoli di azimut α e zenit β relativi al giorno del 21 Luglio e ad un orario in cui la radiazione è pressoché ortogonale al vetro in modo tale da minimizzare il coefficiente di riflessione e le proiezioni di ombra degli oggetti sul vetro stesso. I valori degli angoli con cui vengono calcolate le proiezioni degli oggetti sulle superfici trasparenti sono riportati in tabella 6.

Esposizione	α	β
	[°]	[°]
Nord-Est	70,90	45,60
Est	54,40	54,90
Sud	-0,10	64,90
Sud-Est	31,00	62,00
Ovest	-59,00	56,30
Sud-Ovest	-54,40	54,90
Nord-Ovest	-71,00	45,60

Tabella 6. Posizione del sole per i diversi orientamenti delle superfici vetrate

FGS è il valore del guadagno solare ottenuto tramite la relazione $FGS = F I$ dove:
 F è il fattore di trasmissione effettivo dell'energia solare, cioè il rapporto fra guadagno solare e radiazione solare incidente
 I è la radiazione solare diretta massima incidente sulla superficie vetrata relativa a ciascuna esposizione delle superfici vetrate



E' facile quindi capire che tali valori dipendono dalla latitudine del sito considerato e dall'esposizione della parete vetrata in esame oltre che dall'ora e dalla data in cui si rilevano; vengono considerati i valori di irraggiamento massimi per mese e ora.

Nel nostro caso la latitudine considerata per il comune di Erba è di 45° Nord e vengono rilevati i valori di FGS massimi per ciascuna esposizione, riportati in tabella 7.

Esposizione	I	F	FGS
	[W/m ²]	[%]	[W/m ²]
Nord	51	0,776	40
Nord-Est	404	0,814	329
Nord-Ovest	404	0,814	329
Est	513	0,834	428
Sud	516	0,786	406
Sud-Est	509	0,837	426
Ovest	513	0,834	428
Sud-Ovest	509	0,837	426

Tabella 7. Valori di FGS massimi per esposizione

I valori di FGS così ottenuti devono essere poi amplificati mediante dei coefficienti che tengono conto dell'altezza sul livello del mare del sito e del ponte termico del serramento.

Dato che i distanziali dei vetri che si sono scelti assicurano una prestazione termica migliorata rispetto a quelli tradizionali di alluminio, il ponte termico da considerarsi è pari al 9% mentre per l'effetto altimetrico si dovrà sommare al valore della radiazione diretta lo 0,7% per ogni 300m sul livello del mare del sito in esame; il comune di Erba presenta un'altimetria media pari a 320m slm.

Esposizione	FGS
	[W/m ²]
Nord	56
Nord-Est	443
Nord-Ovest	443
Est	563
Sud	566
Sud-Est	559
Ovest	563
Sud-Ovest	559

Tabella 8. Valori di FGS corretti

IV. CALCOLO DEI CARICHI TERMICI METABOLICI

I carichi termici interni dipendono dalla presenza di persone e di apparecchiature elettriche: il primo dipende dal tipo di attività svolta della persona, dalla temperatura interna del locale e dal numero di persone. Tralasciando il numero di persone presenti, in quanto varia a seconda del locale e della sua capienza, la temperatura interna dei locali è di 24°C ed i carichi relativi sono riportati in tabella 9. Nel nostro caso la presenza di persone è considerata solo nelle camere, nello studio, nel soggiorno e in cucina in quanto negli altri locali non rappresentano un carico termico significativamente duraturo nel tempo.

Si ritiene non necessaria la determinazione dei carichi termici dovuti alle apparecchiature elettriche data la loro dimensione contenuta ed il loro utilizzo non continuativo e contemporaneo durante l'arco della giornata.



	Carico termico sensibile	Carico termico latente
Tipo di attività	[W/persona]	[W/persona]
Seduto a riposo	70	35
Seduto/ lavoro leggero	70	46
Attività moderata	70	58

Tabella 9. Carichi termici dovuti alla presenza di persone

Nelle pagine seguenti sono riportate le tabelle di calcolo del carico termico invernale e di quello estivo, distinto in sensibile e latente, per ciascun locale degli appartamenti. In particolare per il solo appartamento 1 si riporta la suddivisione del carico termico invernale ed estivo per ciascuna chiusura e in seguito il dimensionamento dell'impianto a pannelli.

APPARTAMENTO 1							
Locale	Superficie locale	Volume locale	Esposizione chiusura	Trasmittanza chiusura	Carico termico invernale	Carico termico estivo sensibile	Carico termico estivo latente
	[m ²]	[m ³]		[W/m ² K]	[W]	[W]	[W]
Soggiorno	77,00	231			971	1383	140
Solaio	38,30		Orizzontale	0,146	150,98	29,64	
Parete	28,90		Sud	0,149	116,26	46,51	
Vetrata	23,48		Ovest	0,880	613,54	959,20	
Soffitto	22,45		Orizzontale	0,149	90,32	67,90	
Carichi interni						280,00	140,00
Cucina	19,50	59			265	231	116
Solaio	19,50		Orizzontale	0,146	76,87	15,09	
Parete	9,30		Est	0,149	43,03	27,30	
Parete	15,20		Sud	0,149	61,13	24,45	
Finestra	2,25		Est	1,200	83,84	24,30	
Carichi interni						140,00	116,00
Bagno 1	20,00	60			215	115	
Parete	9,45		Est	0,149	43,72	27,74	
Finestra	2,40		Est	1,200	89,42	25,92	
Soffitto	20,43		Orizzontale	0,149	82,19	61,79	
Camera 1	23,17	70			350	656	92
Vetrata	11,93		Ovest	0,880	311,67	487,26	
Soffitto	9,43		Orizzontale	0,149	37,94	28,52	
Carichi interni						140,00	92,00
Camera 2	21,27	64			373	691	92
Vetrata	12,75		Ovest	0,880	333,23	520,97	
Soffitto	9,77		Orizzontale	0,149	39,30	29,55	
Carichi interni						140,00	92,00
Camera 3	26,93	81			132	195	92
Parete	10,50		Est	0,149	48,58	30,82	
Finestra	2,25		Est	1,200	83,84	24,30	
Carichi interni						140,00	92,00
Bagno 2	20,13	60			133	54	
Parete	9,53		Est	0,149	44,07	27,96	
Finestra	2,40		Est	1,200	89,42	25,92	

Tabella 10. Determinazione dei carichi termici per l'appartamento 1



APPARTAMENTO 2					
Locale	Superficie locale	Volume locale	Carico termico invernale	Carico termico estivo sensibile	Carico termico estivo latente
	[m ²]	[m ³]	[W]	[W]	[W]
Soggiorno	62,53	188	1163	1157	256
Bagno 1	6,00	18	104	42	
Bagno 2	6,00	18	104	42	
Camera 1	15,09	45	189	66	92
Camera 2	15,38	46	257	110	92
Disimpegno	3,97	12	24	9	
Locale tecnico	7,32	22	74	23	

Tabella 11. Determinazione dei carichi termici per l'appartamento 2

APPARTAMENTO 3					
Locale	Superficie locale	Volume locale	Carico termico invernale	Carico termico estivo sensibile	Carico termico estivo latente
	[m ²]	[m ³]	[W]	[W]	[W]
Soggiorno	49,39	148	994	1121	140
Cucina	29,38	88	458	1008	116
Bagno 2	11,00	33	103	39	
Bagno 1	8,47	25	135	113	
Camera 1	25,51	77	379	555	92
Camera 2	21,93	66	119	39	
Camera 3	16,54	50	181	69	92
Locale tecnico	3,46	10	28	13	
Corridoio	8,58	26	68	33	
Studio	45,13	135	798	1483	116
Camera 4	19,19	58	254	111	92
Locale tecnico	3,48	10	31	17	
Disimpegno	3,96	12	32	15	

Tabella 12. Determinazione dei carichi termici per l'appartamento 3

APPARTAMENTO 4					
Locale	Superficie locale	Volume locale	Carico termico invernale	Carico termico estivo sensibile	Carico termico estivo latente
	[m ²]	[m ³]	[W]	[W]	[W]
Soggiorno	64,37	193	406	583	140
Cucina	29,38	88	457	621	116
Bagno 2	4,87	15	20	8	
Bagno 1	9,92	30	157	142	
Camera 1	26,72	80	150	52	92
Camera 2	22,87	69	122	40	92
Locale tecnico	4,30	13	17	6	

Tabella 13. Determinazione dei carichi termici per l'appartamento 4



APPARTAMENTO 5					
Locale	Superficie locale	Volume locale	Carico termico invernale	Carico termico estivo sensibile	Carico termico estivo latente
	[m ²]	[m ³]	[W]	[W]	[W]
Soggiorno	62,27	187	715	776	256
Bagno	8,07	24	243	186	
Camera 1	15,00	45	170	59	92
Camera 2	14,00	42	104	42	92
Locale tecnico	3,80	11	35	19	
Corridoio	10,80	32	67	41	

Tabella 14. Determinazione dei carichi termici per l'appartamento 5

APPARTAMENTO 6					
Locale	Superficie locale	Volume locale	Carico termico invernale	Carico termico estivo sensibile	Carico termico estivo latente
	[m ²]	[m ³]	[W]	[W]	[W]
Soggiorno	63,70	191	542	598	256
Bagno 1	8,15	24	188	147	
Bagno 2	8,15	24	146	150	
Camera 1	28,50	86	428	573	92
Camera 2	21,80	65	132	45	92
Studio	15,75	47	469	548	
Locale tecnico	3,80	11	15	11	
Corridoio	12,40	37	50	38	
Disimpegno	10,87	33	81	23	

Tabella 15. Determinazione dei carichi termici per l'appartamento 6

APPARTAMENTO 7					
Locale	Superficie locale	Volume locale	Carico termico invernale	Carico termico estivo sensibile	Carico termico estivo latente
	[m ²]	[m ³]	[W]	[W]	[W]
Soggiorno	45,22	136	672	1082	256
Locale tecnico	3,83	11	15	3	
Bagno 1	8,14	24	145	132	
Corridoio	6,17	19	105	48	
Bagno 2	8,55	26	186	164	
Camera 1	21,12	63	490	580	92
Camera 2	21,80	65	299	123	92
Disimpegno	36,87	111	675	1131	
Corridoio	7,82	23	30	23	

Tabella 16. Determinazione dei carichi termici per l'appartamento 7



APPARTAMENTO 8					
Locale	Superficie locale	Volume locale	Carico termico invernale	Carico termico estivo sensibile	Carico termico estivo latente
	[m ²]	[m ³]	[W]	[W]	[W]
Soggiorno	66,73	200	849	1170	140
Cucina	21,11	63	353	515	116
Locale tecnico	3,83	11	15	3	
Bagno	8,54	26	113	125	
Corridoio	8,47	25	17	7	
Camera 1	8,55	26	208	93	92
Camera 2	22,16	66	132	45	92
Camera 3	12,80	38	106	42	92

Tabella 17. Determinazione dei carichi termici per l'appartamento 8

APPARTAMENTO 9					
Locale	Superficie locale	Volume locale	Carico termico invernale	Carico termico estivo sensibile	Carico termico estivo latente
	[m ²]	[m ³]	[W]	[W]	[W]
Soggiorno	54,64	164	922	1184	256
Bagno 1	4,78	14	38	18	
Locale tecnico	4,00	12	31	15	
Bagno 2	8,54	26	180	162	
Corridoio	8,55	26	17	11	
Camera 1	18,48	55	197	296	92
Camera 2	15,90	48	191	100	92

Tabella 18. Determinazione dei carichi termici per l'appartamento 9

APPARTAMENTO 10					
Locale	Superficie locale	Volume locale	Carico termico invernale	Carico termico estivo sensibile	Carico termico estivo latente
	[m ²]	[m ³]	[W]	[W]	[W]
Soggiorno	41,55	125	755	1543	140
Cucina	38,48	115	397	173	116
Bagno 1	6,76	20	111	53	
Bagno 2	10,43	31	133	54	
Camera 1	23,17	70	174	71	92
Camera 2	14,43	43	105	37	92
Studio	45,13	135	569	996	116
Bagno 3	6,76	20	83	32	

Tabella 19. Determinazione dei carichi termici per l'appartamento 10



APPARTAMENTO 11					
Locale	Superficie locale	Volume locale	Carico termico invernale	Carico termico estivo sensibile	Carico termico estivo latente
	[m ²]	[m ³]	[W]	[W]	[W]
Soggiorno	57,04	171	572	1048	256
Locale tecnico	3,21	10	20	13	
Bagno 1	7,89	24	137	57	
Camera 1	19,77	59	469	562	92
Camera 2	19,77	59	418	526	92
Camera 3	13,38	40	202	85	92
Bagno 2	17,28	52	193	58	
Corridoio	18,00	54	62	10	
Studio	13,38	40	584	1048	116
Bagno 3	4,93	15	83	32	
Locale tecnico	3,21	10	48	16	

Tabella 20. Determinazione dei carichi termici per l'appartamento 11

APPARTAMENTO 12					
Locale	Superficie locale	Volume locale	Carico termico invernale	Carico termico estivo sensibile	Carico termico estivo latente
	[m ²]	[m ³]	[W]	[W]	[W]
Soggiorno	27,10	81	741	866	256
Camera	7,45	22	151	35	92
Bagno	7,12	21	147	94	
Corridoio	4,70	14	19	4	

Tabella 21. Determinazione dei carichi termici per l'appartamento 12

APPARTAMENTO 13					
Locale	Superficie locale	Volume locale	Carico termico invernale	Carico termico estivo sensibile	Carico termico estivo latente
	[m ²]	[m ³]	[W]	[W]	[W]
Soggiorno	50,00	150	908	1275	256
Studio	26,00	78	376	585	
Bagno 1	9,80	29	107	123	
Camera 1	32,00	96	316	129	92
Camera 2	17,57	53	136	46	92
Camera 3	28,17	85	223	72	92

