

POLITECNICO DI MILANO

Facoltà di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in
Ingegneria Energetica



Progettazione e Analisi Energetica degli Impianti
di Climatizzazione della Torre Isozaki

Relatore: Prof. Cesare Maria JOPPOLO

Co-relatore: Ing. Gianfranco ARIATTA

Tesi di Laurea di:

Andrea MACCHIONI Matr. 734435

Andrea PATELLI Matr. 740242

Anno Accademico 2010 – 2011

Sommario

Introduzione all'edificio.....	7
1 Fabbisogno termico invernale ed estivo e rispetto dei limiti di legge	10
1.1 Il problema energetico	10
1.2 Quadro normativo di riferimento europeo	11
1.3 Quadro normativo di riferimento italiano	11
1.4 Quadro normativo di riferimento lombardo	12
1.5 Verifiche secondo dgr 8745	12
2 Definizione piani tipo	14
2.1 Definizione strutture	14
2.2 Definizione piani tipo.....	23
3 Calcolo carichi termici.....	26
3.1 Definizione parametri climatici	26
3.1.1 Caso invernale	26
3.1.2 Caso estivo	26
3.2 Ipotesi di calcolo	28
3.3 Calcolo invernale	29
3.3.1 Potenza dispersa attraverso all'involucro	29
3.3.2 Potenza dispersa per ventilazione.....	31
3.3.3 Calcolo potenza centrale termica	35
3.4 Calcolo estivo.....	35
3.4.1 Definizione dei carichi interni	35
3.4.2 Potenza sensibile massima contemporanea.....	36
3.4.2 Carico per ventilazione.....	37
3.4.4 Calcolo potenza centrale frigorifera	39
4 Impianto di climatizzazione	42
4.1 Soluzioni impiantistiche	42
4.1.1 Impianto misto aria-acqua	42
4.1.2 Impianto quattro tubi	43
4.2 Dimensionamento aria	43
4.2.1 Metodo di dimensionamento a perdita di carico costante	44
4.2.2 Dimensionamento distribuzione aeraulica al piano	47

4.2.2.1	Circuito di mandata	47
4.2.2.2	Estrazione bagni	51
4.2.2.3	Ripresa aria ambiente	53
4.2.3	Dimensionamento canali montanti	54
4.2.4	Calcolo perdite di carico	57
4.3	Dimensionamento unità trattamento aria	58
4.4	Fan Coil	66
4.4.1	Collegamento diffusore-fan coil e diffusione in ambiente	66
4.4.2	Dimensionamento fan coil	69
4.5	Dimensionamento rete idronica	74
4.5.1	Circuito secondario	75
4.5.2	Dimensionamento circuito idronico di piano	77
4.5.3	Dimensionamento colonne montanti	80
4.5.4	Calcolo delle perdite di carico	83
4.6	Centrale termica	87
4.6.1	Impianto produzione fluidi tecnologici	88
4.6.2	Scambiatore di calore	89
4.6.3	Assorbitore	91
4.6.4	Torre evaporativa	92
4.6.5	Pompe di circolazione	93
4.6.6	Vasi di espansione	96
4.6.7	Isolamento tubazioni	99
5	Sistema di regolazione	100
5.1	Regolatore ddc	100
5.2	Impianti controllati.....	101
5.2.1	Centrale termofrigorifera.....	101
5.2.2	Unità di trattamento aria.....	103
5.2.3	Fan Coil	105
6	Simulazioni energetiche	106
6.1	Il programma	106
6.1.2	ModellIT	106
6.2.2	SunCAST.....	107
6.2.3	Apache.....	107
6.2.4	ApacheHVAC	107
6.2.5	Lighting	108
6.2.6	Vista.....	108
6.2	Modello delle simulazioni.....	108
6.2.1	La geometria.....	109

6.2.2	Dati climatici	111
6.2.3	Caratteristiche termofisiche locali e carichi interni	114
6.2.4	Impianto di climatizzazione	117
6.2.5	La regolazione	119
6.2.5.1	UTA	119
6.2.5.1	Fan Coils	120
6.3	Analisi simulazioni	121
6.3.1	Simulazione “Progetto”	121
6.3.1.1	Analisi risultati locale	121
6.3.1.2	Analisi risultati impianto HVAC	126
6.3.2	Utilizzo delle simulazioni nella progettazione	131
6.3.2.1	Influenza carichi interni	132
6.3.2.2	Influenza vetri	139
6.3.2.3	IES VE-Pro vs CENED	144
6.4	Valutazioni finali	145

Bibliografia	148
---------------------------	------------

Allegato	149
Allegato 1	150
Allegato 2	171
Allegato 3	193
Allegato 4	210

Elenco delle figure

<i>Figura 1.1 Individuazione lotto di riferimento</i>	8
<i>Figura 1.2 Sezione dell'edificio</i>	9
<i>Figura 2.1 possibile lay-out piano tipo</i>	15
<i>Figura 2.2 Dettaglio tipologia strutture piano tipo</i>	24
<i>Figura 2.3 Dettaglio tipologia strutture Hall</i>	25
<i>Figura 2.4 Sezione Hall</i>	26
<i>Figura 2.5 Sezione Hall</i>	26
<i>Figura 3.1 Coefficienti di maggiorazione in base all'esposizione</i>	30
<i>Figura 3.2 Orientazione edificio</i>	31
<i>Figura 3.3 Vie di fuga piano tipo</i>	33
<i>Figura 3.4 Trattamento aria primaria in ciclo invernale</i>	35
<i>Figura 3.5 Trasformazioni aria primaria in ciclo estivo</i>	39
<i>Figura 4.1 Dettaglio collegamento rete primaria – diffusore – fan coil</i>	49
<i>Figura 4.2 Configurazione rete aeraulica piano tipo</i>	50
<i>Figura 4.3 Derivazione circuito aria primaria</i>	51
<i>Figura 4.4 Perdite di carico valvole Bap Color</i>	53
<i>Figura 4.5 Estrazione bagni piano tipo</i>	54
<i>Figura 4.6 Schema altimetrico canali montanti</i>	57
<i>Figura 4.7 Coefficiente perdita carico serrande regolazione</i>	59
<i>Figura 4.8 Umidificatore HUMIFOG</i>	62
<i>Figura 4.9 Scema funzionale unità trattamento aria</i>	65
<i>Figura 4.10 Disposizione UTA nel locale tecnico</i>	66
<i>Figura 4.11 Dettaglio collegamento Diffusori – Fan Coil</i>	68
<i>Figura 4.12 Effetto Coanda</i>	69
<i>Figura 4.13 Ripartizione piano tipo in moduli per analisi carichi</i>	70
<i>Figura 4.14 Suddivisione piano tipo</i>	71
<i>Figura 4.15 Circuito Primario e Secondario</i>	76
<i>Figura 4.16 Schema circuito idronico</i>	77
<i>Figura 4.17 Circuito Idronico di Piano</i>	80
<i>Figura 4.18 Altimetrico Circuito Idronico</i>	83
<i>Figura 4.19 Valvola Autoflow</i>	84
<i>Figura 4.20 Coefficienti Perdita Carico Localizzato</i>	87
<i>Figura 4.21 Perdite carico batteria Fan-Coil</i>	88
<i>Figura 4.22 Schema esemplificativo rete idronica</i>	90
<i>Figura 4.23 Schema macchina ad assorbimento</i>	92
<i>Figura 4.24 Curva Caratteristica Pompa circuito caldo</i>	96
<i>Figura 6.1 Modello geometrico</i>	110
<i>Figura 6.2 Numerazione locali piano tipo</i>	111
<i>Figura 6.3 Modello geometrico con suddivisione in ambiente</i>	112
<i>Figura 6.4 Esempi output SunCast</i>	113
<i>Figura 6.5 Analisi dell'insolazione nel locale ufficio SE</i>	114
<i>Figura 6.6 Comparazione temperatura esterna media mensile</i>	115

<i>Figura 6.7 Interfaccia del Building Template Manager</i>	<i>115</i>
<i>Figura 6.8 Creazione profili occupazionali</i>	<i>118</i>
<i>Figura 6.9 Schema funzionale impianto HVAC</i>	<i>119</i>
<i>Figura 6.10 Andamento carichi di climatizzazione intero sistema (15 Gennaio)</i>	<i>123</i>
<i>Figura 6.11 Andamento carichi di climatizzazione intero sistema (15 Luglio).....</i>	<i>124</i>
<i>Figura 6.12 Andamento dei parametri di comfort Ufficio SE 2p (15 Gennaio)</i>	<i>125</i>
<i>Figura 6.13 Andamento dei parametri di comfort Ufficio SE 2p (15 Luglio)</i>	<i>126</i>
<i>Figura 6.14 Andamento carichi interni e di climatizzazione Ufficio SE 2p (15 Gennaio)</i> <i>.....</i>	<i>126</i>
<i>Figura 6.15 Andamento carichi interni e di climatizzazione Ufficio SE 2p (15 Luglio)</i> <i>.....</i>	<i>127</i>
<i>Figura 6.16 Andamento Temperatura dell'AP nell'UTA (15 Gennaio)</i>	<i>128</i>
<i>Figura 6.17 Andamento Temperatura dell'AP nell'UTA (15 Luglio)</i>	<i>128</i>
<i>Figura 6.18 Andamento Temperatura dell'aria nei FC (15 Gennaio)</i>	<i>129</i>
<i>Figura 6.19 Andamento Temperatura dell'aria nei FC (15 Luglio)</i>	<i>129</i>
<i>Figura 6.20 Potenza ceduta all'aria dalla batteria calda e dall'umidificatore nell'UTA</i> <i>(15 Gennaio)</i>	<i>130</i>
<i>Figura 6.21 Andamento Potenza ceduta all'aria dalla batterie fredda e</i> <i>dall'umidificatore nell'UTA (15 Luglio).....</i>	<i>131</i>
<i>Figura 6.22 Potenza ceduta all'aria dalle batterie dei FC (15 Gennaio)</i>	<i>131</i>
<i>Figura 6.23 Potenza ceduta all'aria dalle batterie dei FC (15 Luglio)</i>	<i>132</i>
<i>Figura 6.24 Comparazione energia termica richiesta alle batterie AC al variare dei</i> <i>carichi interni</i>	<i>133</i>
<i>Figura 6.25 Comparazione energia termica richiesta alle batterie AF al variare dei</i> <i>carichi interni</i>	<i>134</i>
<i>Figura 6.26 Comparazione energia termica recuperata al variare dei carichi interni</i> <i>.....</i>	<i>134</i>
<i>Figura 6.27 Comparazione energia termica batterie calde FC UFFICI al variare dei</i> <i>carichi interni</i>	<i>136</i>
<i>Figura 6.28 Comparazione energia termica batterie fredde FC UFFICI al variare dei</i> <i>carichi interni</i>	<i>137</i>
<i>Figura 6.29 Comparazione energia termica batterie calde FC SALE RIUNIONI al</i> <i>variare dei carichi interni</i>	<i>137</i>
<i>Figura 6.30 Comparazione energia termica batterie fredde FC SALE RIUNIONI al</i> <i>variare dei carichi interni</i>	<i>138</i>
<i>Figura 6.31 Simulazione PROGETTO MOD: Energia richiesta alle batterie dei FC</i> <i>SALE RIUNIONI</i>	<i>139</i>
<i>Figura 6.32 Simulazione PROGETTO: Energia richiesta alle batterie dei FC SALE</i> <i>RIUNIONI</i>	<i>139</i>
<i>Figura 6.33 Guadagni Solari al variare del vetro: Ufficio SE, 21 Gennaio</i>	<i>140</i>
<i>Figura 6.34 Temperatura Ambiente e Carico di Climatizzazione al variare del vetro:</i> <i>Ufficio SE, 21 Gennaio</i>	<i>141</i>
<i>Figura 6.35 Guadagni Solari al variare del vetro: Ufficio SE, 21 Aprile</i>	<i>141</i>
<i>Figura 6.36 Temperatura Ambiente e Carico di Climatizzazione al variare del</i> <i>vetro: Ufficio SE, 21 Aprile.....</i>	<i>142</i>
<i>Figura 6.37 Guadagni Solari al variare del vetro: Ufficio SE, 21 Luglio.....</i>	<i>142</i>

<i>Figura 6.38 Temperatura Ambiente e Carico di Climatizzazione al variare del vetro: Ufficio SE, 21 Luglio</i>	<i>143</i>
<i>Figura 6.39 Guadagni Solari al variare del vetro: Ufficio SE, 21 Ottobre</i>	<i>143</i>
<i>Figura 6.40 Temperatura Ambiente e Carico di Climatizzazione al variare del vetro: Ufficio SE, 21 Ottobre</i>	<i>144</i>

Elenco delle tabelle

<i>Tabella 3.1</i>	<i>Suddivisione piano tipo e dimensione locali</i>	25
<i>Tabella 3.2</i>	<i>Carichi termici invernali piano tipo</i>	31
<i>Tabella 3.3</i>	<i>Indici di affollamento uffici</i>	32
<i>Tabella 3.4</i>	<i>Criteri per determinazione portate d'aria</i>	33
<i>Tabella 3.5</i>	<i>Potenze massime contemporanee per trasmissione ed irraggiamento</i>	38
<i>Tabella 4.1</i>	<i>Velocità consigliate per rete aeraulica</i>	46
<i>Tabella 4.2</i>	<i>Spessori canali dell'aria</i>	47
<i>Tabella 4.3</i>	<i>Spessori isolante tubazioni dell'acqua</i>	47
<i>Tabella 4.4</i>	<i>Dimensionamento canali mandata aria primaria</i>	52
<i>Tabella 4.5</i>	<i>Griglia di transito</i>	52
<i>Tabella 4.6</i>	<i>Dimensione canali ripresa aria ambienti</i>	55
<i>Tabella 4.7</i>	<i>Perdite carico totali rete piano tipo</i>	59
<i>Tabella 4.8</i>	<i>Composizione unità trattamento aria</i>	60
<i>Tabella 4.9</i>	<i>Capacità frigorifera Fan-Coil a-life 520</i>	72
<i>Tabella 4.10</i>	<i>Capacità riscaldamento Fan-Coil a-life 520</i>	74
<i>Tabella 4.11</i>	<i>Circuito Acqua Fredda</i>	79
<i>Tabella 4.12</i>	<i>Circuito Acqua Calda</i>	79
<i>Tabella 4.13</i>	<i>Circuito Montanti Acqua Fredda e Calda</i>	81
<i>Tabella 4.14</i>	<i>Velocità Consigliate all'interno delle tubazioni principali</i>	82
<i>Tabella 4.15</i>	<i>Caratteristiche scambiatori calore Acqua Fredda e Acqua Calda</i>	91
<i>Tabella 4.16</i>	<i>Scheda Tecnica Assorbitore Calore</i>	93
<i>Tabella 4.17</i>	<i>Scheda tecnica Torre Evaporativa</i>	94
<i>Tabella 4.18</i>	<i>Dati di Targa Pompe di Circolazione</i>	96
<i>Tabella 4.19</i>	<i>Dimensionamento Vaso Espansione Circuito Caldo</i>	98
<i>Tabella 4.20</i>	<i>Dimensionamento Vaso Espansione Circuito Freddo</i>	99
<i>Tabella 6.1</i>	<i>Divisione Piano Tipo</i>	111
<i>Tabella 6.2</i>	<i>Profili occupazionali</i>	117
<i>Tabella 6.3</i>	<i>Energia Termica per la climatizzazione del piano tipo su base annuale</i>	123
<i>Tabella 6.4</i>	<i>Energia Termica per la climatizzazione: batterie calde</i>	133
<i>Tabella 6.5</i>	<i>Energia Termica per la climatizzazione: batterie fredde</i>	134
<i>Tabella 6.6</i>	<i>Energia Termica recuperata</i>	134
<i>Tabella 6.7</i>	<i>Energia Spesa per la Climatizzazione: Fan Coils Ufficio SE</i>	145
<i>Tabella 6.8</i>	<i>Comparazione simulazioni su base CENED</i>	146

Introduzione all'edificio

Il presente studio nasce da un'esperienza lavorativa maturata presso lo studio "Ariatta ingegneria dei sistemi" e riguarda la progettazione degli impianti meccanici asserventi un edificio ad uso uffici e la simulazione energetica dello stesso. L'immobile in questione è la torre Isozaki, struttura che si affaccerà sulla piazza delle tre torri con altri due grattacieli previsti per la riqualificazione del quartiere storico di fiera Milano. Il progetto prevede appunto la realizzazione di tre grattacieli, che sorgeranno in un'area di 143.000 m², della quale più del 50% sarà destinata a parco, e ospiterà anche un edificio dedicato al museo del design. L'intero lotto prevede un totale 53 piani, di cui 3 interrati, con una superficie di circa 1000 m² ciascuno e un'altezza complessiva di 207 m. In particolare nei piani interrati è prevista la realizzazione di parcheggi e di un'area commerciale situata sotto il podium, ossia l'area adiacente le due hall d'ingresso (vedi fig.1.2) destinata a ristoranti (1° piano) e sale conferenze (2°-3° piano). Infine, nella zona adiacente al podium del piano terra verranno edificate 3 strutture adibite a sale conferenze.



Figura I.1 Individuazione lotto di riferimento

La progettazione si focalizzerà esclusivamente sui locali adibiti ad uffici, l'atrio di ingresso posto al piano terra e i relativi locali tecnici.

L'edificio, partendo dai piani interrati, si compone di:

- 2 locali tecnici confinanti coi parcheggi
- 2 livelli ad uso hall (il secondo dei quali è collocato all'altezza del terreno)
- 46 piani destinati ad uso uffici
- 3 livelli adibiti alla collocazione degli impianti destinati a servire la parte alta dell'edificio (uno situato al 25° piano e i restanti sotto copertura)

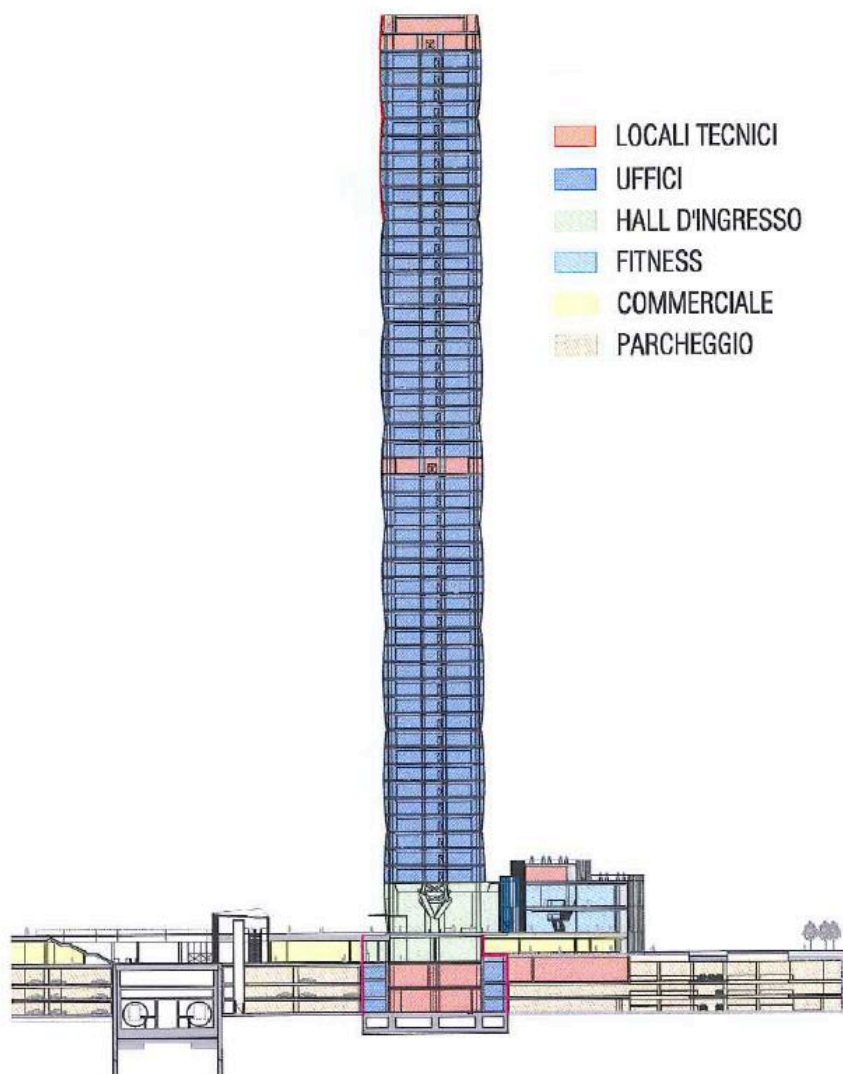


Figura I.2 Sezione dell'edificio

Sarà quindi obiettivo del presente elaborato eseguire dapprima il calcolo dei carichi termici attraverso l'ausilio del software EDILCLIMA, per poi descrivere la progettazione degli impianti di climatizzazione a servizio del presente edificio, in particolare un sistema ad aria primaria + fan coils.

Si premette che la progettazione sarà conforme alle vigenti norme in materia, e particolare attenzione sarà riservata al conseguimento di soluzioni mirate a contenere i fabbisogni termici ed energetici dell'immobile.

Successivamente verrà affrontata una parte simulativa in cui sarà ricreato il modello del piano tipo e su questo verranno svolte delle simulazioni dinamiche su base annua per approfondire ulteriormente l'analisi dei consumi energetici dell'edificio attraverso l'uso del software IES VE-Pro.

1 Fabbisogno termico invernale ed estivo e rispetto dei limiti di legge

La prima fase di progettazione riguarda il calcolo dei carichi termici invernali ed estivi. Prima di tutto si definiscono le caratteristiche delle strutture di separazione tra gli ambienti climatizzati e l'esterno, le condizioni termo igrometriche di progetto interne ed esterne e la tipologia d'impianto. Dopo di che si procede al calcolo del carico termico necessario per dimensionare terminali, reti di distribuzione e taglia della centrale termica. I fabbisogni estivi ed invernali risultano essere la somma del carico dato dalle dispersioni attraverso l'involucro, della potenza necessaria al trattamento dell'aria da immettere negli ambienti e di eventuali carichi interni ed apporti solari gratuiti. La fase di calcolo è stata svolta attraverso l'ausilio del software Edilclima tramite il quale si è potuto stimare il carichi termici invernale ed estivo e il fabbisogno energetico dell'edificio sottoposto alla normativa di riferimento sotto riportata.

1.1 Il problema energetico

Negli ultimi anni l'Italia, come gli altri paesi, ha dovuto affrontare il problema energetico. Per risolvere questo problema è necessaria la collaborazione di tutti i principali settori (trasporti, industriale, civile) e tra questi quello dell'edilizia è da considerarsi strategico per poter intervenire sul contenimento del problema, puntando nel medio termine alla riduzione della domanda energetica attraverso il taglio dei consumi degli edifici. Infatti tali elementi sono indicati come "elemento chiave" per affrontare il problema in quanto responsabili del 41% dell'intera domanda di energia (dati europei).

Il consiglio europeo del 9 marzo 2007 ha assunto l'impegno di raggiungere entro il 2020:

- -20% di consumi energetici
- -20% di emissioni di CO₂
- +20% di energie rinnovabili

1.2 Quadro normativo di riferimento Europeo

In materia di efficienza energetica negli ultimi anni si è assistito ad un'evoluzione del quadro normativo senza precedenti.

La Direttiva 2002/91/CE del parlamento europeo e del consiglio, del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico nell'edilizia comprende 4 elementi principali:

1. Metodologia comune di calcolo del rendimento energetico integrato degli edifici
2. Requisiti minimi sul rendimento energetico degli edifici di nuova costruzione e degli edifici sottoposti a importanti ristrutturazioni
3. Certificazione energetica degli edifici di nuova costruzione ed esistenti
4. Ispezione periodica delle caldaie e degli impianti centralizzati di aria condizionata e negli edifici.

Inoltre gli stati membri devono provvedere affinché, in fase di costruzione, compravendita o locazione di un edificio, l'attestato di certificazione energetica sia messo a disposizione del proprietario o che questi lo metta a disposizione del futuro acquirente o locatario.

1.3 Quadro normativo di riferimento Italiano

Un passaggio cruciale nella legislazione italiana sul risparmio energetico degli edifici è stata l'emanazione da parte del ministro delle attività produttive del decreto legislativo 19 agosto 2005, n° 192 in "attuazione della direttiva 2002/91/CE che recepisce le disposizioni della direttiva europea.

Sia la direttiva europea che il DLGS mettono in evidenza il tema della certificazione energetica intesa come strumento capace di indirizzare il settore edilizio verso standard energetici di qualità.

La certificazione energetica degli edifici ha lo scopo di far conoscere all'utente le caratteristiche energetiche oggettive del sistema edificio-impianto, consentendo il confronto con quelle proprie di un edificio energeticamente efficiente fornendo indicazioni rispetto ad eventuali interventi finalizzati a migliorarne le performance energetiche.

Gli strumenti necessari per valutare queste prestazioni sono:

- Attestato di certificazione energetica
- Targa energetica

L'articolo 17 del D.Lgs 192 dal titolo "clausola di cedevolezza" dispone che le regioni possano recepire in maniera autonoma le indicazioni della direttiva europea nel rispetto comunque delle disposizioni nazionali. Ciò ha di fatto spostato dal governo centrale ai governi regionali la definizione delle regole per la certificazione energetica. Nonostante questo il 10 luglio 2009 sono state pubblicate le linee guida nazionali che si propongono, senza imporre, di ricondurre le diverse normative nel contempo sviluppate da diverse regioni.

1.4 Quadro normativo di riferimento Lombardo

La Lombardia è stata la prima regione a scegliere la via del recepimento autonomo pubblicando nel luglio del 2007 una serie di regolamenti e procedure per l'efficienza e la certificazione energetica degli edifici da adottare sul solo territorio lombardo.

La procedura amministrativa autonoma è entrata in vigore nel settembre 2007 con la Dgr VIII/5018 in attuazione del D.Lgs 192, modificata successivamente con la Dgr 5773 dell'ottobre 2007 e poi con la Dgr 8745 in vigore dal dicembre 2008. Questa individua una serie di casistiche di intervento per definire:

- I requisiti minimi dell'involucro edilizio
- I requisiti degli impianti per la climatizzazione invernale, per il riscaldamento e per la produzione di ACS
- I requisiti di prestazione energetica del sistema edificio-impianto.

Il DGR specifica inoltre i requisiti minimi da rispettare, differenziando in base alla tipologia dell'intervento e alla categoria di utenza finale.

1.5 Verifiche secondo dgr 8745

Nel caso in esame, ossia nuova costruzione ad uso uffici (categoria E2) il DGR richiede i seguenti requisiti:

- L'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale (EP_H) deve essere inferiore al valore limite
- Verifica dell'assenza di condensazioni sulle superfici opache interne dell'involucro edilizio e verifica che le condensazioni interstiziali siano limitate alla quantità rievaporabile
- Riduzione del 70% dell'irradiazione solare massima durante il periodo estivo attraverso sistemi schermanti, nel rispetto del requisito di

- illuminazione naturale. Contestualmente la possibilità di utilizzo ottimale della massima irradiazione solare incidente durante il periodo invernale
- Verifica per le località in cui il valore medio mensile dell'irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione estiva ($I_{m,s}$) sia $\geq 290 \text{ W/m}^2$:
 - strutture verticali opache: valore della massa superficiale $M_s > 230 \text{ kg/m}^2$ OPPURE trasmittanza termica periodica $Y_{ie} < 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - strutture opache orizzontali ed inclinate: trasmittanza termica periodica $Y_{ie} < 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Efficienza globale media stagionale $\epsilon_g \geq \epsilon_{g,\min}$
 - Stesura attestato certificazione energetica ACE
 - Diagnosi energetica al fine di:
 - quantificare le opportunità di risparmio energetico
 - individuare le ulteriori misure utili di riduzione della spesa energetica
 - individuare i relativi tempi di ritorno degli investimenti
 - individuare i possibili miglioramenti di classe energetica
 - Installazione di dispositivi per la regolazione automatica della temperatura ambiente nei singoli locali
 - Copertura di almeno il 50% del fabbisogno annuo di energia primaria per la produzione di ACS attraverso contributo di impianti rinnovabili
 - Predisposizione delle opere e degli impianti necessari al collegamento a reti di teleriscaldamento
 - Trattamento dell'acqua impiegata negli impianti
 - Temperatura di mandata del fluido termovettore $T < 50^\circ\text{C}$ qualora si utilizzino sistemi a pompa di calore ad assorbimento.
 - Come verifica estiva il DPR 59/9 richiede l'energia per la climatizzazione estiva (legata al solo fabbisogno dell'involucro) sia inferiore a 10 kWh/m^3

2 Definizioni

2.1 Definizione strutture

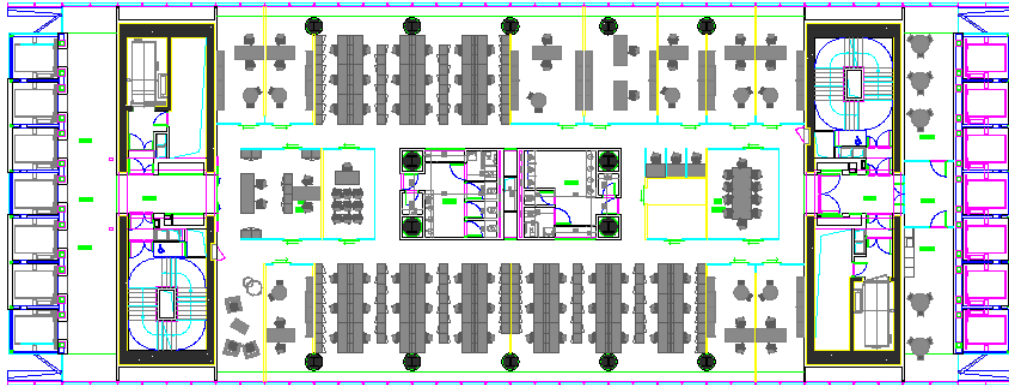


Figura 2.1 possibile lay-out piano tipo

Come evidenziato dalla figura sopra riportata l'edificio è formato da due lati lunghi e 2 corti. I primi sono interamente composti da superfici vetrate, mentre i secondi sono formati da strutture opache intervallate da strisce verticali trasparenti in corrispondenza delle colonne montanti degli ascensori panoramici.

❖ PARETI OPACHE

Nella struttura si distinguono diversi componenti opachi caratterizzati in base alla loro funzione, ognuno dei quali risulta essere composto da materiali diversi. Di seguito riportiamo la stratigrafia e le caratteristiche principali di ciascun componente.

Muro esterno:

È la struttura verticale opaca che delimita esternamente i vani ascensori

Elenco Strati (dall'interno verso l'esterno)						Spessore totale
Codice	Descrizione	Spessore [mm]	M.V. [kg/m³]	Cond. [W/mK]	R.V. [-]	
e1007	Cartongesso in lastre	25,00	900	0,250	10	
e408	C.I.s. di sabbia e ghiaia pareti esterne	200,00	2000	1,310	100	
e12307	THERMO 33 EXTRUDED - 100 mm	100,00	30	0,034	130	
e1017	Malta di gesso con inerti	10,00	750	0,350	11	

Spessore totale: 335 mm

Massa superficiale: 433 kg/m²

Permeanza: 5,995 10⁻¹² kg/sm²Pa

Trasmittanza U - Potenza: 0,298 W/m²K

Trasmittanza U - Energia: 0,295 W/m²K

Verifica Termoigrometrica: **POSITIVO**

Verifica criticità di condensa superficiale

Mese Critico: GENNAIO

Fattore di temperatura mese critico: $f_{Rsi}^{max} = 0,510$

Fattore di temperatura componente: $f_{Rsi} = 0,928$

Verifica fattore di temperatura: $f_{Rsi}^{max} \leq f_{Rsi}$

Muro cavedio interno (interno):

Pur non essendo un locale confinante con l'ambiente esterno, il cavedio non è riscaldato e quindi si trova ad una temperatura inferiore rispetto all'ambiente climatizzato. Cautelativamente esso viene assunto ad una temperatura di 10°C.

Elenco Strati (dall'interno verso l'esterno)						Spessore totale
Codice	Descrizione	Spessore [mm]	M.V. [kg/m³]	Cond. [W/mK]	R.V. [-]	
e1007	Cartongesso in lastre	15,00	900	0,250	10	
e12305	THERMO 33 EXTRUDED - 60 mm	60,00	30	0,033	130	
e12307	THERMO 33 EXTRUDED - 100 mm	100,00	30	0,034	130	
e403	C.I.s. di sabbia e ghiaia pareti intern...	300,00	2000	1,160	100	

Spessore totale: 475 mm

Massa superficiale: 618 kg/m²

Permeanza: 3,925 10⁻¹² kg/sm²Pa

Trasmittanza U - Potenza: 0,189 W/m²K

Trasmittanza U - Energia: 0,189 W/m²K

Verifica Termoigrometrica: **POSITIVO**

Verifica criticità di condensa superficiale

Mese Critico: OTTOBRE

Fattore di temperatura mese critico: $f_{Rsi}^{max} = 0,000$

Fattore di temperatura componente: $f_{Rsi} = 0,955$

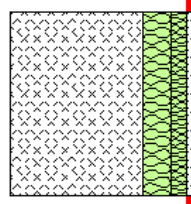
Verifica fattore di temperatura: $f_{Rsi}^{max} \leq f_{Rsi}$

Muro cavedio esterno:

Codice Muro cavedio esterno Tipo Struttura da locale non riscaldato verso l'esterno

Elenco Strati (dall'interno verso l'esterno) Spessore totale mm

Codice	Descrizione	Spessore [mm]	M.V. [kg/m³]	Cond. [W/mK]	R.V. [-]
e408	C.l.s. di sabbia e ghiaia pareti esterne	490,00	2000	1,310	100
e12307	THERMO 33 EXTRUDED - 100 mm	100,00	30	0,034	130
e12305	THERMO 33 EXTRUDED - 60 mm	60,00	30	0,033	130
e1007	Cartongesso in lastre	25	900	0,250	10



Spessore totale mm

Massa superficiale kg/m²

Permeanza 10⁻¹² kg/sm²Pa

Trasmittanza U - Potenza W/m²K

Trasmittanza U - Energia W/m²K

Verifica Termoigrometrica **POSITIVO**

Verifica criticità di condensa superficiale

Mese Critico

Fattore di temperatura mese critico f_{Rsi}^{max}

Fattore di temperatura componente f_{Rsi}

Verifica fattore di temperatura $f_{Rsi}^{max} \leq f_{Rsi}$

Muro verso locale ascensori:

Per questa non si ha stratigrafia in quanto è una parete composta. Essa è formata infatti dalla porte degli ascensori intervallate con muro in calcestruzzo. Per il calcolo delle dispersioni è data una trasmittanza equivalente della parete complessiva pari ad 1 W/m²K, la quale però non è stata utilizzata nella determinazione delle perdite per trasmissione in quanto ci si è avvalsi dei valori calcolati dalle simulazioni redatte da uno studio tecnico esterno.

Muro hall:

Struttura interrata esterna confinante coi garage

Codice	M7 Muri trasmittanza 1 Hall	Tipo	U Struttura interna verso locali non riscaldati		
Elenco Strati (dall'interno verso l'esterno)		Spessore totale			
		383 mm			
Codice	Descrizione	Spessore [mm]	M.V. [kg/m³]	Cond. [W/mK]	R.V. [-]
e12402	Cartongesso 12,5 mm (per THERM...	13,00	840	0,211	8
e12301	THERMO 33 EXTRUDED - 20 mm	20,00	30	0,033	130
e409	C.I.s. di sabbia e ghiaia pareti esterne	350	2200	1,670	100

Spessore totale: 383 mm

Massa superficiale: 782 kg/m²

Permeanza: 5,304 10^{-12} kg/sm²Pa

Trasmittanza U - Potenza: 0,884 W/m²K

Trasmittanza U - Energia: 0,884 W/m²K

Verifica Termoigrometrica POSITIVO

Verifica criticità di condensa superficiale

Mese Critico: GENNAIO

Fattore di temperatura mese critico: $f_{Rsi}^{max} = 0,638$

Fattore di temperatura componente: $f_{Rsi} = 0,818$

Verifica fattore di temperatura: $f_{Rsi}^{max} \leq f_{Rsi}$ ●

Solaio ufficio 23°:

Solaio confinante con locale tecnico non riscaldato la cui temperatura è stata calcolata tramite bilancio termico e pari a 3,8°C

Codice	S1 Solaio ufficio 23°	Tipo	U Struttura interna verso locali non riscaldati		
Elenco Strati (dall'alto verso il basso)		Spessore totale			
		1355 mm			
Codice	Descrizione	Spessore [mm]	M.V. [kg/m³]	Cond. [W/mK]	R.V. [-]
e323	C.I.s. cell. autoc. esp. in luogo (par...	250,00	800	0,270	7
e8712	Blocco da solaio	300,00	1110	0,811	9
e705	Fibre minerali feldspatiche - Pannell...	100,00	100	0,038	1
e3	Aria non ventilata (fl.orizz.)	680,00	-	3,778	0,015
e1007	Cartongesso in lastre	25	900	0,250	10

Spessore totale: 1355 mm

Massa superficiale: 566 kg/m²

Permeanza: 41,580 10^{-12} kg/sm²Pa

Trasmittanza U - Potenza: 0,227 W/m²K

Trasmittanza U - Energia: 0,227 W/m²K

Verifica Termoigrometrica POSITIVO

Verifica criticità di condensa superficiale

Mese Critico: GENNAIO

Fattore di temperatura mese critico: $f_{Rsi}^{max} = 0,183$

Fattore di temperatura componente: $f_{Rsi} = 0,947$

Verifica fattore di temperatura: $f_{Rsi}^{max} \leq f_{Rsi}$ ●

Solaio ufficio 47°:

Solaio confinante con locale tecnico non riscaldato la cui temperatura è stata calcolata tramite bilancio termico e pari a 3,8°C

Codice Tipo Struttura interna verso locali non riscaldati

Elenco Strati (dall'alto verso il basso) Spessore totale mm

Codice	Descrizione	Spessore [mm]	M.V. [kg/m³]	Cond. [W/mK]	R.V. [-]
e323	C.I.s. cell. autoc. esp. in luogo (par...	100,00	800	0,270	7
e8712	Blocco da solaio	300,00	1110	0,811	9
e705	Fibre minerali feldspatiche - Pannell...	100,00	100	0,038	1
e3	Aria non ventilata (f.lorizz.)	776,00	-	4,311	0,013
e1007	Cartongesso in lastre	25	900	0,250	10

Spessore totale mm

Massa superficiale kg/m²

Permeanza 10⁻¹² kg/sm²Pa

Trasmittanza U - Potenza W/m²K

Trasmittanza U - Energia W/m²K

Verifica Termoigrometrica **POSITIVO**

Verifica criticità di condensa superficiale

Mese Critico

Fattore di temperatura mese critico f_{Rsi}^{max}

Fattore di temperatura componente f_{Rsi}

Verifica fattore di temperatura $f_{Rsi}^{max} \leq f_{Rsi}$

Solaio 48°:

Solaio di separazione tra locali tecnici non riscaldati

Codice Tipo Struttura interna verso locali non riscaldati

Elenco Strati (dall'alto verso il basso) Spessore totale mm

Codice	Descrizione	Spessore [mm]	M.V. [kg/m³]	Cond. [W/mK]	R.V. [-]
e323	C.I.s. cell. autoc. esp. in luogo (par...	150,00	800	0,270	7
e12307	THERMO 33 EXTRUDED - 100 mm	100,00	30	0,034	130
e8712	Blocco da solaio	300,00	1110	0,811	9

Spessore totale mm

Massa superficiale kg/m²

Permeanza 10⁻¹² kg/sm²Pa

Trasmittanza U - Potenza W/m²K

Trasmittanza U - Energia W/m²K

Verifica Termoigrometrica **POSITIVO**

Verifica criticità di condensa superficiale

Mese Critico

Fattore di temperatura mese critico f_{Rsi}^{max}

Fattore di temperatura componente f_{Rsi}

Verifica fattore di temperatura $f_{Rsi}^{max} \leq f_{Rsi}$

Solaio 49°:

Copertura esterna

Codice	S3 Solaio 49°	Tipo	T	Struttura verso esterno		
Elenco Strati (dall'alto verso il basso)						
		Spessore [mm]	M.V. [kg/m³]	Cond. [W/mK]	R.V. [-]	
e806	Impermeab. in cartone bitumato da ...	5,00	1200	0,230	50000	
e347	Blocchi di calcestruzzo cell. legger...	100,00	800	0,260	10	
e8704	Blocco da solaio	260,00	1146	0,743	9	
e12307	THERMO 33 EXTRUDED - 100 mm	100,00	30	0,034	130	
e12402	Cartongesso 12,5 mm (per THERM...	13,00	840	0,211	8	
Spessore totale					478 mm	
Massa superficiale					398 kg/m²	
Permeanza					0,751 10 ⁻¹² kg/sm²Pa	
Trasmittanza U - Potenza					0,259 W/m²K	
Trasmittanza U - Energia					0,257 W/m²K	
<input checked="" type="checkbox"/> Verifica Termoigrometrica POSITIVO						
Verifica criticità di condensa superficiale						
Mese Critico					GENNAIO	
Fattore di temperatura mese critico					$f_{R_{si}}^{max}$ 0,000	
Fattore di temperatura componente					$f_{R_{si}}$ 0,938	
Verifica fattore di temperatura					$f_{R_{si}}^{max} \leq f_{R_{si}}$ <input checked="" type="checkbox"/>	

Pavimento ufficio 25°:

Struttura di separazione verso locale tecnico non riscaldato a temperatura di 3,8°C

Codice	P1 Pavimento ufficio 25°	Tipo	U	Struttura interna verso locali non riscaldati		
Elenco Strati (dall'alto verso il basso)						
		Spessore [mm]	M.V. [kg/m³]	Cond. [W/mK]	R.V. [-]	
e1702	Pavimento in legno	10,00	850	0,220	60	
e1316	Silicato di calcio in lastre (tipo I - AS...	70,00	225	0,078	1	
e1504	Alluminio	5,00	2700	220,000	2000000	
e3	Aria non ventilata (fl.orizz.)	150,00	-	0,833	0,067	
e8708	Blocco da solaio	220,00	1259	0,688	9	
e705	Fibre minerali feldspatiche - Pannell...	100,00	100	0,038	1	
e12402	Cartongesso 12,5 mm (per THERM...	13,00	840	0,211	8	
Spessore totale					568 mm	
Massa superficiale					336 kg/m²	
Permeanza					0,020 10 ⁻¹² kg/sm²Pa	
Trasmittanza U - Potenza					0,223 W/m²K	
Trasmittanza U - Energia					0,223 W/m²K	
<input checked="" type="checkbox"/> Verifica Termoigrometrica POSITIVO						
Verifica criticità di condensa superficiale						
Mese Critico					GENNAIO	
Fattore di temperatura mese critico					$f_{R_{si}}^{max}$ 0,183	
Fattore di temperatura componente					$f_{R_{si}}$ 0,946	
Verifica fattore di temperatura					$f_{R_{si}}^{max} \leq f_{R_{si}}$ <input checked="" type="checkbox"/>	

Pavimento hall +122M:

Struttura di separazione verso locale tecnico non riscaldato ed interrato la cui temperatura calcolata applicando il coefficiente secondo norma UNI 11300 è pari a 6,5°C

Codice	Descrizione	Spessore [mm]	M.V. [kg/m³]	Cond. [W/mK]	R.V. [-]
e1706	Piastrelle in marmo	20,00	2700	3,000	10000
e347	Blocchi di calcestruzzo cell. legger...	250,00	800	0,260	10
e8727	Solaio con blocco polistirene	280,00	1104	0,406	17
e12307	THERMO 33 EXTRUDED - 100 mm	100,00	30	0,034	130
e12304	THERMO 33 EXTRUDED - 50 mm	50,00	30	0,033	130
e12402	Cartongesso 12,5 mm (per THERM...	13,00	840	0,211	8

Spessore totale: 713 mm

Spessore totale	713 mm
Massa superficiale	579 kg/m²
Permeanza	0,882 10 ⁻¹² kg/sm²Pa
Trasmittanza U - Potenza	0,155 W/m²K
Trasmittanza U - Energia	0,155 W/m²K

Verifica Termoigrometrica: **POSITIVO**

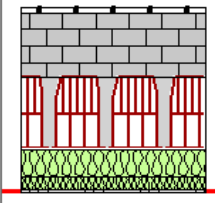
Verifica criticità di condensazione superficiale

Mese Critico: GENNAIO

Fattore di temperatura mese critico: $f_{R_{si}}^{max} = 0,020$

Fattore di temperatura componente: $f_{R_{si}} = 0,962$

Verifica fattore di temperatura: $f_{R_{si}}^{max} \leq f_{R_{si}}$



Per quanto riguarda i ponti termici, questi sono stati trascurati essendo i componenti opachi tutti con isolamento esterno.