Tabella 22. Determinazione dei carichi termici per l'appartamento 13



APPARTAMENTO 14					
Locale	Superficie locale	Volume locale	Carico termico invernale	Carico termico estivo sensibile	Carico termico estivo latente
	[m ²]	[m ³]	[W]	[W]	[W]
Soggiorno	44,00	132	820	805	256
Bagno	7,30	22	200	162	
Camera	17,28	52	267	109	92
Locale tecnico	3,00	9	40	18	

Tabella 23. Determinazione dei carichi termici per l'appartamento 14

APPARTAMENTO 15					
Locale	Superficie locale	Volume locale	Carico termico invernale	Carico termico estivo sensibile	Carico termico estivo latente
	[m ²]	[m ³]	[W]	[W]	[W]
Soggiorno	41,55	125	872	1160	256
Bagno	8,10	24	145	149	
Camera 1	15,00	45	229	112	92
Camera 2	14,00	42	164	83	92
Locale tecnico	3,80	11	15	11	
Corridoio	15,00	45	59	44	

Tabella 24. Determinazione dei carichi termici per l'appartamento 15

APPARTAMENTO 16					
Locale	Superficie locale	Volume locale	Carico termico invernale	Carico termico estivo sensibile	Carico termico estivo latente
	[m ²]	[m ³]	[W]	[W]	[W]
Soggiorno	60,00	180	971	1233	256
Bagno	8,55	26	184	164	
Camera 1	21,80	65	227	112	92
Camera 2	21,30	64	417	580	92
Camera 3	21,80	65	216	108	92
Locale tecnico	4,00	12	34	22	
Corridoio	6,16	18	40	25	

Tabella 25. Determinazione dei carichi termici per l'appartamento 16



APPARTAMENTO 17					
Locale	Superficie locale	Volume locale	Carico termico invernale	Carico termico estivo sensibile	Carico termico estivo latente
	[m ²]	[m ³]	[W]	[W]	[W]
Soggiorno	43,50	131	887	1093	140
Cucina	16,75	50	125	51	116
Locale tecnico	3,30	10	32	12	
Bagno 1	9,00	27	150	63	
Camera 1	14,70	44	418	537	92
Camera 2	15,40	46	214	100	92
Camera 3	11,20	34	154	74	92
Studio	15,72	47	395	567	116
Bagno 2	9,88	30	205	87	
Corridoio	9,56	29	37	28	

Tabella 26. Determinazione dei carichi termici per l'appartamento 17

APPARTAMENTO 18					
Locale	Superficie locale	Volume locale	Carico termico invernale	Carico termico estivo sensibile	Carico termico estivo latente
	[m ²]	[m ³]	[W]	[W]	[W]
Soggiorno	24,30	73	594	772	256
Camera 1	14,21	43	185	64	92
Camera 2	17,80	53	372	486	92
Bagno	7,20	22	143	128	
Locale tecnico	3,30	10	13	3	

Tabella 27. Determinazione dei carichi termici per l'appartamento 18

APPARTAMENTO 19					
Locale	Superficie locale	Volume locale	Carico termico invernale	Carico termico estivo sensibile	Carico termico estivo latente
	[m ²]	[m ³]	[W]	[W]	[W]
Soggiorno	24,70	74	690	817	256
Bagno	8,40	25	183	145	
Camera 1	15,20	46	398	582	92
Camera 2	21,30	64	139	47	92
Locale tecnico	3,00	9	34	11	

Tabella 28. Determinazione dei carichi termici per l'appartamento 19



APPARTAMENTO 20					
Locale	Superficie locale	Volume locale	Carico termico invernale	Carico termico estivo sensibile	Carico termico estivo latente
	[m ²]	[m ³]	[W]	[W]	[W]
Soggiorno	73,00	219	929	1710	256
Bagno 1	8,33	25	160	147	
Camera 1	15,00	45	122	40	92
Camera 2	10,75	32	122	40	92
Camera 3	6,30	19	101	32	92
Locale tecnico	4,20	13	19	6	
Disimpegno	28,00	84	684	1218	
Locale tecnico	4,20	13	19	6	
Bagno 2	8,33	25	160	147	
Studio	31,50	95	698	838	116
Camera 4	20,50	62	225	110	92

Tabella 29. Determinazione dei carichi termici per l'appartamento 20

APPARTAMENTO 21					
Locale	Superficie locale	Volume locale	Carico termico invernale	Carico termico estivo sensibile	Carico termico estivo latente
	[m ²]	[m ³]	[W]	[W]	[W]
Soggiorno	67,00	201	1075	1693	256
Cucina	12,00	36	460	551	116
Bagno 1	8,00	24	216	170	
Studio	14,26	43	193	88	
Camera 4	13,35	40	215	105	92
Locale tecnico	3,75	11	30	17	
Camera 1	20,20	61	463	571	92
Camera 2	13,50	41	125	48	92
Camera 3	13,50	41	182	77	92
Corridoio	14,00	42	73	18	
Bagno 2	8,00	24	145	131	
Locale tecnico	3,75	11	15	3	

Tabella 30. Determinazione dei carichi termici per l'appartamento 21

APPARTAMENTO 22					
Locale	Superficie locale	Volume locale	Carico termico invernale	Carico termico estivo sensibile	Carico termico estivo latente
	[m ²]	[m ³]	[W]	[W]	[W]
Soggiorno	29,20	88	652	641	256
Camera	14,40	43	426	543	92
Bagno	5,20	16	152	59	
Locale tecnico	3,20	10	46	25	

Tabella 31. Determinazione dei carichi termici per l'appartamento 22



APPARTAMENTO 23					
Locale	Superficie locale	Volume locale	Carico termico invernale	Carico termico estivo sensibile	Carico termico estivo latente
	[m ²]	[m ³]	[W]	[W]	[W]
Soggiorno	29,20	88	636	657	256
Camera	14,40	43	369	532	92
Bagno	5,20	16	131	55	
Locale tecnico	3,20	10	33	22	

Tabella 32. Determinazione dei carichi termici per l'appartamento 23

APPARTAMENTO 24					
Locale	Superficie locale	Volume locale	Carico termico invernale	Carico termico estivo sensibile	Carico termico estivo latente
	[m ²]	[m ³]	[W]	[W]	[W]
Soggiorno	34,50	104	956	1322	256
Camera	16,20	49	201	94	92
Bagno	6,38	19	167	155	
Locale tecnico	2,16	6	24	12	

Tabella 33. Determinazione dei carichi termici per l'appartamento 24



3. IMPIANTO DI RISCALDAMENTO A PAVIMENTO

Per il calcolo della potenza termica ed il dimensionamento dell'impianto negli edifici residenziali si fa riferimento alle normative europee UNI EN 1264-1, 2, 3, 4.

Come già accennato in precedenza, si conduce in questa sede il dimensionamento dell'impianto di riscaldamento a pannelli radianti a pavimento per il solo appartamento 1. Gli elementi tecnologici in cui è prevista l'installazione del pavimento radiante sono la COO 05 e la POO 01.

Locale	Superficie locale [m ²]	Carico termico invernale [W]
Soggiorno	77,00	974
Cucina	19,50	266
Bagno 1	20,00	215
Camera 1	23,17	350
Camera 2	21,27	373
Camera 3	26,93	132
Bagno 2	20,13	133

Tabella 34. Valori della superficie e del carico termico invernale di ciascun locale dell'appartamento 1

In tabella 34 sono riportati per ciascun locale dell'appartamento 1, la superficie ed il carico termico invernale stimato in precedenza. Dato inoltre che il solaio dell'appartamento 1 in parte confina con l'ambiente esterno ed in parte sovrasta uno spazio commerciale, il procedimento di calcolo differirà nei due casi, anche perché ovviamente sono stati utilizzati due differenti spessori di isolante termico.

1. STRATIGRAFIA DEL PAVIMENTO

Si procede in prima istanza alla determinazione delle resistenze termiche caratteristiche necessarie per il calcolo, distinte a seconda dell'elemento tecnologico su cui dovrà essere posato il pavimento radiante.

La resa termica di un impianto di riscaldamento a pavimento è fortemente legata alla struttura ed alla composizione del pavimento; si deve conoscere preventivamente quale rivestimento sarà impiegato per la realizzazione dei pavimenti, gli spessori dei vari strati e le loro caratteristiche termiche, il tipo di pannello isolante. Le serpentine riscaldanti poggiano sul massetto di omogeneizzazione dei carichi, al di sotto del quale è posto lo strato di isolamento termico, e sono ricoperte dal massetto a secco utilizzato per la posa del pavimento.

La resistenza termica del rivestimento del pavimento $R_{\lambda,B}$ è data dall'espressione seguente:

$$R_{\lambda,B} = \sum \frac{s_{a,i}}{\lambda_{a,i}} \text{ dove:}$$

$s_{a,i}$ è lo spessore di ciascun strato che compone il rivestimento del pavimento

$\lambda_{a,i}$ è il coefficiente di conducibilità termica di ciascun strato che compone il rivestimento del pavimento

La resistenza termica totale del pavimento R_0 al di sopra del tubo è:

$$R_0 = \frac{s_u}{\lambda_E} + R_{\lambda,B} + \frac{1}{\alpha_a} \text{ dove:}$$

s_u è lo spessore del massetto a secco al di sopra del tubo



λ_E è il coefficiente di conducibilità termica del massetto a secco al di sopra del tubo
 α_a è il coefficiente di scambio termico convettivo dell'aria nella parte superiore del pannello radiante, assunto pari a 10,8 W/m²K

Nel caso in cui vi sia un locale sottostante o comunque il solaio non sia appoggiato direttamente al terreno, la resistenza totale del pavimento R_U al di sotto del tubo è:

$$R_U = R_{\lambda,isol} + \sum \frac{s_{b,i}}{\lambda_{b,i}} + \frac{1}{\alpha_b} \text{ dove:}$$

$R_{\lambda,isol}$ è la resistenza termica del pannello isolante

$s_{b,i}$ è lo spessore di ciascun strato che compone il pavimento al di sotto del tubo

$\lambda_{b,i}$ è il coefficiente di conducibilità termica di ciascun strato che compone il pavimento al di sotto del tubo

α_b è il coefficiente di scambio termico convettivo dell'aria nel locale inferiore, assunto pari a 5,9 W/m²K

$R_{\lambda,b}$	R_0	R_U
[m ² K/W]	[m ² K/W]	[m ² K/W]
0,17	0,38	6,43

Tabella 35. Valori delle resistenze termiche caratteristiche per la COO 05

$R_{\lambda,b}$	R_0	R_U
[m ² K/W]	[m ² K/W]	[m ² K/W]
0,17	0,38	2,58

Tabella 36. Valori delle resistenze termiche caratteristiche per la POO 01

II. FLUSSO TERMICO RICHIESTO

Per dimensionare un impianto di riscaldamento è necessario come dato di partenza il flusso termico richiesto per riscaldare i singoli locali. Il calcolo deve essere eseguito in conformità alle leggi e norme nazionali e tiene conto della struttura e degli elementi costruttivi nonché della zona climatica nella quale si trova l'edificio.

Il flusso termico proveniente dalla superficie del pavimento è dato dal rapporto seguente:

$$q_a = \frac{Q}{A_f} \text{ dove:}$$

Q è la potenza richiesta per riscaldare il locale

A_f è la superficie del pavimento occupata dalle serpentine

Locale	q_a
	[W/m ²]
Soggiorno	12,65
Cucina	13,64
Bagno 1	10,75
Camera 1	15,11
Camera 2	17,54
Camera 3	4,90
Bagno 2	6,61

Tabella 37. Flusso termico dei locali



Come specificato dalla UNI EN 1264-2 il flusso termico è proporzionale alla differenza di temperatura media logaritmica ΔT_H attraverso il coefficiente di proporzionalità R_q :

$$\Delta T_H = Q R_q \quad \text{dove} \quad R_q = \frac{1}{6,7} \left(\frac{1}{a_B a_T^{m_T} a_U^{m_U} a_D^{m_D}} + \frac{1}{a_C} \right)$$

In cui i coefficienti a_B , a_T , m_T , a_U , m_U , a_D , m_D e a_C sono in funzione della struttura del pavimento riscaldante e sono desunti graficamente. In particolare:

a_B è un coefficiente funzione della conducibilità λ_E del massetto e della resistenza termica del rivestimento del pavimento $R_{\lambda,B}$

a_T è un coefficiente funzione del rivestimento del pavimento $R_{\lambda,B}$

m_T è un coefficiente funzione del passo di posa p della serpentina riscaldante

a_U è un coefficiente funzione sia del passo di posa p della serpentina riscaldante che della resistenza termica del rivestimento del pavimento $R_{\lambda,B}$

m_U è un coefficiente funzione dello spessore s_U del massetto sopra i tubi

a_D è un coefficiente funzione sia del passo di posa p della serpentina riscaldante che della resistenza termica del rivestimento del pavimento $R_{\lambda,B}$

m_D è un coefficiente funzione del diametro esterno D_e del tubo

a_C è un coefficiente funzione sia del passo di posa p della serpentina riscaldante, sia del diametro esterno D_e del tubo che del coefficiente di conducibilità λ_T

Per tutti i circuiti dell'appartamento, si sceglie di utilizzare un tubo con diametro esterno pari a 14mm. Si riportano di seguito le tabelle contenenti il valore dei coefficienti a_B , a_T , m_T , a_U , m_U , a_D , m_D e a_C , il passo di posa p della serpentina riscaldante scelto ed il coefficiente di proporzionalità R_q , relativamente alla cucina e la camera 2, locali che presentano il valore di flusso termico q_a massimo, rispettivamente per la soluzione con solaio confinante con l'ambiente esterno e solaio sullo spazio commerciale.

q_A	a_B	p	a_T^{MT}	a_U^{MU}	a_D^{MD}	a_C	R_Q
[W/m ²]		[cm]					
13,64	0,70	20	0,82	1,07	0,96	-21,761	0,25

Tabella 38. Calcolo del coefficiente di proporzionalità R_q per la cucina

q_A	a_B	p	a_T^{MT}	a_U^{MU}	a_D^{MD}	a_C	R_Q
[W/m ²]		[cm]					
17,54	0,70	22,5	0,75	1,15	0,95	-17,409	0,25

Tabella 39. Calcolo del coefficiente di proporzionalità R_q per la camera 2

III. FLUSSO TERMICO LIMITE E TEMPERATURA MASSIMA DEL PAVIMENTO

La norma UNI EN 1264-2 stabilisce un limite fisiologico alla temperatura massima del pavimento in relazione al tipo di locale, i cui valori sono riportati nella tabella 40.

Tipo di locale	$T_{f,max}$
	[°C]
Zona di soggiorno abituale	29
Bagni o similari	33
Zona periferica	35

Tabella 40. Valori massimi ammissibili della temperatura del pavimento

Tale limite si traduce in un limite al flusso termico che si può realizzare con il pavimento radiante una volta stabilite tutte le sue caratteristiche.

Il flusso termico limite è calcolato mediante la relazione:



$$q_G = \varphi B_G^{\frac{1}{1-n_G}} R_q^{\frac{n_G}{1-n_G}} \text{ dove } \varphi = \left(\frac{T_{f,max} - T_i}{9} \right)^{1.1} \text{ in cui}$$

$T_{f,max}$ è il valore massimo ammissibile della temperatura del pavimento, posto pari a 24°C

T_i è il valore della temperatura interna, pari a 20°C

B_G e n_G sono coefficienti che dipendono dallo spessore s_u del massetto sopra i tubi, dalla sua conducibilità termica λ_E ma soprattutto dal passo di posa p delle serpentine.

Possono essere accettati quei passi per cui è soddisfatta la relazione $q_a < q_G$. Nel caso in cui nessun passo verifica tale relazione, significa che il sistema di riscaldamento a pavimento, da solo, non è sufficiente a riscaldare il locale e deve essere integrato con una sorgente di calore addizionale. Sempre per i due locali su cui si stanno eseguendo i calcoli, si riportano ora le verifiche del flusso termico limite.

T_i	$T_{f,max}$	φ	B_G	n_G	q_G	Verifica $q_A < q_G$
[°C]	[°C]	[°C]			[W/m ²]	
20	24	0,41	75	0,08	39,63	Positiva

Tabella 41. Verifica del flusso termico limite per la cucina

T_i	$T_{f,max}$	φ	B_G	n_G	q_G	Verifica $q_A < q_G$
[°C]	[°C]	[°C]			[W/m ²]	
20	24	0,41	60	0,13	36,89	Positiva

Tabella 42. Verifica del flusso termico limite per la camera 2

IV. TEMPERATURA DI MANDATA

La temperatura di mandata può essere determinata seguendo le indicazioni riportate nella normativa UNI EN 1264-3. Per il calcolo della temperatura di mandata si può procedere considerando prima il passo minimo di posa della serpentina e calcolare la differenza di temperatura logaritmica minima $\Delta T_{H,min}$, riportata in tabella 43.

a_B	p	a_T^{MT}	a_U^{MU}	a_D^{MD}	a_C	R_Q	$\Delta T_{H,min}$
	[cm]						[°C]
0,70	5	1,05	1,10	0,980	-87,044	0,19	2,36

Tabella 43. Calcolo della differenza di temperatura logaritmica minima $\Delta T_{H,min}$

Successivamente si considera il passo di posa massimo consentito quindi si calcola la differenza di temperatura logaritmica massima $\Delta T_{H,max}$, riportata in tabella 44.

a_B	p	a_T^{MT}	a_U^{MU}	a_D^{MD}	a_C	R_Q	ΔT_H
	[cm]						[°C]
0,70	37,5	0,60	1,05	0,940	-11,606	0,35	4,39

Tabella 44. Calcolo della differenza di temperatura logaritmica massima $\Delta T_{H,max}$

La temperatura di mandata minima $T_{m,min}$ è definita considerando un salto termico nullo tra mandata e ritorno, così da ottenere:

$$T_{m,min} = T_i + \Delta T_{H,min}$$

Parallelamente la temperatura di mandata massima $T_{m,max}$ è determinata considerando un salto termico pari a 5°C tra mandata e ritorno, così da utilizzare la relazione:



$$T_{m,max} = T_i + 5 \frac{\exp\left(\frac{5}{\Delta T_{H,max}}\right)}{\exp\left(\frac{5}{\Delta T_{H,max}}\right) - 1}$$

Il valore di progetto della temperatura di mandata dovrà essere scelto tra il valore minimo $T_{m,min}$ e quello massimo $T_{m,max}$.

$\Delta T_{H,min}$	$T_{m,min}$	$\Delta T_{H,max}$	$T_{m,max}$	T_m
[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
2,36	22,36	4,39	27,36	27

Tabella 45. Calcolo di $T_{m,min}$ e $T_{m,max}$ e scelta della temperatura di mandata di progetto T_m

Per tutti i circuiti viene scelta la temperatura di mandata di 27°C. Il fatto di considerare per il calcolo della temperatura di mandata gli ambienti aventi il flusso termico maggiore, è necessario proprio per definire una temperatura di mandata omogenea per tutti i circuiti formanti l'impianto.

V. TEMPERATURA MEDIA DEL PAVIMENTO E FLUSSO TERMICO DISPERSO VERSO IL BASSO

La temperatura media del pavimento T_f si calcola mediante l'espressione suggerita dalla norma UNI EN 1264-2:

$$T_f = T_i + \left(\frac{q_a}{8,92}\right)^{1,11}$$

Durante il funzionamento, le serpentine cedono calore al massetto a secco in pavilastre il quale dissipa potenza termica verso l'alto riscaldando il locale ma anche verso il basso contribuendo a riscaldare il locale inferiore oppure disperdendo la potenza all'esterno. Il flusso termico q_b diretto verso il basso e che non contribuisce al riscaldamento del locale è dato dall'espressione seguente:

$$q_b = q_a \frac{R_0}{R_U} + \frac{T_u - T_i}{R_U} \text{ dove:}$$

T_u è la temperatura del locale sottostante, pari a 20°C o dell'ambiente esterno, pari a -7°C. Vengono anche qui riportati sia per la cucina che per la camera 2, i valori di della temperatura media del pavimento e del flusso disperso verso il basso.

T_f	T_u	q_b
[°C]	[°C]	[W/m ²]
21,47	-7	-3,39

Tabella 46. Calcolo di T_f e q_b per la cucina

T_f	T_u	q_b
[°C]	[°C]	[W/m ²]
21,84	20	2,61

Tabella 47. Calcolo di T_f e q_b per la camera 2



VI. LUNGHEZZA DELLE SERPENTINE RISCALDANTI, PORTATA E TEMPERATURE DEL FLUIDO RISCALDANTE

Il numero di serpentine riscaldanti è determinato dalla lunghezza di ciascuna di esse, dal passo di posa scelto e dall'area totale da riscaldare. La lunghezza delle serpentine è limitata dalla lunghezza dei rotoli disponibili e soprattutto dalla massima perdita di carico ammissibile.

La lunghezza della serpentina la si può calcolare come:

$$L = \frac{A_f}{0,01 p} \text{ dove:}$$

p è il passo espresso in cm.

A_f	L
[m ²]	[m]
19,50	97,5

Tabella 48. Lunghezza della serpentina del circuito della cucina

A_f	L
[m ²]	[m]
21,27	95

Tabella 49. Lunghezza della serpentina del circuito della camera 2

La portata richiesta per riscaldare il locale è data da:

$$\dot{m} = \frac{(q_a + q_b) A_f}{4190 \Delta T} \text{ dove:}$$

ΔT è la differenza di temperatura del fluido tra mandata e ritorno, determinata graficamente in funzione della differenza di temperatura tra la temperatura di mandata T_m e la temperatura interna T_i del locale e della differenza di temperatura logaritmica ΔT_H relativa al passo di posa scelto. Si può quindi stimare la temperatura di ritorno T_r come:

$$T_r = T_m - \Delta T$$

Infine viene calcolata la velocità v del fluido con la formula che segue:

$$v = \frac{4 \cdot 10^6}{\pi \rho D_i^2} \dot{m} \text{ dove:}$$

ρ è la densità del fluido, nel caso acqua distillata, posta pari a 980 kg/m³

D_i è il diametro interno del tubo, pari a 12mm

A_f	ΔT_H	ΔT	\dot{m}	T_m	T_r	v
[m ²]	[°C]	[°C]	[l/s]	[°C]	[°C]	[m/s]
19,50	3,13	6	0,01	27	21	0,07

Tabella 50. Calcolo della portata, di T_r e della velocità del fluido del circuito della cucina

A_f	ΔT_H	ΔT	\dot{m}	T_m	T_r	v
[m ²]	[°C]	[°C]	[l/s]	[°C]	[°C]	[m/s]
21,27	3,18	4	0,03	27	23	0,23

Tabella 51. Calcolo della portata, di T_r e della velocità del fluido del circuito della camera 2



Per completezza del dimensionamento, in tabella 52 vengono riportati i valori caratteristici del circuito scelto per ciascun locale.

Locale	q_A	p	L	Circuiti omogenei	A_j	\dot{m}	v
	[W/m ²]	[cm]	[m]		[m ²]	[l/s]	[m/s]
Soggiorno	12,65	25	308	3/100 m	75	0,03	0,25
Cucina	13,64	20	98	1/100 m	20	0,01	0,07
Bagno 1	10,75	22,50	89	1/100 m	25	0,01	0,13
Camera 1	15,11	22,50	103	1/100 m	25	0,02	0,22
Camera 2	17,54	22,50	95	1/100 m	25	0,03	0,23
Camera 3	4,90	30	90	1/100 m	30	0,01	0,07
Bagno 2	6,61	22,50	89	1/100 m	25	0,01	0,08

Tabella 52. Riepilogo dei valori caratteristici del circuito di ciascun locale

A conferma della correttezza del dimensionamento dei circuiti devono essere verificati i valori di portata m e di velocità v , in particolare i valori di progetto devono essere intermedi rispetto a valori limite massimi e minimi. In relazione al tubo scelto, si riportano in tabella 53 tali valori massimi e minimi.

Tubo	\dot{m}_{\min}	\dot{m}_{\max}	v_{\min}	v_{\max}
[mm]	[l/s]	[l/s]	[m/s]	[m/s]
14 x 2	0,004	0,035	0,050	0,450

Tabella 53. Valori limite massimi e minimi di portata e velocità

Si evince dai valori limite riportati in tabella 53 che i valori di progetto di portata e velocità risultano tutti ammissibili, pertanto si considera corretto il dimensionamento dei circuiti scelti.

Il medesimo impianto di riscaldamento, dovrà funzionare nella stagione estiva come impianto di raffrescamento, facendo circolare al suo interno dell'acqua ad una temperatura nettamente inferiore rispetto al caso invernale. Si dovrà quindi verificare se i pannelli radianti a pavimento saranno in grado di far fronte al carico termico sensibile della stagione estiva: si procede individuando la resa specifica Q_c tramite il rapporto:

$$Q_c = \frac{Q_{\max}}{A_f} \text{ dove:}$$

Q_c è la resa specifica dei pannelli

Q_{\max} è il carico termico sensibile del locale

Mediante la tabella riportata sulla scheda tecnica del pannello, si determina la differenza di temperatura ΔT_c tra acqua e aria; al fine di ottenere un valore di ΔT_c più preciso utilizziamo il metodo analitico per la determinazione del suo valore:

$$\Delta T_c = \left(\frac{Q_c}{C_c} \right)^{\frac{1}{n_c}} \text{ dove:}$$

C_c e n_c sono dei parametri caratteristici del pannello radiante rispettivamente pari a 5,1076 e 1,0686.



Locale	Superficie locale [m ²]	Carico termico sensibile estivo [W]	Q _c [W/m ²]	ΔT _c [°C]
Soggiorno	77,00	1384	17,97	3,25
Cucina	19,50	231	11,85	2,20
Camera 1	23,17	350	15,11	2,76
Camera 2	21,27	373	17,54	3,17
Camera 3	26,93	132	4,90	0,96

Tabella 54. Calcolo della differenza di temperatura tra acqua e aria per ciascun locale

Il valore della temperatura di mandata dell'acqua lo si determina tramite differenza tra la temperatura interna dell'aria e ΔT_c, in particolare dovrà essere superiore alla temperatura di 12°C in quanto per valori inferiori si avrebbe formazione di condensa sulla parete esterna del tubo, con i rischi e danni che ne conseguono. La temperatura di ritorno la si stima automaticamente 2°C in più della temperatura di mandata, in quanto il salto termico non supera mai i 4°C: nel caso si ponesse pari a 4°C per alcuni circuiti si registrerebbe una temperatura di ritorno superiore alla temperatura interna del locale, il che è impossibile.

Si calcola quindi la portata di acqua necessaria a far fronte al carico termico sensibile ed i risultati vengono riportati nella tabella 55. Il valore della portata è stimato tramite la relazione:

$$\dot{m} = \frac{Q_c}{\Delta T} 0,86 \text{ dove:}$$

ΔT è la differenza di temperatura dell'acqua tra mandata e ritorno, posta pari a 4°C.