Oltre alle caratteristiche di trasmissione del calore delle superfici sopra riportate è stata verificata l'assenza di condensazione superficiale ed interstiziale per tutte le strutture (come imposto dalla normativa UNI 13788) in quanto la condensa potrebbe creare problemi estetici, igienici e di degrado dei materiali.

❖ COMPONENTI TRASPARENTI

Come evidenziato nell'immagine I.1, una significativa percentuale delle superfici disperdenti è formata da componenti finestrati i quali assumono quindi un ruolo fondamentale nel calcolo delle potenze trasmesse (caso invernale) e degli apporti solari (caso estivo).

Le caratteristiche che permettono di definire ogni componente vetrato sono la trasmittanza unitaria e il fattore solare. La prima permette di determinare lo scambio termico del componente dovuta alla differenza di temperatura tra l'ambiente interno ed esterno ed è data dalla media pesata della trasmittanza del vetro e del telaio.

In particolare:

$$U_w = \frac{A_g * U_g + A_f * U_f + I_g * \psi_g}{A_g + A_f}$$

Dove:

A_g è l'area della vetrata

A_f è l'area del pannello opaco

U_g è la trasmittanza termica della vetrata

U_f è la trasmittanza termica del componente opaco

I_g è il perimetro della vetrata

Ψ_g è la trasmittanza termica lineare dovuta agli effetti termici combinati della vetrata, del distanziatore e del telaio.

Il fattore solare invece esprime il rapporto tra l'energia solare entrante nell'ambiente e il totale dell'energia incidente la superficie vetrata. In particolare si dovrebbe avere fattore solare basso nel periodo estivo per minimizzare i fabbisogni di raffrescamento ed alto nel periodo invernale per massimizzare lo sfruttamento degli guadagni solari.

Sono di seguito riportate le caratteristiche dei componenti trasparenti per il piano tipo ad uso ufficio.

Facciata esposta Nord-Ovest e Sud-Est:

È composta da moduli a triplo vetro, di cui il costruttore fornisce direttamente i valori della trasmittanza media e del fattore solare. Ai fini del calcolo dei carichi estivi si è tenuto conto anche del fatto che non tutta la superficie dei moduli è trasparente alla radiazione solare, in quanto ognuno presenta alla base uno zoccolo opaco, che altro non è che la sezione di ogni solaio.

Larghezza modulo:	150 cm (alcuni da 165 cm)
Altezza modulo:	390 cm (52 cm di zoccolo opaco)
Area modulo:	5,85 m ² (0,78 m ² opachi)
Trasmittanza media:	1,43 W/m ² K
Fattore solare:	- NO: 0,31 - SE: 0,26

Vetro ascensori panoramici:

Sono vetri singoli la cui scelta è stata dettata dalla necessità di avere caratteristiche di trasparenza buone, a discapito della trasmittanza.

Larghezza modulo: a seconda del vano
Altezza modulo: 390 cm
Trasmittanza media: 5,1 W/m²K
Fattore solare: 0,8

Vetrata break area:

Sono formate da moduli di cui il costruttore fornisce direttamente i valori della trasmittanza media e del fattore solare. Ai fini del calcolo dei carichi estivi si è tenuto conto dello zoccolo

Larghezza modulo: 157 cm
Altezza modulo: 390 cm (52 cm di zoccolo opaco)
Area modulo: 6,12 m² (0,81 m² opachi)
Trasmittanza media: 1,5 W/m²K
Fattore solare: 0,4

Vetrata hall piano terra:

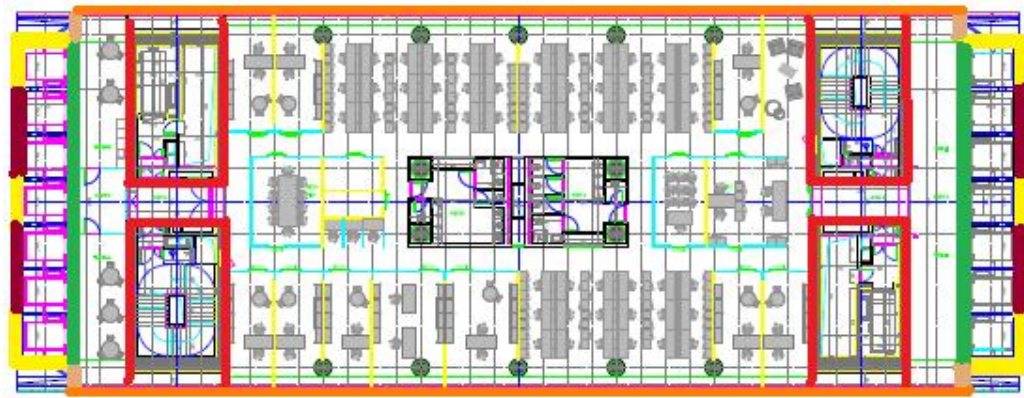
Sono formate da moduli di doppi vetri di cui il costruttore fornisce direttamente i valori della trasmittanza media e del fattore solare.

Larghezza modulo: 150 cm
Altezza modulo: 890 cm (52 cm di zoccolo opaco)
Area modulo: 13,3 m² (0,81 m² opachi)
Trasmittanza media: 2 W/m²K
Fattore solare: 0,6

2.2 Definizione piani tipo

L'edificio in esame è adibito ad uso uffici e ha la caratteristica di avere i piani uguali e quindi modulari. Per questo motivo andremo a definire dei piani "tipo" che poi verranno assemblati ricreando la configurazione complessiva dell'edificio, al fine di calcolare le potenze di progetto. Restano esclusi da questa semplificazione solo i 3 piani destinati al contenimento degli impianti meccanici ed elettrici che hanno le stesse caratteristiche strutturali del piano tipo uffici, ma ai fini del calcolo dei carichi termici verranno trattati separatamente.

Piano tipo uffici









	muro cavedi interno
	muro parete ascensori
	muro esterno
	parete vetrata hall
	parete vetrata ascensori
	parete vetrata break area

Figura 2.2 Dettaglio tipologia strutture piano tipo

Si è scelto di dividere la pianta del piano in 8 zone a seconda dell'esposizione e della destinazione d'uso (vedi fig. 4.14 e 6.2). Seguendo l'ordine numerico troviamo:

Tabella 3.1 Suddivisione piano tipo e dimensione locali

N°LOCALE	TIPOLOGIA LOCALE	SUPERFICIE (m2)	VOLUME LORDO (m3)
1	Locale ad uso uffici esposto a nord-ovest	297	1158
2 - 6	Sala riunioni	59	230
3	Area break esposta a nord-est	68	265
4	Vano ascensori nord-est	60	234
5	Locale ad uso uffici esposto a sud-est	297	1158
7	Area break esposta a sud-ovest	68	265
8	Vano ascensori sud-est	60	234
9	Bagni	72	281

Hall



	muro cavedi interno
	muro parete ascensori
	muro esterno
	parete vetrata hall
	parete vetrata ascensori
	parete vetrata break area

Figura 2.3 Dettaglio tipologia strutture Hall

Vista frontale:

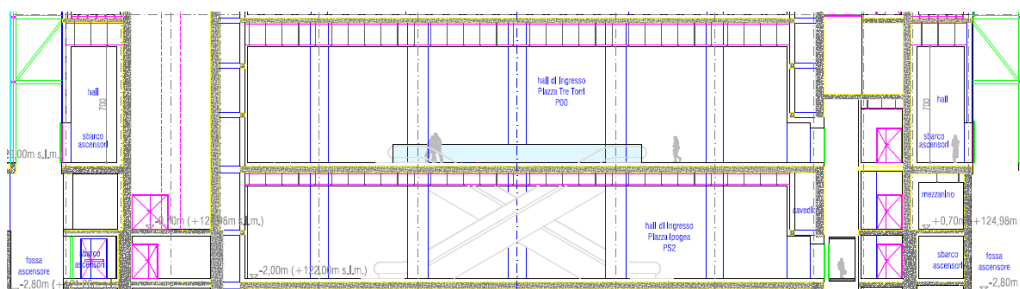


Figura 2.4 Sezione Hall

Vista laterale:

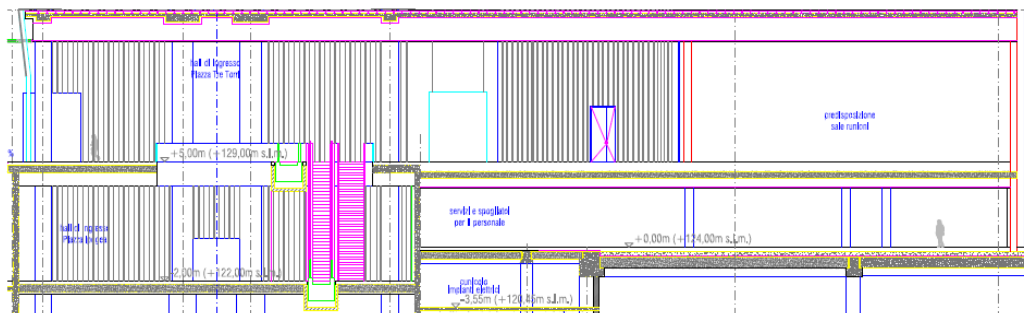


Figura 2.5 Sezione Hall

3 Calcolo carichi termici

Per calcolare la potenza termica totale necessaria a mantenere un ambiente a temperatura fissata si devono considerare tutti i contributi sensibili e latenti valutati nelle condizioni climatiche staticamente più sfavorevoli. Occorrerà quindi stabilire subito i parametri climatici dell'ambiente esterno e le condizioni di progetto degli ambienti climatizzati.

3.1 Definizione parametri climatici di progetto

Nel contesto di un piano energetico nazionale, mediante il DPR 412 si è suddiviso il territorio nazionale in 6 zone climatiche in funzione della grandezza gradi-giorno. Quest'ultima, caratteristica di ogni località, rappresenta la somma estesa a tutti i giorni del periodo annuale di riscaldamento, delle sole differenze di temperatura positive tra la temperatura dell'ambiente fissata a 20°C e la temperatura media esterna giornaliera. Calcolando un numero di gradi-giorno pari a 2404, Milano si colloca nella zona climatica E.

L'influenza del vento è importante sul bilancio termico poiché influisce sullo scambio termico convettivo delle superfici esterne e sulle infiltrazioni di aria esterna attraverso pareti e serramenti. In base alla norma UNI 10349 si stabilisce che la velocità media del vento a Milano è pari a 1,1 m/s direzione Sud-Ovest.

3.1.1 Caso invernale

Il parametro fondamentale per il dimensionamento degli impianti di riscaldamento è la temperatura esterna di progetto, che per Milano è assunta pari a -5°C. Nel nostro caso, trattando un edificio di grande altezza la norma impone cautelativamente di assumere per il dimensionamento di picco una temperatura di 2°C inferiore, ossia -7°C. Questa permette di calcolare la potenza termica massima che l'impianto deve fornire per bilanciare le dispersioni per trasmissione e ventilazione. Infatti avendo previsto un'impianto di climatizzazione misto aria-acqua, si dovrà determinare anche la quota parte di potenza necessaria al trattamento dell'aria esterna. A tal proposito assumiamo l'umidità relativa dell'aria esterna pari a 80% U.R.

Per quanto riguarda le condizioni di progetto interne, trattandosi di locali ad uso uffici (classe E2, come definito da DPR n.412) abbiamo fissato i valori di temperatura ed umidità atti ad ottenere le condizioni di comfort per gli occupanti. Sulla base delle indicazioni fornite dell'articolo 4 dello stesso DPR e dei valori ottimali per il benessere delle persone si stabiliscono le seguenti

condizioni termo-igrometriche da mantenere all'interno dei locali durante la stagione invernale:

- T aria: T = 20°C +/- 2°C di tolleranza (DPR)
- Uffici e sale riunioni: T = 20°C, UR = 40%
- Bagni: T = 20°C, UR non controllata
- Hall: T = 20°C, UR non controllata

3.1.2 Caso estivo

Al fine di determinare la potenza massima frigorifera necessaria a mantenere le condizioni termo igrometriche di progetto negli ambienti climatizzati, si definiscono i seguenti contributi:

- Carico sensibile dovuto alla trasmissione attraverso superfici opache e trasparenti
- Carico sensibile ceduto all'aria da persone, corpi illuminanti e altre fonti interne di calore
- Carico sensibile sottratto all'aria di ventilazione
- Carico latente sottratto all'aria da immettere negli ambienti
- Carico latente dato dalle persone occupanti gli ambienti e altre fonti interne di vapore

La somma di tutti questi termini è valutata nelle condizioni climatiche più sfavorevoli. Tuttavia non è possibile ipotizzare, come nel caso invernale, che l'andamento dei fenomeni termici sia stazionario; infatti le grandezze che rappresentano le sollecitazioni, in primo luogo la radiazione incidente sull'edificio, sono variabili nel tempo. Ne consegue che ognuno dei termini sopra indicati è funzione del tempo e che per individuare il caso peggiore è necessario eseguire per ogni ora la somma dei suddetti termini e cercarne il valore massimo.

Quest'ultimo è necessario per poter dimensionare:

- Gruppi frigoriferi
- Terminali ambiente nelle condizioni di funzionamento più critiche dal punto di vista dei carichi termici

Quest'ultimo punto verrà trattato nel capitolo dedicato alla progettazione dell'impianto dell'aria.

Analogamente al caso invernale, si devono stabilire le condizioni di progetto estive, che sono ricavate dalla norma UNI 10339:

- Temperatura = 32°C
- U.R. = 50%

Sulla base di studi e ricerche è stata individuata la “zona di benessere” relativamente alle condizioni dell’aria in ambiente. In particolare si è visto che l’organismo umano è idealmente in equilibrio quando in ambiente si hanno i seguenti valori termo-igrometrici:

- Temperatura ambiente compresa tra 24-26°C
- U.R. tra 40 e 60%

Pertanto le condizioni di riferimento assunte sono le seguenti:

- Uffici e sale riunioni: $T = 26^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, UR = 50% \pm 5%
- Hall: $T = 26^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, UR non controllata

3.2 Ipotesi di calcolo

Prima di procedere col calcolo dei carichi invernale ed estivo bisogna definire le seguenti ipotesi:

- Si è proceduto al calcolo della temperatura dei cavetti interni e dei vani scala mediante bilancio energetico e si è riscontrato che questa risulta essere pari a 12°C nelle condizioni invernali più gravose (T esterna - 7°C). Cautelativamente nel calcolo delle dispersioni per trasmissione questa verrà ipotizzata pari a 10°C, mentre per il caso estivo è supposta pari a 28°C dato che solo una delle 4 superfici verticali è interfacciata con l’esterno.
- La temperatura dei locali tecnici ai piani 24, 48 e 49 è stata calcolata, sempre mediante bilancio energetico, ed è pari a 3,8°C per il caso invernale, mentre nel caso estivo questa è cautelativamente presa pari a 32°C.
- La temperatura del locale tecnico interrato è stata calcolata mediante l’indice correttivo **b** dato dalla normativa UNI/TS 11300 per locali non riscaldati interrati ed è pari a 6,5°C per il caso invernale, mentre è supposta pari a 26°C nel caso estivo.

- Le temperature del vano ascensori sono state calcolate dettagliatamente da uno studio tecnico esterno e sono state considerate rispettivamente di 5°C per il caso invernale e 40°C per quello estivo secondo norma 81-1. Per il calcolo delle potenze disperse da e con questo locale ci baseremo sulla relazione fornita dallo stesso studio tecnico. I carichi sono stati ricavati attraverso una simulazione dinamica che considera oltre alla componente di trasmissione anche quella di emissione.

3.3 Calcolo invernale

La potenza termica totale (P_{TOT}) necessaria a mantenere la temperatura interna di progetto è calcolata come somma della potenza trasmessa attraverso l'involucro (P_D) e della potenza necessaria per portare l'aria di ventilazione nelle condizioni di immissione (P_V). Cautelativamente, per il caso di impianto ad aria primaria e fan-coil il valore della potenza totale verrà moltiplicato per un coefficiente di correzione che tiene conto anche del periodo di utilizzazione giornaliera dei locali (da norma pari a 1,12).

3.3.1 Potenza dispersa attraverso l'involucro P_D

Attraverso il software commerciale EDILCLIMA sono state calcolate le dispersioni totali dell'edificio al fine di poter dimensionare la centrale termica nel caso invernale e determinare le potenze disperse da ogni singolo ambiente secondo la suddivisione indicata precedentemente.

Nel calcolo della potenza dispersa dalle pareti sono stati considerati: il grado di umidità, la velocità e la temperatura dei venti, l'insolazione. Si applicano quindi opportuni coefficienti di maggiorazione sotto forma di aumenti percentuali delle dispersioni in base all'esposizione della parete. I coefficienti applicati sono i seguenti:

Nord = 1,20	
Nord-Ovest = 1,15	Nord-Est = 1,20
Ovest = 1,10	Est = 1,15
Sud-Ovest = 1,05	Sud-Est = 1,10
Sud = 1,00	

Figura 3.1 Coefficienti di maggiorazione in base all'esposizione

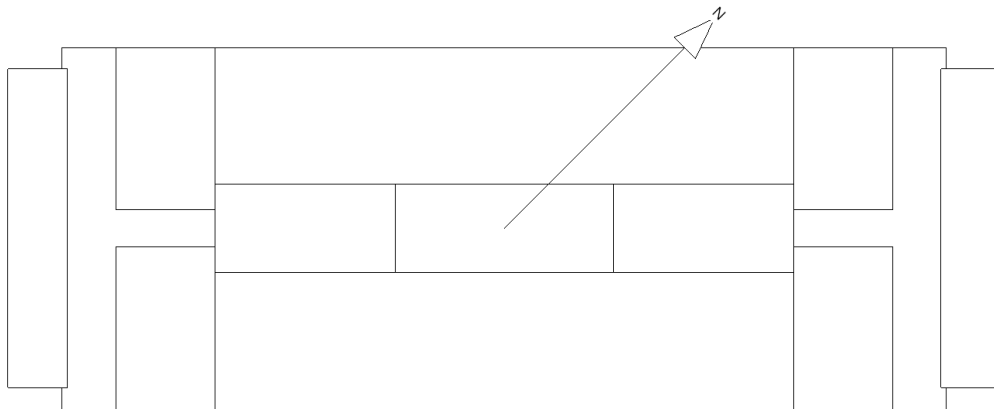


Figura 3.2 Orientazione edificio

I risultati analitici della potenza dispersa attraverso i vari componenti dell'edificio corretti in base all'orientamento vengono riportati nell'ALLEGATO 1. A livello generale vengono qui riassunte le sole dispersioni del piano tipo:

Tabella 3.2 Carichi termici invernali piano tipo

PIANO	LOCALI	PT (W)
TIPO	UFFICIO NO	6326
TIPO	SALA RIUN NE	17
TIPO	UFFICI SE	6055
TIPO	SALA RIUN SO	17
TIPO	BREAK AREA NE	3788
TIPO	VANO ASC NE	2600
TIPO	SBARCO SO	4970
TIPO	VANO ASC SO	2826
TOT PIANO		26599

La potenza termica derivante dalle sole dispersioni di calore attraverso i componenti dell'intero involucro edilizio viene stimata pari a:

$$P_{\text{tot}} = n^{\circ} \text{ piani} * \text{TOT PIANO} = 1,29 \text{ MW}$$

3.3.2 Calore di ventilazione

La qualità dell'aria interna viene raggiunta non solo controllandone la temperatura e l'umidità, ma anche prevedendone un rinnovo continuo attraverso l'immissione di aria esterna trattata. Si opta pertanto per un impianto di immissione e di estrazione le cui portate sono correlate al fine di mantenere nei locali una sovrappressione rispetto all'esterno tale da impedire infiltrazioni d'aria esterna non trattata. Per poter determinare tali portate sono state seguite le indicazioni della norma UNI 10339.

Pur non avendo a disposizione un layout definitivo degli ambienti ma considerando che i locali sono destinati ad uso ufficio, la norma stabilisce una portata di aria esterna pari a:

- Uffici e locali vari: 40 m³/h per ogni persona
- Sale riunioni: 36 m³/h a persona

Nei locali sbarco ascensori e nelle break aree la quantità di aria esterna da immettere è stata calcolata in modo da garantire la pressurizzazione.

In particolare per gli sbarchi, a causa della presenza degli ascensori e dei vani scala, si è scelta una portata tale da garantire il ricambio di 1 V/h.

Per quanto riguarda invece la portata di aria estratta da ogni bagno la sopracitata norma impone un'estrazione pari a 8 V/h con funzionamento in continuo.

Partendo dagli indici di affollamento dati dalla norma UNI 10339 (tabella 3.2), per ogni locale si è ricavato il numero massimo di persone per piano, pari a 116 pp/piano.

Tabella 3.3 Indici di affollamento uffici

EDIFICI PER UFFICI E ASSIMILABILI	
• uffici singoli	0,06
• uffici open space	0,12
• locali riunione	0,60
• centri elaborazione dati	0,08

Questo valore è poi da confrontare col massimo affollamento ammesso dalle normative antincendio DM 22.02.2006 e DPR 37/1998.

Trattandosi di edificio di grande altezza l'affollamento massimo si determina in funzione della capacità di deflusso delle uscite di sicurezza. Le due porte di accesso ai vani scala hanno una larghezza di 1,2 metri ciascuna (equivalenti a 4 moduli) per cui la massima occupazione ammissibile è di 132 persone a piano (33 pp/modulo x 4 moduli). Considerando però che la torre è costituita da più

piani il massimo affollamento va calcolato sulla base di due piani consecutivi a massimo affollamento. In particolare i vani scala di larghezza pari a 1,8 metri cad. equivalenti in totale a n. 6 moduli di uscita permettono l'evacuazione in sicurezza di 100 persone a piano (33 pp/modulo x 6 moduli / 2 piani).

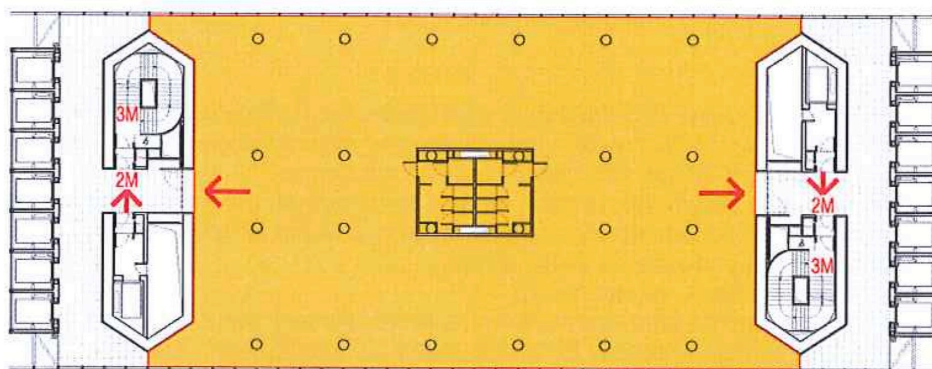


Figura 3.3 Vie di fuga piano tipo

L'affollamento così determinato viene assunto come limite massimo. Per i calcoli di dimensionamento dell'impianto aerulico verrà assunto un numero di persone pari a 84 in presenza continua, ma sarà implementato un meccanismo che permetta di garantire le condizioni di confort anche nel caso in cui nelle sale riunioni siano presenti ulteriori 16 persone esterne per un totale contemporaneo di 100 persone.

La ripartizione dettagliata dei criteri usati per la determinazione della portata di aria primaria nei vari locali è mostrata nella tabella sottostante:

Tabella 3.4 Criteri per determinazione portate d'aria

LOCALE	CRITERIO
Hall	1,5 V/h
Uffici (fasce laterali)	40 pp X 2
Sale riunioni	16 pp
Break area	1 V/h
Sbarco ascensori	1 V/h

Sulla base di queste considerazioni la portata massima di aria primaria da immettere in ogni piano risulta pari a:

$$V_{AP} = 4226,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

La portata complessiva è poi calcolata considerando la portata d'aria immessa nelle 2 hall. Quest'ultima l'abbiamo determinata dalle seguenti considerazioni:

- Pressurizzazione locali
- Esfiltrazioni attraverso ascensori
- Esfiltrazioni attraverso le porte girevoli
- Persone in transito

Per questi motivi la portata nelle hall è supposta essere pari a

$$V = 1,5 \text{ Vol/h}$$

La portata massima totale di aria primaria da immettere nell'intero edificio risulta quindi:

$$V_{AP} = 222694 \text{ m}^3/\text{h}$$

Al fine di mantenere in ambiente le condizioni termoigrometriche di comfort, la portata d'aria dovrà essere riscaldata, umidificata per poter mantenere in ambiente determinate condizioni di temperatura ed umidità ed eventualmente post-riscaldata. In particolare i trattamenti, come rappresentato nel grafico psicrometrico, risultano i seguenti:

- Preriscaldamento dell'aria dalla temperatura esterna fino ad una temperatura massima raggiungibile col recuperatore di calore e compatibile con le condizioni di immissione (non oltre i 16°C)
- Riscaldamento dell'aria tale da permettere la successiva umidificazione (tratto AE-2)
- Umidificazione adiabatica (tratto 2-3)

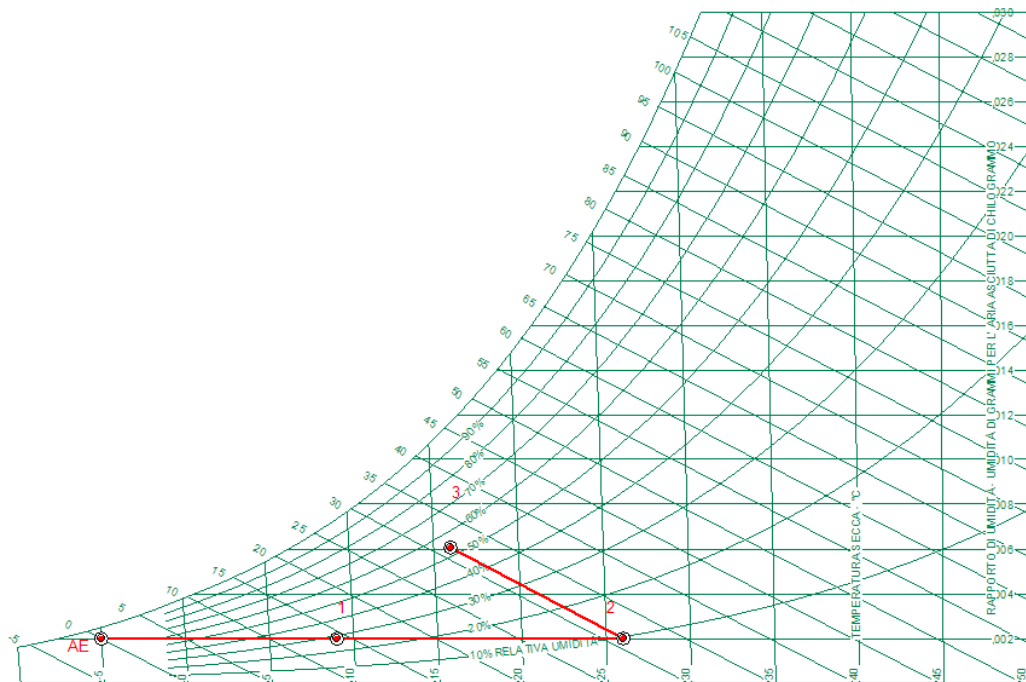


Figura 3.4 Trattamento aria primaria in ciclo invernale

Dal diagramma psicrometrico si individuano i punti rappresentativo delle condizioni di progetto esterne (-5°C, 80% UR) ed interne (20°C, 40%) ricavandone le relative entalpie specifiche.

Si determina che la potenza necessaria per portare 1 kg di aria dalle condizioni iniziali a quelle finali è pari a:

$$\Delta h = h_{out} - h_{in} = 32 - (-2,5) = 34,5 \text{ kJ/kg}$$

La potenza necessaria ad elaborare la portata necessaria per ogni piano è quindi:

$$P_V = V \cdot \rho \cdot \Delta h = 48,6 \text{ kW}$$

Durante la stagione invernale, la potenza totale necessaria al trattamento dell'aria primaria risulta essere pari a:

$$P_V = 2,56 \text{ MW}$$

3.3.3 Calcolo potenza centrale termica

Come precedentemente accennato, il calcolo della potenza della centrale termica deriva dalla somma dei contributi dovuti alle dispersioni ed al trattamento dell'aria primaria. Pertanto si ottiene che la potenza totale necessaria è pari a:

$$P_{\text{tot}} = P_t + P_v = 3,85 \text{ MW}$$

Tuttavia al fine di riservare un margine di potenza nell'utilizzo del generatore di calore, si utilizza un coefficiente di maggiorazione del 10% sulla potenza ottenuta:

$$P_{\text{tot}} = 4,24 \text{ MW}$$

3.4 Calcolo estivo

Analogamente al caso invernale, anche il carico estivo è composto da 2 contributi: il primo relativo ai fenomeni di trasmissione anche considerando i carichi termici interni, il secondo è invece dovuto alla potenza frigorifera al trattamento dell'aria.

3.4.1 Definizione dei carichi interni

Per determinare con esattezza il carico frigorifero estivo è fondamentale conoscere tutti i fattori che influenzano l'equilibrio termico ambientale. I carichi interni rappresentano un contributo non trascurabile e sono dovuti alla presenza delle seguenti sorgenti:

- **PERSONE:** Per quanto riguarda il contributo delle persone, questo varierà in funzione dell'attività svolta e della temperatura mantenuta in ambiente. Ad esempio per attività di ufficio in un ambiente a 26°C (nostro caso) si considera un calore sensibile pari a 64 W a persona e un calore latente di 70 W a persone. Questi valori verranno correlati all'indice di affollamento degli ambienti in esame. Nel caso degli apporti di calore dovuti alle persone si deve distinguere se si tratta di carico termico massimo di un ambiente per determinare la portata di aria da immettere oppure se si sta eseguendo il calcolo del carico massimo contemporaneo per valutare il carico massimo frigorifero. Infatti nel primo caso si deve considerare il massimo affollamento al fine di dimensionare l'impianto nelle condizioni più sfavorevoli, nel secondo

caso si introduce un coefficiente di contemporaneità che verrà successivamente descritto.

- **ILLUMINAZIONE:** il calore dovuto all'illuminazione è una quota non trascurabile del totale ed è quindi necessario valutarlo attentamente. Nella fase di progettazione si sono considerati i seguenti valori di carico termico al m²:
 - illuminazione uffici e sale riunioni: 13 W/m²
 - illuminazione hall: 22 W/m²
- **APPARECCHIATURE ELETTRICHE GENERICHE:** occorre tenere conto anche del calore sensibile emesso dai dispositivi elettrici eventualmente presenti. A seconda dell'uso previsto per i locali troviamo:
 - 200 W per ogni postazione lavorativa nei locali uffici
 - 1000 W per i distributori automatici delle break area
 - 1000 W (5 pc) per ogni hall

Dopo aver elencato i carichi interni è necessario sottolineare che non tutti i carichi sono contemporaneamente presenti coi loro valori di picco. Per questo motivo si applica un coefficiente di simultaneità utile a determinare la taglia frigorifera dell'impianti di condizionamento. Questo coefficiente viene utilizzato nel caso di edifici di grande ampiezza ad uso uffici. È infatti raro che i massimi carichi esterni coincidano con la presenza in ambiente di tutte le persone e relative apparecchiature. In base all'esperienza è stato possibile attribuire ai coefficienti i seguenti valori:

- persone: 0,75 / 0,9
- illuminazione: 0,7 / 0,85

3.4.2 Potenza sensibile massima contemporanea

Dall'analisi svolta con l'ausilio di Edilclima abbiamo ricavato che la situazione di massimo carico si verifica alle ore 16 del mese di Luglio . I risultati dettagliati di quest'analisi sono riportati nell'ALLEGATO 1. È di seguito riportata una tabella riassuntiva del carico frigorifero totale (trasmissione + irraggiamento) relativo all'ora più critica per ogni locale.

Tabella 3.5 Potenze massime contemporanee per trasmissione ed irraggiamento

PIANO	LOCALE	Pt+irr W
TIPO	UFFICIO NO	8084
TIPO	SALA RIUN NE	3
TIPO	UFFICI SE	3551
TIPO	SALA RIUN SO	3
TIPO	BREAK AREA NE	2317
TIPO	VANO ASC NE	1979
TIPO	SBARCO SO	4527
TIPO	VANO ASC SO	6087
TOT PIANO		26551

Si evidenzia quindi che il massimo carico frigorifero dell'edificio dovuto alla trasmissione su tutto l'involucro è pari a:

$$Q_{\text{trasm}} = 1,32 \text{ MW}$$

Sulla base delle precedenti considerazioni circa i carichi interni, applicando un coefficiente di contemporaneità pari a 0,85 si ottiene un carico interno relativo all'intero edificio di:

$$Q_{\text{P\&C}} = 1,44 \text{ MW}$$

La somma dei contributi precedenti determina il carico sensibile massimo contemporaneo che è pari a:

$$Q_{\text{edificio}} = 2,76 \text{ MW}$$

3.4.2 Carico per ventilazione

Per quanto riguarda il trattamento dell'aria questa deve essere portata dalle condizioni di progetto esterne estive (32°C e 50%) a quelle previste per l'immissione negli ambienti, ossia quelle condizioni che permettano di ottenere in ambiente i valori di temperatura ed umidità relativa desiderati (26°C e 50%). Dal diagramma psicrometrico si nota che l'aria deve essere sia raffreddata che deumidificata. Questa trasformazione è ottenibile facendo passare l'aria attraverso una batteria alettata a temperatura inferiore al punto di rugiada dell'aria stessa.

In particolare, nella condizione di massimo carico, trasformazione dell'aria primaria risulta essere la seguente:

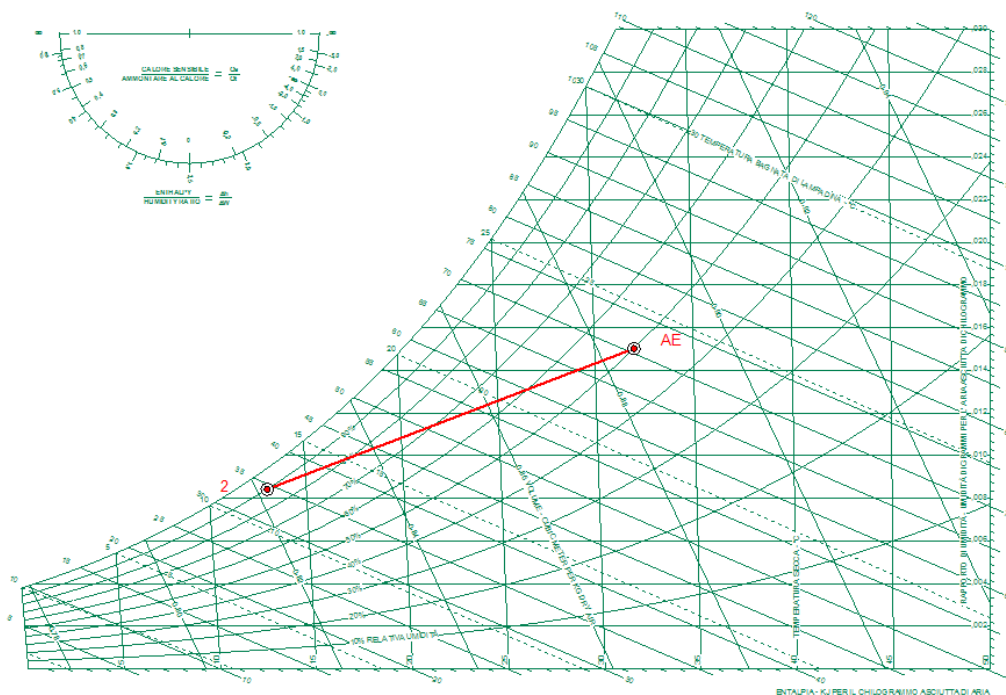


Figura 3.5 Trasformazioni aria primaria in ciclo estivo

Si può notare che la condizione dell'aria in uscita dalla batteria fredda ha le seguenti caratteristiche:

- $T = 13^{\circ}\text{C}$
- $UR = 90\%$

La variazione entalpica specifica relativa alla trasformazione è:

$$\Delta h = 36,5 \text{ kJ/kg}$$

Come già precedentemente specificato la portata di aria immessa dipende dall'affollamento interno, ed è quindi pari a $4226,5 \text{ m}^3/\text{h}$.

Il carico frigorifero per il piano tipo ad uso uffici è quindi il seguente:

$$Q_{AP} = V * \rho * \Delta h = 51,4 \text{ kW}$$

3.4.3 Potenza centrale frigorifera

Il calcolo della massima potenzialità della centrale frigorifera viene eseguito sommando i contributi delle batterie di raffreddamento presenti nell'impianto e di tutti i circuiti terminali necessari, nelle condizioni di massimo carico contemporaneo. Precisiamo che per un impianto ad aria primaria esterna, l'aria viene deumidificata ma anche raffreddata per cui parte del calore sensibile ambiente viene asportato da essa.

I carichi in gioco sono i seguenti:

- Carico sensibile ambiente massimo contemporaneo:

$$Q_{MAX} = 2,76 \text{ MW}$$

- Batterie di raffreddamento e deumidificazione:

$$Q_{BAT} = 2,71 \text{ MW}$$

Quindi la somma dei contributi precedenti è:

$$Q_{FRIG} = Q_{MAX} + Q_{BAT} = 5,47 \text{ MW}$$

A questo valore va poi sottratta la quota parte di potenza che l'aria primaria asporta dall'ambiente climatizzato, essendo questa immessa a T_{IMM} inferiore alla T_{AMB}

$$Q_{AP,UTILE} = V * q * (h_{AMB} - h_{IMM}) = 1,19 \text{ MW}$$

Pertanto, tenuto conto dell'apporto frigorifero dell'aria primaria, la potenza massima della centrale frigorifera risulta essere pari a:

$$Q_{CENTRALE} = Q_{FRIG} - Q_{AP,UTILE} = 4,29 \text{ MW}$$

Applicando un coefficiente di maggiorazione del 10% al fine di rendere l'impianto più flessibile e sicuro, si ottiene la potenza complessiva su cui si dovrà dimensionare la centrale frigorifera.

$$Q_{PROGETTO} = Q_{CENTRALE} * 1,1 = 4,72 \text{ MW}$$

3.5 Rispetto delle prescrizioni per il contenimento dei consumi energetici

Come ampiamente descritto nel capitolo 1, il sistema edificio-impianto in esame deve essere sottoposto ad una serie di verifiche finalizzate ad ottenere il permesso di realizzazione dell'edificio stesso.

Si è provveduto quindi a verificare che tutti i limiti di legge secondo DGR 8745 fossero rispettati:

- Indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale

Indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale o il riscaldamento (EP _H)	
Valore di progetto	kWh/m ² anno
	8,89 kWh/m ³ anno
Confronto con il valore limite riportato all'allegato A del presente provvedimento	kWh/m ² anno
	10,65 kWh/m ³ anno

Il valore limite sopra riportato è stato ricavato in funzione della zona climatica di appartenenza (E, 2404 GG), della categoria dell'edificio (E.2) e dal rapporto di forma dell'edificio S/V (0,16 1/m), parametro calcolato come rapporto tra la superficie esterna che delimita il volume dell'edificio ed 1 volume degli ambienti climatizzati al lordo delle strutture che li delimitano.

- Assenza condensazione superficiale sulle superfici opache interne e interstiziale nelle strutture di separazione tra gli ambienti (vedi allegato 1)
- Sistemi schermanti

Valutazione dell'efficacia dei sistemi schermanti delle superfici vetrate

Fattore solare facciate principali ottenuto attraverso la presenza sui vetri di pellicole schermanti e coating.

Fattore solare a SE 26%,

fattore solare a NO 31%.

L'efficacia dei sistemi schermanti è tale da ridurre del 70% l'irradiazione solare massima sulle superfici trasparenti durante il periodo estivo (Fattore solare 30%).

- Inerzia involucro opaco

Irradianza solare massima estiva su superficie orizzontale (secondo norma UNI 10349 e successivi aggiornamenti): valore medio giornaliero	278 W/m ²
--	----------------------

- Efficienza globale media stagionale

Valore dei rendimenti medi stagionali di progetto	
Rendimento del sottosistema di generazione	98,0 %
Rendimento del sottosistema di regolazione	99,5 %
Rendimento del sottosistema di distribuzione	99,4 %
Rendimento del sottosistema di emissione	96,0 %
Efficienza globale media stagionale	92,0%

- Rinnovabile termico per ACS

Sistemi di generazione Teleriscaldamento, combustibile RSU
--

Il teleriscaldamento è assimilabile ad energia rinnovabile, quindi è verificato il DGR.

4 Impianto di climatizzazione

All'interno di un edificio, l'impianto di climatizzazione si propone di mantenere nel corso dell'anno determinate condizioni di temperatura, umidità e qualità dell'aria. I principali fattori che si devono analizzare nella scelta e progettazione dell'impianto sono i seguenti: flessibilità di configurazione, flessibilità di prestazione, semplicità impiantistica, capacità di conseguire elevato benessere termo igrometrico, buona qualità dell'aria interna, facilità di manutenzione e ridotto consumo energetico. All'interno di questa sezione dell'elaborato viene descritta la progettazione e le scelte fatte al fine di realizzare un impianto di climatizzazione che risponda ai requisiti sopracitati.

4.1 Soluzioni impiantistiche

La scelta impiantistica ritenuta più adatta ad assicurare un adeguato livello di comfort termo igrometrico all'interno degli ambienti ad uso uffici ricade su un impianto di climatizzazione misto, ossia un impianto che fa ricorso contemporaneamente all'aria e all'acqua quali sorgenti di caldo e freddo.

Sul lato acqua, il sistema scelto è a quattro tubi in cui la produzione centralizzata di acqua calda e fredda avviene sfruttando il calore proveniente dalla rete di teleriscaldamento.

4.1.1 Impianto misto aria-acqua

Aria e acqua, trattate in apposite centrali, sono distribuite con reti di canalizzazioni e tubazioni al fine di alimentare i terminali ambiente. Questi saranno ventilconvettori a due batterie: calda e fredda. L'aria proveniente dall'unità centrale di trattamento è detta primaria, mentre l'aria trattata dal terminale tramite ricircolo dall'ambiente è detta secondaria.

L'aria primaria, tutta esterna, provvede al rinnovo e alla ventilazione; nella stagione estiva quest'aria, sufficientemente deumidificata nella centrali di condizionamento, consente di ottenere negli spazi serviti buone condizioni di umidità relativa evitando nel contempo la formazione di condensa sulle batterie delle unità terminali. Analogamente, in inverno, nell'aria primaria trattata dall'unità di trattamento viene vaporizzata acqua in modo tale da mantenere negli ambienti l'umidità relativa nei limiti del benessere. L'aria primaria mantiene tutto l'anno condizioni termoigrometriche costanti e viene immessa in ambiente a temperatura di circa 16°C. Non è necessario infatti provvedere a commutazione stagionale in quanto il riscaldamento degli ambienti nelle

stagioni intermedie è effettuato dai terminali stessi. In questo modo l'immissione di aria sottoraffreddata diminuisce il carico dei terminali ambiente.

4.1.2 Impianto quattro tubi

Morfologicamente il piano tipo è costituito da una zona perimetrale adibita ad uso uffici, ed una zona centrale prevalentemente occupata da spazi tecnici quali cavedi, scale, ma anche bagni e sale riunioni. Le zone perimetrali sono caratterizzate da superfici prevalentemente vetrate verso l'esterno. Questa situazione implica un elevato carico termico sensibile la cui peculiarità è di essere estremamente variabile in funzione delle condizioni di irraggiamento. Queste zone richiederanno nel periodo invernale carichi positivi per le prime ore della giornata e di raffreddamento nelle ore di massima occupazione a causa degli elevati carichi interni, mentre nella zona centrale a causa dell'assenza di superfici disperdenti si avranno esclusivamente carichi di raffrescamento.

Si presenta quindi la necessità di un controllo accurato delle condizioni termoigrometriche nei diversi ambienti, tenuto conto delle diverse possibili esposizioni solari dei locali e della variabilità nel tempo dei carichi termici. Queste considerazioni sono fondamentali nella scelta del tipo di alimentazione dei fan-coil. Sulla base di quanto sopra esposto, l'impianto che si reputa essere più adatto è quello a quattro tubi, soluzione che rende possibile alimentare diversi ventilconvettori contemporaneamente con acqua calda e refrigerata in base alle necessità dettate dalle condizioni ambiente. Non è più quindi necessario che l'aria primaria assolva il compito di annullare i carichi di trasmissione e pertanto la portata di aria primaria viene calcolata per garantire la qualità dell'aria ambiente e il controllo dell'umidità.

L'impianto adottato, essendo in grado di raffreddare e riscaldare zone diverse contemporaneamente, è preferibile ad un sistema a due tubi in quanto l'edificio è caratterizzato da zone perimetrali dotate di ampie superfici vetrate che determinano carichi ambiente sensibili elevati e variabili anche in ciclo invernale.

4.2 Dimensionamento aria

L'aria primaria da immettere negli uffici è calcolata in quantità opportuna sulla base delle normative in materia di comfort e viene trattata mediante condizionatori ad elementi componibili (UTA) ubicati negli appositi locali tecnici ed alimentati dalle reti acqua calda e refrigerata. Nell'UTA l'aria primaria subirà un trattamento di filtrazione, raffreddamento e deumidificazione nella stagione estiva e di filtrazione, riscaldamento, umidificazione ed eventuale post-riscaldamento nella stagione invernale. L'aria primaria uscirà dall'UTA a temperatura di 16°C lungo tutto l'arco dell'anno.

Si distinguono tre circuiti ognuno dei quali ha una precisa funzione e rispettivamente:

- Circuito mandata aria primaria in ambiente
- Circuito ripresa aria dall'ambiente
- Circuito estrazione aria dai bagni

Tutti i circuiti sono costituiti fondamentalmente da una rete principale di canalizzazioni montanti verticali, ubicate all'interno di cavedi, dalle quali si diramano le reti secondarie orizzontali a servizio di ogni piano.

È importante sottolineare che i canali dell'aria costituiscono uno dei componenti più ingombranti e difficili da ubicare all'interno degli edifici. Pertanto è sempre necessaria una stretta collaborazione con i progettisti edili per poter risolvere i molteplici problemi che si incontrano: ingombri, passaggi verticali ed orizzontali, ecc.

Obiettivo di questa sezione è dunque dimensionare la rete di distribuzione dell'aria ed i relativi terminali ambiente.

4.2.1 Metodo dimensionamento a perdita di carico costante

Il dimensionamento dei vari tratti di canale della rete principale viene eseguito normalmente attraverso uno dei seguenti metodi:

- A riduzione di velocità
- A perdita di carico costante
- A recupero i pressione statica

Generalmente è conveniente dimensionare la rete di canali in modo che essa sia già intrinsecamente equilibrata, evitando così costose e complicate operazioni di bilanciamento dei circuiti. È anche necessario osservare che la resistenza reale di un circuito di ventilazione può differire da quella calcolata in fase di progettazione; questo suggerisce l'opportunità di avere a disposizione nei ventilatori e nei motori sufficienti margini di sicurezza, come pure installare nell'impianto serrande per la taratura delle portate di aria nelle varie diramazioni.

Il metodo applicato per il dimensionamento della rete principale è denominato "a perdita di carico costante" in seguito al quale sarà possibile valutare la caduta di pressione nei canali di mandata e di ripresa come pure la necessità di inserire serrande di taratura nelle derivazioni di piano. Attraverso tale metodo l'intera canalizzazione principale di piano viene dimensionata mantenendo costante la perdita di carico per metro lineare all'interno dei canali. In pratica, fissata la perdita di carico in tale tratto di canale e nota la portata di aria si può

immediatamente determinare, a mezzo del diagramma della perdite di carico, la velocità e il diametro dello stesso. Il valore di riferimento della perdita di carico è stato assunto pari a 0,08 mmca/m. La caduta di pressione totale nel sistema di distribuzione dell'aria si otterrà quindi moltiplicando la lunghezza totale equivalente del circuito più sfavorito per la perdita di carico lineare di riferimento. Per problemi legati agli ingombri dei rami principali verranno scelti i canali rettangolari; si specifica che nella scelta delle sezioni, sarà bene tenere presente che i canali a sezione quadrata rappresentano la soluzione più economica e che il costo del canale stesso a parità di perdita di pressione al metro lineare aumenta sensibilmente all'aumentare del rapporto tra lato maggiore e lato minore.

La velocità dell'aria all'interno dei canali è un parametro fondamentale il cui valore deve essere verificato all'interno dei rispettivi range in base alla posizione dei canali ed alla destinazione d'uso dell'edificio come mostrato in tabella:

Tabella 4.1 Velocità consigliate per rete aeraulica

Canali	m/s		
	Flusso massimo	Tubo principale	Diramazione secondaria
Impianti individualizzati	500 a 1000	1 a 3	1
	1000 a 5000	3 a 5	1 a 3
	5000 a 10000	5 a 7	2 a 4
Impianti centralizzati:			
- Residenze, saloni, hotel		3 a 5	1 a 3
- Locali pubblici, uffici		5 a 7	1 a 3
- Spazi industriali		5 a 10	2 a 5
Impianti semi-centralizzati:			
- Locali residenziali:			
Canali bassa velocità (vicino a persone)		2 a 7	3 a 4
Canali velocità media		5 a 10	3 a 5
Canali alta velocità (lontani)		10 a 20	5 a 10
- Locali pubblici:			
Canali velocità media		5 a 10	3 a 5
Canali alta velocità (lontani)		12 a 25	5 a 10

è altresì fondamentale verificare che lo spazio disponibile all'interno dei rispettivi controsoffitti sia adeguato ad alloggiare tutti i canali.

Nella rappresentazione le sigle poste in corrispondenza di ogni canale hanno i seguenti significati:

- A.P. : mandata
- EXP : ripresa
- E : estrazione

Le canalizzazioni dell'aria saranno realizzate in lamiera di acciaio zincata e verranno coibentate termicamente e rifinite con barriera al vapore. Per quanto riguarda gli spessori della lamiera utilizzata questi sono funzione delle dimensioni dei canali stessi secondo le seguenti grandezze:

Tabella 4.2 Spessori canali dell'aria

Dimensione lato maggiore			Spessore lamiera	
fino a	mm	300	6\10	mm
oltre	300 fino a mm	700	8\10	mm
oltre	700 fino a mm	1200	10\10	mm
oltre	1200 fino a mm	1500	12\10	mm
oltre	mm	1500	15\10	mm

Lo spessore dell'isolamento dovrà essere non inferiore ai valori indicati nella tabella ALLEGATO B del DPR 412/93, colonna da 20 a 39 mm, utilizzando gli spessori commerciali appena superiori. Come precisato all'interno del DPR, lo spessore indicato in tabella viene moltiplicato per 0,5 o 0,3 se i canali corrono all'interno dell'involucro isolato dell'edificio o se all'interno di ambienti riscaldati.

Tabella 4.3 Spessori isolante tubazioni dell'acqua

Conductività Termica utile dell'isolante (W/m °C)	Diametro esterno della tubazione (mm)					
	<20	da 20 a 39	da 40 a 59	da 60 a 79	da 80 a 99	> 100
0.030	13	19	26	33	37	40
0.032	14	21	29	36	40	44
0.034	15	23	31	39	44	48
0.036	17	25	34	43	47	52
0.038	18	28	37	46	51	56
0.040	20	30	40	50	55	60
0.042	22	32	43	54	59	64
0.044	24	35	46	58	63	69
0.046	26	38	50	62	68	74
0.048	28	41	54	66	72	79
0.050	30	42	56	71	77	84

4.2.2 Dimensionamento distribuzione aeraulica al piano

Inizialmente si è provveduto al dimensionamento delle canalizzazioni primarie dell'aria a servizio di ciascun piano. Queste sono distinte in:

- Circuito aria primaria
- Circuito ripresa aria del piano
- Circuito estrazione bagni

4.2.2.1 Circuito di mandata

Come vedremo nel dettaglio nei paragrafi successivi, la distribuzione dell'aria in ambiente è realizzata con diffusori lineari collegati mediante canali circolari flessibili al canale principale di mandata. Questi collegano la mandata e il plenum del diffusore, e sono di diametro pari a 138 mm.

La portata di aria primaria da immettere in ambiente, come già descritto nei capitoli precedenti, viene calcolata sulla base della norma UNI 10339 la quale fornisce le linee guida per quanto riguarda la ventilazione degli ambienti al fine di mantenere all'interno dei locali un adeguato comfort. L'aria primaria a servizio della torre verrà distribuita all'interno di ogni piano secondo la seguente suddivisione:

- UFFICI: 3200 m³/h ottenuti considerando un affollamento massimo di 80 persone a piano e 40 m³ a persona.
- SALE RIUNIONI: 160 m³/h. Tale portata sarà sempre attiva indipendentemente dalla reale presenza di persone e verrà utilizzata per garantire un minimo ricambio d'aria all'interno delle sale riunioni. Nel momento in cui una delle due sale sarà occupata, verrà fornito un incremento d'aria all'interno del locale in questione attraverso il comando di apertura della serranda motorizzata preposta all'aumento della portata di aria primaria. Tale sistema agirà su delle serrande preterrate in modo da inviare il quantitativo di aria esterna trattata in funzione dell'affollamento di progetto del locale (16 persone). L'incremento di aria esterna porterà ad una riduzione di immissione d'aria nelle fasce laterali di una quantità pari all'incremento della zona centrale (960 m³/h). A descrizione dell'acquirente sarà poi possibile disporre di una portata supplementare che fornisca il quantitativo di aria richiesta dalle sale riunioni senza che questa debba venire sottratta al locale uffici. Tale possibilità è prevista sulle UTA e sui canali montanti.
- SBARCO e BREAK AREA: 470 m³/h calcolato al fine di garantire una adeguata pressurizzazione degli ambienti

Se ne ricava una portata massima di aria esterna per piano pari a 4780 m³/h. Questa verrà ripartita in due circuiti speculari uno per i locali rivolti a NO e uno per quelli a SE.

Per quanto concerne la derivazione di piano dal canale montante principale, questa viene realizzata mediante canali rettangolari posti nel cavedio e di dimensioni opportune in base al tratto servito. Inoltre, essendo il cavedio compartimentazione antincendio REI 120, per mantenere tali caratteristiche antincendio, è necessario applicare delle serrande tagliafuoco ai canali che attraversano le compartimentazioni. Il bilanciamento delle portate d'aria primaria è svolto tramite serrande di regolazione installate su ogni canale secondario a servizio del diffusore lineare.

Ogni diramazione secondaria è costituita da due tipologie di canali. La derivazione rettangolare dal canale principale (150x150) è unita attraverso un adattatore al tubo flessibile circolare (Ø 138) per permettere il collegamento al diffusore lineare. Questa configurazione, con parte finale in flessibile, è adottata al fine di permettere un corretto montaggio anche se canale e diffusore non sono allineati correttamente.

Nel disegno sotto riportato viene mostrato come viene collegato il canale principale al diffusore lineare.

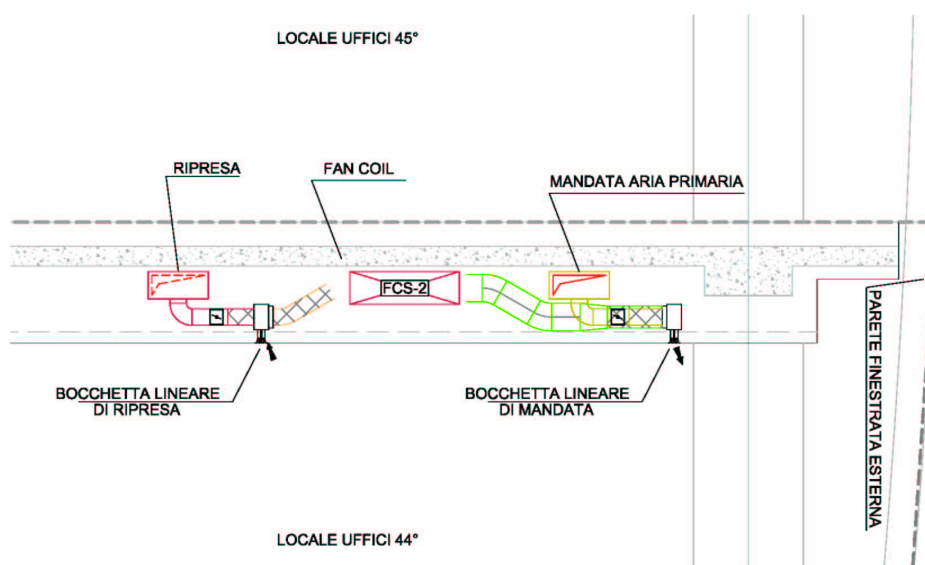


Figura 4.1 Dettaglio collegamento rete primaria – diffusore – fan coil

Sulla base di quanto ampiamente trattato, viene di seguito rappresentata la configurazione della rete aeraulica tipica di ogni piano.

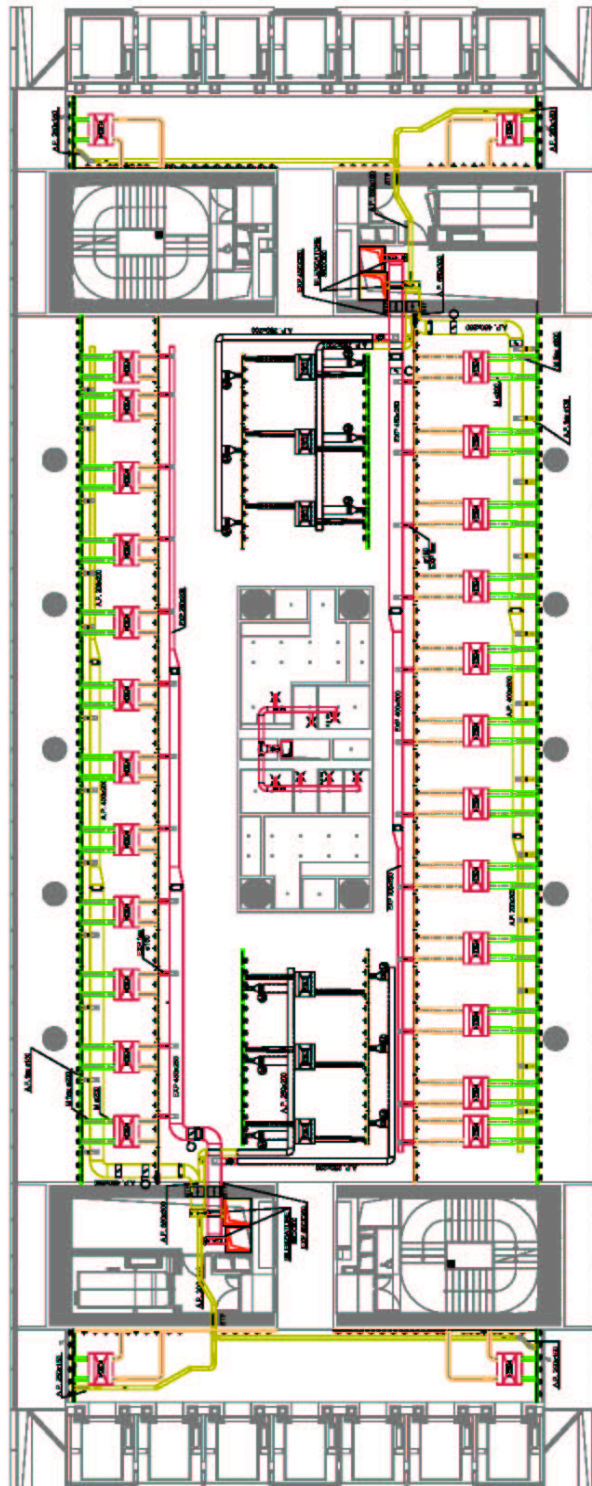


Figura 4.2 Configurazione rete aeraulica piano tipo

La derivazione dal canale montante di mandata viene fornita di silenziatore e serranda di regolazione dopo di che il canale si sdoppia per poter servire i vari locali. Attraversando la compartimentazione devono essere forniti di serrande tagliafuoco. ed è seguita da 2 diramazioni. Una prima verso i locali di sbarco ascensori e una seconda verso il locale uffici e le sale riunione. In particolare in questi due canali sono inserite anche le serrande tagliafuoco.

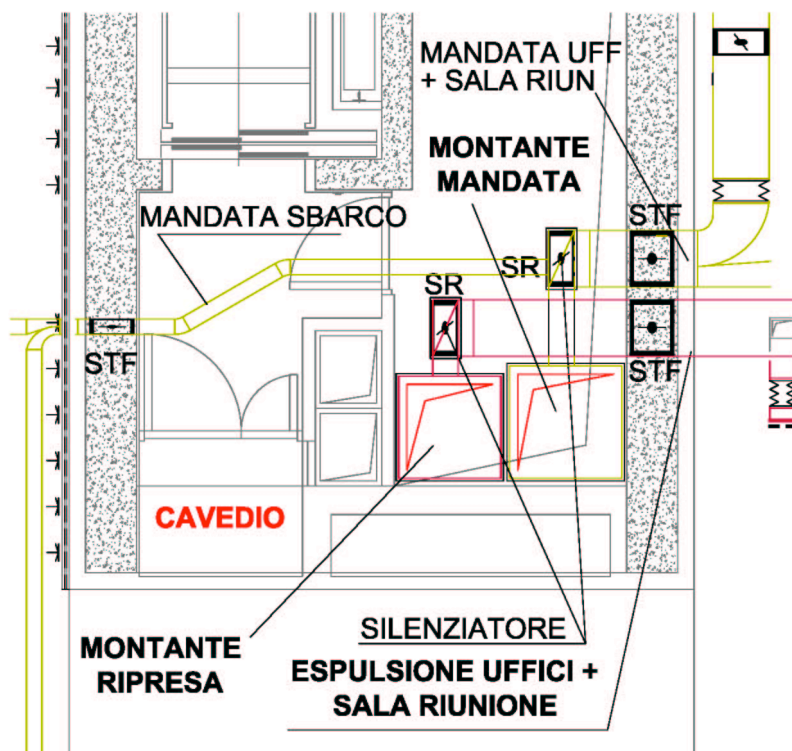


Figura 4.3 Derivazione circuito aria primaria

Il dimensionamento della rete, come già sopra precisato, si basa sul criterio delle perdite di carico costanti. Anche se le portate corrette saranno stabilite solo quando sarà definitivo il layout del piano, viene considerato che ogni terminale (di lunghezza pari a 2 moduli finestra) sarà alimentato con 133 m³/h di aria primaria per i locali uffici, 187 m³/h per le sale riunioni e 116 m³/h per la zona sbarco ascensori.

Riportiamo di seguito una tabella riassuntiva delle dimensioni dei canali con le relative velocità. Il calcolo dettagliato è riportato nell'ALLEGATO 2.

Tabella 4.4 Dimensionamento canali mandata aria primaria

DIMENSIONI CANALI			
Portata m ³ /h	Dimensioni		Velocità m/s
	mm	mm	
2393	550	300	4,31
1600	450	250	4,22
1067	299	400	3,98
560	250	200	3,28
400	200	200	2,92
233	200	150	2,28
187	250	200	1,1
133	200	200	0,97
117	200	150	1,14

4.2.2.2 Estrazione bagni

Come raccomandato sempre dalla norma UNI 10339, è necessario dotare i corpi bagno di un impianto di estrazione. In questo modo gli spazi ad uso servizi saranno mantenuti in depressione rispetto agli ambienti adiacenti così da garantire un corretto e continuo ricambio d'aria. L'aria passerà attraverso apposite griglie di transito installate nelle porte che separano i servizi stessi dagli uffici e transiterà al di sotto delle porte sopraelevate di ogni singolo bagno da dove verrà aspirata dalle valvole poste nel controsoffitto. Per quanto riguarda il dimensionamento delle griglie di transito è necessario definire che la velocità di attraversamento considerata sia inferiore a 1,5 m/s così da evitare che la caduta di pressione sia tale da determinare squilibri nella portata d'aria immessa a porta aperta e a porta chiusa; oltre al fatto che la pressione esercitata sulla porta potrebbe essere tale da creare problemi nell'apertura della porta stessa. Pertanto si determina l'area minima delle griglie di transito:

Tabella 4.5 Griglia di transito

Dimensioni griglia di transito		
Portata estratta	200	m ³ /h
Velocità passaggio	1,5	m/s
Area griglia	0,037	m ²

Relativamente alla dimensione dei canali, i dati di progetto sono rispettivamente:

- Portata specifica estrazione aria WC: 8 V/h per ogni bagno
- Numero di bagni a piano: 7

- Portata di piano estratta WC: 400 m³/h

L'estrazione viene eseguita attraverso valvole di aspirazione modello Bap Color DN 90 posizionate a soffitto in ogni locale WC in grado di regolare autonomamente la portata da estrarre.

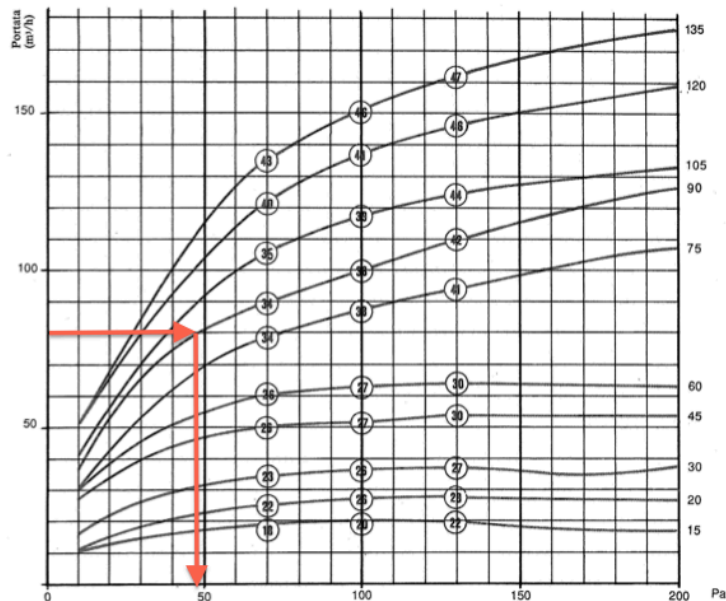


Figura 4.4 Perdite di carico valvole Bap Color

L'impianto di estrazione dai corpi bagno di ogni piano è costituito da due rami a cui fanno capo le derivazioni di ogni bagno. Queste ultime hanno un diametro di 160 mm. I rami principali, i quali convogliano l'aria estratta nel canale montante, sono a sezione costante e pari a Ø200 mm. Anche il dimensionamento di tali canali segue il criterio delle perdite di carico costanti. Inoltre ogni derivazione di piano dal canale montante sarà munita di serranda di regolazione al fine di bilanciare il circuito aeraulico e di una serranda tagliafuoco installata in corrispondenza dell'attraversamento del muro che porta al cavedio.

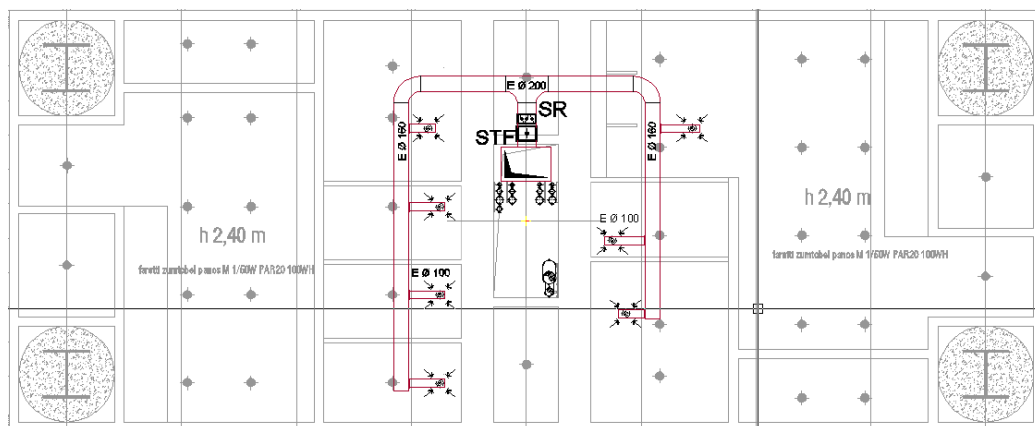


Figura 4.5 Estrazione bagni piano tipo

4.2.2.3 Ripresa aria ambiente

Riepilogando, la portata di aria primaria che ad ogni piano si deve immettere è stata calcolata pari a:

$$m_{\text{MANDATA}} = 4780 \text{ m}^3/\text{h}$$

L'impianto in oggetto si presta ad essere un sistema di immissione ed estrazione. Questa tipologia è ritenuta fra quelle più efficaci in quanto consente di provocare una leggera sovrappressione negli ambienti rispetto all'esterno al fine di impedire ingressi di aria non trattata. Pertanto le portate di mandata e di ripresa devono essere correlate, e dovrà essere:

$$m_{\text{MANDATA}} > m_{\text{RIPRESA}}$$

Più precisamente, volendo ottenere una sovrappressione all'interno dei locali maggiore di 0,2 volumi, e avendo calcolato una portata di aria estratta ad ogni piano dai bagni pari a:

$$m_{\text{ESTRAZIONE WC}} = 400 \text{ m}^3/\text{h}$$

si ricava la portata totale di aria che deve essere ripresa dalle bocchette poste lungo i corridoi principali, per quanto riguarda gli uffici, e all'interno della sala riunioni per le stesse:

$$m_{\text{RIPRESA}} = m_{\text{MANDATA}} - (m_{\text{ESTRAZIONE}} + m_{\text{SOVRAPRESSIONE}}) = 3345 \text{ m}^3/\text{h}$$

La ripresa avviene attraverso bocchette lineari dello stesso tipo dei diffusori lineari usati per la mandata. Il collegamento di queste al canale principale di

ripresa viene realizzato tramite canali rettangolari in lamiera zincata installati nel controsoffitto. Tali canali vengono dimensionati come i circuiti precedenti ed i risultati sono riportati in ALLEGATO 2. Di seguito una tabella riassuntiva di questi.

Tabella 4.6 Dimensione canali ripresa aria ambienti

DIMENSIONI CANALI			
Portata m ³ /h	Dimensioni mm		Velocità m/s
1722	450	250	4,54
1272	450	250	3,36
954	400	200	3,56
450	250	200	2,63
318	200	200	2,32

Come tutte le diramazioni ai piani, anche la ripresa viene dotata di regolatore di portata e serranda tagliafuoco.

Si precisa che la portata estratta dai servizi e quella ripresa dagli uffici, pur essendo entrambe destinate ad essere evacuate dall'edificio, è preferibile mantenerle in condotti separati per evitare che ci siano problemi di inquinamento negli ambienti. I due canali verranno congiunti in corrispondenza del ventilatore plug fan di ripresa il quale convoglia l'aria nel recuperatore di calore posto nell'UTA.

4.2.3 Dimensionamento canali montanti

Data la grande altezza dell'edificio la distribuzione verticale dell'aria primaria all'interno della torre sarà suddivisa nelle seguenti zone:

- **ZONA HALL:** comprende la parte del seminterrato sotto la pianta della torre ed il piano della torre stessa. L'UTA a servizio di tale zona sarà posizionata al primo piano interrato. L'aria esterna di tale unità sarà prelevata attraverso delle canalizzazioni che correranno all'interno di cavedi dedicati posti in adiacenza ai vani scala del podium, tali canali termineranno sulla copertura di tale edificio.
- **PIANI BASSI:** comprende i piani dal piano 1° fino al 11°. Le due UTA a servizio di tali piani, una per le zone Nord-Ovest e l'altra per quelle Sud-Est, saranno posizionate anch'esse al primo piano interrato. L'aria esterna e le espulsioni seguono lo stesso percorso delle precedenti.
- **PIANI INTERMEDI:** comprende i piani dal 12° al 23° e dal 25° al 36°. Le quattro UTA a servizio di tali piani saranno posizionate nel livello tecnico al 24° piano. L'aria esterna e l'espulsione di tali unità saranno

realizzate attraverso delle canalizzazioni dedicate che sfrutteranno delle aperture ricavate nella facciata principale stessa al 24° piano.

- PIANI ALTI: comprende i piani dal 37° al 47°. Le due UTA a servizio di tali piani sono posizionate al livello tecnico del 49° piano. L'aria esterna e le espulsioni di tali unità sarà realizzata attraverso delle canalizzazioni dedicate che sfrutteranno delle aperture ricavate nella facciata principale stessa.

Trattandosi di unità simili, tratteremo solamente il dimensionamento di una singola UTA, in particolare quella a servizio degli 11 piani alti della torre.

La portata di aria che dovrà essere trattata dall'UTA è determinata sulla base dei metodi sopra descritti e considerando un'occupazione massima di 116 persone per 6 piani e di 100 persone per i rimanenti 5 piani.

Di seguito è riportato lo schema rappresentate i canali montanti dei circuiti aeraulici di mandata, ripresa ed estrazione bagni, con le relative dimensioni.

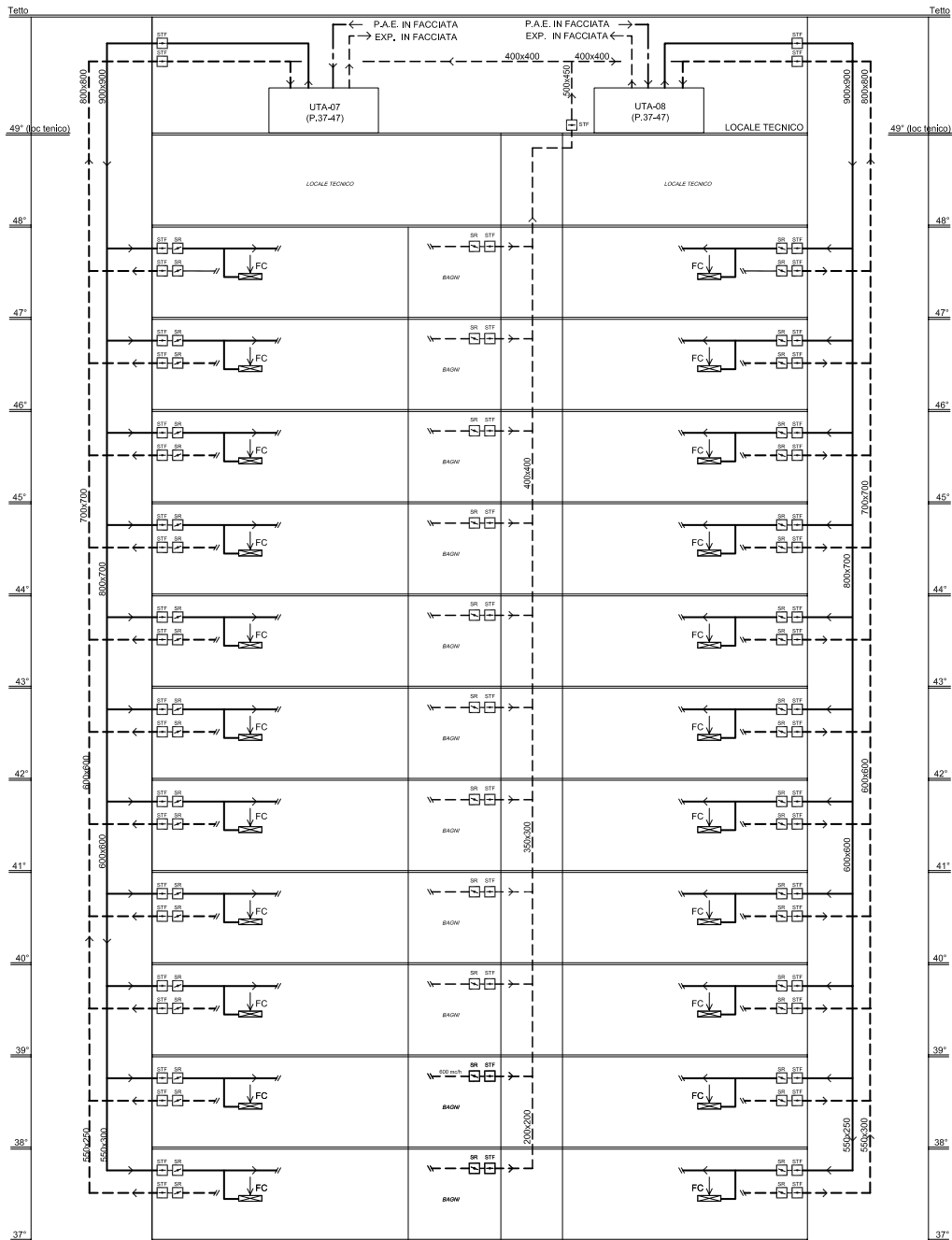


Figura 4.6 Schema altimetrico canali montanti

La tabella dettagliata col dimensionamento dei canali è riportata nell'ALLEGATO 2.

4.2.4 Calcolo perdite carico

Una volta dimensionati i vari tratti della rete e definiti gli organi meccanici di cui necessita, è necessario valutare le perdite di carico dei diversi circuiti. Relativamente al calcolo delle perdite di carico, si possono distinguere le perdite dovute all'attrito all'interno dei canali e le perdite localizzate dovute alla presenza di cambiamenti di direzione o di grandezza, ovvero per la presenza di raccordi, curve, diramazioni, ostruzioni ecc.