Locale	Q _c [W/m ²]	ΔT _c [°C]	T _m [°C]	T _r [°C]	m [l/s]
Soggiorno	17,97	3,25	20,75	22,75	0,0021
Cucina	13,64	2,51	21,49	23,49	0,0016
Camera 1	15,11	2,76	21,24	23,24	0,0018
Camera 2	17,54	3,17	20,83	22,83	0,0021
Camera 3	4,90	0,96	23,04	25,04	0,0006

Tabella 55. Calcolo delle portate

Dalla tabella 55 si evince che il valore della portata è anche in questo caso superiore al limite minimo che il produttore raccomanda per l'impianto. Significa che l'impianto dimensionato per la fase invernale è in grado di sopportare anche al carico termico sensibile della fase estiva.



4. IMPIANTO AD ARIA PRIMARIA

L'impianto ad aria primaria ha il compito di assicurare un corretto ricambio di aria all'interno dei locali senza determinare l'apertura delle finestre, azione che comporterebbe uno scambio termico con l'ambiente esterno a scapito della temperatura interna dei locali stessi. La normativa di riferimento, UNI 10339, fissa per gli edifici a destinazione residenziale un numero n di ricambi orari sia pari a 0,5 volume/h.

L'impianto ad aria primaria scelto per il complesso residenziale è centralizzato, ossia è presente un'unica unità di trattamento che conferisce all'aria le caratteristiche termiche ed igroscopiche desiderate e mediante un ventilatore permette la distribuzione della stessa in tutti gli appartamenti. In ciascun appartamento, e più precisamente all'interno del locale tecnico in cui giunge il canale di distribuzione, è installata una macchina provvista di batteria di post-riscaldamento, in modo che l'utente possa calibrare la temperatura dell'aria prima della diffusione nei locali. L'impianto interessa tutti i locali ad eccezione dei bagni, in quanto qui la climatizzazione comporterebbe dei discomfort.

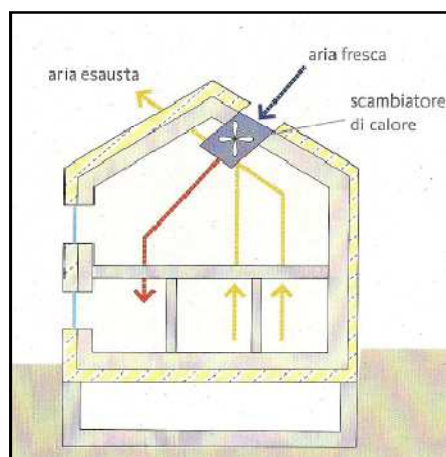


Figura 1. Schema di ventilazione degli appartamenti

La strategia impiantistica, scelta in relazione alla volontà di raggiungere un'elevata efficienza energetica dell'edificio, prevede l'installazione di un impianto di ripresa dell'aria esausta dai locali in modo tale da poter recuperare, sia durante la fase invernale sia quella estiva, tramite uno scambiatore di calore entalpico, parte della temperatura e del contenuto di vapore d'acqua dell'aria in espulsione. Questa soluzione assicura un abbattimento consistente della potenza delle batterie di riscaldamento e di raffrescamento con un notevole risparmio energetico.

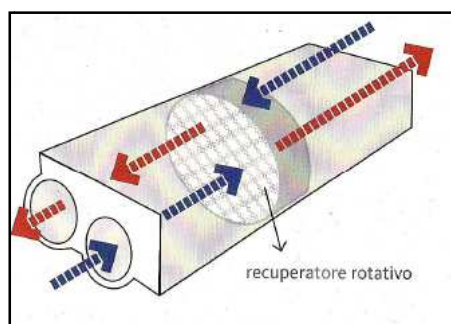


Figura 2. Schema di funzionamento di uno scambiatore di calore rotativo



Si è scelto di installare uno scambiatore di calore entalpico di tipo rotativo in cui è presente una ruota con pale realizzate in alluminio impregnate di bromuro di litio, un materiale igroscopico: la pale ruotano attraversando prima la sezione di aria in espulsione e successivamente la sezione di aria in entrata determinando uno scambio termico ed igroscopico. E' importante sottolineare che tra i due flussi di aria non si realizza mai un contatto diretto essendo installata nello scambiatore una sezione di lavaggio. Il rendimento di questa macchina è funzione della portata di aria trattata.

A. DIMENSIONAMENTO DELLE CANALIZZAZIONI

In questo paragrafo si determina la sezione delle canalizzazioni in cui dovrà essere trasportata l'aria, dall'unità di trattamento fino all'ingresso in ciascun appartamento. L'iter prevede come primo passo, una schematizzazione dell'intero impianto di canalizzazione, così da poter determinare per ciascuna colonna montante, il numero di appartamenti da servire e quindi la portata di aria che deve essere trasportata. Determinato il valore della portata Q , moltiplicando il volume V di aria da trattare per il numero di ricambi orari n , si procede a scegliere sulle tabelle fornite dal produttore un diametro ideale D della canalizzazione in funzione della portata e della velocità di attraversamento dell'aria. La velocità dell'aria non dovrà essere troppo elevata, al fine di limitare la produzione di rumori sia lungo le canalizzazioni sia a livello del ventilatore, né troppo bassa, evitando così una cattiva distribuzione.

Si è scelto di adottare canalizzazioni a sezione rettangolare: si tratta quindi di convertire il diametro ideale scelto in precedenza nelle dimensioni equivalenti della canalizzazione, adattando il valore della velocità ad un valore equivalente v_{eq} tramite un coefficiente di correttivo f .

Infine si determina il valore totale delle perdite di carico per ciascuna colonna, ottenuto come somma delle perdite localizzate con quelle distribuite, le prime sono funzione del tipo di diramazione o restringimento che l'aria deve attraversare mentre le seconde sono funzione della portata Q e della velocità di attraversamento v , ed il loro valore deve poi essere moltiplicato per la lunghezza L della colonna.

Nelle pagine seguenti sono riportati i dimensionamenti delle colonne montanti per la distribuzione dell'aria.

Nome colonna	Q	D	v	Dimensioni equivalenti	f	v_{eq}	L	Perdite di carico totali
	[m ³ /h]	[mm]	[m/s]	[mm]		[m/s]	[m]	[mmCA]
08-4	156	100	5,50	100x100	0,94	5,17	3,90	3,29
14-4	89	80	5,00	100x100	0,94	4,70	3,90	3,42

Tabella 56. Dimensionamento della colonna montante del piano quarto

Nome colonna	Q	D	v	Dimensioni equivalenti	f	v_{eq}	L	Perdite di carico totali
	[m ³ /h]	[mm]	[m/s]	[mm]		[m/s]	[m]	[mmCA]
03-3	219	125	4,75	100x150	0,93	4,42	3,90	1,83
08-3	256	125	5,75	100x150	0,93	5,35	3,90	2,77
14-3	198	125	4,60	100x150	0,93	4,28	3,90	1,74
21-3	315	160	4,50	100x250	0,89	4,01	3,90	1,20
26-3	336	160	5,00	100x250	0,89	4,45	3,90	1,33

Tabella 57. Dimensionamento della colonna montante del piano terzo



Nome colonna	Q	D	v	Dimensioni equivalenti	f	v_{eq}	L	Perdite di carico totali
	[m ³ /h]	[mm]	[m/s]	[mm]		[m/s]	[m]	[mmCA]
03-2	499	200	4,50	150x250	0,92	4,14	3,90	1,04
08-2	523	200	4,60	150x250	0,92	4,23	3,90	1,13
14-2	198	125	4,60	100x150	0,93	4,28	3,90	1,46
21-2	560	200	4,70	150x250	0,92	4,32	3,90	1,18
23-2	107	80	5,50	100x100	0,94	5,17	3,90	4,07
26-2	483	200	4,50	150x250	0,92	4,14	3,90	1,04
34-2	215	125	4,75	100x150	0,93	4,42	3,90	1,83

Tabella 58. Dimensionamento della colonna montante del piano secondo

Nome colonna	Q	D	v	Dimensioni equivalenti	f	v_{eq}	L	Perdite di carico totali
	[m ³ /h]	[mm]	[m/s]	[mm]		[m/s]	[m]	[mmCA]
03-1	811	250	4,60	150x350	0,90	4,14	1,90	0,56
08-1	697	250	4,00	150x350	0,90	3,60	1,90	0,42
14-1	567	200	5,00	150x250	0,92	4,60	1,90	0,77
21-1	804	250	4,60	150x350	0,90	4,14	1,90	0,56
23-1	278	125	5,75	100x150	0,93	5,35	1,90	1,57
26-1	483	200	4,50	150x250	0,92	4,14	1,90	0,64
29-1	466	200	4,50	150x250	0,92	4,14	1,90	0,62
34-1	616	200	5,50	150x250	0,92	5,06	1,90	0,94

Tabella 59. Dimensionamento della colonna montante del piano primo

Con il medesimo procedimento si determina poi la sezione di ciascun tratto del collettore di distribuzione orizzontale.

Nome tratto	Q	D	v	Dimensioni equivalenti	f	v_{eq}	L	Perdite di carico totali
	[m ³ /h]	[mm]	[m/s]	[mm]		[m/s]	[m]	[mmCA]
29-34	616	200	5,50	150x250	0,92	5,06	22,50	3,95
26-29	1082	250	5,70	150x350	0,90	5,13	13,50	3,63
23-26	1565	315	5,50	200x400	0,91	5,01	13,50	2,54
21-23	1843	400	4,00	200x700	0,86	3,44	7,13	0,64
14-21	2647	400	5,50	200x700	0,86	4,73	22,74	3,06
08-14	3214	500	4,50	250x950	0,85	3,83	19,57	1,39
03-08	3912	500	5,70	250x950	0,85	4,85	22,50	2,60
02-03	4722	500	6,50	250x950	0,85	5,53	4,50	1,46

Tabella 60. Dimensionamento del collettore del piano terra

Parallelamente alla canalizzazione di mandata dell'aria, viene installata la canalizzazione per l'asportazione dell'aria esausta, avente le medesime sezioni di colonne e collettore.

B. DIMENSIONAMENTO DELL'UNITA' DI TRATTAMENTO ARIA

L'unità di trattamento aria è quella macchina dedicata alla regolazione della temperatura e al controllo dell'umidità dell'aria che deve essere immessa nei locali di un edificio. E' composta



da una successione di sezioni destinate ciascuna a svolgere un determinato compito e la loro presenza è in funzione del trattamento a cui si vuole sottoporre l'aria, al fine raggiungere le caratteristiche volute.

In base alla portata d'aria di progetto pari a circa 4700 m³/h, si sceglie sulla scheda tecnica del produttore una macchina di grandezza di 49, che ammette una portata massima di 4925 m³/h, avente la sezione della vista frontale pari a 1080x1040mm.

I. SCELTA DELLO SCAMBIATORE DI CALORE ENTALPICO

Nel nostro caso si è scelto di dotare l'unità di trattamento di uno scambiatore di calore: il rendimento di questa macchina dipende dalla portata di aria che la attraversa. Si sceglie uno scambiatore di calore entalpico rotativo capace di trattare una portata di 5000 m³/h, avente sezione frontale pari a 600x600mm, perfettamente installabile sull'unità di trattamento scelta in precedenza. I rendimenti dello scambiatore di calore differiscono a seconda che si tratti di uno scambio di temperatura o di uno scambio entalpico; in particolare quest'ultimo è diverso a seconda se si determina un riscaldamento o un raffreddamento.

ρ_T	$\rho_{X,risc}$	$\rho_{X,raff}$
[%]	[%]	[%]
71	68	46

Tabella 61. Rendimenti dello scambiatore di calore entalpico

In tabella 62 è possibile osservare come il rendimento entalpico dello scambiatore è sensibilmente differente a seconda che si debba riscaldare o raffreddare l'aria.

Dietro allo scambiatore verranno posizionati un pre-filtro per fermare gli elementi grossolani ed un filtro a tasche di classe filtrante E5.

II. DIMENSIONAMENTO DELLE BATTERIA DI RISCALDAMENTO E DI UMIDIFICAZIONE

Si passa ora a calcolare la potenza che deve avere la batteria di riscaldamento dell'unità di trattamento: tale potenza viene determinata considerando il periodo invernale.

La nostra scelta è stata quella di effettuare un riscaldamento fino a 22°C e successivamente di umidificare l'aria direttamente con del vapore fino a raggiungere un'umidità relativa del 50%: questa procedura permette di sterilizzare l'aria, in quanto viene investita da un getto di vapore, ed eliminare il rischio di proliferazione dei batteri della legionella; inoltre effettuando un'umidificazione a vapore, non è necessario un post-riscaldamento in quanto l'aria non deve cedere entalpia (e quindi calore) al fine di assorbire il vapore, al contrario dell'umidificazione con acqua che determina invece un abbassamento dell'entalpia dell'aria che dovrà poi subire un post-riscaldamento per raggiungere la temperatura desiderata.

Dalla scelta effettuata non si rende quindi necessaria l'installazione di una batteria di post-riscaldamento.

Come già riportato in precedenza, la temperatura di progetto dei locali interni per edifici adibiti a residenze è pari a 20°C con un tasso di umidità relativa del 50%, equivalente a 7,40 g/kg di umidità assoluta. In tabella 62 vengono riassunte le temperature e i valori di umidità assoluta dell'aria esterna, di quella interna da garantire e l'aria di miscela che si determina a valle dello scambiatore di calore.