Ovviamente dal dimensionamento dei canali sono note le perdite di carico distribuite relative ai differenti circuiti aeraulici come prodotto tra lunghezza del canale e relativa perdita lineare:

$$\Delta P_{\text{DISTRIBUITE}} = \Delta P_{\text{UNITARIO}} \times L_{\text{CANALE}}$$

Oltre alle perdite di carico lineari ricavate durante il dimensionamento dei canali, è necessario valutare le diverse perdite di carico localizzate. Queste sono dovute alla perdita di energia per la turbolenza dell'aria nell'attraversamento di pezzi speciali o per singolarità del circuito. Dipendono quindi sia dal tipo di ostacolo che dal quadrato della velocità dell'aria. Normalmente per quantificare tali perdite viene applicata la seguente relazione:

$$\Delta P_{\text{CONCENTRATE}} = 0,612 * \xi * v^2$$

Dove:

ΔP : perdita di carico (Pa)

ξ : coefficiente di perdita della singolarità

v: velocità media (m/s)

I valori dei coefficienti di perdita relativi a tutte le singolarità dovute a cambi di direzione e sezione dei circuiti, sono stati dedotti da specifiche tabelle come riportato in ALLEGATO 2.

Per quanto riguarda le perdite concentrate relative a pezzi speciali quali serrande tagliafuoco e regolatori di portata, sono state ricavate dai relativi cataloghi del costruttore. Ad esempio, l'installazione di una serranda di regolazione determina una perdita concentrata; in particolare la serranda di regolazione del circuito di mandata ha dimensione 550x300 mm con portata d'aria pari a 2393 m³/h. Ricavando il coefficiente di perdita in funzione del grado di apertura della serranda, si determina la relativa perdita di carico pari a 11,5 Pa.

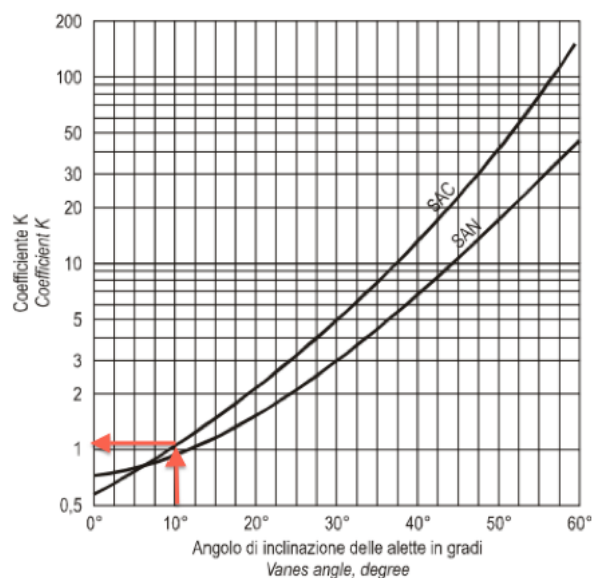


Figura 4.7 Coefficiente perdita carico serrande regolazione

Il riassunto dettagliato dei calcoli viene comunque riportata all'interno dell'ALLEGATO 2.

Sulla base di quanto scritto le perdite di carico totali a piano dei diversi circuiti sono rispettivamente le seguenti:

Tabella 4.7 Perdite carico totali rete piano tipo

PERDITE CARICO TOT CIRCUITI		
MANDATA	201,5	Pa
RIPRESA	160,6	Pa

4.3 Dimensionamento unità trattamento aria

L'aria primaria tutta esterna, proveniente dalle unità di trattamento aria, provvede al rinnovo e alla ventilazione. Nella stagione estiva quest'aria viene sufficientemente raffreddata e deumidificata nelle centrali di condizionamento al fine di ottenere negli spazi serviti buone condizioni di temperatura e di umidità relativa. Analogamente, in inverno, l'aria primaria viene riscaldata e successivamente risaldata. Viene inoltre installata una sezione atta al recupero del calore dell'aria estratta dall'ambiente al fine di ottenere un recupero di energia che altrimenti andrebbe persa. Oltre a subire trattamenti termo igrometrici, si sottolinea che l'aria viene opportunamente filtrata. Si precisa che

la velocità di attraversamento dell'aria sulle batterie viene mantenuta entro i 2,5 m/s al fine di garantire una buona efficienza di scambio termico.

Dal punto di vista costruttivo l'unità di trattamento aria sarà così composta:

Tabella 4.8 Composizione unità trattamento aria

COMPONENTI UTA	
MANDATA	RIPRESA
SERRANDA PRESA ARIA ESTERNA	PLENUM DI RIPRESA
PREFILTRI A CELLA G3	PREFILTRI A CELLA G3
RECUPERATORE DI CALORE	VENTILATORE DI RIPRESA
BATTERIA DI RISCALDAMENTO	RECUPERATORE DI CALORE
BATTERIA DI RAFFREDDAMENTO	SERRANDA DI ESPULSIONE
UMIDIFICATORE ADIABATICO	
SEPARATORE DI GOCCE	
BATTERIA DI POST RISCALDO	
VENTILATORE DI MANDATA	
FILTRI A TASCHE F7	
PLENUM DI MANDATA	

Dopo aver calcolato le portate di aria che saranno elaborate dall'UTA si dimensionano i vari componenti che la compongono, tra cui:

- Ventilatori
- Batteria di riscaldamento
- Batteria di raffreddamento
- Umidificatore adiabatico
- Batteria di post-riscaldamento
- Recuperatore
- Sezioni filtranti

Di seguito si riportano le caratteristiche salienti dei componenti citati. Per le caratteristiche dettagliate si rimanda invece all'ALLEGATO 2.

VENTILATORI

I ventilatori di mandata e ripresa sono del tipo PLUG FAN, ossia ventilatori centrifughi a pale rovesce che sono caratterizzati da un accoppiamento diretto tra la girante ed il motore di alimentazione, eliminando in questo modo le perdite di potenza meccanica causate dalla trasmissione del moto attraverso la cinghia e consentendo così un incremento del rendimento della macchina. È da sottolineare il comando del ventilatore tramite inverter, che assicura la massima

efficienza in un range di portata che varia tra il 50% e il 100% della nominale e garantisce notevoli risparmi economici. La prevalenza del ventilatore è tale da compensare le perdite di carico distribuite e concentrate calcolate sul circuito più sfavorito a cui vengono sommate tutte le perdite concentrate relative ai componenti dell'UTA. È però necessario sottolineare che la resistenza reale di un circuito di ventilazione può differire da quella calcolata in fase di progettazione e questo suggerisce l'opportunità di avere sempre a disposizione nei ventilatori e nei motori sufficienti margini di sicurezza. A riguardo abbiamo deciso di dimensionare i componenti dell'UTA considerando un margine del 5% per dare la possibilità ai singoli tenants di incrementare la portata d'aria per dare un maggiore ricambio e migliorare il comfort ambientale.

Le principali caratteristiche dei ventilatori sono:

MANDATA:

- Portata mandata: $V = 25200 \text{ m}^3/\text{h}$
- Pressione statica utile: $P_s = 500 \text{ Pa}$
- Rendimento statico: $\eta = 71,5\%$
- Potenza assorbita dalla rete: $W = 16,9 \text{ kW}$

RIPRESA:

- Portata ripresa: $V = 20200 \text{ m}^3/\text{h}$
- Pressione statica utile: $P_s = 400 \text{ Pa}$
- Rendimento statico: $\eta = 64,7\%$
- Potenza assorbita dalla rete: $W = 8,43 \text{ kW}$

BATTERIA RISCALDAMENTO

- Condizione aria esterna: $T = -5^\circ\text{C}$, $\text{UR} = 80\%$
- Condizioni aria uscita batteria: $T = 25^\circ\text{C}$, $\text{UR} = 7,4\%$
- Potenza batteria: $Q = 259 \text{ kW}$
- Portata acqua batteria: $m = 8,84 \text{ l/s}$

BATTERIA RAFFREDDAMENTO

- Condizioni aria esterna: $T = 32^\circ\text{C}$, $\text{UR} = 50\%$
- Condizioni aria uscita batteria: $T = 14^\circ\text{C}$, $\text{UR} = 97,6\%$
- Potenza batteria: $Q_{\text{TOT}} = 339 \text{ kW}$, $Q_{\text{SENS}} = 160 \text{ kW}$
- Portata acqua batteria: $m = 16,19 \text{ l/s}$

UMIDIFICATORE

Durante il periodo invernale, per mantenere un adeguato comfort all'interno degli ambienti climatizzati, è necessario umidificare adiabaticamente l'aria all'interno dell'unità di trattamento. Il sistema scelto per umidificare è la tipologia HUMIFOG che rappresenta una generazione di atomizzatori adiabatici economici che hanno una potenza elettrica impiegata di 4 W per ogni litro/ora di acqua nebulizzata. L'HUMIFOG è adatto a tutte le applicazioni dove è richiesta una grande capacità di umidificazione, fino a 500 kg/ora. Il sistema utilizza una pompa per pressurizzare l'acqua ad alta pressione che viene poi atomizzata attraverso ugelli in acciaio inox producendo una nebbia molto fine ed uniforme. Il sistema di umidificazione opererà ad alta pressione con ugelli per nebulizzazione ultra fine micronizzata alimentati con acqua osmotizzata ad alta pressione. L'unità di atomizzazione è costituita da ugelli in acciaio con inserto ceramico capaci della produzione di aerosol di dimensione inferiore ai 10 μm . Ogni ugello sarà dotato di espansore di flusso al fine di garantire la massima efficienza di umidificazione e la minima distanza di assorbimento. Le goccioline generate evaporano spontaneamente umidificando e raffreddando l'aria. Il sistema HUMIFOG, a differenza dei sistemi classici di atomizzazione, non richiede né l'utilizzo di un compressore né l'installazione di una linea di aria compressa. Inoltre, a maggior garanzia di igiene, tale sistema non nebulizza l'acqua di ricircolo nel rispetto delle principali linee guida e norme internazionali.

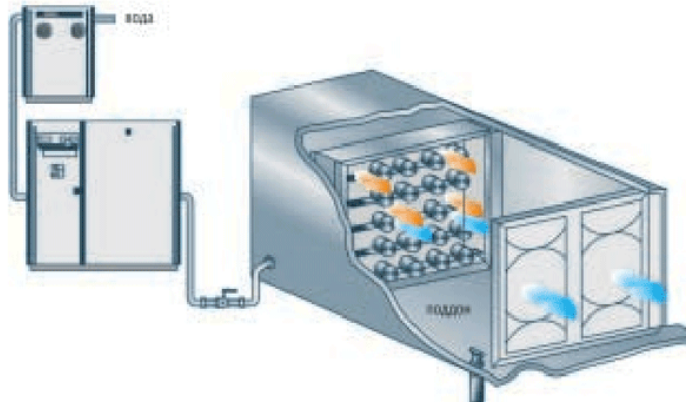


Figura 4.8 Umidificatore HUMIFOG

I vantaggi che si ottengono grazie a questa soluzione sono i seguenti:

- Basso consumo energetico
- Nebulizzazione finissima che richiede un minimo spazio per l'evaporazione
- Igienicità

Questa soluzione necessita però di acqua trattata mediante osmosi inversa allo scopo di evitare che le particelle di sale contenute nell'acqua rimangano in sospensione nell'aria e si depositino sugli oggetti presenti all'interno degli ambienti o che comunque potrebbero ostruire i finissimi ugelli.

Di seguito i dati principali:

- Variazione dell'umidità assoluta: 4 g/kg_{AS}
- Portata acqua umidificazione: 145 kg/h
- Rapporto di assorbimento: 93,7%

A valle della sezione umidificante si prevede anche un separatore di gocce per evitare il trascinarsi delle stesse.

BATTERIA POST-RISCALDO

Nella stagione invernale a causa dell'umidificazione si consegue un raffreddamento dell'aria fino a 16°C. Nel caso nelle stagioni fredde si voglia inviare l'aria primaria in ambiente a temperatura superiore alla suddetta, la superficie della batteria di post-riscaldamento sarà dimensionata per poter riscaldare l'aria primaria fino ad una temperatura di 20°C. Il riscaldamento da 16°C a 20°C presuppone una potenza della batteria pari a:

$$Q_{\text{POST}} = V * \rho * C_p * \Delta T = 30 \text{ kW}$$

Alla quale corrisponde una portata di acqua calda pari a:

$$m = 1,03 \text{ l/s}$$

RECUPERATORE DI CALORE

Nell'ambito dell'impianto di climatizzazione il recupero di calore consente il trasferimento di energia tra l'aria ripresa dagli ambienti e l'aria esterna di rinnovo. In ottemperanza a quanto richiesto dal DPR 412 viene installato quindi un sistema di recupero del calore. La tipologia è del tipo aria-aria a flussi

incrociati posto all'interno dell'unità di trattamento aria primaria e serve al preriscaldamento dell'aria in ingresso in funzione delle condizioni dell'aria esterna e delle condizioni ambiente all'interno dell'edificio. Anche il recuperatore di calore, essendo uno scambiatore di calore, deve essere dimensionato. Le portate che lo attraversano sono rispettivamente:

- ARIA ESTERNA = 25200 m³/h
- ARIA ESPULSA = 20200 m³/h

Avendo un rendimento di recupero termico dell'80% (nelle condizioni di portata sopracitate, di temperatura aria esterna in ingresso pari a -5°C e massimo recupero termico), si stima che la potenza sarà di:

$$Q_{\text{REC}} = 151 \text{ kW}$$

SEZIONI FILTRANTI

Si precisa inoltre che il recuperatore di calore viene protetto da appositi filtri G3 posti su flussi in ingresso ed inoltre si installa un filtro a maggior efficienza sulla mandata dell'aria. Si hanno pertanto i seguenti filtri:

- Filtro G3 sulla presa aria esterna
- Filtro G3 sul canale di ripresa aria ambiente
- Filtro F7 all'uscita dell'UTA sull'aria di mandata

Di seguito si allega un disegno schematico funzionale dell'unità di trattamento dell'aria e del relativo posizionamento previsto nel locale tecnico al 49° piano. Come mostrato anche nella figura si prevedono dei silenziatori sia sulla mandata che sulla ripresa ed inoltre si precisa che le serrande verranno comandate automaticamente dal sistema di regolazione.

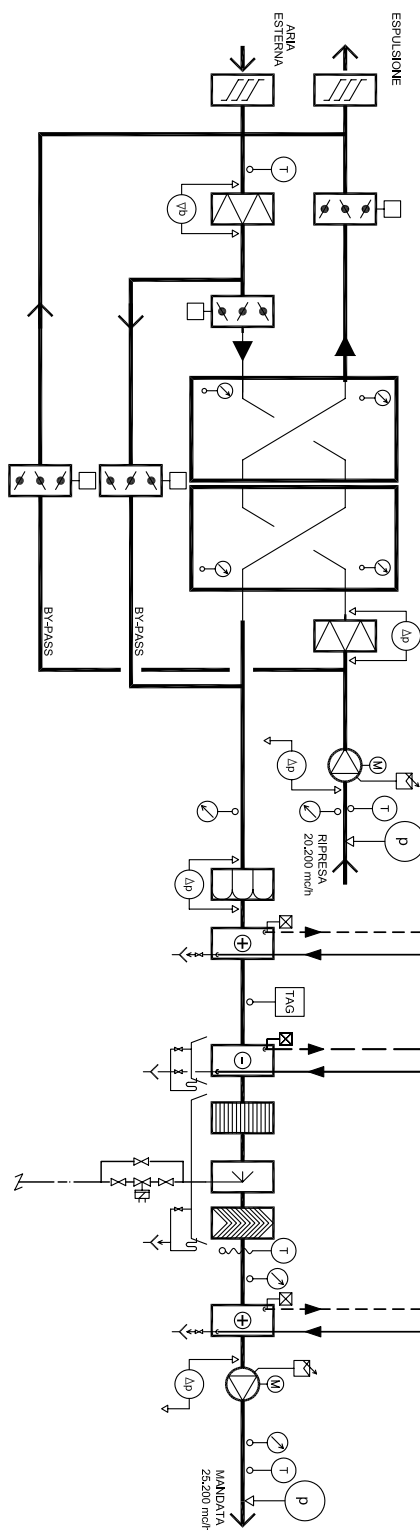


Figura 4.9 Scema funzionale unità trattamento aria

4.4 Fan coil

Per poter giustificare alcune scelte progettuali, è opportuno specificare preventivamente le particolari esigenze di flessibilità dettate dalla committenza. È infatti di fondamentale importanza sottolineare la richiesta riguardante la possibilità di cambiare e riadattare il layout del piano tipo. Diviene pertanto indispensabile realizzare un impianto molto flessibile che non richieda grandi modifiche per soddisfare diverse configurazioni. Inoltre l'abilità del sistema di adattarsi alle nuove condizioni dell'edificio risulta essere un fattore che determina la diminuzione dei costi derivanti dall'interruzione dell'attività per consentire le eventuali modifiche. Occorre quindi studiare un sistema impiantistico flessibile e proporzionarlo con opportuni margini di potenza al fine di sopperire a carichi supplementari che potrebbero intervenire a causa del cambiamento di layout. Per conseguire quindi gli obiettivi suddetti, si applicherà una progettazione modulare che influenzerà direttamente il funzionamento dei terminali ambiente ed il sistema di distribuzione dell'aria nei vari locali.

4.4.1 Collegamento diffusore - fan coil e diffusione dell'aria in ambiente

Considerando la modularità della parete finestrata e il fatto che il layout del piano tipo non è definito in fase di progettazione, al fine di rendere l'impianto il più flessibile possibile, si è scelto di posizionare un fan coil ogni due moduli finestra (vedi figura 4.2). Ognuno di essi è collegato dal punto di vista aeraulico tramite due canali flessibili del diametro di 200 mm ai diffusori lineari di mandata, e altri due ai diffusori lineari di ripresa; dal lato idronico, essendo una soluzione a quattro tubi, viene collegato alla rete di acqua calda e fredda proveniente dalla centrale termica (fig. 4.10).

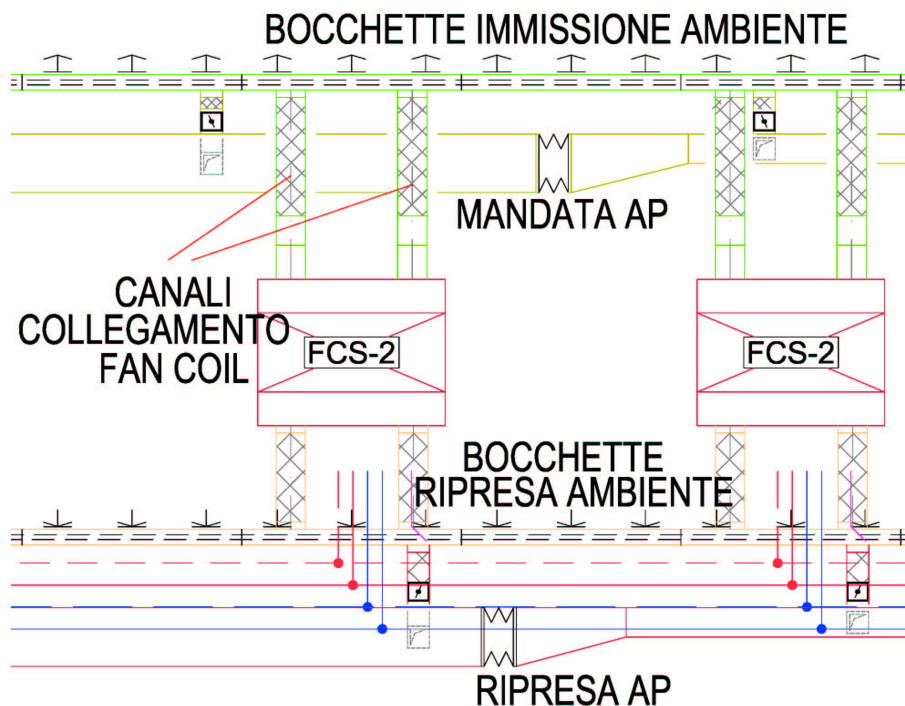


Figura 4.11 Dettaglio collegamento Diffusori – Fan Coil

I fan coil sono posizionati orizzontalmente nel controsoffitto e saranno del tipo da incasso con mandata frontale e ripresa posteriore (Fig. 4.1) in modo da non avere ingombri in ambiente e soprattutto, in caso di suddivisioni degli spazi in locali, per offrire la massima flessibilità di configurazione d'esercizio.

La realizzazione dell'impianto presuppone ovviamente una stretta sinergia e cooperazione tra la committenza, gli architetti ed i progettisti degli impianti elettrici e meccanici al fine di poter integrare al meglio i diversi impianti all'interno dell'edificio.

Come sopra descritto, ogni fan coil è collegato attraverso canali flessibili ai rispettivi diffusori lineari posti a soffitto. In particolare i diffusori lineari di mandata e ripresa (vedi ALLEGATO 2) vengono dotati di plenum di alimentazione dell'aria in lamiera di acciaio zincata con rivestimento esterno dello stesso tipo usato per i canali dell'aria primaria. Le bocchette lineari di mandata sono dotate di più feritoie parallele alla facciata finestrata di lunghezza pari al modulo di facciata per garantire la possibilità di poter montare pareti mobili lungo ogni modulo di facciata stesso. I diffusori di ripresa sono simili a quelli di mandata e sono allineati sul filo dell'ipotetico corridoio interno. Il diffusore avrà la parte centrale smontabile per permettere la rimozione del filtro interno previsto a protezione delle batterie del fan coil.

Il flusso d'aria che esce ad alta velocità dal diffusore di mandata segue il profilo del controsoffitto provocando una depressione per cui il getto d'aria aderisce al

controsoffitto e richiama l'aria ambiente che viene rapidamente miscelata con l'aria di mandata. Tale fenomeno è denominato effetto Coanda.

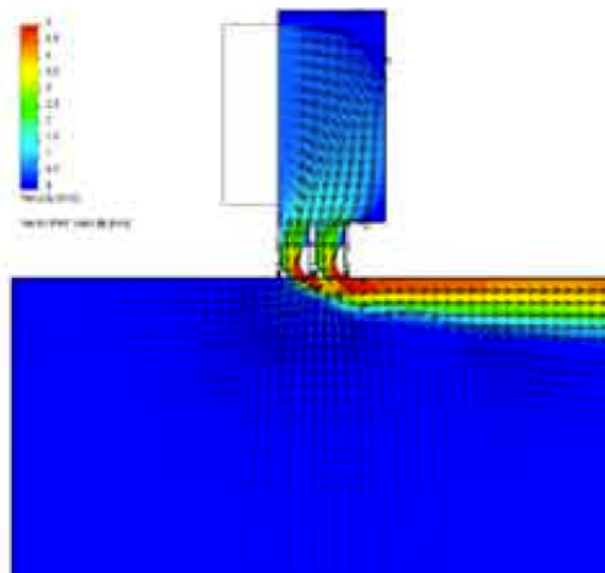


Figura 4.12 Effetto Coanda

Tutto ciò crea un lento movimento verso l'alto dell'intera massa d'aria rendendo costante la temperatura all'interno dell'intero locale. Il tasso di induzione particolarmente alto che caratterizza questi diffusori previene la formazione di ogni corrente fredda garantendo il comfort degli occupanti nel massimo silenzio. Come ben noto, la distribuzione dell'aria è un fattore fondamentale del livello di comfort ed i diffusori scelti hanno caratteristiche costruttive tali da mantenere l'effetto Coanda anche per portate inferiori a quella di progetto. Si precisa però che, per poter garantire tali prestazioni, diviene indispensabile prevedere ai lati del diffusore una porzione piatta di controsoffitto larga almeno 150 mm. Affinchè nella zona occupata si crei una perfetta combinazione di valori di temperatura, umidità e velocità è necessario garantire una buona diffusione dell'aria attraverso la giusta scelta del tipo di diffusore che garantisca il lancio corretto, ossia la distanza percorsa dal flusso dell'aria tra l'asse del diffusore e il punto in cui la sua velocità si è ridotta fino ad una prefissata velocità.

Grazie all'eccellente distribuzione dell'aria e dell'elevato tasso di induzione derivanti dall'effetto Coanda, tali diffusori consentono l'immissione di aria con temperature fino a 10°C inferiori alla temperatura ambiente senza arrecare alcun disturbo agli occupanti.

Gli attacchi ai diffusori sono circolari di diametri normalizzati. Per consentire, in fase di installazione, il facile collegamento dei canali circolari in lamiera al rispettivo plenum, si prevede l'impiego di raccordi in canale flessibile circolare

che permettono di eliminare eventuali difficoltà di collegamento dovute ad asimmetrie dei vari componenti.

4.4.2 Dimensionamento fan coil

Non essendo al momento noto il layout del piano tipo, gli impianti saranno progettati e realizzati in modo tale da consentire l'uso degli spazi sia come "open space" che come uffici chiusi grazie alla possibilità di prevedere pareti divisorie attestate in corrispondenza del passo delle finestre (moduli da 1,5 metri). Come mostrato nelle seguenti figure il modulo ambiente, corrispondente al modulo finestra, presenta le seguenti caratteristiche dimensionali:

- Larghezza 1,5 m
- Profondità 8,65 m
- Superficie 13 m²

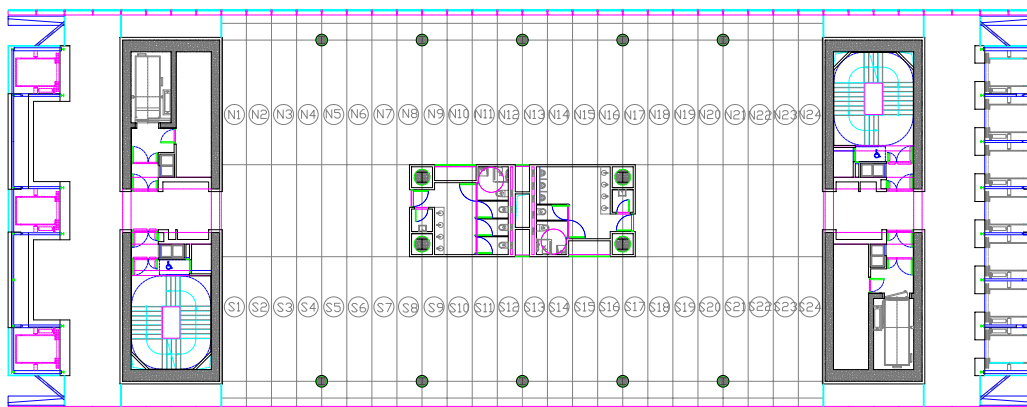


Figura 4.13 Ripartizione piano tipo in moduli per analisi carichi

Il concetto di progettazione modulare che viene sviluppato corrisponde ad attribuire un terminale ogni due moduli finestra. Ciò non significa che le prestazioni massime del terminale vengano verificate sui carichi termici di ambienti costituiti da 2 moduli in quanto la situazione più critica che si può presentare è quella in cui un solo ventilconvettore deve essere in grado di soddisfare un ufficio di 3 moduli ambiente. La strategia di progettazione seguita è atta quindi a soddisfare le esigenze di comfort anche nelle eventualità in cui, a causa delle modifiche del layout, si vadano a creare ambienti chiusi la cui ampiezza sia pari a 3 moduli ed ai quali viene dedicato un solo terminale. Si rende pertanto necessario svolgere un attento studio dei carichi termici estivi al fine di determinare le caratteristiche prestazionali che il terminale deve avere per soddisfare il comfort degli occupanti in tutti i locali dell'edificio. Questo studio è stato svolto simultaneamente al calcolo del carico termico estivo dell'edificio

descritto nel capitolo precedente. L'analisi dei carichi, riportata dettagliatamente nell'ALLEGATO 3, è stata eseguita per il piano tipo dell'edificio il quale è stato suddiviso in locali come evidenziato nella figura seguente.

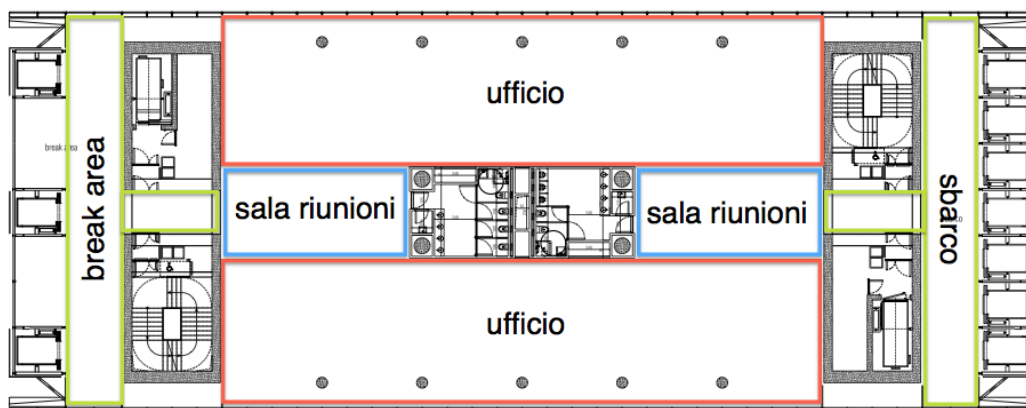


Figura 4.14 Suddivisione piano tipo

Dallo studio dei carichi svolto attraverso l'ausilio del software di calcolo EDILCLIMA e ampiamente documentato nell'ALLEGATO 1, si ricava che il piano col massimo carico risulta essere il 47esimo in quanto confinante col locale tecnico sovrastante (a temperatura non controllata). Il dimensionamento dei fan coil sarà svolto sulla base dei carichi di quest'ultimo in modo da garantire le condizioni di progetto interne in tutti i piani. Inoltre, al fine di ottenere un impianto che permetta la massima flessibilità di utilizzo, in una fase precedente al dimensionamento sono stati analizzati due differenti layout occupazionali per poter determinare la condizione di funzionamento più sfavorita. Nello specifico le due configurazioni esaminate sono:

- “open space” (40+40 persone nei locali uffici)
- Suddivisione in uffici (15+15 persone nei locali uffici)

Come ipotesi di calcolo, tra le due configurazioni il numero di persone previsto varia, ma la portata d'aria primaria immessa sarà sempre pari alla portata necessaria nel caso “open space” e proporzionale al numero di occupanti nella configurazione uffici.

Sulla base di queste considerazioni la configurazione più sfavorita risulta essere quella con la suddivisione di ogni piano in locali uffici in quanto potrebbe verificarsi la situazione in cui un ufficio formato da 3 moduli finestra sia servito da una sola unità fan coil. Considerando inoltre che i fan coil sono posizionati uno ogni 2 moduli finestra e che il layout di piano potrebbe essere variato dai singoli tenant, si è deciso di adottare come criterio di dimensionamento il soddisfacimento dei carichi dell'ufficio rivolto a Sud-Est composto da 3 moduli

finestra, con un numero di occupanti pari a 2 persone, confinante col cavedio con una sola unità fan coil.

Il carico relativo alla tipologia di ufficio appena descritta risulta essere pari a:

$$Q_{SEN} = 3101 \text{ W}$$

Si considera però che, oltre alla potenza del terminale, vi è un contributo sensibile frigorifero dovuto all'aria primaria. Assumendo che per un ufficio di 3 moduli la portata d'aria primaria sia pari a 177 m³/h, e che l'aria primaria immessa abbia una temperatura di 16°C, la potenza sensibile attribuibile a tale portata è pari a:

$$Q_{AP} = 790 \text{ W}$$

Il carico termico sensibili che dovrà essere soddisfatto dal fan coil dovrà quindi essere pari a:

$$pQ_{FC} = 2311 \text{ W}$$

Compatibilmente col carico da soddisfare, dal catalogo Climaveneta è stato scelto il modello a-life 520 di cui si riporta la capacità frigorifera nella seguente tabella:

Tabella 4.9 Capacità frigorifera Fan-Coil a-life 520

LIFE 520	qa m ³ /h	TAI [°C]	UR %	Twi / Twu [°C] - Temperatura acqua ingresso/uscita - Inlet/Outlet water temperature											
				5 / 10		7 / 12		9 / 14		11 / 16		13 / 18		15 / 20	
				Pf kW	Pfs kW	Pf kW	Pfs kW	Pf kW	Pfs kW	Pf kW	Pfs kW	Pf kW	Pfs kW	Pf kW	Pfs kW
Vel. 1 Speed 1	950	21	50	2,87	2,87	2,39	2,39	1,89	1,89	1,34	1,34	0,73	0,73	0,37	0,37
		23	50	3,99	3,43	2,89	2,89	2,41	2,41	1,92	1,92	1,38	1,38	0,74	0,74
		25	50	4,94	3,94	3,83	3,43	2,91	2,91	2,43	2,43	1,94	1,94	1,11	1,11
		27	47	5,60	4,36	4,66	3,95	3,53	3,40	2,92	2,92	2,45	2,45	1,96	1,96
		29	50	7,11	4,82	6,23	4,46	5,14	3,99	3,90	3,27	2,94	2,94	2,46	2,46
Vel. 2 Speed 2	815	21	50	2,58	2,58	2,13	2,13	1,68	1,68	1,01	1,01	0,69	0,69	0,35	0,35
		23	50	3,59	3,14	2,58	2,58	2,15	2,15	1,70	1,70	1,20	1,20	0,69	0,69
		25	50	4,54	3,46	3,46	3,04	2,60	2,60	2,17	2,17	1,73	1,73	1,24	1,24
		27	47	5,16	3,92	4,21	3,51	3,19	3,02	2,61	2,61	2,18	2,18	1,74	1,74
		29	50	6,40	4,28	5,62	3,97	4,65	3,55	3,68	2,95	2,62	2,62	2,20	2,20
Vel. 3 Speed 3	710	21	50	2,33	2,33	1,91	1,91	1,49	1,49	0,94	0,94	0,64	0,64	0,33	0,33
		23	50	3,26	2,81	2,32	2,30	1,93	1,93	1,52	1,52	0,94	0,94	0,65	0,65
		25	50	4,11	3,22	3,15	2,73	2,34	2,34	1,95	1,95	1,55	1,55	0,96	0,96
		27	47	4,77	3,51	3,84	3,15	2,90	2,71	2,35	2,35	1,97	1,97	1,57	1,57
		29	50	5,90	3,89	5,12	3,57	4,23	3,19	3,39	2,72	2,36	2,33	1,98	1,98
Vel. 4 Speed 4	610	21	50	2,07	2,05	1,69	1,69	1,20	1,20	0,87	0,87	0,60	0,60	0,31	0,31
		23	50	2,92	2,48	2,06	2,02	1,71	1,71	1,34	1,34	0,87	0,87	0,60	0,60
		25	50	3,71	2,87	2,83	2,42	2,08	2,07	1,73	1,73	1,37	1,37	0,87	0,87
		27	47	4,27	3,17	3,45	2,79	2,61	2,40	2,09	2,09	1,75	1,75	1,39	1,39
		29	50	5,37	3,48	4,60	3,17	3,81	2,83	3,06	2,51	2,10	2,04	1,76	1,76
Vel. 5 Speed 5	460	21	50	1,63	1,58	1,22	1,22	0,97	0,97	0,75	0,75	0,52	0,52	0,28	0,28
		23	50	2,36	1,96	1,64	1,57	1,34	1,34	0,97	0,97	0,75	0,75	0,52	0,52
		25	50	3,00	2,27	2,30	1,91	1,65	1,62	1,37	1,37	0,97	0,97	0,75	0,75
		27	47	3,50	2,55	2,81	2,22	2,12	1,90	1,67	1,67	1,39	1,39	1,01	1,01
		29	50	4,41	2,82	3,75	2,52	3,11	2,25	2,51	2,00	1,68	1,60	1,40	1,40
Vel. 6 Speed 6	400	21	50	1,35	1,35	1,10	1,10	0,90	0,90	0,69	0,69	0,48	0,48	0,26	0,26
		23	50	2,11	1,74	1,45	1,38	1,10	1,10	0,90	0,90	0,69	0,69	0,48	0,48
		25	50	2,70	2,02	2,06	1,70	1,47	1,42	1,15	1,15	0,90	0,90	0,69	0,69
		27	50	3,14	2,27	2,52	1,97	1,90	1,68	1,48	1,48	1,23	1,23	0,90	0,90
		29	50	3,98	2,52	3,37	2,25	2,80	2,01	2,25	1,78	1,50	1,41	1,24	1,24

Le condizioni al contorno considerate per la scelta del fan coil sono rispettivamente:

- Umidità relativa dell'ambiente: 50%
- Temperatura di bulbo secco dell'aria all'ingresso della batteria: 26°C
- Temperatura ingresso-uscita acqua gelida: 8-13°C
- Velocità del ventilatore: 4

Si precisa inoltre che, nel caso di assenza del sottoraffreddamento dato dall'aria primaria, il fan coil è in grado comunque di soddisfare il carico termico sensibile totale funzionando alla velocità massima. Questo potrebbe portare a situazioni di eccessiva rumorosità, ma trattandosi di condizioni non previste nel normale funzionamento possiamo ritenerlo accettabile in quanto l'aria primaria sottoraffreddata è prevista nelle specifiche di progetto.

La scelta della taglia del fan coil viene effettuata sulla base dei carichi termici estivi in quanto rappresentano la situazione più gravosa. Viene comunque verificato che la potenza erogabile dalla batteria calda, nella rispettiva condizione di funzionamento, è tale da compensare i carichi invernali di uffici a tre moduli.

Si deve inoltre considerare che l'aria proveniente dall'unità di trattamento è ad una temperatura inferiore rispetto a quella dell'ambiente climatizzato. Pertanto si valuta anche che la potenza termica necessaria a riscaldare una portata massima di 255 m³/h di aria primaria da 16°C (uscita UTA) a 20°C è pari a:

$$Q_{AP} = 284 \text{ W}$$

La scheda tecnica seguente mostra come la potenza termica erogabile dalla batteria calda del fan coil sia sufficiente a compensare abbondantemente sia le dispersioni termiche che il post riscaldamento dell'aria primaria.

Tabella 4.10 Capacità riscaldamento Fan-Coil a-life 520

LIFE 520	qa m³/h	TAI [°C]	Twi / Twu [°C] - Temperatura acqua ingresso/uscita - Inlet/Outlet water temperature											
			40 / 35		45 / 40		50 / 45		60 / 50		70 / 60		80 / 70	
			P	KW	P	KW	P	KW	P	KW	P	KW	P	KW
Vel. 1 Speed 1	950	16	4,70	5,84	6,97	8,59	10,87	13,14						
		18	4,24	5,38	6,51	8,12	10,39	12,66						
		20	3,78	4,92	6,04	7,65	9,92	12,18						
		22	3,32	4,46	5,59	7,18	9,45	11,70						
		24	2,87	4,00	5,13	6,72	8,98	11,23						
Vel. 2 Speed 2	815	16	4,20	5,21	6,22	7,67	9,70	11,72						
		18	3,79	4,80	5,81	7,25	9,28	11,29						
		20	3,38	4,39	5,39	6,83	8,86	10,86						
		22	2,97	3,98	4,98	6,42	8,44	10,44						
		24	2,56	3,58	4,58	6,01	8,02	10,02						
Vel. 3 Speed 3	710	16	3,79	4,70	5,60	6,92	8,75	10,58						
		18	3,42	4,33	5,23	6,54	8,36	10,17						
		20	3,05	3,96	4,86	6,17	7,98	9,79						
		22	2,68	3,59	4,49	5,79	7,61	9,41						
		24	2,31	3,22	4,12	5,42	7,23	9,03						
Vel. 4 Speed 4	610	16	3,37	4,18	4,99	6,17	7,79	9,40						
		18	3,05	3,85	4,66	5,83	7,45	9,05						
		20	2,72	3,52	4,32	5,50	7,11	8,71						
		22	2,39	3,20	4,00	5,16	6,77	8,37						
		24	2,06	2,87	3,67	4,83	6,44	8,03						
Vel. 5 Speed 5	460	16	2,71	3,35	3,99	4,95	6,24	7,53						
		18	2,44	3,09	3,73	4,68	5,97	7,25						
		20	2,18	2,82	3,46	4,41	5,70	6,97						
		22	1,92	2,56	3,20	4,15	5,43	6,70						
		24	1,66	2,30	2,94	3,88	5,16	6,43						
Vel. 6 Speed 6	400	16	2,42	3,00	3,57	4,43	5,58	6,73						
		18	2,19	2,78	3,33	4,19	5,34	6,48						
		20	1,95	2,53	3,09	3,95	5,09	6,23						
		22	1,72	2,29	2,86	3,71	4,86	5,99						
		24	1,48	2,06	2,63	3,47	4,62	5,75						

Per quanto riguarda gli altri locali si riportano qui in sintesi i modelli scelti con le rispettive considerazioni. Le tabelle di calcolo dettagliate e le schede tecniche di ciascun modello sono riportate nell'ALLEGATO 3.