T_e	X_e	T_i	X_i	$T_{miscela}$	$X_{miscela}$
[°C]	[g/kg]	[°C]	[g/kg]	[°C]	[g/kg]
-7	1,40	20	7,40	12,17	5,48

Tabella 62. Valori caratteristici invernali dell'aria

Il valore della temperatura di miscela si determina mediante la relazione:

$$T_{miscela} = (\Delta T \rho_T) + T_e \text{ dove:}$$

ΔT è l'escursione termica tra interno ed esterno

ρ_T è il rendimento dello scambiatore di calore entalpico in uno scambio di temperatura, riportata in tabella 61

T_e è la temperatura esterna di progetto invernale

Parallelamente il valore dell'umidità assoluta di miscela è calcolato con la formula:

$$X_{miscela} = (\Delta X \rho_{X,risc}) + X_e \text{ dove:}$$

ΔX è l'escursione dell'umidità assoluta tra interno ed esterno

$\rho_{X,risc}$ è il rendimento dello scambiatore di calore entalpico in uno scambio entalpico in fase di riscaldamento, riportata in tabella 61

X_e è l'umidità assoluta esterna

La potenza P della batteria di riscaldamento è determinata con la relazione:

$$P = Q c \Delta T \text{ dove:}$$

Q è la portata di aria da riscaldare

c è il calore specifico dell'aria, pari a 0,28 W/m³K

ΔT è l'escursione termica tra l'aria di miscela e l'aria da diffondere nei locali. Dato che durante il suo tragitto l'aria diminuisce leggermente la sua temperatura per gli scambi con gli ambienti limitrofi alle canalizzazioni, si riscalda l'aria fino ad un valore di 22°C, garantendo così una temperatura di 20°C in entrata nei locali.

Q	T_m	ΔT	Potenza
[m ³ /h]	[°C]	[°C]	[KW]
4722	22	9,83	13,01

Tabella 63. Calcolo della potenza della batteria di riscaldamento

Si evince dalla tabella 63 che la batteria di riscaldamento deve garantire una potenza di 13,01KW.

Si deve ora determinare la quantità di vapore da immettere nell'aria di miscela al fine di portarla al 50% di umidità relativa. Per calcolare la quantità di vapore da cedere viene utilizzata la formula:

$$Q_{vap} = \frac{Q_{aria} \Delta X}{0,86} \text{ dove:}$$

Q_{vap} è la quantità di vapore da immettere nell'aria

Q_{aria} è la portata di aria da trattare

La potenza P della batteria di umidificazione, che dovrà vaporizzare l'acqua, è determinata tramite la relazione:



$$P = Q_{vap} c_v \text{ dove:}$$

c_v è il calore specifico di vaporizzazione dell'aria, pari a 0,63W/l

Q	ΔX	Q_{vapore}	Potenza
[m ³ /h]	[g/kg]	[l _{acqua} /h]	[KW]
4722	1,92	10,54	6,64

Tabella 64. Calcolo della portata di vapore da immettere nell'aria e della potenza della batteria di umidificazione

Si dovrà iniettare nel flusso di aria una portata di vapore d'acqua pari a 10,54 l/h mediante una batteria che garantisca una potenza pari a 6,64KW.

III. DIMENSIONAMENTO DELLA BATTERIA DI RAFFREDDAMENTO

Per la fase estiva invece, l'impianto ad aria primaria ha il compito di far fronte al calore latente che viene prodotto nei vari locali a causa della presenza di persone. Si decide di raffreddare l'aria ad umidità assoluta costante fino ad arrivare al valore di umidità relativa pari al 100%, ossia a condensazione. Seguendo poi la linea caratteristica della pressione di saturazione fino a raggiungere il valore di umidità assoluta desiderato, pari a 9,40g/kg, si determina una temperatura pari a 12,6°C; essendo questo valore di temperatura troppo basso, si esegue un post-riscaldamento fino a 15°C a umidità assoluta costante e successivamente l'aria viene trasportata lungo le canalizzazioni per essere poi introdotta nei locali. La batteria di riscaldamento sarà quindi posizionata a valle della batteria di raffreddamento.

Si desidera mantenere una condizione di comfort che fissa la temperatura interna al valore di 24°C ed un tasso di umidità relativa pari al 50% mentre la temperatura di progetto esterna estiva della provincia di Como è stimata pari a 33°C con un tasso di umidità relativa medio estivo misurato pari al 65%.

T_e	X_e	J_e	T_i	X_i	J_i	$T_{miscela}$	$X_{miscela}$	$J_{miscela}$
[°C]	[g/kg]	[kcal/kg]	[°C]	[g/kg]	[kcal/kg]	[°C]	[g/kg]	[kcal/kg]
33	20,80	21,00	24	9,40	11,40	26,61	15,56	15,80

Tabella 65. Valori caratteristici estivi dell'aria

In questo caso il valore della temperatura di miscela si determina mediante la relazione:

$$T_{miscela} = T_e - (\Delta T \rho_T) \text{ dove:}$$

T_e è la temperatura esterna di progetto estiva

$$X_{miscela} = X_e - (\Delta X \rho_{X,raff}) \text{ dove:}$$

$\rho_{X,raff}$ è il rendimento dello scambiatore di calore entalpico in uno scambio entalpico in fase di raffreddamento, riportata in tabella 61.

Determinati quindi i valori della temperatura e dell'umidità assoluta dell'aria di miscela, sul diagramma psicrometrico si ottiene un valore di entalpia dell'aria di miscela $J_{miscela}$ pari a 16,40kcal/kg. In tabella 65 vengono riassunte le temperature, i valori di umidità assoluta e di entalpia dell'aria esterna, di quella interna da garantire e l'aria di miscela che si determina a valle dello scambiatore di calore.

La potenza P della batteria di raffreddamento è determinata tramite la relazione:



$$P = \frac{Q \Delta J}{0,86} \text{ dove:}$$

ΔJ è la differenza di entalpia tra l'aria di miscela a valle dello scambiatore e l'entalpia dell'aria di mandata, avente come valore di umidità assoluta quello voluto.

Q	J _m	ΔJ	Potenza
[m ³ /h]	[kcal/kg]	[kcal/kg]	[KW]
4722	8,80	7,00	38,44

Tabella 66. Calcolo della potenza della batteria di raffreddamento

Si evince dalla tabella 66 che la batteria di raffreddamento deve garantire una potenza di 41,73KW.

Per il successivo post-riscaldamento verrà utilizzata la batteria di riscaldamento già dimensionata in precedenza. Dovendo la batteria far fronte ad un salto termico ΔT pari a 2,40°C, con le relazioni viste in precedenza si determina una potenza pari a 3,18KW, il che dimostra che per il post-riscaldamento è tranquillamente utilizzabile la batteria di riscaldamento.

Q	ΔT	Potenza
[m ³ /h]	[°C]	[KW]
4722	2,40	3,18

Tabella 67. Potenza necessaria per il post-riscaldamento estivo

IV. SCelta DEL VENTILATORE

Dato che lungo le canalizzazioni di distribuzione l'aria subisce delle perdite di carico sia localizzate che distribuite, si dovrà inserire un ventilatore nell'unità di trattamento in grado di fornire all'aria una prevalenza sufficiente per giungere nel locale tecnico più sfavorito dell'impianto con la velocità determinata in precedenza.

Il percorso critico lungo il quale si registra la perdita di carico maggiore è quello che raggiunge l'appartamento del secondo piano servito dalla colonna montante 34, che ammette la perdita di carico riportata in tabella 68.

Perdite di carico percorso critico	Perdite di carico percorso critico
[mmCA]	[Pa]
22,05	216

Tabella 68. Perdita di carico del tratto critico

Si sceglie quindi di installare nell'unità di trattamento un ventilatore avente pressione statica di 230 Pa ed in grado di trattare una portata di aria di 80m³/min pari a 5600 m³/h, a fronte di una potenza di 2,20KW.

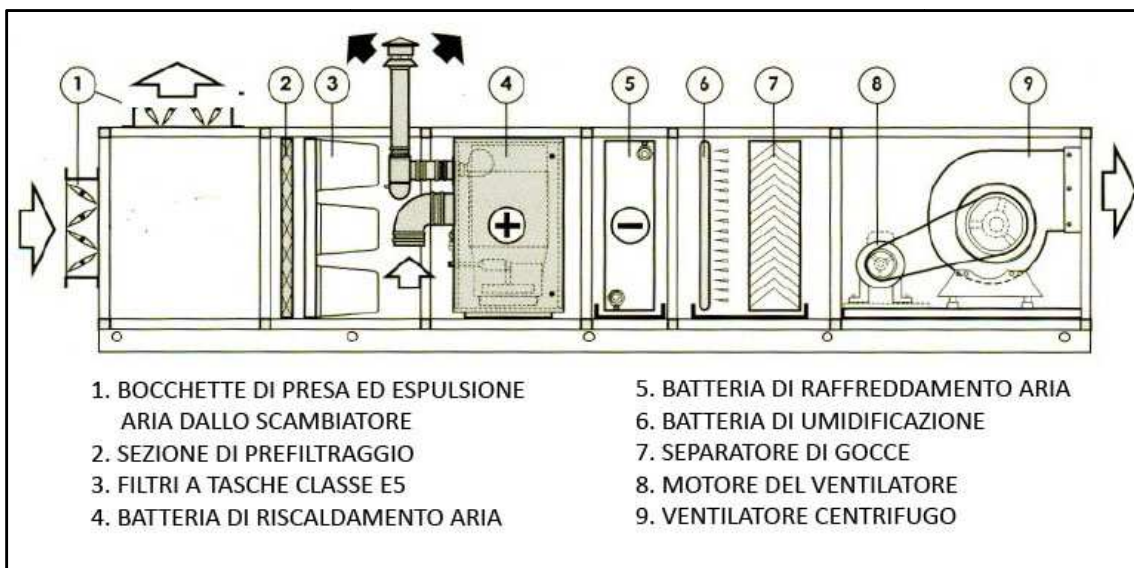


Figura 3. Schema dell'unità di trattamento aria adottata



5. IMPIANTO DI ADDUZIONE DELL'ACQUA SANITARIA

L'impianto di adduzione ha il compito di convogliare a ciascuna abitazione dell'edificio acqua ad una pressione definita a seconda delle apparecchiature da servire. Nella rete di distribuzione pubblica l'acqua circola con una pressione pari a 4 bar, pari a 40mCA: tale valore rappresenta il carico idraulico dell'acqua ossia l'energia che questa dispone per muoversi all'interno dei condotti. Durante il suo percorso l'acqua subisce però delle perdite di carico dovute all'attrito con le pareti delle tubazioni e all'attrito con se stessa, quindi delle perdite di carico distribuite. Inoltre si verificano delle diminuzioni del carico idraulico dovute all'attraversamento di particolari punti della rete, ad esempio curve o ramificazioni, dette perdite di carico localizzate o concentrate. Dimensionare l'impianto di adduzione significa quindi determinare i diametri delle tubazioni che compongono la rete di distribuzione dell'acqua nell'edificio ed eventualmente definire la prevalenza della pompa che dovrà conferire all'acqua energia sufficiente per raggiungere con una pressione adeguata l'apparecchio più sfavorito. Per il dimensionamento dell'impianto si procederà partendo dall'ultimo piano dell'edificio individuando le colonne montanti e per ciascuna di queste il numero e il tipo di apparecchi serviti.

Viene introdotto il concetto di portata normale di erogazione come la quantità di acqua che viene erogata nell'intervallo di tempo da ciascun apparecchio.

Tipo apparecchio	Portata normale di erogazione
	[l/s]
Cassetta lavaggio vaso	0,10
Lavabo	0,10
Bidet	0,10
Piatto doccia	0,10
Lavatrice	0,25
Lavastoviglie	0,15
Lavello da cucina doppio	0,15
Lavatoio	0,15

Tabella 69. Portata normale di erogazione degli apparecchi

Individuato quindi il numero ed il tipo degli apparecchi da servire si determina la portata totale di acqua necessaria per quel tratto di colonna montante, quindi si opera graficamente una riduzione del valore così stabilito ottenendo una portata ridotta poichè si considera molto bassa la probabilità che tutti gli apparecchi serviti da una stessa colonna montante funzionino contemporaneamente. Per l'impianto di adduzione vengono utilizzati tubi in acciaio dal collettore pubblico sino al collettore interno all'abitazione, a valle del quale vengono installati tubi in materiali polimerici stratificati pieghevoli, che assicurano una maggior facilità e velocità di posa. Dopo aver determinato, tramite l'ausilio di tabelle precompilate, il diametro del tubo in funzione della portata ridotta e di un valore della velocità ponderato, compreso tra 1 m/s e 2 m/s per limitare da un lato l'impatto acustico dell'impianto e dall'altro le perdite di carico distribuite, si determina, sempre tramite tabelle, il valore delle perdite di carico distribuite per unità di lunghezza del diametro scelto, che moltiplicato per lo sviluppo del tubo omogeneo permette di ottenere la perdita di carico dovuta agli attriti interni. Si somma poi l'eventuale perdita di carico concentrata dovuta a curve, restringimenti o allargamenti del tubo al fine di



stabilire la pressione che l'acqua dovrà avere al fine di giungere all'apparecchio più sfavorito con un carico sufficiente.

A. DIMENSIONAMENTO DELLE COLONNE MONTANTI

I. COLONNE MONTANTI PIANO QUARTO

Determinazione della portata ridotta

Nome colonna	Portata normale di erogazione	Numero apparecchi serviti	Portata ridotta	Portata ridotta
	[l/s]	[n]	[l/s]	[l/h]
B1-4	0,50	5	0,37	1332
D1-4	1,00	7	0,55	1980

Tabella 70. Determinazione della portata ridotta della colonna montante

Scelta del diametro e calcolo delle perdite di carico

Nome colonna	Diametro del tubo	Velocità dell'acqua	Lunghezza reale	Perdite di carico concentrate	Perdite di carico continue	Perdite di carico totali	Lunghezza totale
	[mm]	[m/s]	[m]	[mCA]	[mmCA/m]	[mCA]	[m]
B1-4	3/4"	1,03	3,70	1,00	85	1,31	5,01
D1-4	1"	0,95	3,70	1,00	75	1,28	4,98

Tabella 71. Scelta del diametro e calcolo delle perdite di carico della colonna montante

II. COLONNE MONTANTI PIANO TERZO

Determinazione della portata ridotta

Nome colonna	Portata normale di erogazione	Numero apparecchi serviti	Portata ridotta	Portata ridotta
	[l/s]	[n]	[l/s]	[l/h]
A1-3	0,50	5	0,37	1332
B1-3	1,50	12	0,77	2772
C1-3	1,00	7	0,55	1980
D1-3	1,50	12	0,77	2772
E1-3	0,65	5	0,42	1512
E2-3	0,30	2	0,25	900
F1-3	1,20	10	0,62	2232
F2-3	0,30	2	0,25	900
G1-3	1,50	12	0,77	2772

Tabella 72. Determinazione della portata ridotta della colonna montante



Scelta del diametro e calcolo delle perdite di carico

Nome colonna	Diametro del tubo	Velocità dell'acqua	Lunghezza reale	Perdite di carico concentrate	Perdite di carico continue	Perdite di carico totali	Lunghezza totale
	[mm]	[m/s]	[m]	[mCA]	[mmCA/m]	[mCA]	[m]
A1-3	3/4"	1,03	3,70	1,00	85	1,31	5,01
B1-3	1"	1,30	3,70	1,00	120	1,44	5,14
C1-3	1"	0,95	3,70	1,00	75	1,28	4,98
D1-3	1"	1,30	3,70	1,00	120	1,44	5,14
E1-3	3/4"	1,11	3,70	1,00	120	1,44	5,14
E2-3	1/2"	1,28	3,70	1,00	220	1,81	5,51
F1-3	1"	1,11	3,70	1,00	95	1,35	5,05
F2-3	1/2"	1,28	3,70	1,00	220	1,81	5,51
G1-3	1"	1,30	3,70	1,00	120	1,44	5,14

Tabella 73. Scelta del diametro e calcolo delle perdite di carico della colonna montante

III. COLONNE MONTANTI PIANO SECONDO

Determinazione della portata ridotta

Nome colonna	Portata normale di erogazione	Numero apparecchi serviti	Portata ridotta	Portata ridotta
	[l/s]	[n]	[l/s]	[l/h]
A1-2	1,70	15	0,80	2880
A2-2	0,30	2	0,25	900
B1-2	2,20	17	0,90	3240
C1-2	1,80	14	0,82	2952
D1-2	2,20	17	0,90	3240
D2-2	0,30	2	0,25	900
E1-2	0,65	5	0,42	1512
E2-2	0,80	7	0,50	1800
F1-2	1,70	15	0,80	2880
F2-2	1,30	9	0,65	2340
G1-2	2,45	19	1,00	3600
H1-2	2,40	20	1,00	3600
H2-2	0,60	4	0,40	1440
I1-2	1,20	10	0,62	2232
I2-2	0,30	2	0,25	900
L1-2	1,20	10	0,62	2232
L2-2	0,30	2	0,25	900

Tabella 74. Determinazione della portata ridotta della colonna montante



Scelta del diametro e calcolo delle perdite di carico

Nome colonna	Diametro del tubo	Velocità dell'acqua	Lunghezza reale	Perdite di carico concentrate	Perdite di carico continue	Perdite di carico totali	Lunghezza totale
	[mm]	[m/s]	[m]	[mCA]	[mmCA/m]	[mCA]	[m]
A1-2	1"	1,38	3,70	1,00	125	1,46	5,16
A2-2	1/2"	1,28	3,70	1,00	220	1,81	5,51
B1-2	1"	1,46	3,70	1,00	160	1,59	5,29
C1-2	1"	1,38	3,70	1,00	125	1,46	5,16
D1-2	1"	1,46	3,70	1,00	160	1,59	5,29
D2-2	1/2"	1,28	3,70	1,00	220	1,81	5,51
E1-2	3/4"	1,11	3,70	1,00	120	1,44	5,14
E2-2	3/4"	1,25	3,70	1,00	140	1,52	5,22
F1-2	1"	1,38	3,70	1,00	125	1,46	5,16
F2-2	1"	1,11	3,70	1,00	95	1,35	5,05
G1-2	1 1/4"	1,01	3,70	1,00	55	1,20	4,90
H1-2	1 1/4"	1,01	3,70	1,00	55	1,20	4,90
H2-2	3/4"	1,11	3,70	1,00	120	1,44	5,14
I1-2	1"	1,11	3,70	1,00	95	1,35	5,05
I2-2	1/2"	1,28	3,70	1,00	220	1,81	5,51
L1-2	1"	1,11	3,70	1,00	95	1,35	5,05
L2-2	1/2"	1,28	3,70	1,00	220	1,81	5,51

Tabella 75. Scelta del diametro e calcolo delle perdite di carico della colonna montante

IV. COLONNE MONTANTI PIANO PRIMO

Determinazione della portata ridotta

Nome colonna	Portata normale di erogazione	Numero apparecchi serviti	Portata ridotta	Portata ridotta
	[l/s]	[n]	[l/s]	[l/h]
A1-1	2,20	20	0,90	3240
A2-1	0,30	2	0,25	900
B1-1	3,20	24	1,25	4500
C1-1	2,30	19	0,95	3420
D1-1	2,20	17	0,90	3240
D2-1	1,30	9	0,65	2340
E1-1	1,85	15	0,85	3060
E2-1	1,10	9	0,57	2052
F1-1	2,20	20	0,90	3240
F2-1	2,30	16	0,95	3420
G1-1	3,95	31	1,40	5040
H1-1	2,90	25	1,20	4320
H2-1	0,90	6	0,52	1872
I1-1	1,20	10	0,62	2232
I2-1	1,00	7	0,77	2772
L1-1	2,20	20	0,90	3240
L2-1	2,30	16	0,95	3420

Tabella 76. Determinazione della portata ridotta della colonna montante



Scelta del diametro e calcolo delle perdite di carico

Nome colonna	Diametro del tubo	Velocità dell'acqua	Lunghezza reale	Perdite di carico concentrate	Perdite di carico continue	Perdite di carico totali	Lunghezza totale
	[mm]	[m/s]	[m]	[mCA]	[mmCA/m]	[mCA]	[m]
A1-1	1"	1,46	6,00	1,00	160	1,96	7,96
A2-1	1/2"	1,28	6,00	1,00	220	2,32	8,32
B1-1	1 1/4"	1,15	6,00	1,00	65	1,39	7,39
C1-1	1 1/4"	0,93	6,00	1,00	47	1,28	7,28
D1-1	1"	1,46	6,00	1,00	160	1,96	7,96
D2-1	1"	1,11	6,00	1,00	95	1,57	7,57
E1-1	1"	1,46	6,00	1,00	160	1,96	7,96
E2-1	1"	0,95	6,00	1,00	75	1,45	7,45
F1-1	1"	1,46	6,00	1,00	160	1,96	7,96
F2-1	1 1/4"	0,93	6,00	1,00	47	1,28	7,28
G1-1	1 1/4"	1,34	6,00	1,00	100	1,60	7,60
H1-1	1 1/4"	1,15	6,00	1,00	65	1,39	7,39
H2-1	3/4"	1,25	6,00	1,00	140	1,84	7,84
I1-1	1"	1,11	6,00	1,00	95	1,57	7,57
I2-1	1"	1,30	6,00	1,00	120	1,72	7,72
L1-1	1"	1,46	6,00	1,00	160	1,96	7,96
L2-1	1 1/4"	0,93	6,00	1,00	47	1,28	7,28

Tabella 77. Scelta del diametro e calcolo delle perdite di carico della colonna montante



V. COLONNE MONTANTI PIANO TERRA

Determinazione della portata ridotta

Nome colonna	Portata normale di erogazione	Numero apparecchi serviti	Portata ridotta	Portata ridotta
	[l/s]	[n]	[l/s]	[l/h]
A1-0	2,70	22	1,10	3960
A2-0	0,30	2	0,25	900
B1-0	3,20	24	1,25	4500
C1-0	2,30	19	0,95	3420
D1-0	2,20	17	0,90	3240
D2-0	1,30	9	0,65	2340
E1-0	1,85	15	0,85	3060
E2-0	1,60	11	0,80	2880
F1-0	2,70	22	1,10	3960
F2-0	2,30	16	0,95	3420
G1-0	3,95	31	1,40	5040
H1-0	2,90	25	1,20	4320
H2-0	1,40	8	0,72	2592
I1-0	1,20	10	0,62	2232
I2-0	1,50	9	0,77	2772
L1-0	2,20	20	0,90	3240
L2-0	2,80	18	1,20	4320
M1-0	0,50	2	0,37	1332

Tabella 78. Determinazione della portata ridotta della colonna montante



Scelta del diametro e calcolo delle perdite di carico

Nome colonna	Diametro del tubo	Velocità dell'acqua	Lunghezza reale	Perdite di carico concentrate	Perdite di carico continue	Perdite di carico totali	Lunghezza totale
	[mm]	[m/s]	[m]	[mCA]	[mmCA/m]	[mCA]	[m]
A1-0	1 1/4"	1,08	1,00	1,00	70	1,07	2,07
A2-0	1/2"	1,28	1,00	1,00	220	1,22	2,22
B1-0	1 1/4"	1,15	1,00	1,00	65	1,07	2,07
C1-0	1 1/4"	0,93	1,00	1,00	47	1,05	2,05
D1-0	1"	1,46	1,00	1,00	160	1,16	2,16
D2-0	1"	1,11	1,00	1,00	95	1,10	2,10
E1-0	1"	1,46	1,00	1,00	160	1,16	2,16
E2-0	1"	1,38	1,00	1,00	135	1,14	2,14
F1-0	1 1/4"	1,08	1,00	1,00	70	1,07	2,07
F2-0	1 1/4"	0,93	1,00	1,00	47	1,05	2,05
G1-0	1 1/4"	1,34	1,00	1,00	100	1,10	2,10
H1-0	1 1/4"	1,15	1,00	1,00	65	1,07	2,07
H2-0	1"	1,21	1,00	1,00	120	1,12	2,12
I1-0	1"	1,11	1,00	1,00	95	1,10	2,10
I2-0	1"	1,30	1,00	1,00	120	1,12	2,12
L1-0	1"	1,46	1,00	1,00	160	1,16	2,16
L2-0	1 1/4"	1,15	1,00	1,00	70	1,07	2,07
M1-0	3/4"	1,03	1,00	1,00	85	1,09	2,09

Tabella 79. Scelta del diametro e calcolo delle perdite di carico della colonna montante



B. DIMENSIONAMENTO DEI COLLETTORI ESTERNI

Dopo aver determinato la sezione delle colonne montanti della rete di distribuzione e per ciascuna di queste il valore della perdita di carico totale, si passa a dimensionare la rete di collettori esterni, partendo da quelli asserviti alle colonne montanti più lontane e procedendo a ritroso fino a quelle più vicine all'attacco della rete urbana. Si determina così un aumento del diametro man mano che il numero di colonne montanti aumenta poiché aumenta la portata di acqua in funzione della quale viene eseguito il calcolo.

Determinazione della portata ridotta

Nome collettore	Portata normale di erogazione	Numero apparecchi serviti	Portata ridotta	Portata ridotta
	[l/s]	[n]	[l/s]	[l/h]
L-M	0,50	2	0,37	1332
L2	2,80	18	1,20	4320
L	5,00	38	1,60	5760
I2	1,50	9	0,77	2772
I	2,70	19	1,10	3960
H2	1,40	8	0,72	2592
H	4,30	33	1,50	5400
G	3,95	31	1,40	5040
F2	2,30	16	0,95	3420
F	5,00	38	1,60	5760
E2	1,60	11	0,80	2880
E	3,45	26	1,27	4572
D2	1,30	9	0,65	2340
D	3,50	26	1,27	4572
C	2,30	19	0,95	3420
B	3,20	24	1,25	4500
A2	0,30	2	0,25	900
A	3,00	24	1,20	4320
I-L	5,50	40	1,70	6120
H-I	8,20	59	2,25	8100
G-H	12,50	92	2,75	9900
F-G	16,45	123	3,70	13320
D-F	21,45	161	4,40	15840
D-E	6,95	52	2,00	7200
C-D	28,40	213	5,00	18000
B-C	30,70	232	5,25	18900
A-B	33,90	256	5,75	20700
Rete-A	36,90	280	6,00	21600

Tabella 80. Determinazione della portata ridotta dei collettori esterni



Scelta del diametro e calcolo delle perdite di carico

Nome collettore	Diametro del tubo	Velocità dell'acqua	Lunghezza reale	Perdite di carico concentrate	Perdite di carico continue	Perdite di carico totali	Lunghezza totale
	[mm]	[m/s]	[m]	[mCA]	[mmCA/m]	[mCA]	[m]
L-M	3/4"	1,03	29,50	2,00	85	4,51	34,01
L2	1 1/4"	1,15	7,25	1,00	70	1,51	8,76
L	1 1/2"	1,12	11,45	1,00	60	1,69	13,14
I2	1"	1,30	7,15	1,00	120	1,86	9,01
I	1 1/4"	1,08	11,45	1,00	70	1,80	13,25
H2	1"	1,21	7,15	1,00	120	1,86	9,01
H	1 1/2"	1,12	11,45	1,00	65	1,74	13,19
G	1 1/4"	1,34	13,50	1,00	100	2,35	15,85
F2	1 1/4"	0,93	5,10	1,00	47	1,24	6,34
F	1 1/2"	1,12	13,00	1,00	60	1,78	14,78
E2	1"	1,38	7,95	1,00	135	2,07	10,02
E	1 1/4"	1,22	8,20	1,00	90	1,74	9,94
D2	1"	1,11	7,90	1,00	95	1,75	9,65
D	1 1/4"	1,22	9,20	1,00	90	1,83	11,03
C	1 1/4"	0,93	20,00	1,00	47	1,94	21,94
B	1 1/4"	1,15	14,40	1,00	65	1,94	16,34
A2	1/2"	1,28	9,70	1,00	220	3,13	12,83
A	1 1/4"	1,15	9,25	1,00	70	1,65	10,90
I-L	1 1/2"	1,28	22,50	1,00	85	2,91	25,41
H-I	1 1/2"	1,62	13,50	1,00	140	2,89	16,39
G-H	2"	1,2	13,50	1,00	55	1,74	15,24
F-G	2"	1,74	10,50	1,00	110	2,16	12,66
D-F	2 1/2"	1,22	15,50	1,00	42	1,65	17,15
D-E	1 1/2"	1,49	16,30	0,50	105	2,21	18,51
C-D	2 1/2"	1,38	10,10	1,00	50	1,51	11,61
B-C	2 1/2"	1,43	10,10	1,00	55	1,56	11,66
A-B	2 1/2"	1,56	12,90	1,00	70	1,90	14,80
Rete-A	2 1/2"	1,67	50,00	1,00	70	4,50	54,50

Tabella 81. Scelta del diametro e calcolo delle perdite di carico dei collettori esterni



C. DIMENSIONAMENTO COLLETTORI INTERNI

Per quanto concerne invece la distribuzione interna vengono utilizzati tubi di tipo Geberit Mepla con diametro esterno di 20 mm per gli apparecchi presenti in cucina ad eccezione della lavatrice mentre per quelli dei bagni il diametro esterno dei tubi è di 16 mm.