- **SALE RIUNIONI:** queste non hanno superfici disperdenti verso l'esterno pertanto i carichi da soddisfare sono notevolmente inferiori a quelli degli uffici perimetrali. Per queste si è scelto di installare 3 unità fan coil ciascuna al fine di mantenere la massima flessibilità di utilizzo in caso di diversa configurazione degli spazi (vedi figura 4.12). Per questi motivi si è scelto un'unità di taglia inferiore e precisamente il modello a-life 220.
- **BREAK AREA NE:** considerando i 1000 W dati dai distributori automatici, le luci, la presenza stabile di 4 persone, l'irraggiamento solare e la trasmissione dal vano ascensori e dall'esterno, il carico totale da soddisfare è pari a 4241 W suddiviso su due fan coil. Il modello scelto per soddisfare tale carico è a-life 520.
- **SBARCO ASCENSORI:** nonostante non ci siano carichi interni, il carico dato dall'irraggiamento solare fa sì che il carico da soddisfare sia tale da richiedere gli stessi fan coil scelti per la break area, ma funzionanti ad una velocità superiore.
- **VANI ASCENSORI:** per determinare il carico necessario a mantenere le condizioni di progetto previste per questi locali ($+5^{\circ}\text{C} < T < +40^{\circ}\text{C}$) ci si basa sulla relazione di ARUP riportata in ALLEGATO 3. Da questa, a seconda dell'esposizione, si scelgono i modelli più idonei: a-life 220 per il vano rivolto a Nord-Est, a-life 520 per quello rivolto a Sud-Ovest.

L'attenzione al risparmio energetico ha portato alla scelta di questi fan coil anche valutando il consumo energetico degli stessi. Infatti se si considera il numero totale dei fan coil installati nell'intero edificio (1748) si capisce che la percentuale di energia spesa sul totale per il loro funzionamento non è affatto indifferente. Per cui si sono scelti ventilconvettori con motore elettrico DC brushless, ovvero a magneti permanenti, ad altissima efficienza energetica, in grado di modulare la portata dell'aria (e, quindi, la potenza termica e frigorifera) in modo continuo tra lo 0% e il 100%. Questo permette di adeguare istante per istante la potenza erogata, alla richiesta da parte dell'ambiente da climatizzare. Il risultato è un risparmio elettrico di ventilazione nella climatizzazione invernale ed estiva pari al 50% rispetto alle tradizionali serie On-Off.

Altri vantaggi rispetto al ventilconvettori tradizionali on-off sono:

- comfort totale: ridotte oscillazioni della temperatura e dell'umidità relativa
- rapida messa a regime degli ambienti climatizzati
- massima silenziosità di funzionamento
- Emissione sonora
- Maggiore affidabilità e durevolezza
- Ingombro limitato
- Svantaggio: costo maggiore

4.5 Dimensionamento rete idronica

Il corpo centrale di un impianto di climatizzazione risiede nella centrale di produzione di energia termica e nella relativa rete idronica, grazie alla quale la stessa energia viene distribuita alle diverse utenze dell'edificio. Dal punto di vista funzionale l'intera rete idronica può essere distinta in circuito primario e circuito secondario. Mentre il circuito primario a portata costante è atto a scambiare direttamente energia coi gruppi termici, il circuito secondario a portata variabile è funzionale alla distribuzione dell'energia a tutti i terminali dell'edificio. I due circuiti si interfacciano attraverso scambiatori di calore al fine di disaccoppiare i due circuiti. In questo modo il circuito primario non sarà soggetto alla pressione idrostatica derivante dalla grande altezza dell'edificio, e quindi del circuito secondario.

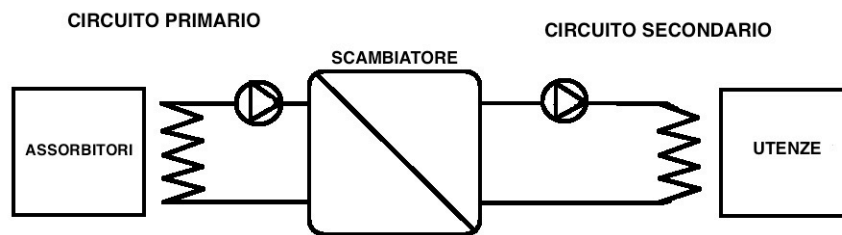


Figura 4.15 Circuito Primario e Secondario

Partendo quindi dal dimensionamento del circuito secondario si proseguirà con il dimensionamento della centrale termica e del relativo circuito primario.

4.5.1 Circuito secondario

Il dimensionamento del circuito secondario ha come obiettivo la corretta distribuzione dell'energia termica e frigorifera prodotta a tutte le utenze dell'edificio in quantità tale da mantenere all'interno dello stesso le condizioni di comfort assunte in fase di progettazione. Avendo la necessità di progettare questo edificio con l'obiettivo di renderlo il più flessibile possibile, le portate di progetto che interessano le varie diramazioni saranno determinate sulla base della massima tenza installata ricavata a sua volta dal calcolo dei carichi termici invernali e dal carico estivo. Come già descritto, l'intera rete idronica può essere distinta in circuiti primari e in circuiti secondari.

A valle degli scambiatori di calore vi sono i rispettivi circuiti secondari, caldi e freddi, completi delle rispettive pompe. È fondamentale precisare che i circuiti secondari relativi all'alimentazione dei fan-coil e delle batterie delle UTA avranno la portata d'acqua variabile in funzione del carico termico effettivamente necessario. Le pompe a portata variabile del circuito secondario saranno dotate di inverter che provvederà a variare proporzionalmente il numero di giri della pompa in relazione al segnale proveniente dal punto più sfavorito del rispettivo circuito.

Essendo un circuito centralizzato, all'interno dei cavedi saranno installate le colonne montanti dalle quali, ad ogni piano, si derivano i circuiti caldo e freddo grazie ai quali si alimenteranno i vari fan-coil a 4 tubi. Partendo appunto dalle portate massime necessarie ad ogni piano, si andranno quindi a dimensionare i tratti del circuito secondario più sfavorito, ovvero quello relativo ai piani alti della torre (37-47), gli stessi considerati per il dimensionamento dell'aria primaria. Si calcoleranno infine le perdite di carico del tratto così considerato in modo da poter definire le caratteristiche di portata e prevalenza delle elettropompe.

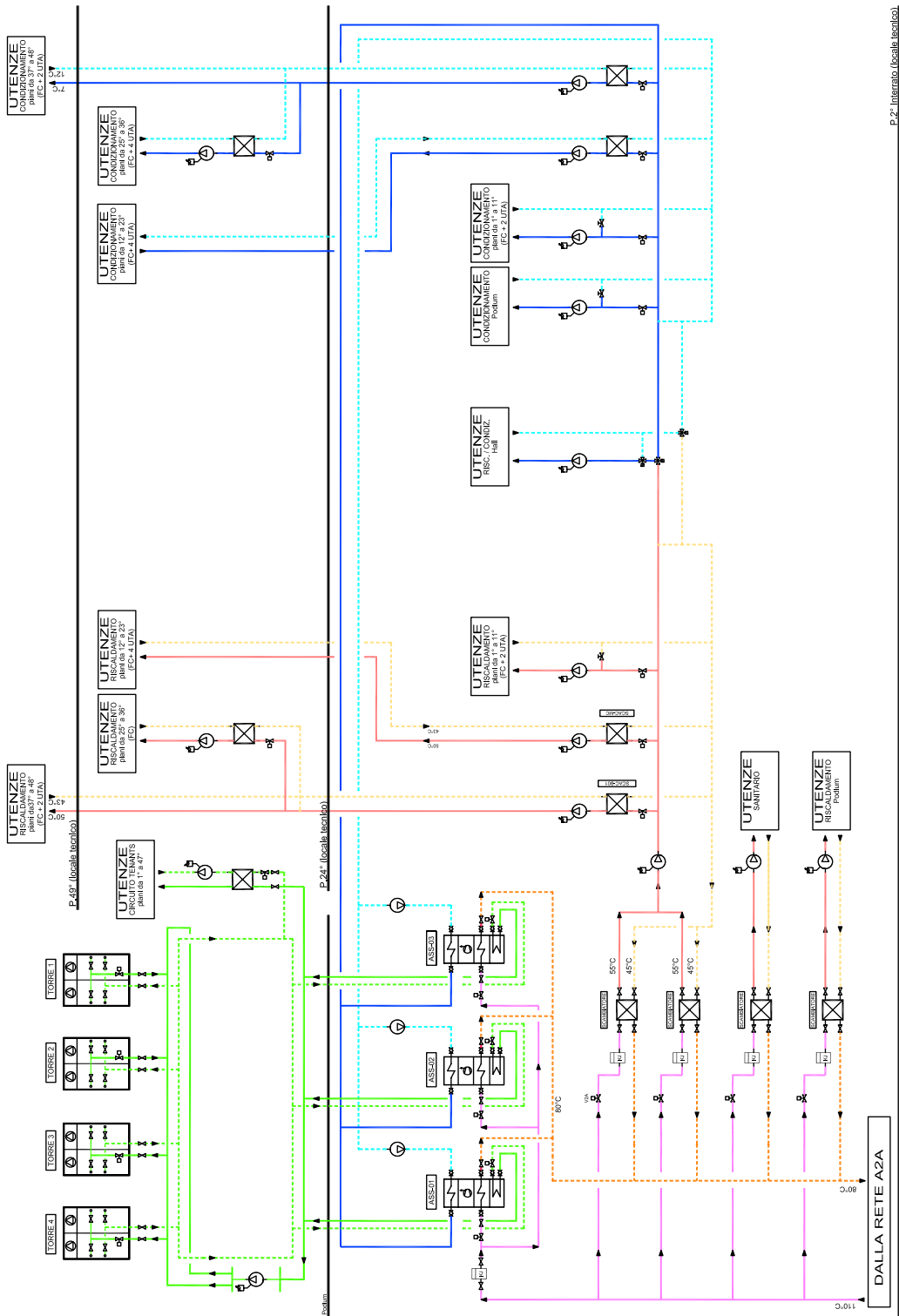


Figura 4.16 Schema circuito idronico

4.5.2 Dimensionamento circuito idronico di piano

Come accennato in precedenza, in corrispondenza di ogni piano, dalle colonne montanti vengono ricavate le relative derivazioni di acqua calda e refrigerata.

Ciascuna di queste, una volta attraversato il muro del cavedio si collegherà al circuito di piano. Questo corre nel controsoffitto e, vista la configurazione del piano, ha una circuitazione “ad anello” per massimizzare la flessibilità di distribuzione anche in caso di interruzione o manutenzione di un tratto di rete. Ogni circuito di piano sarà dotato di organi di intercettazione, valvola di taratura e contatore di energia termica. In particolare, dotando ciascuna sottorete di relativo contatore di energia, sarà possibile contabilizzare con precisione i consumi di ciascun piano. Misurare l’energia consumata e averne cognizione può costituire un incentivo al risparmio ma soprattutto, avendo un impianto centralizzato a servizio di una moltitudine di utenze con caratteristiche diverse l’una dall’altra, è possibile ripartire correttamente tutti i diversi consumi.

Complessivamente la rete di piano sarà chiamata ad alimentare un totale di 38 fan-coil ognuno dei quali, essendo a 4 tubi, viene collegato dal lato acqua mediante tubazioni flessibili delle rispettive dimensioni:

- A-life 520: freddo -> DN 20, caldo -> DN 15
- A-life 220: freddo -> DN 15, caldo -> DN 10

Su tali collegamenti vengono installate valvole a due vie modulanti grazie alle quali verrà modificata la potenza erogata regolando la portata di fluido che passa attraverso i terminali.

Il circuito viene dimensionato considerando le valvole a due vie aperte ma si devono comunque analizzare gli squilibri connessi al chiudersi delle valvole e definire le soluzioni atte ad evitare che tale chiusura provochi, lungo il circuito, pressioni differenziali troppo elevate e di conseguenza:

- Rumori
- Fenomeni di erosione
- Funzionamento fuori curva delle elettropompe

I vari tratti della rete devono essere dimensionati a partire dalla stima dei carichi, estivi ed invernali, che dovranno essere compensati dai vari fan-coil. Per ogni piano viene calcolato il massimo carico termico estivo ed invernale al fine di poter ricavare i valori minimi di portate sulle quali dimensionare le tubazioni.

L'analisi dettagliata dei carichi porta ad ottenere i risultati finali sotto riportati:

Tabella 4.11 Circuito Acqua Fredda

ACQUA REFRIGERATA		
TRATTO	PORTATA l/h	DN mm
STACCO PIANO	12094	65
ANELLO	-	50
RAMO SALE RIUNIONI	683	20
RAMO ASCENSORI SO	2159	32
RAMO ASCENSORI NE	1284	25

Si precisa che per il calcolo della portata si considera una temperatura di alimentazione della rete pari a 7°C, ed un salto termico di 5°C. Inoltre nel calcolo del carico termico estivo si è deciso di non considerare il carico termico dovuto al sottoraffreddamento dell'aria primaria.

Per quanto riguarda il dimensionamento del circuito caldo (utilizzando acqua 50°C-43°C) si paragonano le portate necessarie a soddisfare il carico invernale e la portata minima richiesta dalla batteria del fan-coil per un corretto funzionamento scegliendo la maggiore delle due (vedi ALLEGATO 3). Di seguito la tabella riassuntiva:

Tabella 4.12 Circuito Acqua Calda

ACQUA CALDA		
TRATTO	PORTATA l/h	DN mm
STACCO PIANO	10044	50
ANELLO	-	50
RAMO SALE RIUNIONI	300	15
RAMO ASCENSORI SO	1296	25
RAMO ASCENSORI NE	948	20

Premesso che le tubazioni utilizzate saranno in acciaio nero, il diametro di ciascun tratto della rete viene qui determinato a partire dal valore della portata massima circolante. Per il dimensionamento si è utilizzato il criterio delle perdite di carico costanti e si è scelto di fissarle pari a 20 mmca/m lineare di tubo.

4.5.3 Dimensionamento colonne montanti

Analogamente a quanto descritto in precedenza, si dimensionano anche le colonne montanti del circuito secondario. Per determinare le portate necessarie a soddisfare i carichi termici si è definito il massimo carico contemporaneo del piano tipo della torre.

Tabella 4.13 Circuito Montanti Acqua Fredda e Calda

PIANO	CARICO W	PORTATA l/h	CUMULATA l/h	LUNGHEZZE m	DN mm
24	843732	145124	394699	115	250
37	70311	12094	249576	59	200
38	70311	12094	237482	3,9	200
39	70311	12094	225389	3,9	200
40	70311	12094	213295	3,9	200
41	70311	12094	201201	3,9	200
42	70311	12094	189108	3,9	200
43	70311	12094	177014	3,9	200
44	70311	12094	164921	3,9	200
45	70311	12094	152827	3,9	150
46	70311	12094	140733	3,9	150
47	70311	12094	128640	3,9	150
uta2	-	58273	116546	20,15	150
uta1	-	58273	58273	23	100

PIANO	CARICO W	PORTATA l/h	CUMULATA l/h	LUNGHEZZE m	DN mm
24	441297	120528	302124	115	200
37	36775	10044	181596	59	200
38	36775	10044	171552	3,9	200
39	36775	10044	161508	3,9	150
40	36775	10044	151464	3,9	150
41	36775	10044	141420	3,9	150
42	36775	10044	131376	3,9	150
43	36775	10044	121332	3,9	150
44	36775	10044	111288	3,9	150
45	36775	10044	101244	3,9	150
46	36775	10044	91200	3,9	125
47	36775	10044	81156	3,9	125
uta2	-	35556	71112	20,15	125
uta1	-	35556	35556	23	100

Come si vede dalla tabella la portata massima a piano è di 12094 l/h per il circuito freddo e 10044 l/h per quello caldo, mentre la portata totale a servizio dei 12 piani “alti” è di 249576 l/h in freddo e 181596 l/h in caldo.

Per il dimensionamento del primo tratto della colonna montante si deve considerare che questo alimenta anche il circuito dei piani 25-36 e quindi avrà una portata circa doppia. Più precisamente il tratto “basso” parte dal secondo piano interrato + 113 m (locale tecnico dove sono collocate le pompe di rilancio) e giunge al locale tecnico 24esimo dove si dirama; una parte della portata va ad alimentare lo scambiatore del circuito 25-36 e la restante portata sale alimentando direttamente i singoli distacchi di piano dal 36° al 47°.

Come già descritto, durante il dimensionamento della rete, la determinazione del diametro delle tubazioni deve tener conto di aspetti non trascurabili quali:

- Velocità del fluido all'interno delle tubazioni
- Perdita di carico lineare delle tubazioni

Infatti, all'interno dei tubi che convogliano acqua per il riscaldamento o per il condizionamento, il valore ottimale della velocità dipende essenzialmente da quattro fattori: l'entità delle perdite di carico, la rumorosità, la corrosione e il trascinamento dell'aria. Vengono pertanto rispettati i range di velocità consigliate per le reti di acqua calda e refrigerata.

Tabella 4.14 Velocità Consigliate all'interno delle tubazioni principali

	tubazioni principali
tubi in acciaio	1,5 ÷ 2,5
tubi in rame	0,9 ÷ 1,2
tubi in mat. plastico	1,5 ÷ 2,5

I diametri delle tubazioni vengono assegnati mantenendo un valore di perdita di carico non superiore a 20 mmca per ogni metro. Di seguito si riporta lo schema altimetrico all'interno del quale sono indicate tutte le dimensioni dei tubi.

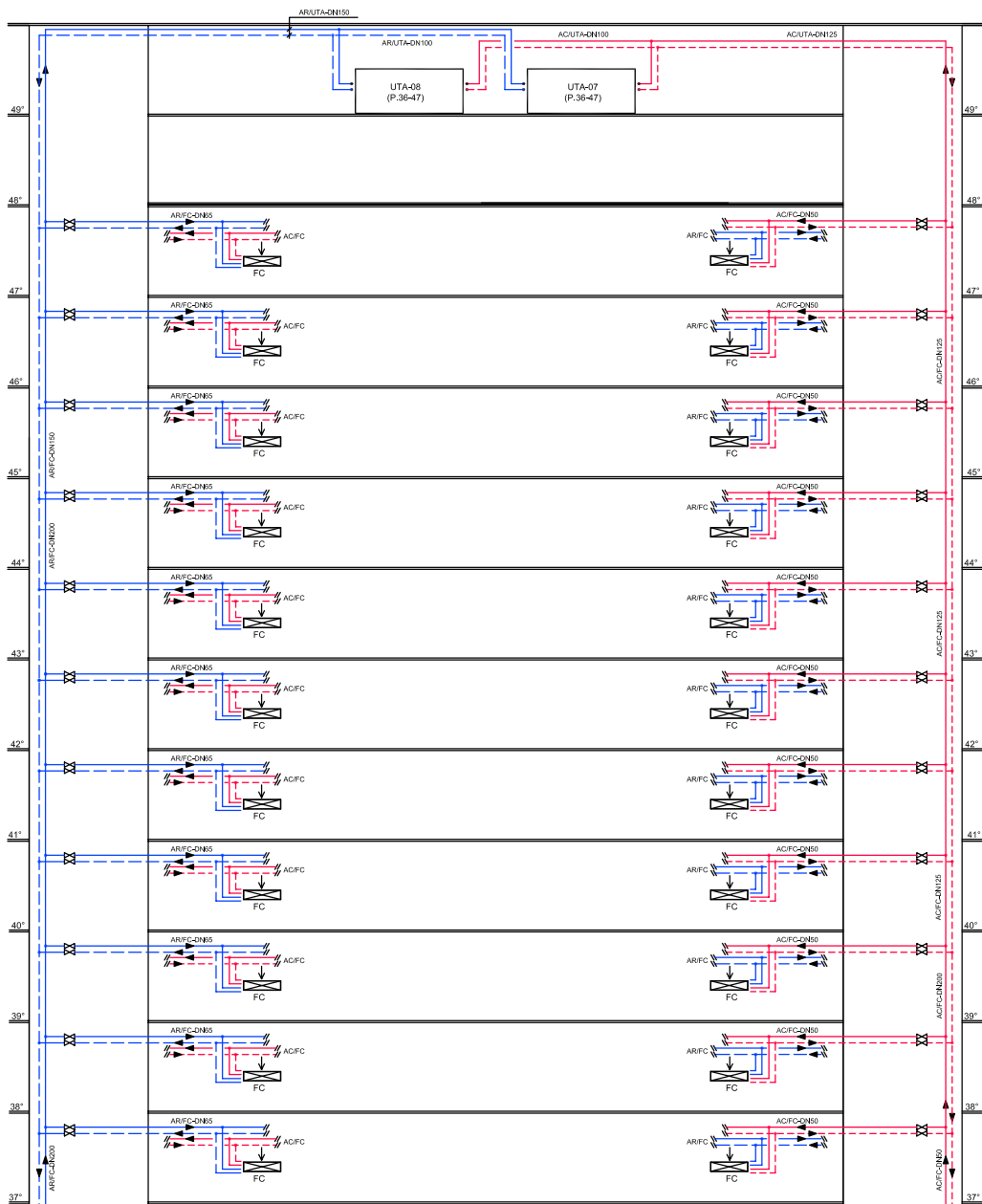


Figura 4.18 Altimetrico Circuito Idronico

Trattando un circuito di grande altezza, il carico idrostatico gravante sul tratto iniziale più basso del circuito stesso è molto elevato, quindi la tubazione dovrà sopportare pressioni molto elevate. Si è scelto quindi di utilizzare tubi in acciaio nero PN40 anche considerando che la pressione di collaudo del circuito è da norma posta a 1,5 volte la pressione nominale di utilizzo.

All'interno del circuito secondario la portata variabile sarà conseguita variando la velocità di rotazione delle pompe in funzione della richiesta termica delle utenze rilevabile dalla differenza di pressione tra mandata e ritorno, misurata alla base delle colonne montanti. Al fine di permettere una minima circolazione di acqua nel circuito, anche se la richiesta termica è nulla, le colonne montanti di andata e ritorno alla base sono collegate da un by-pass munito di valvola di regolazione automatica del tipo autoflow. Le valvole autoflow sono dispositivi in grado di mantenere automaticamente costante la portata di fluido che passa attraverso le derivazioni su cui sono installate. L'elemento regolatore di questi stabilizzatori di portata è un pistone mobile che ha come sezione di passaggio un foro di testa e aperture laterali a geometria variabile. Tale regolatore, mosso dalla spinta del fluido e dalla contropinta di una molla a spirale, deve assicurare automaticamente portate pressoché costanti entro un ampio campo di pressioni differenziali.

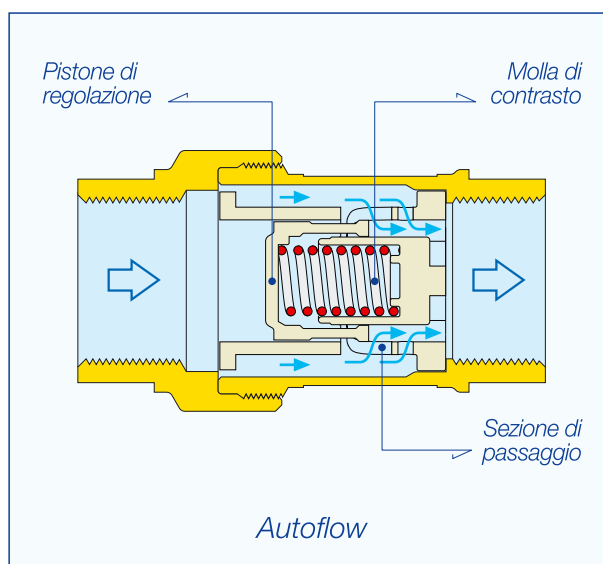


Figura 4.19 Valvola Autoflow

Ciascuna tubazione montante di andata e ritorno sarà dotata di intercettazione per lo scarico della singola colonna. Si precisa inoltre che in corrispondenza dei punti caldi dei circuiti saranno installate valvole di sfiato e separatori di gas.

4.5.4 Calcolo delle perdite di carico

Una volta dimensionata l'intera rete si devono computare tutte le perdite di carico che i fluidi in moto attraverso i condotti subiscono a causa delle resistenze continue e localizzate. Si sottolinea però che il valore totale delle

perdite di carico non è un valore certo in quanto risulta influenzato dall'indeterminazione di alcuni parametri quali:

- Il diametro delle tubazioni può variare per le tolleranze di produzione, per il formarsi di incrostazioni o per il deposito di calcare
- La rugosità è un fattore difficile da determinare e varia sensibilmente nel tempo
- La messa in opera delle tubazioni può essere realizzata con giunzioni mal saldate (sbavature interne), oppure con curve troppo strette e schiacciate.
- Lo sviluppo delle rete di distribuzione può avvenire con varianti in corso d'opera dovute ad interferenze con altri impianti o ad altri ostacoli non previsti in sede di progetto.

Come già affrontato nella sezione dedicata al dimensionamento del circuito aeraulico, le perdite di carico totali di un circuito sono la somma delle perdite distribuite e delle perite concentrate.

Le perdite continue sono le perdite di carico che un fluido, in moto attraverso un condotto, subisce a causa degli attriti interni al fluido stesso e degli attriti dovuti alla rugosità del condotto. A livello progettuale risulta conveniente esprimere il loro valore facendo riferimento ad una lunghezza unitaria di condotto. La perdita di carico unitaria viene quindi calcolata mediante la seguente relazione:

$$r = f * \frac{1}{D} * \rho * \frac{v^2}{2}$$

dove:

r: perdita di carico unitaria [Pa/m]

f: fattore di attrito

D: diametro interno della tubazione [m]

ρ : massa volumica del fluido [kg/m³]

v: velocità media del fluido [m/s]

L'unico parametro da determinare è il fattore di attrito il quale dipende da:

- Dimensioni e rugosità del condotto
- Moto del fluido all'interno del condotto

In determinati campi d'interesse specifico vengono applicate relazioni matematiche che permettono di determinare il fattore di attrito con una certa precisione. A livello di progettazione termotecnica però tali calcoli vengono risparmiati in quanto si utilizzano tabelle nelle quali vengono riassunti i

parametri fondamentali delle tubazioni e del regime di moto al fine di determinare, sempre attraverso le stesse tabelle la perdita di carico lineare della tubazione in oggetto.

Relativamente alle perdite localizzate, queste sono le perdite di carico che un fluido in moto attraverso un condotto subisce a causa delle resistenze accidentali e delle irregolarità di percorso (variazioni di sezione, curve, valvole, organi di regolazione, batterie, ecc). sono diversi i metodi di calcolo per determinare tali perdite e precisamente sono:

- Metodo diretto
- Metodo delle portate nominali
- Metodo delle lunghezze equivalenti

Attraverso il metodo diretto le perdite di carico localizzate vengono stimate mediante la seguente relazione:

$$\Delta P = \xi * \rho * \frac{v^2}{2}$$

dove:

ΔP : perdita di carico localizzata [Pa]

ξ : coefficiente di perdita localizzata

ρ : massa volumica del fluido [kg/m³]

v : velocità media del fluido [m/s]

Il coefficiente ξ risulta dipendere soprattutto dalla forma della resistenza localizzata ed è con buona approssimazione indipendente da altri fattori quali il peso specifico, la viscosità e la velocità del fluido. Questo metodo è stato impiegato per il calcolo delle perdite di carico localizzate relative ai cambiamenti di direzione ed i coefficienti di perdita sono stati dedotti dalle seguenti tabelle CALEFFI:

Diametro interno tubi in acciaio inox, rame e materiale plastico		8 - 16 mm	18 - 28 mm	30 - 54 mm	> 54 mm
Diametro tubi in acciaio		3/8" - 1/2"	3/4" - 1"	1 1/4" - 2"	> 2"
Tipo di resistenza localizzata	Simbolo				
Curva stretta a 90° <i>r/d = 1,5</i>		2,0	1,5	1,0	0,8
Curva normale a 90° <i>r/d = 2,5</i>		1,5	1,0	0,5	0,4
Curva larga a 90° <i>r/d > 3,5</i>		1,0	0,5	0,3	0,3
Curva stretta a U <i>r/d = 1,5</i>		2,5	2,0	1,5	1,0
Curva normale a U <i>r/d = 2,5</i>		2,0	1,5	0,8	0,5
Curva larga a U <i>r/d > 3,5</i>		1,5	0,8	0,4	0,4
Allargamento		1,0			
Restringimento		0,5			
Diramazione semplice con T a squadra		1,0			
Confluenza semplice con T a squadra		1,0			
Diramazione doppia con T a squadra		3,0			
Confluenza doppia con T a squadra		3,0			
Diramazione semplice con angolo inclinato (45° - 60°)		0,5			
Confluenza semplice con angolo inclinato (45° - 60°)		0,5			
Diramazione con curve d'invito		2,0			
Confluenza con curve d'invito		2,0			

Diametro interno tubi in acciaio inox, rame e materiale plastico		8 - 16 mm	18 - 28 mm	30 - 54 mm	> 54 mm
Diametro esterno tubi in acciaio		3/8" - 1/2"	3/4" - 1"	1 1/4" - 2"	> 2"
Tipo di resistenza localizzata	Simbolo				
Valvola di intercettazione diritta		10,0	8,0	7,0	6,0
Valvola di intercettazione inclinata		5,0	4,0	3,0	3,0
Saracinesca a passaggio ridotto		1,2	1,0	0,8	0,6
Saracinesca a passaggio totale		0,2	0,2	0,1	0,1
Valvola a sfera a passaggio ridotto		1,6	1,0	0,8	0,6
Valvola a sfera a passaggio totale		0,2	0,2	0,1	0,1
Valvola a farfalla		3,5	2,0	1,5	1,0
Valvola a ritegno		3,0	2,0	1,0	1,0
Valvola per corpo scaldante tipo diritto		8,5	7,0	6,0	—
Valvola per corpo scaldante tipo a squadra		4,0	4,0	3,0	—
Detentore diritto		1,5	1,5	1,0	—
Detentore a squadra		1,0	1,0	0,5	—
Valvola a quattro vie		6,0		4,0	
Valvola a tre vie		10,0		8,0	
Passaggio attraverso radiatore		3,0			
Passaggio attraverso caldaia a terra		3,0			

Figura 4.20 Coefficienti Perdita Carico Localizzato

Nel calcolo della perdita totale del circuito secondario abbiamo anche considerato la componentistica del fan-coil. Il grafico sotto riportato, nota la portata massima del fluido, permette di determinare le perdite di carico attraverso le batterie di scambio e le valvola a 2 vie modulanti.

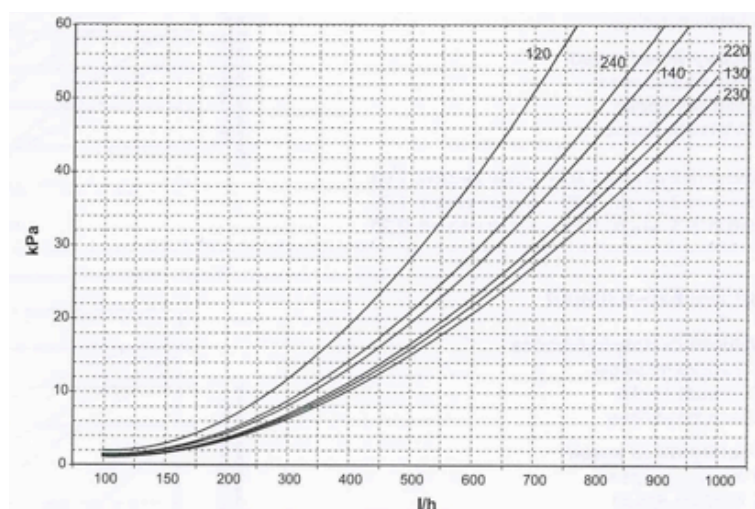


Figura 4.21 Perdite carico batteria Fan-Coil

Una volta calcolata la perdita di carico del circuito di ogni singolo piano si è poi valutata la perdita totale del circuito più sfavorito per determinare le prevalenze delle pompe. Il valore ottenuto è stato poi moltiplicato per un coefficiente di sicurezza che tiene conto di eventuali imprecisioni nella valutazione delle accidentalità e del percorso delle tubazioni. I particolari del calcolo sono riportati nell'ALLEGATO 3. Di seguito vengono evidenziate le caratteristiche di portata e prevalenza dei circuiti acqua calda e refrigerata:

4.6 Centrale termica

Gli impianti di climatizzazione sono completati dagli impianti per la produzione dell'energia occorrente: centrali termiche, centrali frigorifere e relativi componenti ausiliari. La tipologia di centrale, una volta determinate le potenzialità necessarie viene scelta e definita sulla base di diverse considerazioni economiche, di disponibilità delle fonti energetiche, delle esigenze di protezione dell'ambiente, degli spazi disponibili ecc. si possono quindi prendere in considerazione differenti soluzioni che vanno dalle semplici centrali termo frigorifere agli impianti di recupero di calore, agli accumuli di freddo e agli impianti di cogenerazione.

Attualmente è evidente il problema energetico mondiale, e pertanto si deve accettare che non è più sufficiente garantire le condizioni di benessere dell'ambiente occupato svincolato dalle condizioni dell'ambiente esterno.

È evidente ormai a tutti che nell'atto di refrigerare un edificio per migliorarne la qualità dell'aria ambiente interna si stanno indirettamente riversando elementi inquinanti che alterano in modo negativo l'ambiente esterno. Pertanto si ritiene opportuno ricercare ed adottare soluzioni di processo ed impiantistiche che minimizzino le emissioni nocive in ambiente al fine di ottenere un'ottimizzazione del comfort ambientale complessivo.

La progettazione è quindi orientata all'ottimizzazione del comfort interno minimizzando le emissioni nocive per l'ambiente naturale in linea con le vigenti norme in materia di risparmio energetico.

4.6.1 Impianto produzione fluidi tecnologici

La produzione dell'acqua calda e di quella refrigerata necessarie alla climatizzazione dei locali appartenenti ai piani alti della torre avviene utilizzando come sorgente di calore la rete di teleriscaldamento.

La produzione di acqua refrigerata verrà effettuata con un gruppo termofrigorifero ad assorbimento utilizzando l'acqua surriscaldata proveniente dalla rete di teleriscaldamento ad una temperatura di 110°C, ritorno 80°C posto in centrale termofrigorifera al secondo piano interrato.

L'acqua calda verrà prodotta utilizzando il calore proveniente dalla rete di teleriscaldamento attraverso l'installazione di uno scambiatore dedicato fornito dall'azienda servizi A2A. L'acqua di riscaldamento prodotta verrà inviata al circuito primario di distribuzione per servire i circuiti secondari.

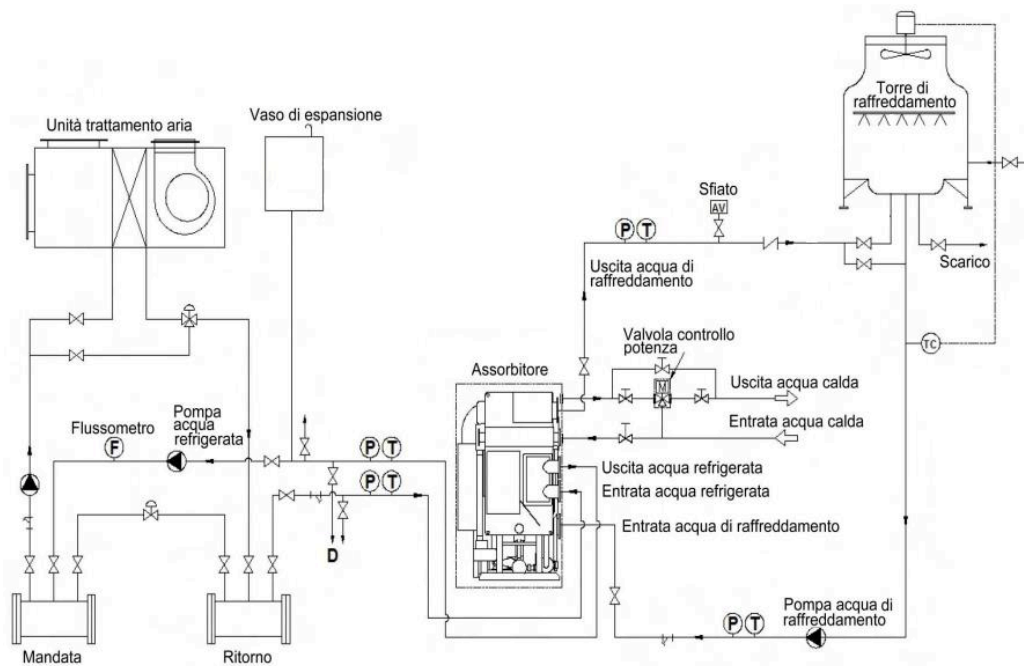


Figura 4.22 Schema esemplificativo rete idronica

4.6.2 Scambiatori di calore

Come accennato precedentemente, lo scambiatore primario per la produzione di acqua calda dalla rete di teleriscaldamento è dimensionato direttamente da A2A. Quindi gli scambiatori di nostro interesse sono solamente quelli che uniscono il circuito primario al secondario, sia lato acqua calda che lato acqua fredda, ed hanno il compito di limitare il carico idrostatico sull'assorbitore. Di seguito sono riportate le tabelle con le loro principali caratteristiche.

Tabella 4.15 Caratteristiche scambiatori calore Acqua Fredda e Acqua Calda

SPECIFICHE SCAMBIATORE DI CALORE			
CIRCUITO		SECONDARIO	PRIMARIO
FLUIDO		ACQUA	ACQUA
PORTATA FLUIDO	kg/s	110	110
TEMPERATURA IN	°C	12	6
TEMPERATURA OUT	°C	7	11
PROPRIETA FISICHE			
VISCOSITA DINAMICA	cP	1,273	1,306
DENSITA	kg/m ³	1000,27	1000,53
CAPACITA TERMICA	kJ/kgK	4,201	4,203
CONDUTTIVITA TERMICA	W/mK	0,617	0,617
CARATTERISTICHE SCAMBIATORE			
POTENZA	kW		2300
AREA SCAMBIO NETTA	m ²		382
DT FLUIDI	K		1/1
COEFF SCAMBIO TERMICO	W/m ² K		6058,75/6085,05
FATTORE INCROSTAZIONE	m ² K/W		0,0000071
SOVRADIMENSIONAMENTO	%		0,43
PERDITA CARICO	mWs	4,979	4,992
NUMERO PASSAGGI	-	1	1
DATI COSTRUTTIVI			
PESO	kg		5010
VOLUME	dm ³		455
PRESSIONE ESERCIZIO	bar		40
TEMPERATURA MAX	°C		80
MATERIALE			acciaio
CONNESSIONI			DN 250

SPECIFICHE SCAMBIATORE DI CALORE			
CIRCUITO		SECONDARIO	PRIMARIO
FLUIDO		ACQUA	ACQUA
PORTATA FLUIDO	kg/s	82,8	58
TEMPERATURA IN	°C	43	55
TEMPERATURA OUT	°C	50	45
PROPRIETA FISICHE			
VISCOSITA DINAMICA	cP	0,583	0,549
DENSITA	kg/m ³	987,6	986
CAPACITA TERMICA	kJ/kgK	4,174	4,173
CONDUTTIVITA TERMICA	W/mK	0,638	0,64
CARATTERISTICHE SCAMBIATORE			
POTENZA	kW		2420
AREA SCAMBIO NETTA	m ²		140
DT FLUIDI	K		3,27/3,27
COEFF SCAMBIO TERMICO	W/m ² K		6277,84/6307,35
FATTORE INCROSTAZIONE	m ² K/W		0,0000007
SOVRADIMENSIONAMENTO	%		0,47
PERDITA CARICO	kPa	25,326	48,641
NUMERO PASSAGGI	-	1	1
DATI COSTRUTTIVI			
PESO	kg		2500
VOLUME	dm ³		170
PRESSIONE ESERCIZIO	bar		40
TEMPERATURA MAX	°C		110
MATERIALE			acciaio
CONNESSIONI			DN 200

4.6.3 Assorbitore

Al fine di perseguire la riduzione dei consumi energetici e la diversificazione delle fonti energetiche, per la produzione del freddo si è deciso di utilizzare delle macchine ad assorbimento a bromuro di litio al posto delle usuali macchine a compressione di vapore.

L'assorbitore è dotato di proprie pompe di circolazione sia sul lato evaporante che su quello condensante. L'acqua refrigerata prodotta sarà poi inviata al circuito primario di distribuzione. L'assorbitore sarà raffreddato attraverso un circuito chiuso collegato ad un raffreddatore evaporante posto sulla copertura del podium della torre.

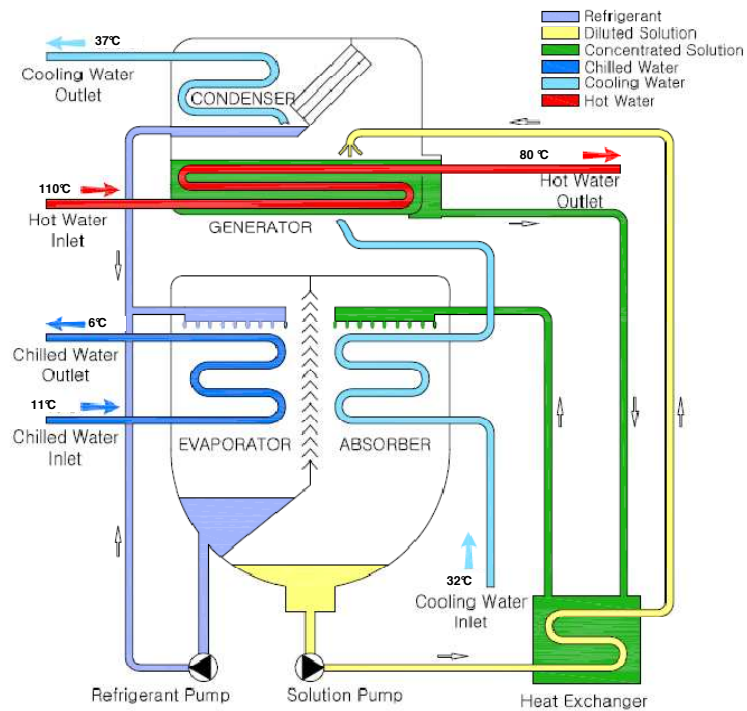


Figura 4.23 Schema macchina ad assorbimento

Nel caso specifico, la sorgente calda è la rete di teleriscaldamento, mentre quella fredda è rappresentata da due torri evaporative (vedi capitolo 4.7.4). Di seguito si riportano i dati di targa della macchina scelta.

Tabella 4.16 Scheda Tecnica Assorbitore Calore

- ASSORBITORE -	
Tipologia Macchina: ASSORBITORE	Installazione: Interno Protezione intemperie Batterie Condensanti Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
Funzionamento: <i>semplice effetto ad acqua surriscaldata</i>	Note: • Specifica di riferimento M160C • Schema funzionale di riferimento: Tca-00-E-IM-SCH-004-A

Fluido assorbente: Bromuro di litio	Fluido refrigerante: Acqua	Potere di interruzione	25 kA

Funzionamento in Refrigerazione

EVAPORATORE	Potenza Frigorifera	2300 kW	CONDENSATORE	T Acqua di Torre. In/out	33°- 38°C
	COP	0,7		Portata Acqua:	964 m ³ /h
	T Acqua Refr. In/out	11°- 6°C		Numero passi Assorbente	2
	Portata Acqua:	395 m ³ /h		Numero passi Condensatore	1
	Numero di passi	2		Perdita di Carico Acqua	105 KPa
	Perdita di Carico Acqua	34 KPa			

TELERISCALDAMENTO	T Acqua Teleriscaldamento. In/out	110°- 80°C	DIMENSIONI	Assorbimento elettrico	5,8 kW
	Portata Acqua:	95 ton/h		Lunghezza	6100 mm
	Numero passi	3		Larghezza	2300 mm
	Numero passi Condensatore	1		Altezza	3600 mm
	Perdita di Carico Acqua	46 KPa		Peso durante il funzionamento	26,1 ton

Note:

-Rumorosità: SPL= 75 dB(A) a 1m di distanza

4.6.4 Torre evaporativa

La torre evaporativa è un componente che sfrutta l'energia latente di evaporazione per smaltire il calore in eccesso. In altri termini questa ha il grandissimo vantaggio di permettere la dispersione del calore con efficienze maggiori anche in estate in quanto non sono vincolate alla temperatura di bulbo secco esterna bensì a quella di bulbo umido. Questo diventa importante quanto più le potenze da smaltire diventano importanti in quanto usare scambiatori ad aria sarebbe impensabile date le dimensioni che necessiterebbero.

Nel caso in questione la torre evaporativa, posta sulla copertura del podium, è di tipo a circuito chiuso ed è usata per smaltire il calore asportato dal condensatore e dall'assorbitore del ciclo ad assorbimento.

Di seguito si riportano i dati di targa della macchina (costituita da due moduli).

Tabella 4.17 Scheda tecnica Torre Evaporativa

CTI Certified performance

Resa (kW) Cad.	: 2.923
Resa (Kw) Totale	: 5846
Fluido	: Acqua
Portata (l/s) cad	: 139,20
Portata (l/s) Totale	: 278,4
Temperatura Fluido Ingresso(°C)	: 36,00
Temperatura Fluido Uscita (°C)	: 31,00
Bulbo Umido (°C)	: 25,00

Dati tecnici per cad. unità:

# Motori Vent (kW):	(2)	22,00
# Motori Pompa (kW):	(2)	4,00
Portata aria (m ³ /s):		86,2
Portata acqua di spruzzamento (l/s):		114
Perdita di carico nel Coil (kPa):		65,5
Acqua Evaporata (l/min):		60,4
Spurgo Raccomandato (l/min):		60,4
Peso in Funzionamento (kg):		36.197
Peso Spedizione (kg):		23.896

4.6.5 Pompe di circolazione

Le elettropompe sono macchine che utilizzano l'energia meccanica fornita da un motore elettrico per sollevare un liquido oppure per farlo circolare in una tubazione. In base al tipo di costruzione ed al modo in cui trasmettono energia al fluido le elettropompe possono essere: volumetriche, centrifughe, ad elica o rotative. Negli impianti idro-termosanitari si usano in pratica solo elettropompe centrifughe. Le elettropompe scelte sono orizzontali, dotate di inverter, regolatore elettronico e sonda di pressione differenziale in modo da adattarsi alle richieste dell'impianto a portata variabile come nel caso in oggetto. Tali pompe saranno comandate da un quadro elettrico che provvederà a variare proporzionalmente il numero di giri della pompa in relazione al segnale di pressione proveniente dal punto più sfavorito del rispettivo circuito. Per il circuito secondario a servizio dei piani alti della torre si è scelta una

configurazione di due pompe in parallelo al fine di ottenere una maggiore affidabilità e manutenibilità del sistema. Ognuna di esse è dimensionata per il 100% della portata e della prevalenza. Tale scelta permette il funzionamento dell'impianto anche in caso di guasto di una delle due.

La scelta di ciascuna pompa viene fatta confrontando la sua curva caratteristica con il punto di funzionamento teorico dell'impianto affinché si individui una pompa con caratteristiche atte a soddisfare le richieste del circuito. Al fine di poter dimensionare le elettropompe sulle necessità degli impianti progettati si devono determinare le grandezze fondamentali del circuito:

- La portata massima del circuito
- La perdita di carico del ramo più sfavorito

Inoltre, una volta determinato il punto di lavoro, al fine di scegliere correttamente l'elettropompa più adatta, si deve verificare che tale punto risulti:

- Vicino al punto di funzionamento teorico
- Interno alla zona di rendimento ottimale della pompa stessa

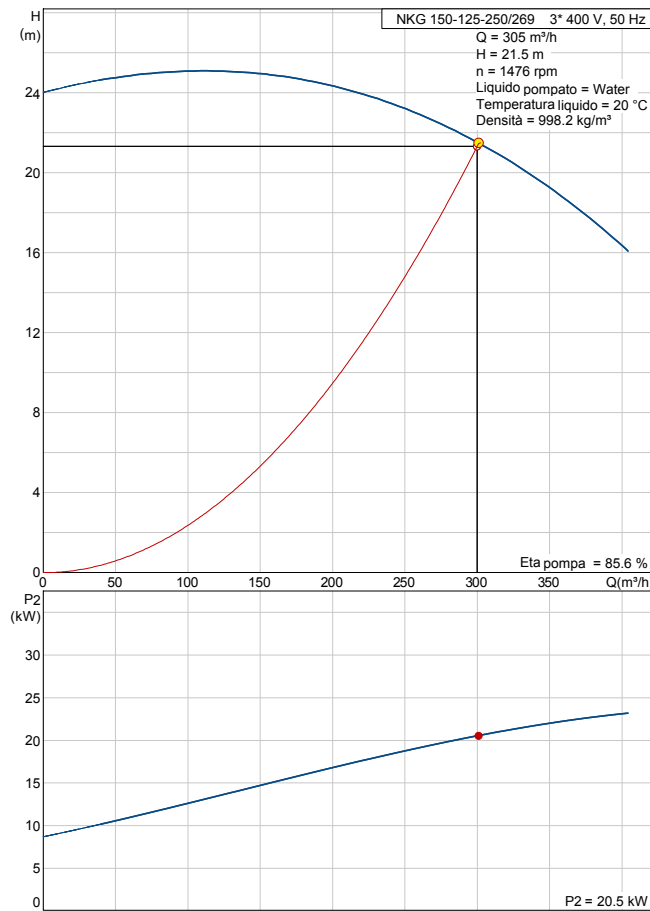


Figura 4.24 Curva Caratteristica Pompa circuito caldo

Un altro aspetto da sottolineare è che la scelta viene eseguita mantenendo un certo margine sulle prestazioni massime cosicché la pompa non lavori alla massima velocità, considerando che raramente in cantiere l'impianto viene realizzato nel dettaglio come è stato progettato.

Di seguito i principali dati delle elettropompe del circuito secondario.

Tabella 4.18 Dati di Targa Pompe di Circolazione
ACQUA FREDDA

- ELETTROPOMPE - Item : PSAR-MB a/b/c				
Portata:	395000 l/h	Potenza Motore assorbita:	56 kW	4 Poli
Prevalenza	27 m	Velocità:	Variabile attraverso inverter	
		Alimentazione:	Trifase 400 V 50 Hz	

ACQUA CALDA

- ELETTROPOMPE - Item : PSAR-MB a/b/c				
Portata:	305000 l/h	Potenza Motore as-sorbita:	43 kW	4 Poli
Prevalenza	27 m	Velocità:	Variabile attraverso inverter	
		Alimentazione:	Trifase 400 V 50 Hz	

Essendo l'elettropompa un componente essenziale dell'impianto, si rende necessario prevedere alcuni componenti ausiliari atti a preservarne l'integrità e a renderne facile la manutenzione. Tra questi:

- Valvole di intercettazione a monte e a valle della pompa
- Giunti antivibranti al fine di evitare che le vibrazioni delle pompe di trasmettano alle reti di distribuzione
- Manometri
- Filtro a Y per trattenere impurità e prodotti di degradazione
- Valvola di sicurezza per impedire che il fluido superi determinati valori di taratura
- Valvola di taratura e bilanciamento dotate di sensori di temperatura, portata e differenza di pressione

4.6.6 Vasi di espansione

I vasi di espansione sono uno dei componenti indispensabili all'interno di un circuito idraulico al fine di renderlo sicuro e prevenire rotture dovute alla dilatazione o contrazione del fluido di lavoro all'interno dello stesso circuito. Perché ciò si possibile è necessario che il fluido sia a contatto con un gas che possa compensare le dilatazioni del fluido stesso.

L'impianto progettato è un circuito chiuso e il vaso di espansione sarà del tipo a membrana. L'impianto chiuso infatti elimina completamente la possibilità di ossigenazione dell'acqua evitando quindi la corrosione dovuta alla presenza dell'aria nell'impianto stesso. L'adozione del sistema chiuso consente inoltre di utilizzare temperature di esercizio più alte e di installare il vaso in prossimità della centrale. Ogni circuito verrà quindi dotato di un proprio vaso di espansione.

Nella scelta di un vaso chiuso è necessario considerare il contenuto d'acqua dell'impianto, l'escursione termica che questa subisce nella fase di riscaldamento e la variazione della pressione.

La relazione che permette di determinare il volume del vaso d'espansione chiuso con diaframma è:

$$V = V_w \frac{e}{1 - (P_i/P_f)}$$

dove:

V : volume del vaso di espansione [l]

V_w : volume dell'acqua contenuta nell'impianto [l]

e : coefficiente di espansione dell'acqua calcolato in base alla massima differenza tra temperatura dell'acqua ad impianto freddo e quella massima di esercizio

P_i : pressione assoluta iniziale alla più bassa temperatura T_1 [bar]. È la pressione assoluta in bar a cui è precaricato il cuscinetto di gas, pressione che non potrà risultare inferiore alla pressione idrostatica nel punto in cui viene installato il vaso

P_f : pressione assoluta finale alla massima temperatura T_2 [bar]. È la pressione massima di esercizio pari alla pressione di taratura della valvola di sicurezza aumentata della sovrappressione della valvola stessa e diminuita di una quantità corrispondente al dislivello di quota esistente tra vaso d'espansione e valvola di sicurezza se questa è posta più in basso, o aumentata se posta più in alto.

Nei circuiti di distribuzione di acqua calda e refrigerata, le temperature di riferimento dipendono logicamente dalla centrale di produzione:

- $T_2 = 50^\circ\text{C}$ (temperatura mandata)
- $T_1 = 10^\circ\text{C}$ (temperatura all'atto del riempimento del circuito)

Tabella 4.19 Dimensionamento Vaso Espansione Circuito Caldo

Acqua calda		
vaso di espansione chiuso senza diaframma pressurizzato con aria e azoto		
secondario alta pressione 50°		
Acqua contenuta nell'impianto [lt]	C	19500
Temp.max. di esercizio	T2	50 °C
Temp.iniziale	T1	10 °C
Coefficiente di contrazione	e	0,01182
Dislivello tra livello a freddo nel vaso e punto più alto dell'impianto [m]	deltah	3
Dislivello tra livello a freddo nel vaso e punto più alto dell'impianto [bar]	deltah	0,3
Pressione atmosferica assoluta [bar]	Pa	1
Pressione di esercizio	Pi	1,6
pressione max di pressurizzazione [assoluta]	Pf	6
	Vu	314,3

Il volume del vaso di espansione del circuito caldo risulta:

$$V = 315 \text{ [l]}$$

È necessario inoltre prevedere anche un vaso di espansione relativo al circuito di acqua refrigerata in quanto in tali circuiti si verifica la contrazione del volume di fluido in circolazione. L'impiego del vaso di espansione chiuso consente di svolgere in questo tipo di impianti due funzioni precise:

- Creare una riserva di fluido tale da evitare la formazione di vuoto con la conseguente intromissione di aria
- Evitare l'entrata in funzione della valvola di sicurezza quando, ad impianto fermo, l'acqua contenuta nel circuito si riscalda

La logica di dimensionamento è la stessa impiegata per il vaso di espansione chiuso del circuito caldo, considerando però le seguenti temperature dell'acqua:

- $T_1 = 30^\circ\text{C}$ (temperatura massima raggiungibile dall'impianto fermo)
- $T_2 = 7^\circ\text{C}$ (temperatura minima di funzionamento)

Tabella 4.20 Dimensionamento Vaso Espansione Circuito Freddo

Acqua fredda		
vaso di espansione chiuso senza diaframma pressurizzato con aria e azoto		
secondario alta pressione 50°		
Acqua contenuta nell'impianto [lt]	Vw	25000
Temp.min. di esercizio T_min.	T2	7 °C
Temp.ad impianto inattivo T_max	T1	30 °C
Coefficiente di contrazione	e	0,00406
Dislivello tra livello a freddo nel vaso e punto più alto dell'impianto [m]	deltah	3
Dislivello tra livello a freddo nel vaso e punto più alto dell'impianto [bar]	deltah	0,3
Pressione atmosferica assoluta [bar]	Pa	1
Pressione di esercizio	Pi	1,6
pressione max di pressurizzazione [assoluta]	Pf	6
	Vu	138,4

Il volume del vaso di espansione del circuito freddo risulta:

$$V = 139 \text{ [l]}$$

La scelta delle dimensioni di tali componenti da installare ricade sulle seguenti:

- Vaso chiuso per il circuito caldo della capacità di 350 litri
- Vaso chiuso per il circuito freddo della capacità totale di 160 litri (2 vasi da 80 l)

Oltre a quanto già descritto, si sottolinea che in corrispondenza dell'installazione dei vasi di espansione, si prevede un gruppo di riempimento automatico atto a ridurre la pressione di alimentazione e a reintegrare a freddo le eventuali perdite di acqua.

4.6.7 Isolamento tubazioni

L'isolamento delle tubazioni serve a limitare le dispersioni termiche del fluido in esse contenute e di conseguenza contenere i costi di gestione degli impianti, ma anche di impedire i fenomeni di condensa che si verificano quando la temperatura della superficie esterna delle tubazioni è inferiore alla temperatura di rugiada dell'aria. Pertanto la rete di acqua refrigerata viene coibentata con isolante di spessore 32 mm per quanto riguarda le tubazioni poste in copertura e con isolante di spessore 13 mm su tutte le tubazioni montanti e di distribuzione ai piani. Le tubazioni calde devono essere coibentate con materiale isolante il cui spessore minimo è riportato nella tabella 1 dell'allegato B del DPR 412/93 (vedi tabella 4.3).

5 Sistema di regolazione

Nonostante la progettazione e la scelta dei componenti siano fondamentali per un corretto funzionamento dell'impianto, una gestione efficiente non può prescindere dall'integrazione del sistema di regolazione e controllo. In particolare oltre a garantire le condizioni di benessere si deve ottimizzare il consumo energetico.

Gli impianti di riscaldamento e raffrescamento vengono dimensionati per una potenza termica tale da mantenere le condizioni di comfort desiderate a fronte del carico termico di progetto. Tuttavia nella realtà si è sempre in presenza di variazioni di carico a causa delle oscillazioni della temperatura esterna, dell'irraggiamento solare, della variazione dei carichi interni ecc. di conseguenza, per gran parte del tempo, l'impianto deve funzionare con un carico termico inferiore a quello di progetto, ed è compito del sistema di regolazione provvedere a ridurre la potenzialità dell'impianto così da mantenere le condizioni di comfort imposte. Nessun impianto quindi può funzionare senza che vi sia la possibilità di controllo e di correzioni delle condizioni di funzionamento. Per regolare un sistema occorre:

- Fissare il set point della variabile che si vuole tenere sotto controllo
- Misurare la variabile e confrontarla con il valore di set di riferimento
- Utilizzare gli scostamenti tra i valori per intraprendere un'azione che determini il ripristino del valore della variabile al set point impostato

Queste azioni di misura e correzione determinano una catena di regolazione che deve poter essere fatta automaticamente e con continuità; solo così si potrà raggiungere lo scopo di mantenere costante nel tempo le grandezze controllate al variare delle azioni perturbatrici esterne. Sulla base di quanto descritto si ritiene opportuno gestire i diversi impianti presenti all'interno della torre attraverso un sistema di regolazione automatica di tipo digitale (DDC). Tutti gli impianti saranno poi gestiti e controllati in modo centralizzato.

5.1 Regolatore ddc

I componenti principali che costituiscono un sistema di regolazione sono:

- Un elemento di misura detto sonda o sensore
- Un regolatore che effettui il confronto tra la grandezza misurata dal sensore ed il valore di riferimento e che invii un segnale all'organo di regolazione

- L'organo di regolazione che consente l'azione di ripristino del set point

Come accennato inizialmente, la tecnica di controllo adottata è di tipo digitale a microprocessore DDC. Si deve però precisare che mentre il regolatore è costituito da un microprocessore digitale, le sonde di regolazione a cui sono collegate, sono gestite da segnali analogici. È quindi indispensabile dotare il microprocessore di un'interfaccia in grado di trasformare i segnali analogici in digitali e viceversa così da poter comandare l'organo di regolazione.

Questo sistema di regolazione, rispetto ad altre soluzioni, offre i seguenti vantaggi:

- Riduzione componentistica hardware
- Riduzione costi ingombro quadri elettrici
- Semplificazione impianto elettrico
- Semplicità nella modifica della logica di sistema
- Maggior precisione nel controllo delle grandezze misurate
- Grande affidabilità del sistema digitale
- Flessibilità di utilizzo

All'interno della progettazione del tipo di regolazione automatica si deve scegliere la logica sulla quale si basa l'algoritmo di regolazione. In particolare abbiamo scelto di adottare un sistema di tipo PID (Proporzionale Integrale Derivativo) il quale consente di evitare le oscillazioni della grandezza controllata permettendo così di raggiungere più rapidamente le condizioni di stabilità.

5.2 Impianti controllati

Il sistema centralizzato di controllo e regolazione è atto a gestire tutti gli impianti presenti all'interno della torre tra cui:

- Circuiti di riscaldamento e raffrescamento
- Unità di trattamento aria
- Fan coil

5.2.1 Centrale termofrigorifera

La partenza in sequenza dei tre gruppi polivalenti sarà programmata da un modulo microprocessore sulla base delle richieste dell'impianto basate sul rilievo delle temperature dell'acqua refrigerata misurate da opportune sonde sui rispettivi collettori generali.

In base a tali richieste saranno avviate le pompe di “primo funzionamento” acqua refrigerata.

I gruppi frigoriferi funzionano governati dalla propria logica a microprocessore di bordo macchina. A tale proposito si specifica che il microprocessore di bordo dovrà poter essere “visto” in forma assolutamente “trasparente” dal sistema BMS (sistema di supervisione).

A conferma dell'avvenuto consenso di “primo funzionamento” del gruppo frigorifero predeterminato, fornito dai rispettivi pressostati a bordo macchina, secondo le modalità precedentemente descritte, il gruppo polivalente preposto sarà pronto a ricevere sulla propria logica le richieste di energia frigorifera espresse dai valori di temperatura rilevati dalle rispettive sonde sui collettori generali di ritorno.

Al verificarsi della condizione di carico frigorifero nullo, una pompa primaria dovrà rimanere funzionante.

Sarà prevista l'inversione automatica di “funzionamento-riserva“ dei gruppi elettropompa sui circuiti primari acqua calda e refrigerata.

Per quanto riguarda ciascuna coppia di pompe sarà inoltre previsto l'intervento automatico della “pompa di riserva” nel caso di avaria della “pompa di funzionamento”.

Dovrà essere previsto un sistema automatico di commutazione “pompa attiva/pompa di riserva” con cadenza quindicinale per tutte le pompe dell'impianto.

Sui collettori di andata e ritorno primari sono previste le derivazioni a servizio del circuito fan-coils e unità di trattamento aria, tramite le pompe secondarie.

Al sistema BMS saranno riportati gli allarmi cumulativi di ciascun gruppo refrigeratore e le letture delle temperature operative del sistema attraverso sonde termometriche posizionate ove indicato sugli schemi funzionali di progetto.

Un abbassamento di pressione sulla rete di riempimento acqua addolcita ai collettori acqua calda e refrigerata verrà segnalato al sistema BMS tramite sonde di pressione. A seguito di ciò un operatore provvederà dalla postazione remota BMS al ripristino del corretto livello di pressione azionando manualmente la rispettiva elettrovalvola di riempimento. L'elettrovalvola sarà disattivata automaticamente non appena raggiunto il prefissato livello di pressione.

La temperatura di andata acqua refrigerata ai circuiti sarà controllata a punto fisso, ad un valore di circa 6°C .

L'avviamento delle pompe con potenza pari o in eccesso di 10 kW sarà eseguito attraverso il controllore a regime ridotto a mezzo di inverter o doppia alimentazione, in modo da evitare spunti elevati all'avviamento.

Il controllo delle portate d'acqua dei vari circuiti viene regolato variando il numero di giri delle elettropompe a mezzo di inverter previsti all'interno del presente progetto.

L'acqua calda prodotta dagli scambiatori forniti da A2A provvederà alla fornitura dell'acqua calda di riscaldamento da distribuire ai vari circuiti.

Il suo inserimento verrà attivato da un modulo microprocessore, in modo da controllare la temperatura dell'acqua in mandata agli impianti al valore di progetto.

Vengono letti sul BMS le temperature dell'acqua calda andata e ritorno dei vari circuiti indicati negli schemi di regolazione .

5.2.2 Unità di trattamento aria primaria

L'avviamento del gruppo è programmato sul BMS ad orari giornalieri e settimanali prefissati.

Il funzionamento della macchina prevede la regolazione del regime di rotazione di entrambi i ventilatori di mandata e di ripresa tramite inverter previsti all'interno del presente progetto.

Il gruppo è previsto per funzionamento a portata d'aria variabile; a tale scopo una sonda di pressione sul canale di mandata aria primaria in uscita dal gruppo mantiene costante la pressione mediante variazione modulante della velocità di rotazione di entrambi i ventilatori.

La temperatura dell'aria a valle della batteria di preriscaldamento ad acqua calda è controllata, in sequenza alla batteria di acqua refrigerata, a punto fisso ad un valore di circa 15°C in saturazione, tramite una sonda da canale. La portata d'acqua attraverso la batteria viene modulata da una valvola motorizzata di regolazione in funzione dei valori rilevati dalla sonda.

La temperatura dell'aria a valle della batteria di deumidificazione ad acqua refrigerata è controllata, in sequenza alla batteria di preriscaldamento, a punto fisso ad un valore di circa 15°C tramite la sonda da canale di cui sopra. La portata d'acqua attraverso la batteria viene modulata da una valvola motorizzata di regolazione in funzione dei valori rilevati dalla sonda.

La protezione antigelo del gruppo sarà realizzata mediante un termostato bulbo e capillare posizionato a valle della prima batteria riscaldante. Per temperature dell'aria a valle della batteria inferiori a 4°C sarà realizzata la seguente sequenza progressiva di intervento:

- 1° stadio : apertura al 100% della valvola motorizzata sulla batteria di preriscaldamento
- 2° stadio : arresto del ventilatore di mandata ed invio di un segnale di allarme al BMS

All'arresto del ventilatore di mandata, il servomotore con ritorno a molla chiuderà la serranda aria esterna con segnalazione di stato al controllore.

L'umidità relativa ambiente viene rilevata da una sonda sul canale di ripresa. Per una diminuzione del valore dell'umidità relativa ambiente il controllore modula in apertura il sistema di umidificazione ad acqua osmotizzata. Per un aumento del valore dell'umidità relativa ambiente il controllore modula in apertura la valvola motorizzata sulla batteria ad acqua refrigerata.

Una sonda limite di umidità relativa di massima limita l'intervento del dispositivo di umificazione per un tasso di umidità relativa a valle del separatore di gocce superiore ad un valore predeterminato (ad esempio 90%).

Il sistema di umidificazione previsto è del tipo adiabatico ad alta pressione per nebulizzare acqua osmotizzata, sarà completo di pompa di pressurizzazione, quadro elettrico di comando, accessori di funzionamento.

Il sistema di umidificazione sarà attivato soltanto se si verificano contemporaneamente le seguenti due condizioni:

- ventilatore di mandata in funzione
- valvola sulla batteria di preriscaldamento aperta

E' prevista la segnalazione sul BMS di "mancanza di flusso" sui ventilatori e "filtro sporco" su tutti gli stadi di filtrazione dell'aria.

In caso d'intervento del rilevatore di fumo inserito nel sistema antincendio l'evento viene comunicato al BMS che provvede all'arresto automatico del ventilatore di mandata e dell'ventilatore.

La regolazione automatica del recuperatore statico di calore tra aria esterna ed aria espulsa avviene come segue:

- per una temperatura dell'aria esterna rilevata dalla sonda inferiore a 16°C o superiore a 23°C il flusso di aria espulsa attraversa il recuperatore di calore
- per una temperatura dell'aria esterna rilevata dalla sonda compresa tra 16 e 23 °C il flusso di aria espulsa attraversa il by-pass sul recuperatore di calore

Allo scopo di evitare la formazione di brina sulla sezione d'ingresso aria esterna al recuperatore di calore è stato prevista una serranda di by-pass on/off. La serranda sarà pilotata da una sonda di pressione posizionata sulla sezione di uscita del recuperatore di calore.

E' prevista la segnalazione sul BMS di "mancanza di flusso" sui ventilatori e "filtro sporco" su entrambi gli stadi di filtrazione dell'aria.

5.2.3 Fan coil

Ogni fan-coil sarà dotato a bordo di una coppia di valvole motorizzate modulanti a due vie poste sulle tubazioni di ingresso (calda e fredda) e sonda di temperatura sulla ripresa dell'aria.

Tramite comando dal regolatore ambiente, ogni utente potrà gestire le seguenti funzioni:

- la regolazione del *set point* di temperatura ambiente in un intervallo di $\pm 3^{\circ}\text{C}$ mediante modulazione contemporanea delle valvole motorizzate e della velocità del ventilatore
- comando funzionamento e controllo velocità ventilatore
- comando accensione manuale (by pass orologio)

Al raggiungimento delle condizioni termiche ambientali richieste e quindi quando entrambe le valvole di regolazione, calda e fredda, sono chiuse (zona morta), il ventilatore sarà portato alla velocità minima per consentire un risparmio energetico e mantenere una miscela fra aria ambiente e aria esterna che viene continuamente immessa.

La temperatura ambiente verrà modificata automaticamente in relazione alla variazione della temperatura esterna sino alla completa commutazione stagionale estate/inverno.

In corrispondenza delle derivazioni idrauliche alle batterie a monte delle valvole automatiche di regolazione dovrà essere montata una valvola di intercettazione con filtro incorporato ed una valvola automatica di regolazione della portata.

Dal sistema BMS saranno possibili, per ogni mobiletto fan coil, le seguenti funzioni:

- lettura temp. di set-point già compensata
- temp. misurata
- posizione motori valvole
- lettura e controllo velocità ventilatore
- ritaratura di $\pm 3^{\circ}\text{C}$ del set-point ambiente già compensato

Sarà possibile la lettura e ritaratura a distanza, mediante il sistema BMS o con terminale operatore portatile, di tutte le grandezze e dei parametri impostati.

6 Simulazioni energetiche

La progettazione degli impianti descritta nei capitoli precedenti è guidata dalla logica di copertura del picco del fabbisogno dell'edificio nelle condizioni più sfavorevoli. In questa sezione invece si focalizzerà l'attenzione sulle energie in gioco, ossia si analizzerà come l'impianto dovrà lavorare nell'arco dell'anno andando ad approfondire nel dettaglio come variazioni dei carichi interni e dei componenti strutturali influenzino il reale funzionamento degli impianti.

6.1 Il programma

Le simulazioni energetiche sono state svolte attraverso l'uso di IES Virtual Environment 6.3, una software suite dedicata all'analisi delle performance energetiche e ambientali degli edifici destinata ai professionisti della progettazione.

Il software **IES Virtual Environment** simula l'edificio come un sistema complesso, in regime dinamico, tenendo conto del clima e della location così come di fattori quali la luce, gli ombreggiamenti, la ventilazione, l'energia, i costi del ciclo di vita e i parametri economici.

Il software è suddiviso in moduli, ognuno dei quali tratta uno specifico aspetto di modellazione:

- ModelIT
- SunCAST
- APACHE
- APACHE HVAC
- LIGHTING
- VISTA

6.1.1 ModelIT

Questo modulo è il componente di costruzione del modello geometrico e permette all'utente di creare il modello 3D che verrà poi utilizzato dalle altre sezioni del programma. A seconda che si trovi in fase di progettazione o di disegno di fattibilità, i modelli possono essere creati ex novo o da file .DXF, utilizzando gli strumenti forniti per la costruzione tridimensionale.

6.1.2 SunCAST

Questo modulo è utilizzato per determinare l'influenza di eventuali ostruzioni, edifici ed ombreggiamenti esterni, la mappatura solare attraverso le pareti finestrate e le aperture esterne, e gli effetti dell'orientazione dell'edificio.

SunCast genera immagini ed animazioni in grado di visualizzare le ombreggiature sia sull'interno che sull'esterno dell'edificio, e l'insolazione definita in base alla data, all'ora, alla latitudine e longitudine del sito. Queste informazioni potranno essere successivamente utilizzate per determinare la percentuale di illuminamento naturale e studiare il layout interno ottimale.

I dati che questa sezione genera sono anche richiamabili nella simulazione energetica, che è in grado di utilizzarli per la determinazione degli apporti solari gratuiti. Nello specifico il programma mostra come out-put una schermata in cui, per ogni superficie del locale selezionato si possono visualizzare la tipologia di insolazione (interna o esterna) e la percentuale di area illuminata.

6.1.3 Apache

Questo modulo è la parte centrale del programma. Qui si definiscono:

- I dati climatici della località di riferimento;
- Le caratteristiche termiche dei componenti opachi e trasparenti;
- Le condizioni di progetto interne di ogni locale.

Questi dati unitamente ai file solare ed impiantistico saranno poi utilizzati dalla sottosezione ApacheSIM, programma dinamico di simulazione termica, che sfruttando i processi di trasferimento di calore interni ed esterni all'edificio procede al calcolo di tutte le variabili visualizzabili nella sezione VISTA.

6.1.4 ApacheHVAC

Il modulo ApacheHVAC è utilizzato per la definizione dell'impianto di riscaldamento, di condizionamento e di ventilazione. In particolare permette di definire nel dettaglio ogni componente del sistema HVAC, dalla generazione del calore al terminale ambiente.

L'impianto così creato potrà essere richiamato nella sezione APACHE per la simulazione energetica al fine di determinarne i relativi consumi sia in termini di calore che di energia per gli ausiliari.

6.1.5 Lighting

L'ottimale illuminazione di un ambiente è fondamentale per permettere agli occupanti di svolgere al meglio l'attività lavorativa. La qualità della luce in uno spazio dipende da numerosi fattori:

- Il livello d'illuminamento
- La sua distribuzione nel campo visivo
- L'assenza di abbagliamento
- La direzionalità della luce
- Il colore

Risulta perciò fondamentale ricercare una disposizione ottimale dei corpi illuminanti al fine di ottenere un adeguato grado di illuminamento sul piano di lavoro. Il modulo in esame è un utile strumento di progettazione e analisi illuminotecnica per la ricerca di una corretta integrazione tra l'illuminamento naturale e quello artificiale.

6.1.6 Vista

“Vista” è collocato sotto il gruppo delle applicazioni termiche ed è uno strumento che permette l'analisi dei risultati della simulazione energetica. Dà la possibilità di visualizzare gruppi di variabili preimpostati in base alla tipologia delle stesse, o di selezionarle separatamente. Inoltre vi è la possibilità di esportare i risultati in fogli di calcolo per permettere analisi più approfondite.

6.2 Modello delle simulazioni

Trattandosi di una simulazione, la prerogativa fondamentale è quella di realizzare un modello in grado di rappresentare il più fedelmente possibile le caratteristiche reali dell'edificio in esame. Una volta fatto ciò si passerà ad una seconda fase in cui si ricreano i profili di carico dei parametri termici interni cercando di riprodurre le reali condizioni di variazione temporale di questi ultimi in modo da permettere alla simulazione la riproduzione fedele dei carichi e di conseguenza le condizioni di funzionamento annuali del sistema di condizionamento.

In questo capitolo ci focalizzeremo inizialmente sulla descrizione del modello geometrico e dei dati climatici per poi passare alla definizione dell'impianto di climatizzazione e relativa regolazione, lasciando ai paragrafi successivi l'analisi delle simulazioni.

6.2.1 La geometria

Come accennato precedentemente, l'obiettivo di questa parte di studio è creare un modello in grado di riprodurre le caratteristiche di una parte rappresentativa dell'intero edificio in questione. Per far ciò si è deciso di prendere in esame il "piano uffici tipo" ed i piani con esso confinanti in modo da poter considerare sia la dinamica di variazione dei carichi interni che quella delle dispersioni verso l'esterno e verso i locali adiacenti non riscaldati.

Il modello geometrico degli ambienti è quindi composto da uno stock di 3 piani, di cui si utilizzerà esclusivamente quello centrale nella successiva analisi energetica.

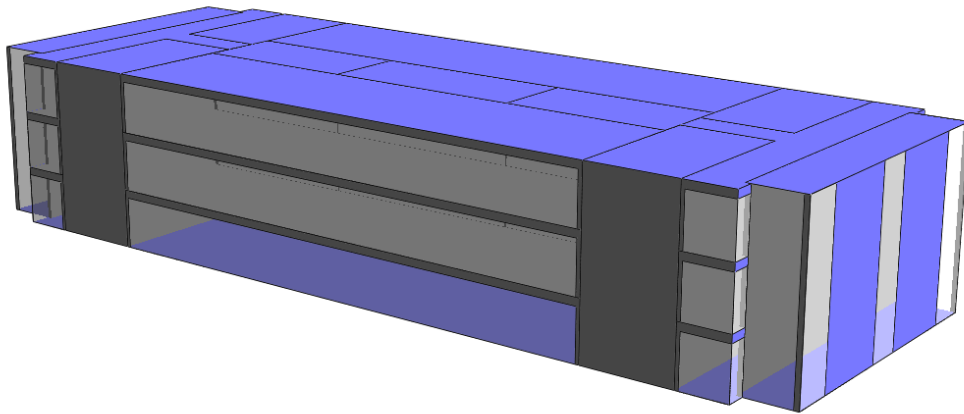


Figura 6.1 Modello geometrico

Per la creazione della geometria sopra riportata si è partiti dal file .dxf del piano tipo e da questo si è proceduto all'estrusione dello scheletro esterno del singolo piano. Dopo di che, per la suddivisione in ambienti sono state utilizzate le stesse logiche precedentemente adottate in EDILCLIMA così da poter rendere paragonabili le metodologie di implementazione dei locali.

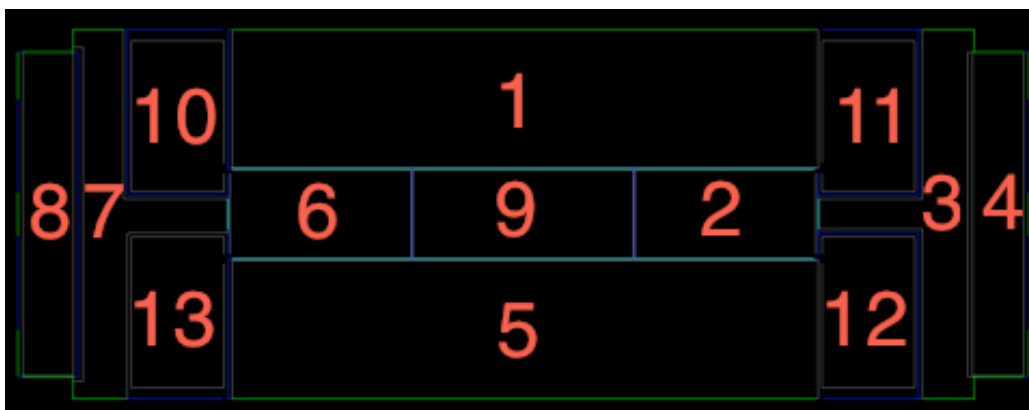


Figura 6.2 Numerazione locali piano tipo

Dalla suddivisione del piano tipo si ottengono quindi:

Tabella 6.1 Divisione Piano Tipo

TIPOLOGIA LOCALE	N° LOCALE
Locali Uffici	1 - 5
Sale Riunioni	2 - 6
Sbarco e Break Area	3 - 7
Bagni	9
Locali ascensori	4 - 8
Cavedi e Vani Scale	10 - 11 - 12 - 13

Successivamente si procede all’inserimento delle aperture interne e delle pareti vetrate. Per la definizione delle caratteristiche dei materiali componenti le strutture ci si basa sui dati utilizzati in EDILCLIMA (vedi ALLEGATO 1) sempre per ottenere risultati comparabili. Il programma è comunque fornito di un database interno contenente strutture preconfigurate o componibili manualmente.

Definito il singolo piano in tutte le sue caratteristiche, tramite la funzione “copia” si crea lo stock prestando attenzione ai cavedi e ai locali ascensori che a differenza degli altri locali non sono divisi in piani ma sono costituiti da un singolo volume di altezza tripla.

Il risultato finale è mostrato nella figura sottostante.