Tipo apparecchio	Portata normale di erogazione	Tipo collettori di adduzione interni
	[l/s]	
Cassetta lavaggio vaso	0,10	Geberit Mepla 16
Lavabo	0,10	Geberit Mepla 16
Bidet	0,10	Geberit Mepla 16
Piatto doccia	0,10	Geberit Mepla 16
Lavatrice	0,25	Geberit Mepla 20
Lavastoviglie	0,15	Geberit Mepla 20
Lavello da cucina doppio	0,15	Geberit Mepla 20
Lavatoio	0,15	Geberit Mepla 20

Tabella 82. Scelta del diametro dei collettori interni

D. SCELTA DELLA POMPA

Con il medesimo principio con il quale è stata effettuata la scelta del ventilatore per l'unità di trattamento aria, si determina in questo caso la prevalenza della pompa a cui spetta il ruolo di distribuzione dell'acqua all'interno dell'impianto. Come già detto in precedenza, l'acqua all'interno della rete idrica pubblica circola ad una pressione di 40mCA; dai calcoli effettuati risulta che il percorso critico, percorso che l'acqua deve compiere per raggiungere l'utenza più sfavorita, ha una perdita di carico complessiva di 40,29mCA al netto delle perdite di carico che si realizzano all'entrata del fluido nel collettore dell'impianto. Si sceglie di installare una pompa multicellulare ad asse orizzontale avente una prevalenza di 96 mCA che assicura una portata pari a 34 m³/h, dovendo far fronte ad una portata di progetto di 21,60 m³/h.



6. IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ACQUA CALDA

Al fine di dimensionare l'impianto per la produzione di acqua calda, dovranno essere determinate le potenze che i vari impianti di riscaldamento richiedono per riscaldare l'acqua, che verrà utilizzata come fluido vettore per il trasporto del calore. Gli impianti di riscaldamento che necessitano di acqua calda sono l'impianto a pannelli radianti e la batteria di riscaldamento dell'unità di trattamento aria.

Inoltre dovrà essere stimata la potenza necessaria all'impianto di produzione di acqua calda sanitaria che verrà invece utilizzata per scopi igienici.

A. CALCOLO DELLA POTENZA RICHIESTA DALL'IMPIANTO A PANNELLI RADIANTI

In precedenza si sono determinate la temperatura di mandata e la portata del fluido vettore acqua per l'impianto di riscaldamento a pavimento per l'appartamento 1, rispettivamente pari a 27°C e 0,12 l/s. La portata globale di acqua dell'intero impianto viene stimata approssimativamente rapportando il carico termico invernale dell'appartamento 1 con quello relativo all'intero edificio, e risulta essere pari a 2,29 l/s ovvero 8234 l/h. sempre in precedenza si è determinata anche la temperatura di ritorno del fluido vettore pari a 21°C: ciò significa che l'impianto per la produzione di acqua calda dovrà provvedere a ripristinare il valore della temperatura di mandata dell'acqua stessa.

Si è scelti di accumulare un volume di acqua pari a 3500 l ad una temperatura di 60°C così da poter ridurre la produzione istantanea di acqua calda ad un volume orario di 2012 l. In tabella 82 è riportato il calcolo della potenza necessaria alla caldaia al fine di ripristinare istantaneamente la temperatura di mandata per tale quantità di acqua.

Temperatura acqua di mandata	Temperatura acqua di ritorno	Portata globale ciclo	Accumulo a 60°C	Accumulo a 27°C	Sfruttamento serbatoio	Produzione istantanea	Potenza caldaia
[°C]	[°C]	[l/h]	[l]	[l]	[%]	[l/h]	[KW]
27	21	8234	3500	7778	80%	2012	14

Tabella 83. Calcolo della potenza della caldaia per l'impianto di riscaldamento a pavimento

B. CALCOLO DELLA POTENZA RICHIESTA DALLA BATTERIA DI RISCALDAMENTO

Nel capitolo relativo al dimensionamento dell'unità di trattamento aria, viene determinata la potenza necessaria alla batteria di riscaldamento, pari a 13 KW: tale potenza è quella che la caldaia dovrà erogare al fine di scaldare l'acqua, utilizzata come fluido vettore per il trasporto di calore.

C. CALCOLO DELLA POTENZA NECESSARIA PER LA PRODUZIONE DI ACS

Al fine di determinare la potenza necessaria a produrre acqua calda sanitaria, il calcolo viene condotto sul numero totale di docce, che rappresentano le apparecchiature aventi il maggior fabbisogno di acqua calda; tale numero viene poi incrementato del 10% al fine di tenere in considerazione la possibilità che oltre alle docce, ci siano altri apparecchi che richiedano nello stesso istante la produzione di acqua calda.

Viene definita la portata globale di acqua calda, come prodotto tra il numero incrementato delle docce e la loro portata per ciclo, ossia 60 l: tale valore rappresenta il fabbisogno di acqua calda dell'intero edificio. Si sceglie di accumulare anche in questo caso un volume di acqua pari a 3500 l, mantenuti alla temperatura di 60°C in un serbatoio; significa quindi disporre di 4884 l di acqua a 43°C, temperatura di utilizzo per le docce. Verrà utilizzato l'80% dell'acqua



contenuta nel serbatoio, ciò significa che i restanti 593 l/h dovranno essere prodotti istantaneamente.

In tabella 83 vengono riassunti i dati utilizzati per la determinazione della potenza richiesta alla caldaia per la produzione di acs.

Temperatura acqua fredda	Temperatura acqua calda	Portata globale ciclo	Accumulo a 60°C	Accumulo a 43°C	Sfruttamento serbatoio	Produzione istantanea	Potenza caldaia
[°C]	[°C]	[l/h]	[l]	[l]	[%]	[l/h]	[KW]
10	43	4500	3500	4884	80%	593	23

Tabella 84. Calcolo della potenza della caldaia per la produzione di acs

D. SCELTA DELLA CALDAIA

Per la produzione dell'acqua calda per i diversi servizi da asservire, viene scelta una caldaia a condensazione avente una potenza pari a 70KW in grado di ricoprire la richiesta complessiva degli impianti di 50KW.

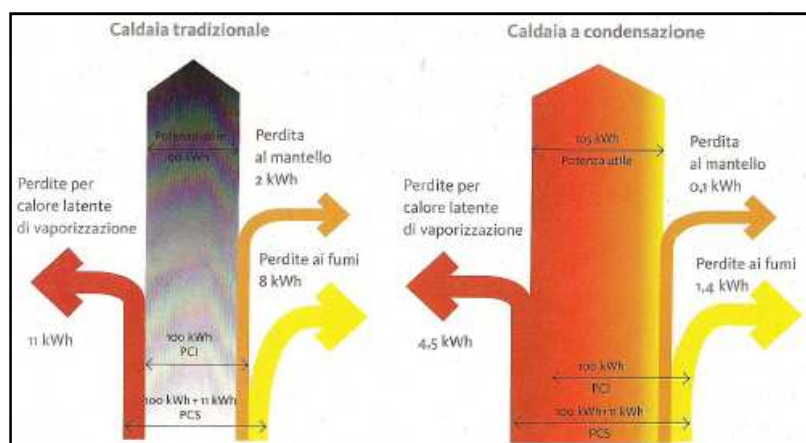


Figura 4. Confronto energetico di resa tra una caldaia tradizionale ed una a condensazione



7. IMPIANTO DI SCARICO

L'impianto di scarico si interessa della raccolta, convogliamento e smaltimento delle acque che, a qualunque titolo, sono presenti in un edificio. Contribuisce inoltre ad evitare che negli ambienti si determinino cattivi odori per putrescenza delle acque. L'impianto deve essere distinto a seconda che si tratti di acque bianche, dovute a piogge e disgelo di neve o acque nere, prodotte direttamente o indirettamente dall'uso dell'uomo.

Le acque di scarico devono essere prioritariamente raccolte e fatte convergere a gravità verso condotte a percorso prevalentemente verticale (pluviali o fecali) fino a raggiungere un piano prossimo al livello di campagna. Per il dimensionamento di tali percorsi si partirà quindi a considerare prima l'ultimo piano dell'edificio per poi scendere di livello poiché aggiungendo quantità di acqua da smaltire, si dovrà simultaneamente aumentare il diametro del tubo di convogliamento. Al piano di campagna, mediante collettori di scarico, le acque dovranno essere poi indirizzate verso l'esterno dell'edificio sino nella rete fognaria urbana. Occorre però fare una precisazione, ossia che le acque bianche prima di raggiungere la rete fognaria, devono essere raccolte in una vasca apposita chiamata vasca volano in quanto per legge è possibile scaricare direttamente nella rete fognaria una quantità di acqua pari a 4 l/s al fine di non sovraccaricare la rete e determinare così collassi.

E' stato inoltre previsto un condotto parallelo ai collettori di scarico verticali al fine di determinare una ventilazione degli scarichi. La dimensione di questo secondo condotto è la medesima di quello calcolato per gli scarichi.

7.1 IMPIANTO DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE NERE

Per quanto riguarda il dimensionamento dell'impianto di scarico delle acque nere, come già detto, si dovrà iniziare considerando per primo l'ultimo piano dell'edificio quindi scendere di livello. Per ciascuna colonna di scarico dovranno essere individuati gli apparecchi che vi scaricano per ogni piano; viene introdotto il concetto di unità di scarico che è una grandezza relativa alla portata temporale che un apparecchio cede all'impianto di scarico ed equivale a 0,25 l/s.

Tipo apparecchio	Unità di scarico
	[n]
Cassetta lavaggio vaso	10
Lavabo	2
Bidet	2
Piatto doccia	2
Lavatrice	10
Lavastoviglie	4
Lavello da cucina doppio	4
Lavatoio	4

Tabella 85. Unità di scarico degli apparecchi

Altro concetto di cui si fa uso durante il dimensionamento dell'impianto è la contemporaneità ossia, dopo aver sommato le unità di scarico degli apparecchi confluenti ad un piano nella stessa colonna ed aver ottenuto la portata nominale, questa viene moltiplicata per un coefficiente che tiene conto della possibilità che tutti gli apparecchi scarichino contemporaneamente. Essendo il coefficiente minore di uno, è facile capire che l'impianto



viene dimensionato su una portata inferiore a quella nominale, detta portata ridotta, in quanto la probabilità che tutti gli apparecchi confluenti alla medesima colonna scarichino contemporaneamente è talmente bassa che non viene considerata; significherebbe altrimenti sovradimensionare l'impianto. I coefficienti di contemporaneità sono valori tabellati che dipendono dalla tipologia dell'edificio: per il caso in esame essendo l'edificio a destinazione residenziale, il coefficiente è pari a 0,5. Si procede poi a scegliere la tubazione più idonea, consultando il catalogo del produttore, nel nostro caso Geberit. Il materiale con cui sono realizzate le colonne di scarico ed i collettori esterni è il PEHD (polietilene alta densità) mentre per le diramazioni interne sono previsti tubazioni in PE (polietilene).