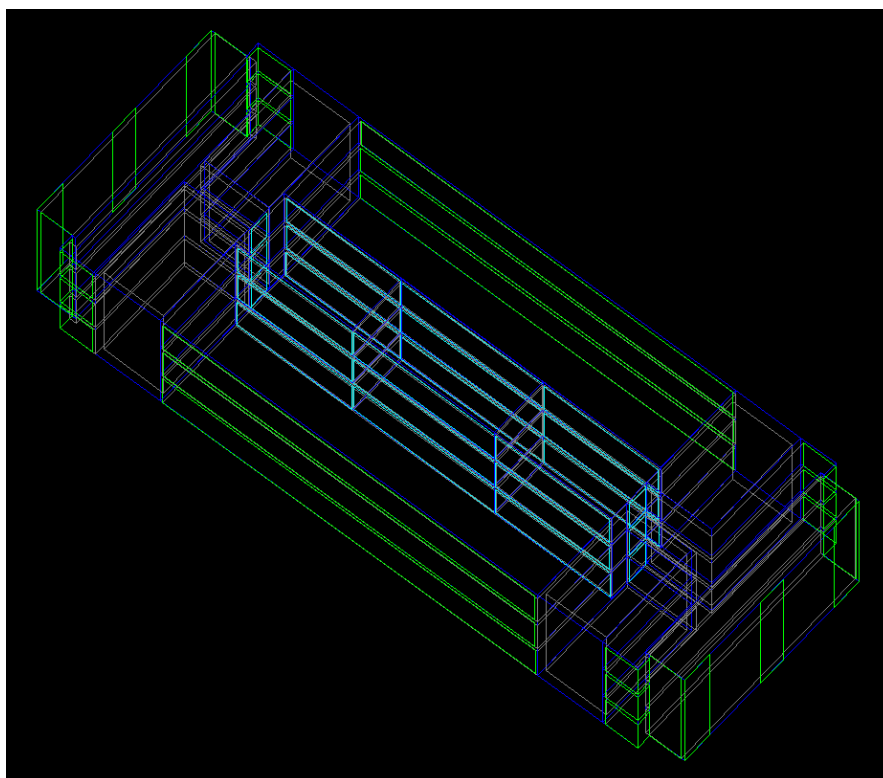
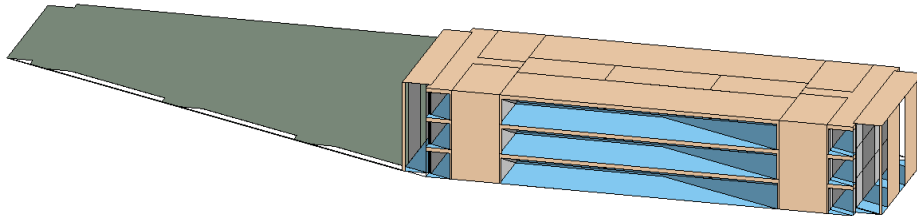


Figura 6.3 Modello geometrico con suddivisione in ambiente

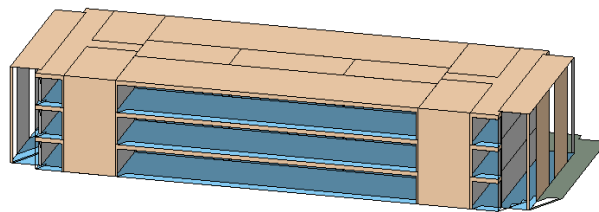
6.2.2 Dati climatici

Terminata la definizione della parte geometrica del modello, si procede con la sezione di analisi solare. Inserita la località geografica e l'orientazione dell'edificio, SunCast genera una serie di immagini che ci permettono di analizzare nel dettaglio gli ombreggiamenti e la penetrazione solare all'interno dei locali nelle varie ore della giornata. A titolo d'esempio si riportano sotto alcune immagini rappresentative.

15 Jul 06:00



15 Jul 12:00



15 Jul 18:00

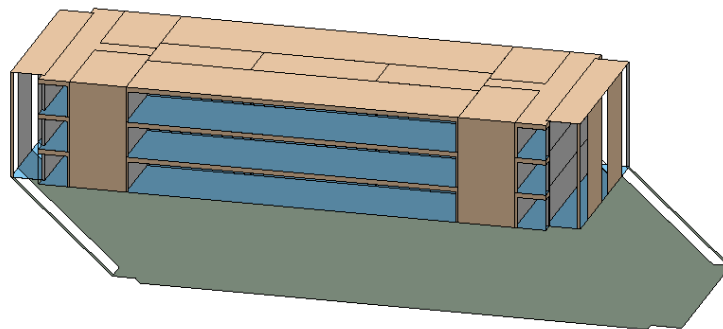


Figura 6.4 Esempi output SunCast

Entrando nel dettaglio dei singoli ambienti, è inoltre visualizzabile il valore di insolazione penetrante dalle superfici trasparenti ed incidente su ogni singola parete per ogni ora del giorno.

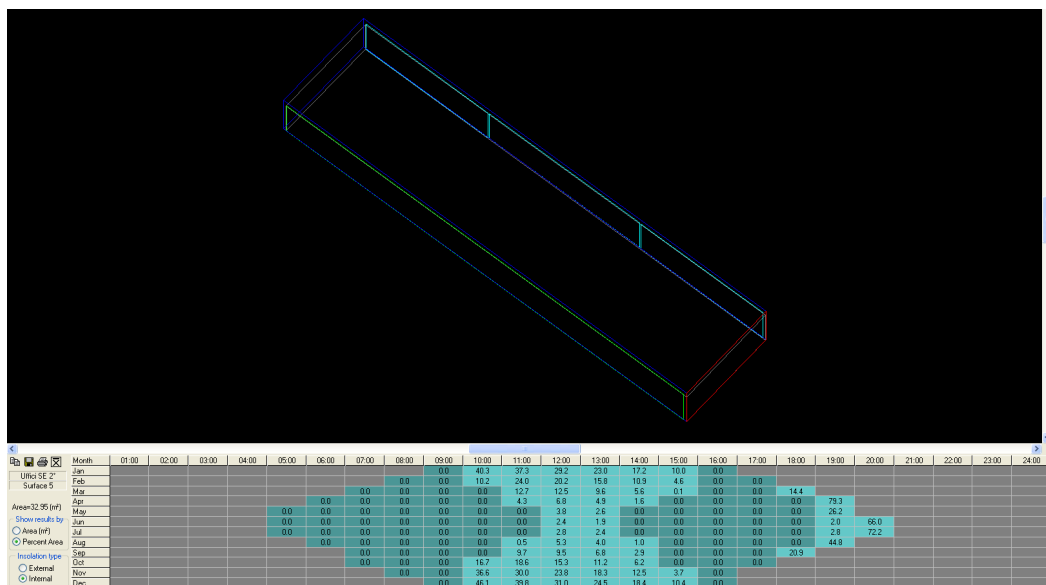


Figura 6.5 Analisi dell'insolazione nel locale ufficio SE

Definite le geometrie, i materiali e l'influenza del sole, si entra nel cuore della creazione del modello, specificando:

- Dati climatici
- Condizioni di progetto interne

Questi sono inseribili tramite un percorso guidato in cui oltre alla definizione della località è possibile scegliere i database dei dati climatici esterni che verranno usati nella simulazione dinamica.

A tale scopo si è scelto di utilizzare i profili standard ASHRAE e per verificarne la corrispondenza è stato effettuato un confronto tra le temperature medie mensili Ashrae e quelle rilevate dal CNR per la città di Milano (Linate). Questo per rendere esenti i risultati da eventuali errori sui dati climatici utilizzati. Riportiamo di seguito il confronto delle temperature medie mensili:

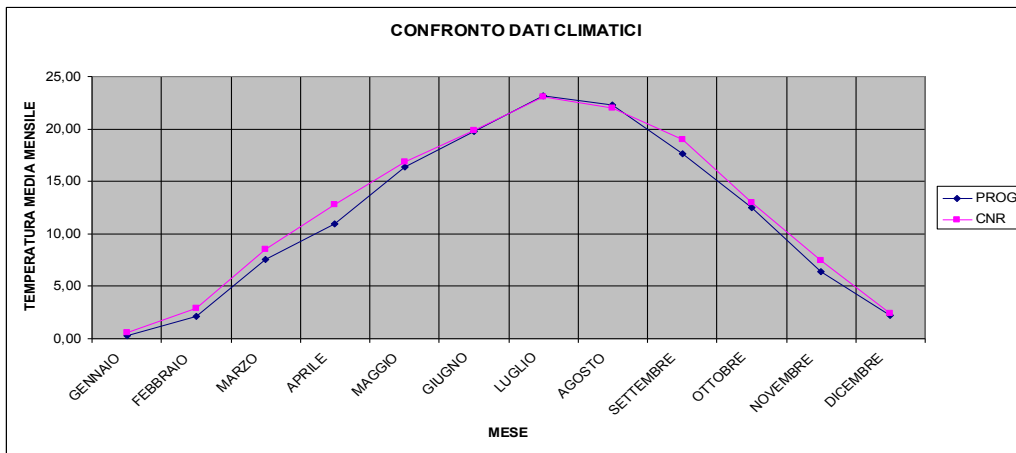


Figura 6.6 Comparazione temperatura esterna media mensile

Come evidenziato dal grafico, i due profili non mostrano differenze sostanziali per cui i risultati delle simulazioni potranno essere considerate attendibili da questo punto di vista.

6.2.3 Caratteristiche termofisiche locali e carichi interni

Per quanto concerne la definizione delle caratteristiche interne dei singoli locali, l'interfaccia principale per la loro implementazione è il "building template manager":

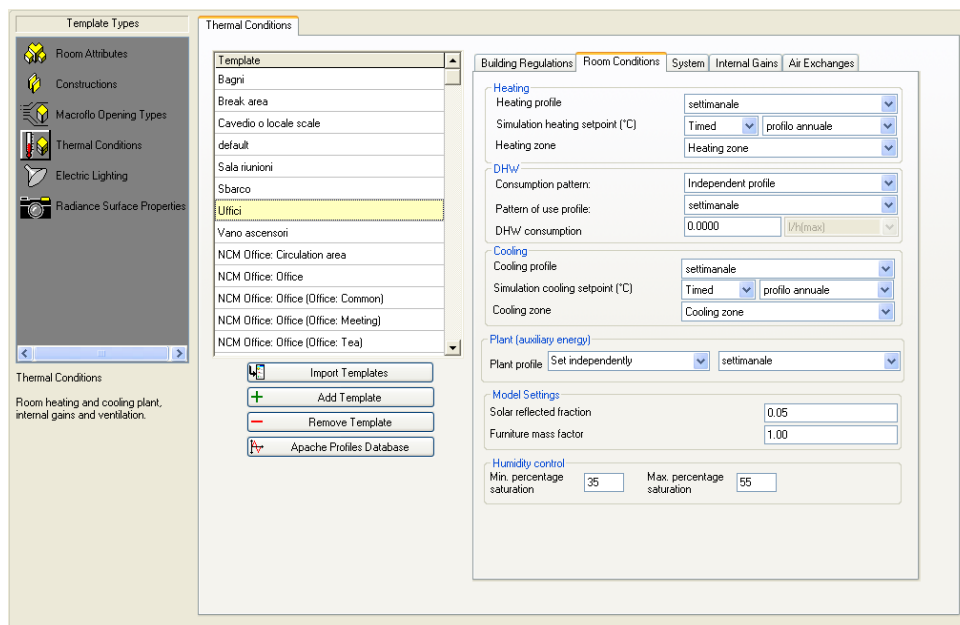


Figura 6.7 Interfaccia del Building Template Manager

Come mostrato in figura, questa finestra permette di definire:

- La tipologia dei locali e relativa destinazione d'uso;
- Le condizioni di progetto interne (T set point invernale ed estivo e profilo di carico);
- Il sistema di generazione centrale del calore;
- Carichi interni;

Per il modello in questione, i locali, precedentemente elencati, sono stati suddivisi in gruppi in base alla loro destinazione d'uso per migliorare la gestione dei dati di progetto. Per ogni tipologia di locale, attraverso l'uso del BUILDING TEMPLATE MANAGER vengono impostate tutte le caratteristiche termofisiche, i carichi interni e relativi profili.

Vista l'importanza che rivestono questi ultimi riportiamo la definizione dei carichi interni presenti. Questi sono riconducibili a quattro categorie:

1. Persone
2. Computer
3. Luci
4. Distributori automatici

Per ognuno di questi si determina il carico massimo e vi si attribuisce un profilo descrittivo della variazione temporale. I profili sono di fondamentale importanza per ottenere caratteristiche interne realistiche in regime dinamico in quanto ragionando in termini energetici, oltre alla potenza, diventano di fondamentale importanza i tempi di utilizzo.

Nel caso in analisi sono state create 3 diverse simulazioni e per ognuna si sono scelti diversi profili di variazione dei carichi. Lo studio è basato su occupazioni ipotetiche, quindi oltre ad individuare l'effetto dei carichi interni interessa anche capire la sensibilità dei risultati alle loro variazioni.

Nello specifico sono stati inizializzati 3 casi:

- ASHRAE: i valori delle potenze di picco (Tabella 6.2) e i profili di variazione delle stesse sono stati recepiti dai manuali dall'User's Manual ANSI/ASHRAE Standard 90.1 – 2007 (Allegato 4);
- PROGETTO: partendo dalle linee guida ASHRAE sono stati variati i profili e le potenze di picco di alcuni locali in base alle ipotesi di progetto adottate dallo Studio Ariatta Sistemi per l'Energia;

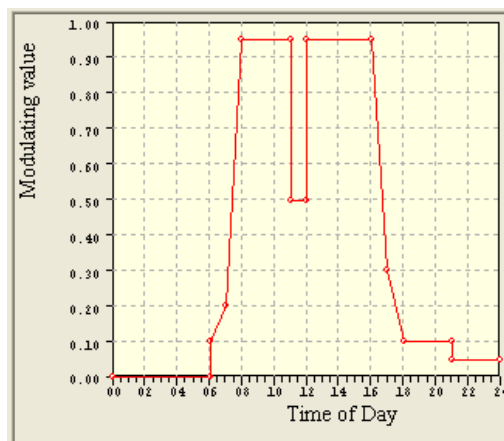
- **VARIAZIONE PROGETTO:** sulla base del progetto Ariatta sono state variate le potenze e i profili di utilizzo dei soli PC secondo lo studio “**Review of Computer Energy Consumption and Potential Savings**”, White Paper December 2006 di Megan Bray (Tabella 6.2);

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva delle potenze di picco impostate per le tre configurazioni e, a titolo esemplificativo, il profilo di carico ASHRAE delle persone per i locali uffici. Per i rimanenti profili si rimanda all’Allegato 4.

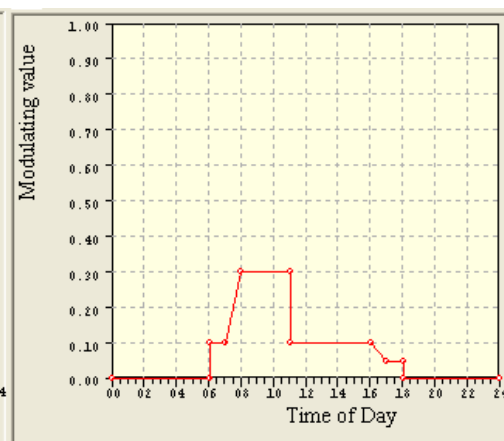
Tabella 6.2 Profili occupazionali

	UFFICI			SALE RIUNIONI		
	PERSONE	MISCELLANEUS	LUCI	PERSONE	MISCELLANEUS	LUCI
ASHRAE	9 m2/pp	11,77 W/m2	15 W/m2	16 pp	700 W	15 W/m2
PROGETTO ARIATTA	40 pp	150x40 W	11+2 W/m2	16 pp	1600 W	13 W/m2
VARIAZIONE PROGETTO	40 pp	90x40 W	11+2 W/m2	16 pp	20x16 W	13 W/m2

	BREAK AREA			SBARCO			BAGNI		
	PERSONE	MISCELLANEUS	LUCI	PERSONE	MISCELLANEUS	LUCI	PERSONE	MISCELLANEUS	LUCI
ASHRAE	4,65 m2/pp	21,5 W/m2	9,7 W/m2	8,5 m2/pp	1,85 W/m2	5,2 W/m2	8,9 m2/pp	5,48 W/m2	10,4 W/m2
PROGETTO ARIATTA	4 pp	1000 W	13 W/m2	0	0	13 W/m2	0	0	600 W
VARIAZIONE PROGETTO	4 pp	1000 W	13 W/m2	0	0	13 W/m2	0	0	600 W



persone ASHRAE week



persone ASHRAE saturday

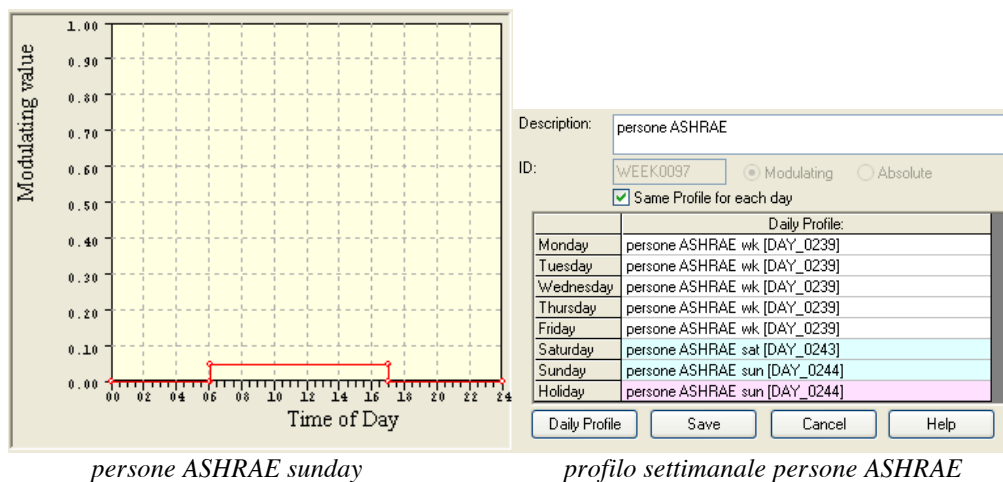


Figura 6.8 Creazione profili occupazionali

6.2.4 Impianto di climatizzazione

Definite le condizioni interne e la variazione dei carichi presenti, si passa alla descrizione dettagliata dell'impianto di climatizzazione a servizio degli ambienti trattati. Attraverso la sezione ApacheHVAC si implementa l'impianto che realmente serve i locali del piano secondo ovvero un sistema del tipo Aria Primaria + Fan coil. Il programma permette di inserire locale per locale le potenze installate derivanti dal dimensionamento precedentemente svolto. Così facendo otteniamo il seguente impianto:

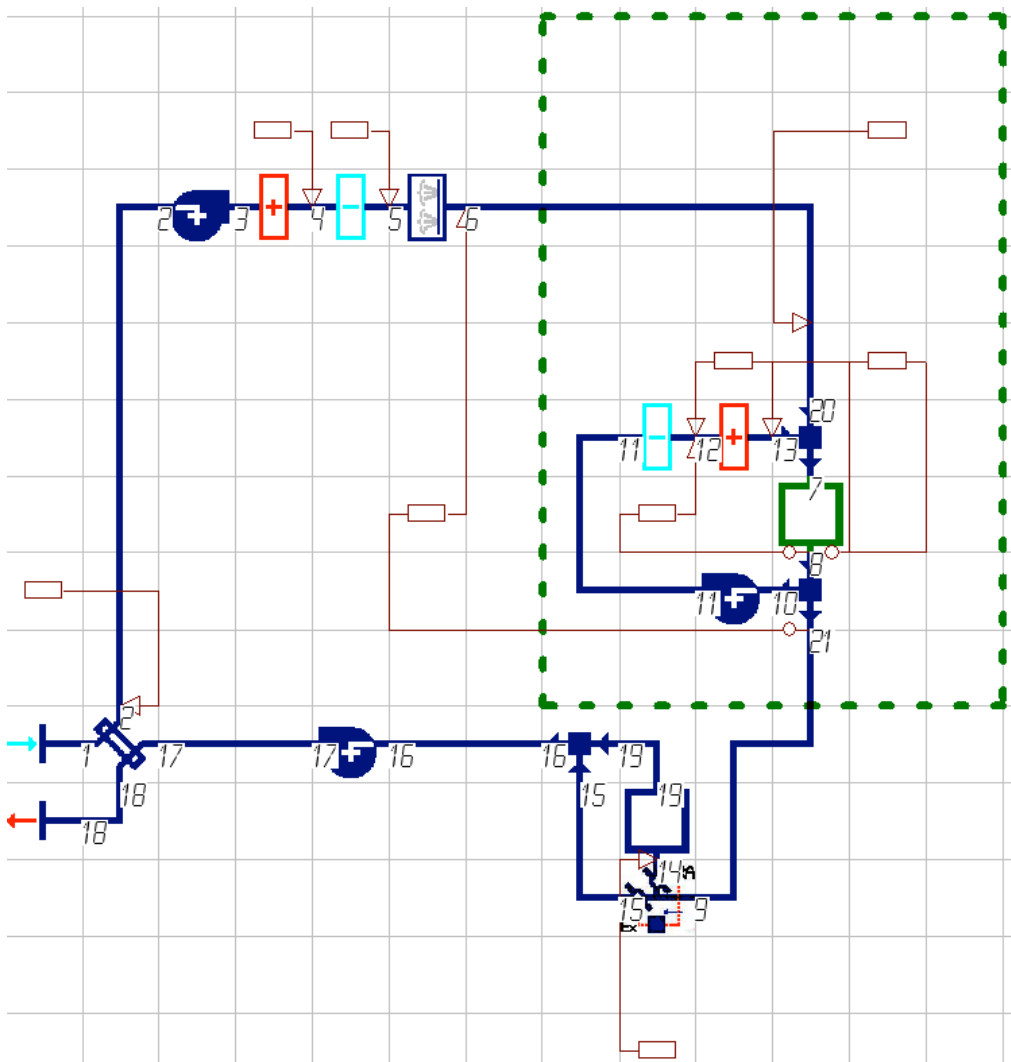


Figura 6.9 Schema funzionale impianto HVAC

Come si può notare dalla figura, l'impianto comprende:

- L'UTA: recuperatore di calore (nodi 1-2), ventilatore (nodi 2-3), batterie calda e fredda (nodi 3-4-5), umidificatore (5-6);
- Fan coils a 4 tubi (nodi 10-11-12-13);

Questi ultimi sono rappresentati all'interno della linea tratteggiata verde, il multiplex, ossia la rappresentazione di tutti gli ambienti serviti dalla stessa tipologia di impianto condensati in un'unica zona per facilitare la comprensione del sistema completo quando i locali serviti sono molti.

Questi vengono quindi implementati con la possibilità di impostare, diversificandoli, i parametri dei componenti dei fan coils. Infine, l'icona quadrata più in basso nello schema (nodo 19) rappresenta i bagni che sono mantenuti in depressione estraendo l'aria immessa nei locali attigui.

Per gli altri due piani invece, sempre attraverso l'uso del Building Template Manager, si sono impostate solamente le temperature di progetto che saranno mantenute da un impianto fittizio di capacità infinita, in modo da poter separare i risultati dell'impianto HVAC a servizio del piano in esame, dall'impianto di default il cui compito è solamente quello di mantenere le condizioni interne di progetto e quindi evitare che il piano centrale disperda calore dal pavimento e dal soffitto e rendere così la simulazione più realistica.

6.2.5 La regolazione

Come si è appena visto, l'impianto HVAC del modello che simula le reali potenze di progetto è del tipo Aria Primaria + Fan Coils. Sulla carta quindi questo rispecchia perfettamente l'effettiva capacità di condizionamento dei locali. Per rendere la simulazione realistica si deve però definire la logica con cui il software andrà ad utilizzare la potenza disponibile.

6.2.5.1 UTA

Compito dell'UTA è quello di trattare la portata d'aria di rinnovo e portarla ad una temperatura di 16°C a punto fisso, sia in estate che in inverno. Tutti i componenti sono azionati solamente quando è previsto l'effettivo utilizzo dei locali, tramite profilo annuale di funzionamento impianto. Seguendo il percorso di trattamento dell'aria primaria, descriviamo la gestione dei vari componenti:

- **RECUPERATORE DI CALORE.** E' del tipo a piastre piane con flussi incrociati. È in grado di effettuare il recupero della sola energia sensibile e ha un'efficienza nelle condizioni ipotizzate pari al 65%. E' impostato per portare l'aria non oltre la temperatura di 16°C ed è sempre in funzione, se necessario, quando l'UTA è funzionante.
- **BATTERIA CALDA E FREDDA.** Nel caso in cui l'energia recuperata non sia sufficiente a raggiungere la temperatura di mandata, il compito di terminare il riscaldamento-raffreddamento è lasciato alle suddette batterie (calda e fredda), regolate sul set point di 16°C con un sensore di temperatura dell'aria a valle della batteria.

- UMIDIFICATORE. E' gestito con un sensore dell'umidità relativa dell'aria nel plenum di ripresa dell'UTA per mantenere il set-point impostato a seconda della stagione.
- VENTILATORE PLUG FAN. Ha impostata la curva caratteristica del ventilatore scelto in fase di progettazione ed è sempre attivo quando è attiva l'UTA.

6.2.5.2 Fan Coils

Questi sono gestiti per mantenere la temperatura di progetto interna (tra i 20°C e i 23°C in inverno e 26°C in estate) nei locali in cui sono installati, con la possibilità di modulare sia la portata d'aria che attraversano le batterie che la temperatura di mandata delle stesse. Tutti i valori di portata e temperatura configurati sono stati recuperati dai cataloghi tecnici dei modelli dei fan coils installati. Infine, come impostato per l'UTA, i fan coils sono regolati per mantenere il set point solo nelle ore lavorative lasciando la temperatura interna libera nelle ore in cui i locali non sono occupati. Come per l'UTA, descriviamo la regolazione dei singoli componenti del fan coil seguendo l'ordine di attraversamento dell'aria:

- VENTILATORE. E' di tipo ad inverter con portata variabile imposta dal controllo di set point ambiente.
- BATTERIA CALDA. E' regolata con un sensore che misura la temperatura dell'aria nel plenum di estrazione del locale in cui sono installati i fan coils. Il regolatore ha due gradi di libertà per mantenere i parametri di set point: la modulazione della portata d'aria trattata dalla batteria e la variazione della temperatura in uscita dalla batteria stessa. Questi due gradi di libertà sono configurati sulla base dei reali parametri dei fan coils, ossia l'intervallo di portate a cui lavora il ventilatore e la capacità della batteria di riscaldare l'aria.
- BATTERIA FREDDA. E' regolata allo stesso modo di quella calda, a meno del set point invernale che è impostato per mantenere la temperatura al di sotto dei 23°C.

6.3 Analisi simulazioni

Entrando nella logica del software per capirne le potenzialità, verranno mostrati di seguito i risultati energeticamente più rilevanti che il programma fornisce come output delle simulazioni utilizzate per le analisi. Per fare ciò si partirà dai risultati ottenuti dalla simulazione precedentemente denominata “PROGETTO”, ossia quella in cui le potenze e i profili di progetto sono stati determinati nella fase di dimensionamento degli impianti per poi proseguire con i paragoni dei diversi casi configurati.

6.3.1 Simulazione “Progetto”

Il report dei risultati ha 2 gradi di visualizzazione a seconda della parte dell'impianto a cui si riferiscono:

- Analisi risultati locale, in cui si possono raffigurare tutti i parametri inerenti ai singoli locali separatamente o all'edificio complessivo;
- il sistema HVAC implementato, i relativi componenti impiantistici e condizioni dell'aria in ogni nodo della rete.

6.3.1.1 Analisi risultati locale

Terminata la simulazione vengono mostrate nell'apposito modulo VISTA tutte le variabili relative all'intero volume climatizzato dal generico sistema e/o dall'impianto HVAC appositamente impostato. Da qui è possibile selezionare i locali di interesse per l'analisi e le relative variabili da visualizzare. Il programma fornisce anche dei gruppi di variabili preselezionate suddivise per categorie in modo da permettere una visualizzazione più rapida delle variabili d'interesse. Ovviamente anche il periodo esaminato può essere variato per permettere una lettura più approfondita; è possibile infatti avere una visione d'insieme della variazione di una singola variabile lungo l'intero anno, come circoscrivere tale variazione ad un singolo giorno valutandone l'andamento. Bisogna inoltre sottolineare che trattandosi di un'analisi termica tutti i valori si riferiscono all'energia termica fornita-richiesta dall'aria e/o dagli ambienti. Di seguito si riportano le variabili di interesse per l'analisi specifica di questo caso:

- ApHVAC heating coils load: è la somma dei carichi di riscaldamento di tutte le batterie calde
- ApHVAC steam humidifiers load: è la somma dei carichi termici necessari per l'umidificazione a vapore

- ApHVAC cooling coils total load: è la somma dei carichi di raffrescamento di tutte le batterie fredde compreso il carico latente
- ApHVAC recovered sensible heat: è il calore netto sensibile recuperato dal recuperatore di calore

Tabella 6.3 Energia Termica per la climatizzazione del piano tipo su base annuale

	ApHVAC heating coils load (MWh)	ApHVAC steam humidifiers load (MWh)	ApHVAC cooling coils total load (MWh)	ApHVAC recovered sensible heat (MWh)
Date	piano tipo progetto gfa finale.aps	piano tipo progetto gfa finale.aps	piano tipo progetto gfa finale.aps	piano tipo progetto gfa finale.aps
Jan 01-31	4.1998	3.5478	0.2067	4.5248
Feb 01-28	3.1355	3.8512	0.2749	4.3435
Mar 01-31	1.1497	2.8522	0.8639	2.8708
Apr 01-30	0.3179	2.8820	1.1784	1.3817
May 01-31	0.0000	1.0211	3.1247	0.2895
Jun 01-30	0.0000	0.2492	8.3283	-0.0051
Jul 01-31	0.0000	0.4941	10.6232	-0.1961
Aug 01-31	0.0000	0.0124	8.9465	-0.0684
Sep 01-30	0.0000	0.2935	4.8522	0.2395
Oct 01-31	0.0848	0.1317	1.1855	0.9669
Nov 01-30	1.5637	1.2274	0.3778	3.2215
Dec 01-31	3.5705	3.0305	0.2086	4.2336
Summed total	14.0220	19.5931	40.1708	21.8023

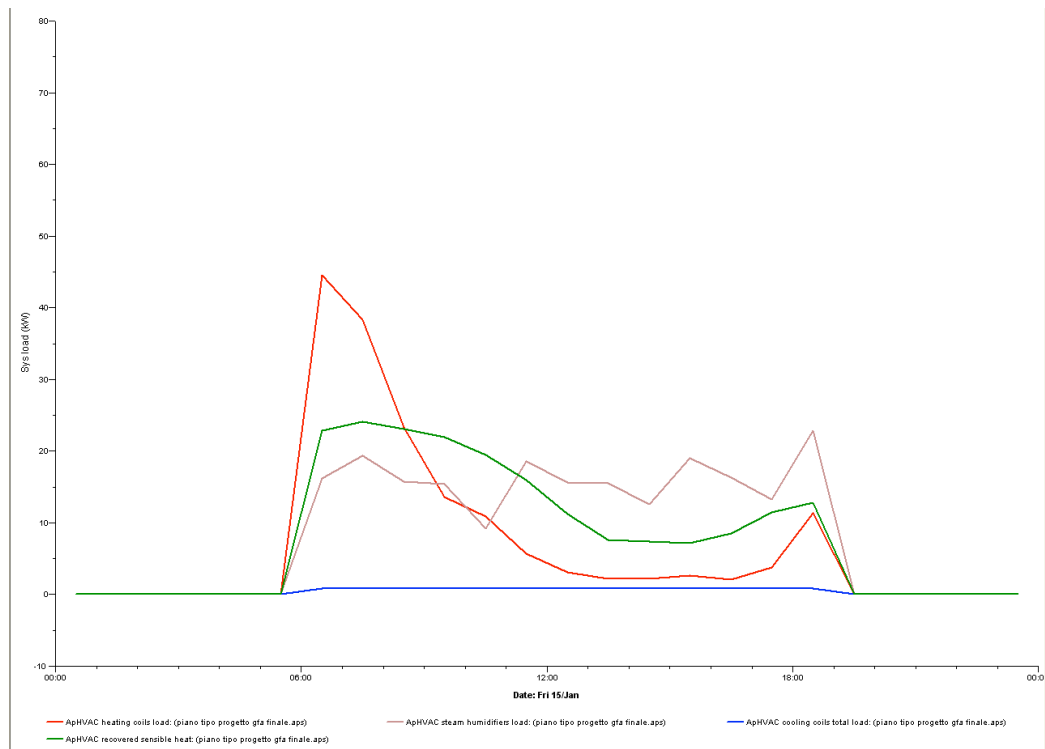


Figura 6.10 Andamento carichi di climatizzazione intero sistema (15 Gennaio)

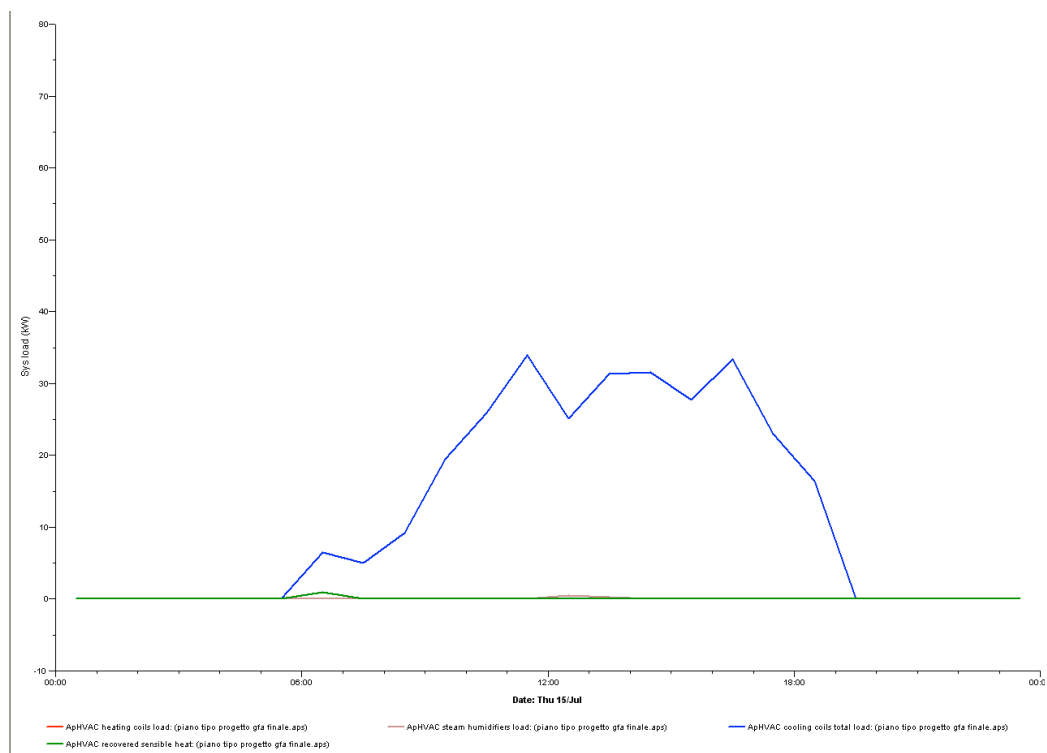


Figura 6.11 Andamento carichi di climatizzazione intero sistema (15 Luglio)

Oltre all'analisi dei carichi totali del volume climatizzato (vedi grafici dei carichi riportati sopra) il software permette di focalizzare lo studio sui singoli locali serviti dall'impianto. A titolo esemplificativo verranno di seguito mostrati i grafici delle variabili d'interesse per il solo locale uffici con esposizione Sud-Est. Come variabili utilizzeremo:

- Air temperature: temperatura dell'aria interna simulata
- Dry bulb temperature: temperatura di bulbo secco dell'aria esterna (da database ASHRAE)
- Set point: temperatura di set poin scelta per il locale esaminato
- People dissatisfied: percentuale di insoddisfatti relativa ai paramentri di abbigliamento e attività svolta scelti dall'utente
- Relative humidity: umidità relativa simulata per l'ambiente scelto
- Space conditioning sensible: calore sensibile, positivo o negativo, fornito al locale. Questo è la somma di due termini: il contributo dell'impianto fan coil e il contributo dell'aria primaria

- Internal Gain: somma dei carichi interni configurati per il locale selezionato
- Solar gain: radiazione solare assorbita dai componenti opachi e finestrati del locale

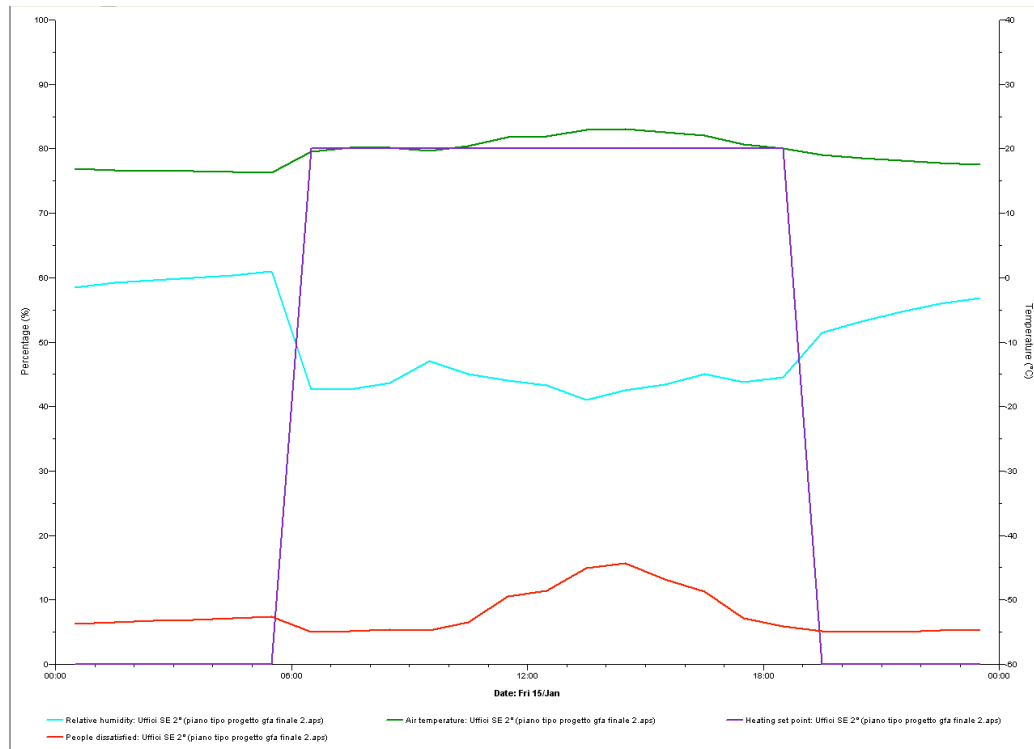


Figura 6.12 Andamento dei parametri di comfort Ufficio SE 2p (15 Gennaio)

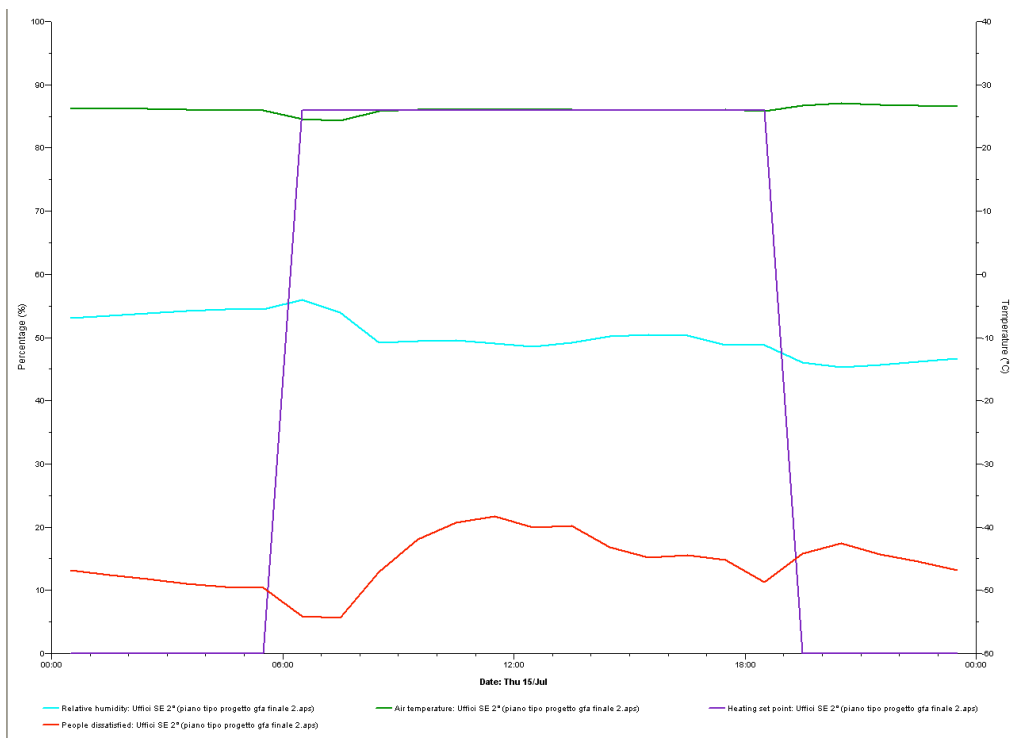


Figura 6.13 Andamento dei parametri di comfort Ufficio SE 2p (15 Luglio)

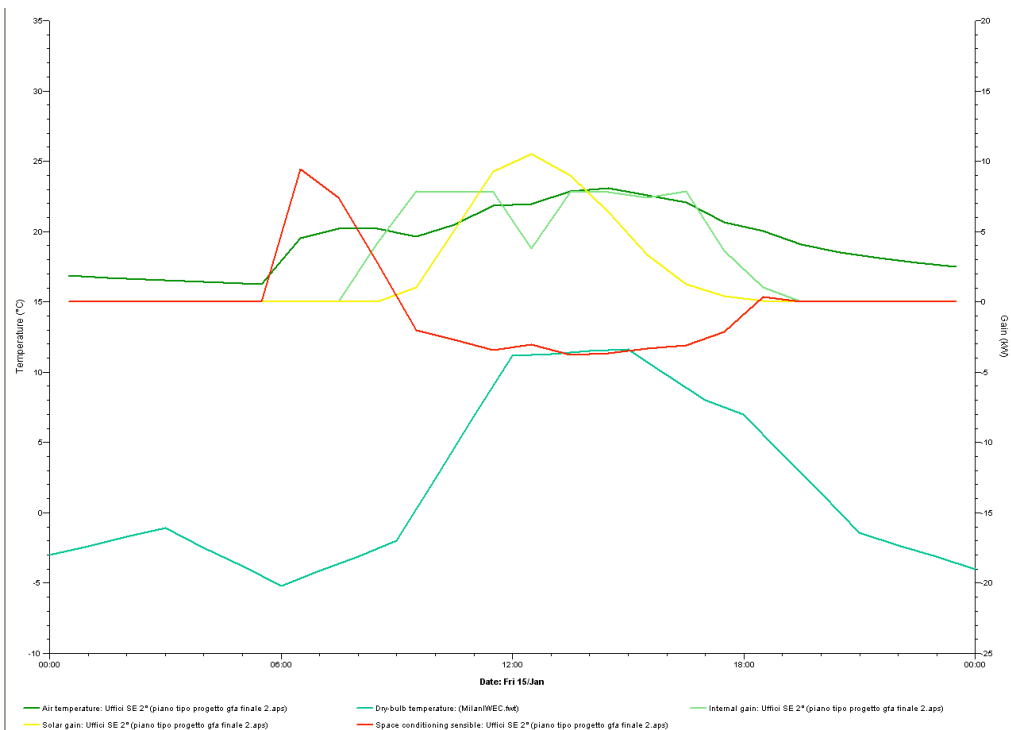


Figura 6.14 Andamento carichi interni e di climatizzazione Ufficio SE 2p (15 Gennaio)

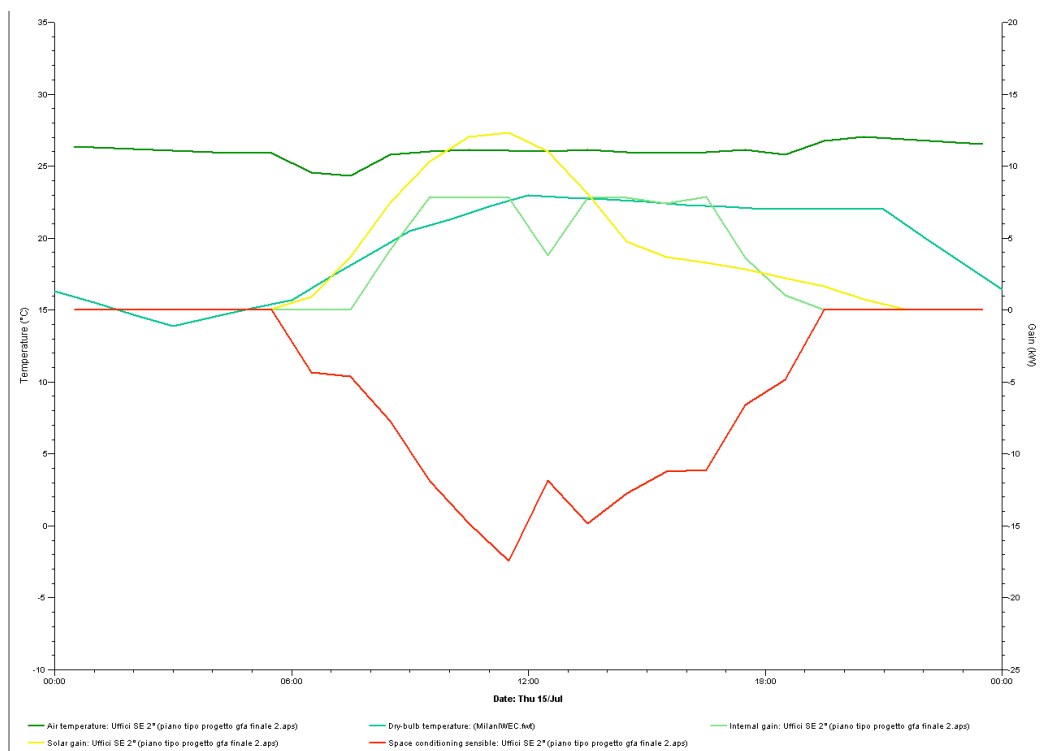


Figura 6.15 Andamento carichi interni e di climatizzazione Ufficio SE 2p (15 Luglio)

6.3.1.2 Analisi risultati impianto HVAC

Il secondo grado di visualizzazione dei risultati consente di fare delle considerazioni più approfondite. L'idea è quella di poter seguire e monitorare passo-passo il trattamento dell'aria in ogni nodo dell'impianto: dall'esterno al recuperatore, dalle batterie dell'UTA fino all'immissione in ambiente, dalle batterie dei fan coil fino all'espulsione. Sono possibili due modalità di controllo: si può scegliere di monitorare le caratteristiche termoigrometriche dell'aria (temperatura, portata, umidità, ecc) oppure l'energia termica fornita all'aria dai componenti nelle varie trasformazioni.