A. DIMENSIONAMENTO DELLE COLONNE DI SCARICO

I. COLONNE DI SCARICO PIANO QUARTO

Nome colonna	Unità di scarico	Portata normale di scarico	Portata ridotta	Diametro del tubo
	[n]	[l/s]	[l/s]	[mm]
B1	18	4,50	1,06	110
D1	36	9,00	1,50	110

Tabella 86. Scelta del diametro della colonna di scarico

II. COLONNE DI SCARICO PIANO TERZO

Nome colonna	Unità di scarico	Portata normale di scarico	Portata ridotta	Diametro del tubo
	[n]	[l/s]	[l/s]	[mm]
A1	18	4,50	1,06	110
B1	54	13,50	1,84	110
C1	36	9,00	1,50	110
D1	54	13,50	1,84	110
E1	26	6,50	1,27	110
E2	8	2,00	0,71	90
F1	46	11,50	1,70	110
F2	8	2,00	0,71	90
G1	54	13,50	1,84	110

Tabella 87. Scelta del diametro della colonna di scarico



III. COLONNE DI SCARICO PIANO SECONDO

Nome colonna	Unità di scarico	Portata normale di scarico	Portata ridotta	Diametro del tubo
	[n]	[l/s]	[l/s]	[mm]
A1	64	16,00	2,00	110
A2	8	2,00	0,71	90
B1	82	20,50	2,26	110
C1	62	15,50	1,97	110
D1	82	20,50	2,26	110
D2	8	2,00	0,71	90
E1	26	6,50	1,27	110
E2	26	6,50	1,27	110
F1	64	16,00	2,00	110
F2	44	11,00	1,66	110
G1	88	22,00	2,35	110
H1	92	23,00	2,40	110
H2	16	4,00	1,00	90
I1	46	11,50	1,70	110
I2	8	2,00	0,71	90
L1	46	11,50	1,70	110
L2	8	2,00	0,71	90

Tabella 88. Scelta del diametro della colonna di scarico

IV. COLONNE DI SCARICO PIANO PRIMO

Nome colonna	Unità di scarico	Portata normale di scarico	Portata ridotta	Diametro del tubo
	[n]	[l/s]	[l/s]	[mm]
A1	82	20,50	2,26	110
A2	8	2,00	0,71	90
B1	118	29,50	2,72	110
C1	80	20,00	2,24	110
D1	82	20,50	2,26	110
D2	44	11,00	1,66	110
E1	72	18,00	2,12	110
E2	34	8,50	1,46	110
F1	82	20,50	2,26	110
F2	80	20,00	2,24	110
G1	142	35,50	2,98	110
H1	110	27,50	2,62	110
H2	24	6,00	1,22	90
I1	46	11,50	1,70	110
I2	36	9,00	1,50	110
L1	82	20,50	2,26	110
L2	80	20,00	2,24	110

Tabella 89. Scelta del diametro della colonna di scarico



V. COLONNE DI SCARICO PIANO TERRA

Nome colonna	Unità di scarico	Portata normale di scarico	Portata ridotta	Diametro del tubo
	[n]	[l/s]	[l/s]	[mm]
A1	102	25,50	2,52	110
A2	8	2,00	0,71	110
B1	118	29,50	2,72	110
C1	80	20,00	2,24	110
D1	82	20,50	2,26	110
D2	44	11,00	1,66	110
E1	72	18,00	2,12	110
E2	54	13,50	1,84	110
F1	102	25,50	2,52	110
F2	80	20,00	2,24	110
G1	142	35,50	2,98	110
H1	110	27,50	2,62	110
H2	44	11,00	1,66	110
I1	46	11,50	1,70	110
I2	56	14,00	1,87	110
L1	82	20,50	2,26	110
L2	100	25,00	2,50	110
M1	20	5,00	1,12	110

Tabella 90. Scelta del diametro della colonna di scarico



B. DIMENSIONAMENTO DEI COLLETTORI ESTERNI

Determinate le dimensioni delle colonne di scarico si passa al dimensionamento dei collettori di scarico esterni, sempre consultando le tabelle fornite dal produttore, considerando qui anche pendenza del collettore e fattore di riempimento pari a 0,8.

Nome collettore	Unità di scarico	Portata normale di scarico	Portata ridotta	Diametro del tubo
	[n]	[l/s]	[l/s]	[mm]
M-L	20	5,00	1,12	110
L	182	45,50	3,37	110
I	102	25,50	2,52	110
H	154	38,50	3,10	110
G	142	35,50	2,98	110
F	182	45,50	3,37	110
E	126	31,50	2,81	110
D	126	31,50	2,81	110
C	80	20,00	2,24	110
B	118	29,50	2,72	110
A	110	27,50	2,62	110
L-I	202	50,50	3,55	110
I-H	304	76,00	4,36	110
H-G	458	114,50	5,35	110
G-F	600	150,00	6,12	110
F-D	782	195,50	6,99	110
E-D	252	63,00	3,97	110
D-C	1034	258,50	8,04	125
C-B	1114	278,50	8,34	125
B-A	1232	308,00	8,77	125
A-Scarico	1342	335,50	9,16	125

Tabella 91. Scelta del diametro dei collettori esterni

Per tutti i tratti la pendenza del collettore è pari all'1%.



C. DIMENSIONAMENTO DEI COLLETTORI INTERNI

Per quanto riguarda invece le diramazioni degli scarichi interni, per il WC viene utilizzato un tubo con diametro esterno di 110 mm mentre per gli altri scarichi un tubo con diametro esterno di 63 mm.

Tipo apparecchio	Unità di scarico	Portata normale di scarico	Portata ridotta	Diametro del tubo
	[n]	[l/s]	[l/s]	[mm]
WC	10	2,50	0,79	110
Lavabo	2	0,50	0,35	63
Bidet	2	0,50	0,35	63
Piatto doccia	2	0,50	0,35	63
Lavatrice	10	2,50	0,79	90
Lavastoviglie	4	1,00	0,50	63
Lavello da cucina doppio	4	1,00	0,50	63
Lavatoio	4	1,00	0,50	63

Tabella 92. Scelta del diametro dei collettori interni



7.2 IMPIANTO DI SMALTIMENTO DELLE ACQUE BIANCHE

Per il dimensionamento dell'impianto di smaltimento delle acque bianche, i fattori di cui si deve tenere conto per la determinazione della portata di acqua da convogliare a terra sono l'ampiezza delle superfici esposte alla pioggia, l'indice di piovosità del sito e la tipologia delle coperture per le quali si utilizzano coefficienti riduttivi K definiti in funzione del tipo di finitura della copertura stessa. Nel nostro caso le coperture sono rivestite tramite pannelli isolanti con finitura metallica su cui sono fissati i collettori solari, i balconi presentano una pavimentazione lignea mentre per i terrazzi la soluzione è mista e prevede l'abbinamento di una porzione verde con perimetro ligneo: per la finitura a verde $K=0,3$ mentre per le altre superfici essendo lisce $K=1$. Si è deciso di collegare i canali di gronda perimetrali con i pluviali localizzati all'interno dei setti impiantistici e convogliare l'acqua raccolta verso la rete fognaria, tramite collettori che scaricano all'interno della vasca volano. L'indice di piovosità del comune di Erba è pari a 15 cm h/m^2 .

[cm/hm ²]	[l/hm ²]	[l/sm ²]
15	150	0,04

Tabella 93. Indice di piovosità del territorio di Erba

A. DIMENSIONAMENTO DEI CANALI DI GRONDA

Utilizzando poi il catalogo del produttore, anche in questo caso Geberit, e considerando la pendenza della gronda e il coefficiente di riempimento si sceglie la dimensione idonea.

Pendenza	Coefficiente di riempimento
[%]	
0,50	0,80

Tabella 94. Caratteristiche del canale di gronda

I. CANALI DI GRONDA PIANO COPERTURA

Tipo copertura	Superficie	Portata di scarico	Diametro del canale
	[m ²]	[l/s]	[mm]
Liscia	231	9,63	125

Tabella 95. Scelta del diametro del canale di gronda

II. CANALI DI GRONDA PIANO QUARTO

Tipo copertura	Superficie	Portata di scarico	Diametro del canale
	[m ²]	[l/s]	[mm]
Liscia + Giardino	55	2,29	110
	100	1,25	
Liscia	56	2,35	110

Tabella 96. Scelta del diametro del canale di gronda



III. CANALI DI GRONDA PIANO TERZO

Tipo copertura	Superficie	Portata di scarico	Diametro del canale
	[m ²]	[l/s]	[mm]
Liscia + Giardino	83	3,45	125
	28	0,35	
Liscia	52	2,16	110
Liscia	53	2,19	110
Liscia	156	6,51	160
Liscia + Giardino	100	4,17	125
	61	0,77	
Liscia	332	13,83	200

Tabella 97. Scelta del diametro del canale di gronda

IV. CANALI DI GRONDA PIANO SECONDO

Tipo copertura	Superficie	Portata di scarico	Diametro del canale
Liscia	72	3,00	110
Liscia	48	2,00	110
Liscia	115	4,77	125
Liscia	35	1,46	90
Liscia	77	3,21	110
Liscia + Giardino	126	5,25	160
	89	1,11	

Tabella 98. Scelta del diametro del canale di gronda

V. CANALI DI GRONDA PIANO PRIMO

Tipo copertura	Superficie	Portata di scarico	Diametro del canale
Liscia + Giardino	72	2,98	125
	93	1,16	
Liscia	37	1,54	90
Liscia	59	2,48	110
Liscia	71	2,94	110
Liscia	50	2,09	110
Liscia	67	2,79	110
Liscia	34	1,40	90
Liscia	88	3,68	125
Liscia + Giardino	96	4,00	160
	135	1,69	

Tabella 99. Scelta del diametro del canale di gronda



B. DIMENSIONAMENTO DEI PLUVIALI

Si passa poi a determinare la sezione dei pluviali per ciascun piano, sommando le portate dei canali di gronda che giungono in ciascuno di essi. Come nel caso delle colonne di scarico si parte a considerare il pluviale nel quale scaricano i canali di gronda dei piani di copertura per poi scendere e sommare le portate dei canali di gronda dei piani sottostanti. La scelta viene fatta in funzione della portata massima di acqua evacuabile dal pluviale.

I. PLUVIALI PIANO QUARTO

Nome pluviale	Superficie	Portata di scarico	Diametro del pluviale	Portata massima
	[m ²]	[l/s]	[mm]	[l/s]
P06-C	116	4,81	90	5,00
P10-C	116	4,81	90	5,00

Tabella 100. Scelta del diametro del pluviale

II. PLUVIALI PIANO TERZO

Nome pluviale	Superficie	Portata di scarico	Diametro del pluviale	Portata massima
	[m ²]	[l/s]	[mm]	[l/s]
P03-4	78	1,77	63	1,90
P06-4	78	6,58	110	8,90
P10-4	56	7,16	110	8,90

Tabella 101. Scelta del diametro del pluviale

III. PLUVIALI PIANO SECONDO

Nome pluviale	Superficie	Portata di scarico	Diametro del pluviale	Portata massima
	[m ²]	[l/s]	[mm]	[l/s]
P03-3	55	3,67	90	5,00
P06-3	81	11,33	125	12,50
P10-3	52	9,33	125	12,50
P14-3	104	4,35	90	5,00
P23-3	159	5,72	110	8,90
P26-3	81	2,47	75	3,60
P29-3	166	6,92	110	8,90
P34-3	166	6,92	110	8,90

Tabella 102. Scelta del diametro del pluviale



IV. PLUVIALI PIANO PRIMO

Nome pluviale	Superficie	Portata di scarico	Diametro del pluviale	Portata massima
	[m ²]	[l/s]	[mm]	[l/s]
P03-2	36	5,17	110	8,90
P06-2	36	12,83	125	12,50
P10-2	48	11,33	125	12,50
P14-2	57	6,74	110	8,90
P21-2	57	2,39	75	3,60
P23-2	18	6,45	110	8,90
P26-2	56	4,80	110	8,90
P29-2	39	8,52	110	8,90
P34-2	215	13,28	125	12,50

Tabella 103. Scelta del diametro del pluviale

V. PLUVIALI PIANO TERRA

Nome pluviale	Superficie	Portata di scarico	Diametro del pluviale	Portata massima
	[m ²]	[l/s]	[mm]	[l/s]
P03-1	183	10,08	125	12,50
P06-1	48	14,84	160	25,00
P10-1	65	14,04	160	25,00
P14-1	60	9,25	125	12,50
P21-1	59	4,83	90	5,00
P23-1	0	6,45	110	8,90
P26-1	50	6,90	110	8,90
P29-1	61	11,06	125	12,50
P34-1	44	15,12	160	25,00
P36-1	231	5,69	110	8,90

Tabella 104. Scelta del diametro del pluviale



C. DIMENSIONAMENTO DEI COLLETTORI ESTERNI

Infine si deve definire il diametro del collettore di scarico delle acque bianche: partendo dal pluviale più lontano (P36) ci si muove verso nord sommando le portate degli altri pluviali e determinando così un aumento della sezione del collettore man mano che i pluviali aumentano. Il collettore, una volta che ha raccolto tutte le acque provenienti da ciascun pluviale, viene raccordato ad una vasca volano che ha il compito di raccogliere l'acqua captata dall'edificio e rilasciarla nella rete fognaria pubblica con una portata pari di 4 l/s, valore molto più basso rispetto alla portata di acqua in entrata nella vasca volano. Tale valore è stabilito dal legislatore al fine di non compromettere la capacità ricettiva della fognatura. Il diametro del collettore viene scelto in funzione della portata, della pendenza e del coefficiente di riempimento del tubo.

Nome collettore	Portata di scarico	Diametro del tubo
	[l/s]	[mm]
C36	5,69	125
C34	15,12	200
C29	11,06	160
C26	6,90	125
C23	6,45	125
C21	4,83	110
C14	9,25	160
C10	14,04	160
C06	14,84	160
C03	10,08	160
C34-29	20,80	200
C29-26	31,87	200
C26-23	38,77	200
C23-21	45,22	200
C21-10	50,05	315
C14-10	23,29	200
C10-06	73,34	315
C06-03	88,18	315
C03-Vasca	98,26	315
Vasca-Rete	4,00	110

Tabella 105. Scelta dei collettori esterni

Il coefficiente di riempimento è considerato sempre pari a 0,8 mentre la pendenza è dell'1% ad eccezione del tratto C03 - Vasca per il quale si prevede una pendenza pari all'1,50%.



D. DIMENSIONAMENTO DELLA VASCA VOLANO

La vasca volano viene dimensionata con una portata di progetto pari alla differenza tra la portata in entrata, ossia la quantità di acqua proveniente dall'edificio, e la portata con cui si può scaricare nella rete pubblica, ossia 4 l/s. Si assume un evento meteorico della durata convenzionale di un'ora e si determina così la quantità di acqua massima da trattenere e quindi il volume della vasca volano.

Portata di scarico globale	Portata di scarico in rete pubblica	Differenza di portata	Volume della vasca
[l/s]	[l/s]	[l/s]	[m ³]
98,26	4,00	94,26	339

Tabella 106. Determinazione della dimensione della vasca volano