Sempre per il locale uffici Sud-Est, plottiamo l'andamento dei principali parametri dell'aria nei componenti dell'UTA e nei Fan Coils per un giorno "tipo" invernale e uno estivo. Le variabili da monitorare nei vari nodi sono le seguenti:

- Air temperature
- Volume flow

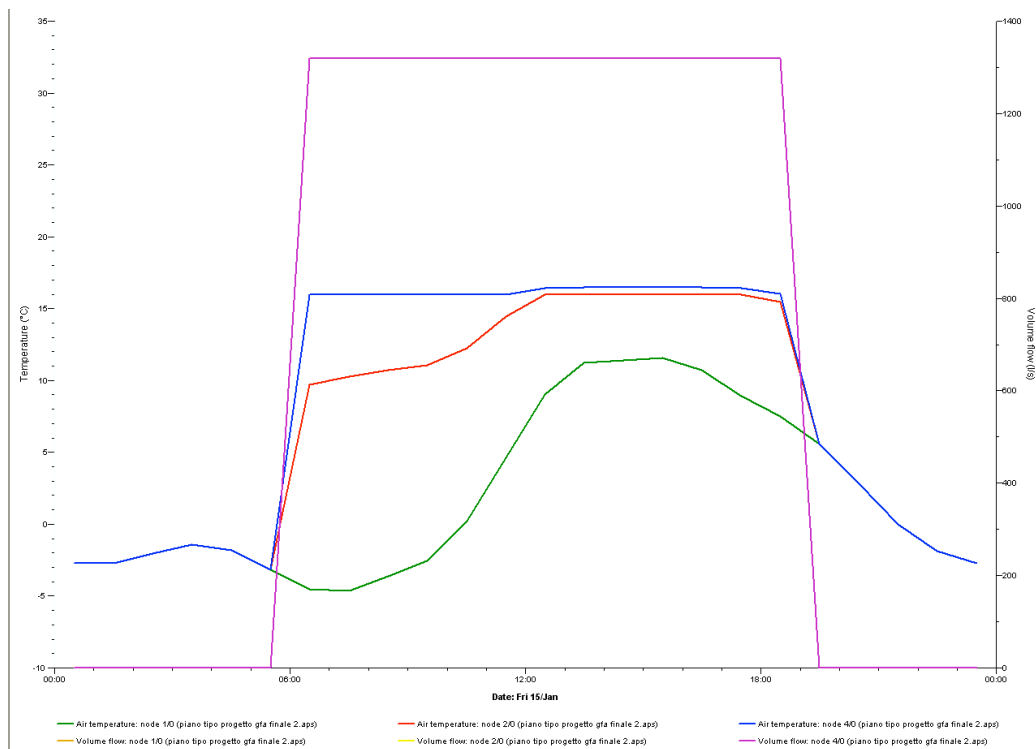


Figura 6.16 Andamento Temperatura dell'AP nell'UTA (15 Gennaio)

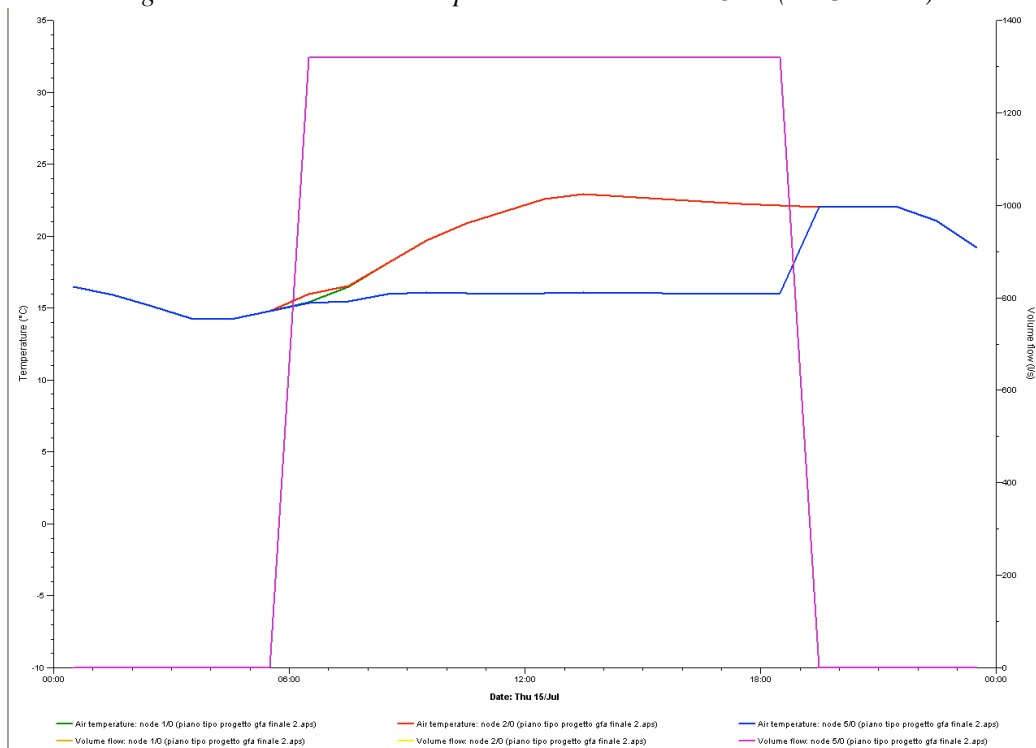


Figura 6.17 Andamento Temperatura dell'AP nell'UTA (15 Luglio)

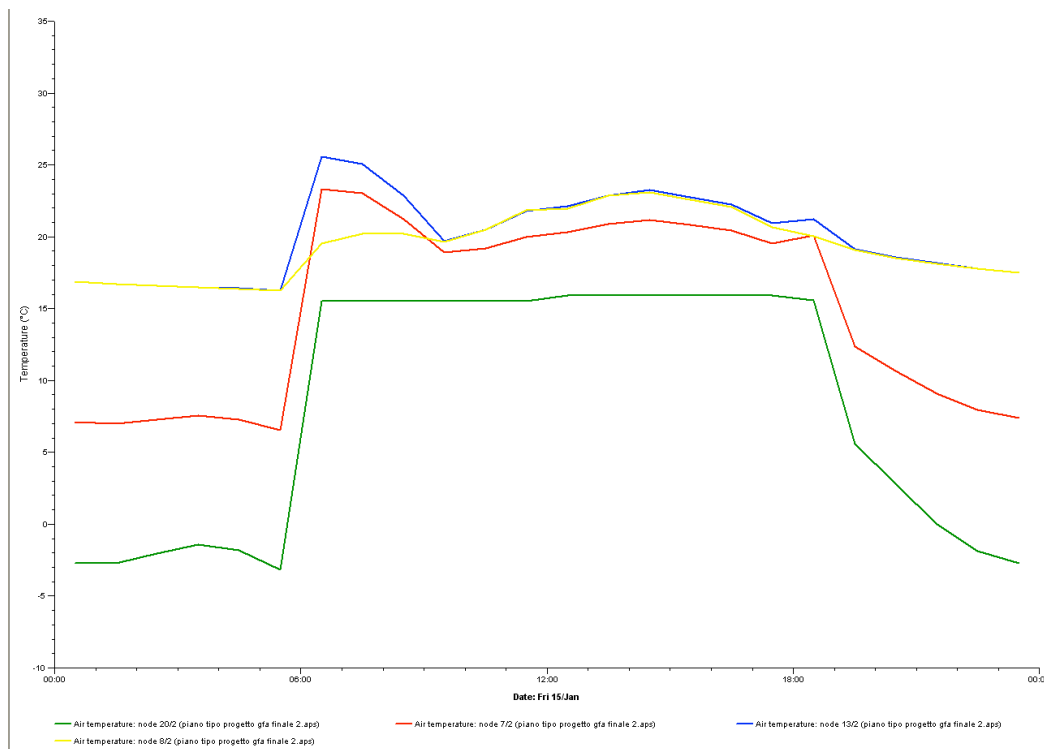


Figura 6.18 Andamento Temperatura dell'aria nei FC (15 Gennaio)

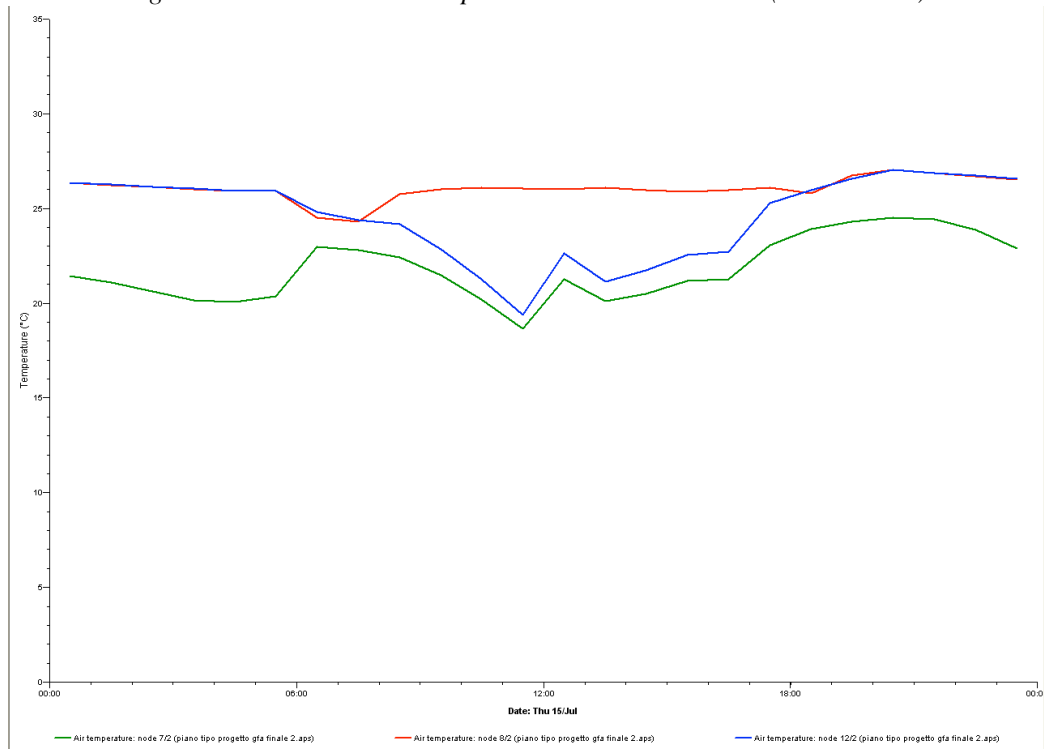


Figura 6.19 Andamento Temperatura dell'aria nei FC (15 Luglio)

È da notare in fig. 6.18 che la temperatura nei nodi ad impianto spento non è costante; nel nodo 20 (vedi fig. 6.9), essendo il punto in cui l'aria trattata dall'UTA si miscela con quella trattata dai fan-coil, quando l'impianto non è funzionante la temperatura si porta ad un valore dato dalla media tra temperatura esterna e temperatura ambiente.

La seconda modalità di visualizzazione, ossia quella “per componente” è invece interessante per monitorare le energie fornite all'aria nei vari step di trattamento previsti. Infatti è da questa sezione che vengono presi i dati dei consumi energetici utilizzati nei successivi paragoni in quanto questa consente di selezionare separatamente i fan coils operanti nei vari locali.

Come variabile si usa il Total Q addition/removal, che può inoltre essere suddiviso nelle due componenti (sensibile e latente) a seconda delle necessità.

Come prima si riportano di seguito i due casi (invernale ed estivo) separando i carichi forniti dalle batterie dell'UTA da quelli forniti dai Fan Coils.

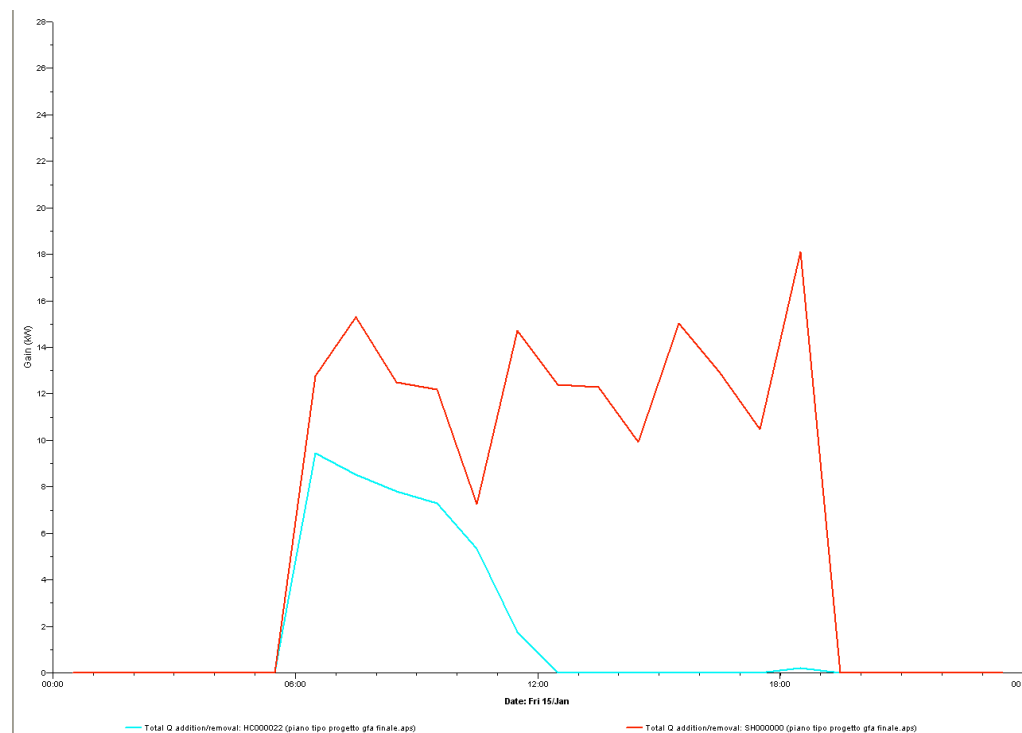


Figura 6.20 Potenza ceduta all'aria dalla batteria calda e dall'umidificatore nell'UTA (15 Gennaio)

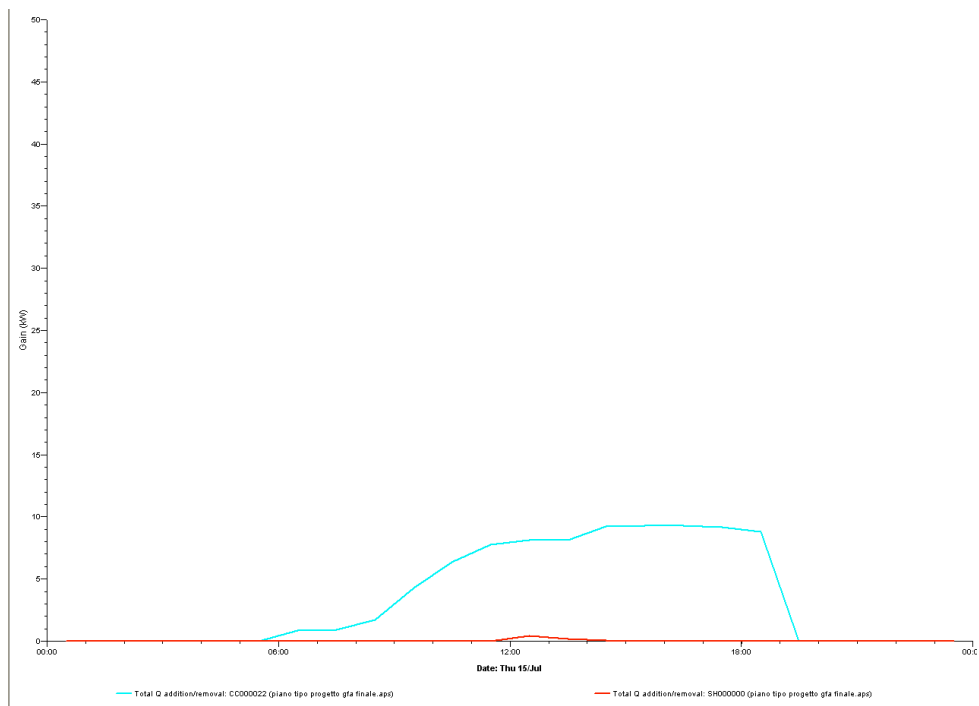


Figura 6.21 Andamento Potenza ceduta all'aria dalla batterie fredda e dall'umidificatore nell'UTA (15 Luglio)

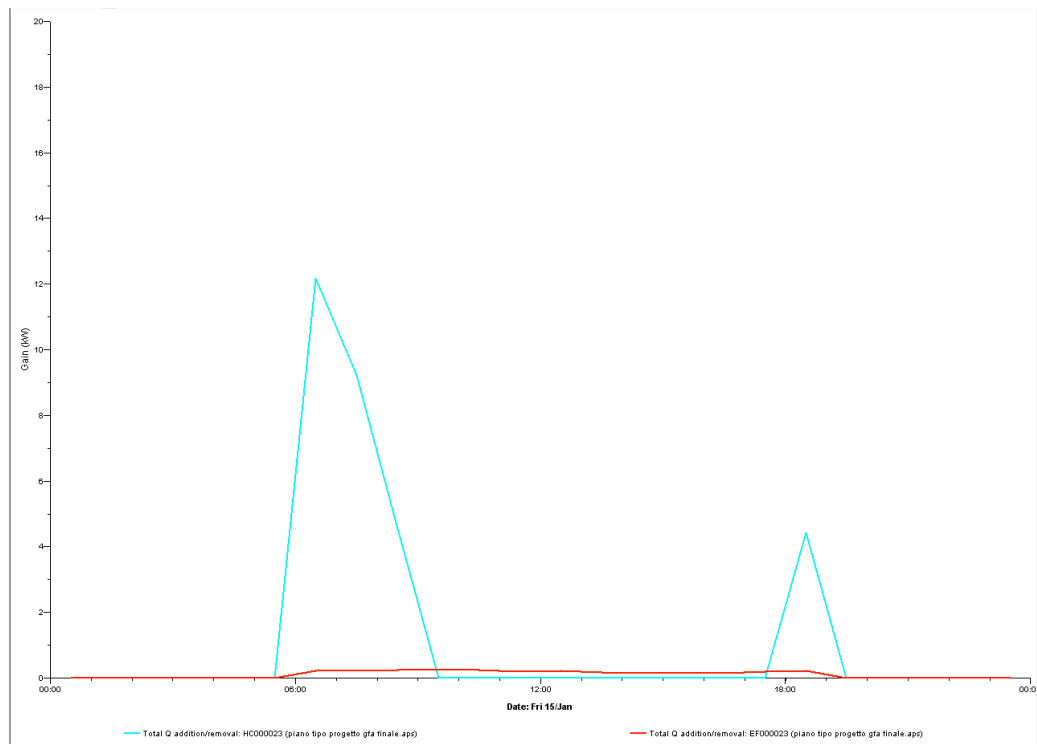


Figura 6.22 Potenza ceduta all'aria dalle batterie dei FC (15 Gennaio)

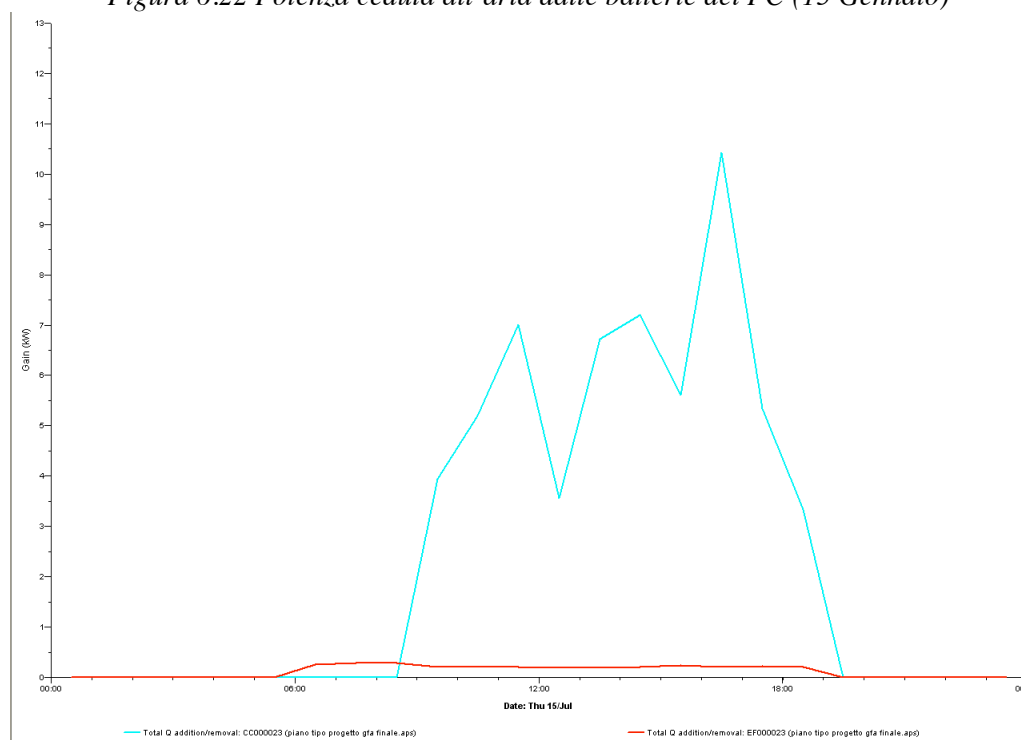


Figura 6.23 Potenza ceduta all'aria dalle batterie dei FC (15 Luglio)

Mostrati i principali risultati ottenibili con l'ausilio del software utilizzato, si passa ora alle analisi impostate per la valutazione dell'utilità ed affidabilità di questo strumento.

6.3.2 Utilizzo delle simulazioni nella progettazione

Il software in esame permette all'utente sia di variare le caratteristiche strutturali dei componenti del modello, sia di inserire profili di carico rispondenti alle esigenze del progettista. Il programma consente quindi un duplice confronto tra le simulazioni effettuate: un primo livello in cui si studia l'efficienza di un componente fisico e un secondo livello in cui il progettista inserisce i vari profili dettati dall'esperienza, da considerazioni personali in base alla destinazione d'uso del locale da servire o da manuali tecnici specifici. Si andrà quindi ora a paragonare varie simulazioni effettuate variando i dati in ingresso e le condizioni al contorno, terminando la trattazione con un confronto tra il software IES e il programma di certificazione CENED fornito dalla regione Lombardia.

In particolare le simulazioni sono state svolte per analizzare:

- Influenza dei carichi interni
- Influenza vetri
- Confronto con CENED

6.3.2.1 Influenza carichi interni

L'obiettivo di questa analisi è cercare di capire come la variazione dei carichi interni e dei loro profili di utilizzo influenzano i consumi in termini di energia termica fornita al piano tipo.

Di seguito sono riportati i carichi totali (caldo e freddo) dell'energia fornita all'aria dalle batterie, suddivisi per locale per le tre simulazioni precedentemente descritte.

Tabella 6.4 Energia Termica per la climatizzazione: batterie calde (tutti i valori sono espressi in MWh)

	UTA C	FC UF.NO C	FC UF.SE C	FC SR.NE C	FC SR.SO C	FC SB.SO C	FC BA.NE C
ASHRAE	2,3718	0,8237	0,7755	0,0909	0,0938	2,2548	2,1143
PROGETTO	3,2176	2,9514	2,6304	0,2735	0,3085	1,0102	2,8042
VAR. PROGETTO	3,1111	1,2621	1,0962	0,2195	0,2646	0,9901	2,7785

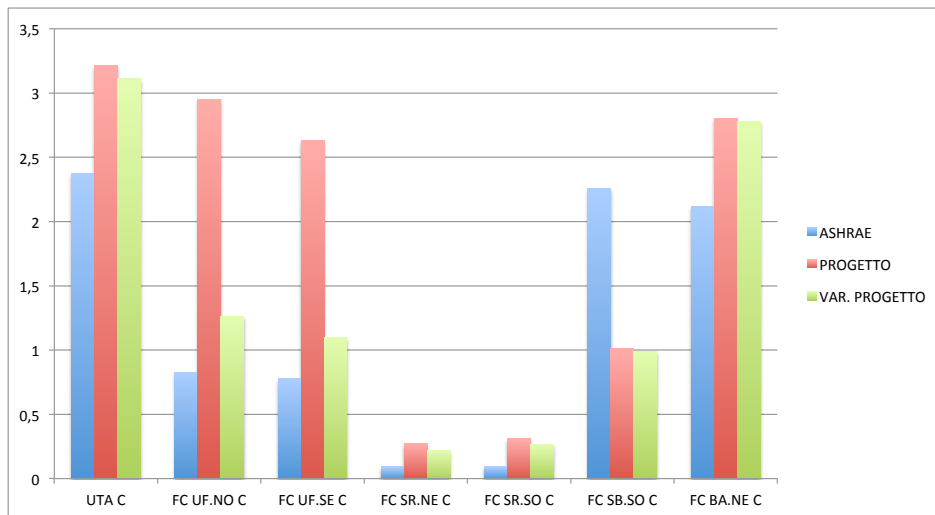


Figura 6.24 Comparazione energia termica richiesta alle batterie AC al variare dei carichi interni (valori in MWh)

Tabella 6.5 Energia Termica per la climatizzazione: batterie fredde calde (tutti i valori sono espressi in MWh)

	UTA F	FC UF.NO F	FC UF.SE F	FC SR.NE F	FC SR.SO F	FC SB.SO F	FC BA.NE F
ASHRAE	19,0911	13,5171	17,6949	1,3787	1,3526	4,1992	4,6415
PROGETTO	19,0021	5,5801	8,9607	1,0636	0,9831	5,7168	3,3604
VAR. PROGETTO	19,0268	7,5223	11,0993	0,2748	0,2213	5,7643	3,3954

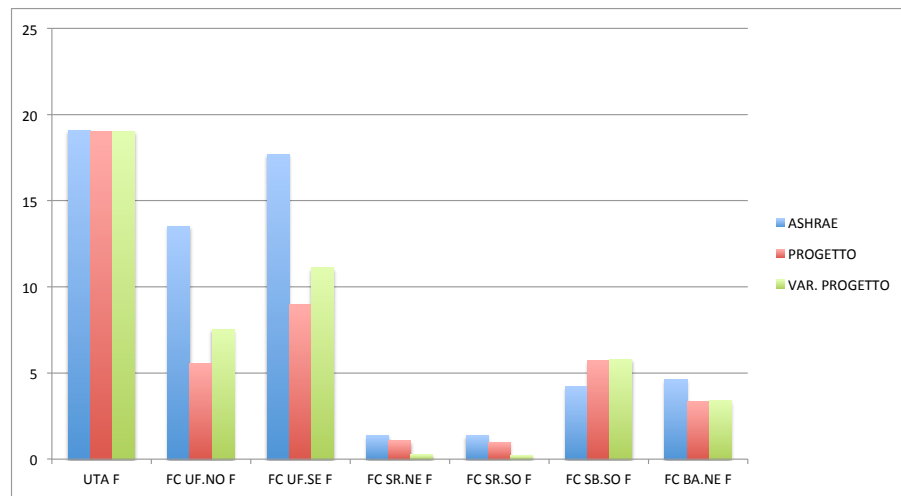


Figura 6.25 Comparazione energia termica richiesta alle batterie AF al variare dei carichi interni (tutti i valori sono espressi in MWh)

Tabella 6.6 Energia Termica recuperata (tutti i valori sono espressi in MWh)

	REC
ASHRAE	22,8962
PROGETTO	21,8335
VAR. PROGETTO	21,9777

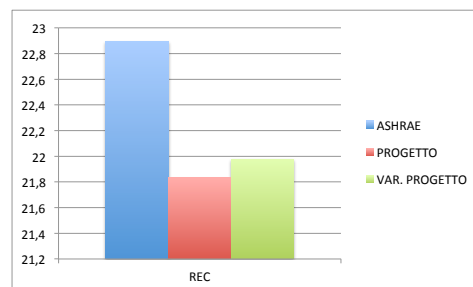


Figura 6.26 Comparazione energia termica recuperata al variare dei carichi interni (tutti i valori sono espressi in MWh)

Dall'analisi si nota che:

- **ARIA PRIMARIA:** l'aria è proporzionata in base al numero di persone, ma questo è costante. Di conseguenza i carichi necessari a portare l'aria nelle condizioni di immissione sono pressoché gli stessi, restando invariata anche la temperatura di ingresso. Unica variazione si ha sulla batteria calda della simulazione coi profili ASHRAE (75% rispetto alla simulazione Ashrae). Il dato non deve trarre in inganno in quanto la differenza è data dal maggiore guadagno da parte del recuperatore di calore;
- **UFFICI:** questi due locali sono sicuramente i più interessanti in quanto si ha la possibilità di variare: persone, pc e luci. Per questo motivo la loro trattazione sarà svolta più accuratamente in seguito;
- **SALE RIUNIONI:** in questi locali l'unica variazione attuabile tra i profili è sulla potenza dei pc e relativi tempi di utilizzo, quindi non ci si aspetterebbero grandi differenze. In realtà i grafici sopra sconfessano le premesse quindi anche per queste zone si rimanda alle prossime pagine la trattazione;
- **SBARCO e BREAK AREA:** i carichi calcolati con i profili utilizzati nelle simulazioni "progetto" e "progetto modificato" sono praticamente uguali. Nella simulazione con i profili ASHRAE invece i valori dei carichi si discostano dagli altri due (80% il caldo e 150% il freddo). Ad ogni modo queste due zone sono poco interessanti in quanto non essendo occupate, i carichi interni non hanno molte combinazioni differenti da studiare;

Fatta una panoramica generale sulle variazioni dei carichi di climatizzazione del piano tipo al variare dei carichi interni concentriamo ora l'attenzione sui locali con più gradi di libertà: UFFICI e SALE RIUNIONI

UFFICI:

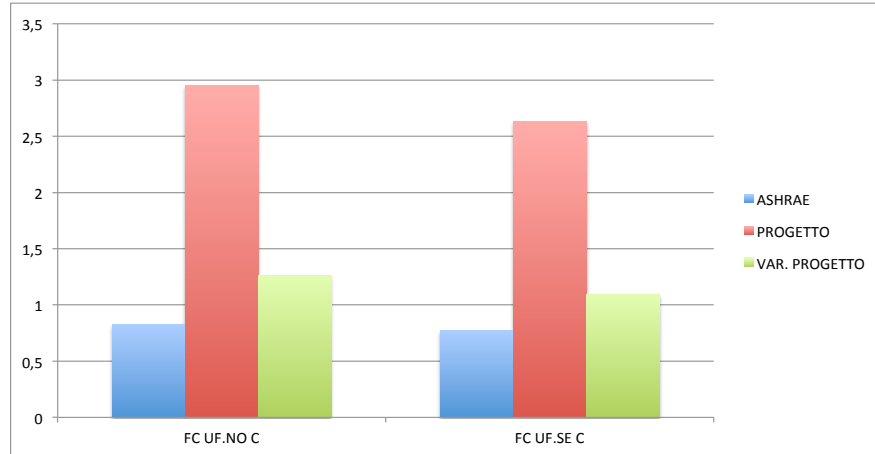


Figura 6.27 Comparazione energia termica batterie calde FC UFFICI al variare dei carichi interni (tutti i valori sono espressi in MWh)

Come si vede dal grafico sovrastante, la simulazione con i profili di “progetto” richiede un carico di riscaldamento circa tre volte superiore agli altri due nonostante abbia al suo interno una potenza ipotizzata per singolo pc pari a 150 W (contro i 90 W della terza simulazione). Questa apparente incoerenza è dovuta al fatto che i profili di utilizzo dei pc nelle due diverse simulazioni sono completamente diversi, e per la precisione il profilo di utilizzo stimato dal “*Review of Computer Energy Consumption and Potential Savings*” e utilizzato nella 3°, prevede un utilizzo del 100% della potenza dei pc per tutto l’orario lavorativo mentre le stime dello Studio Ariatta correlano l’utilizzo dei pc col profilo occupazionale degli uffici stessi. Quindi anche se la potenza di picco è superiore, l’energia ceduta dai pc è inferiore rispetto alla simulazione “variazione progetto” perché funzionanti per un numero minore di ore, e di conseguenza la batteria calda dovrà fornire un carico superiore per mantenere le condizioni interne.

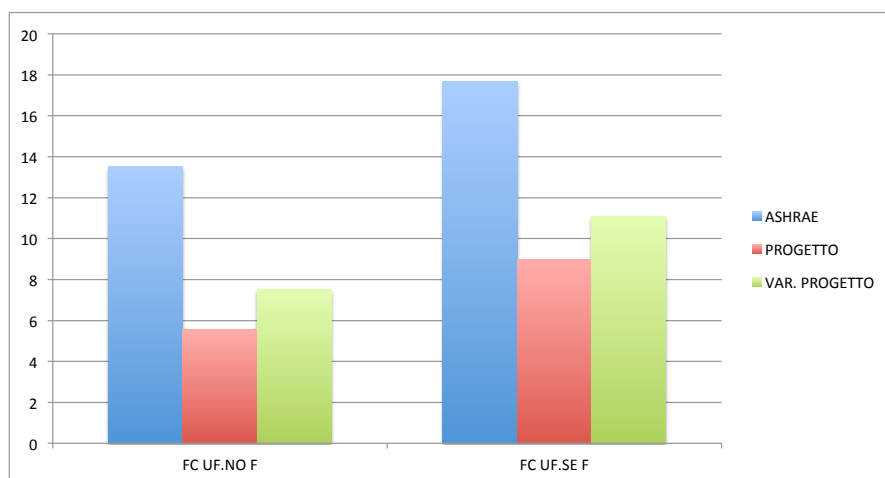


Figura 6.28 Comparazione energia termica batterie fredde FC UFFICI al variare dei carichi interni (tutti i valori sono espressi in MWh)

Nel caso della batteria fredda invece si nota subito come il carico risultante dai profili ASHRAE non sia paragonabile con le due configurazioni stimate in fase progettuale. Come nel caso precedente la differenza tra i due uffici è data dalla diversa esposizione che porta ad avere valori di apporti solari differenti.

SALE RIUNIONI:

queste sono caratterizzate da una forte densità occupazionale che i profili ASHRAE non rappresentano correttamente. Per quanto riguarda gli altri due casi invece le variazioni sono modeste (nell'ordine del 20%).

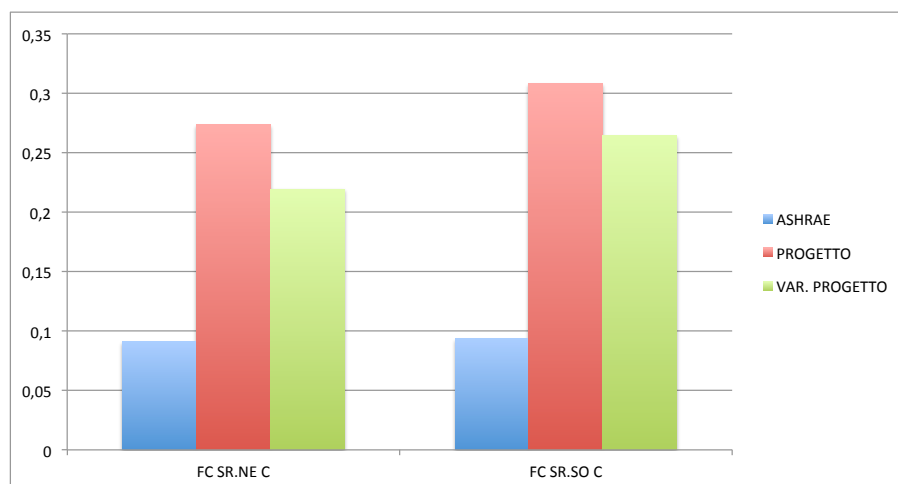


Figura 6.29 Comparazione energia termica batterie calde FC SALE RIUNIONI al variare dei carichi interni (tutti i valori sono espressi in MWh)

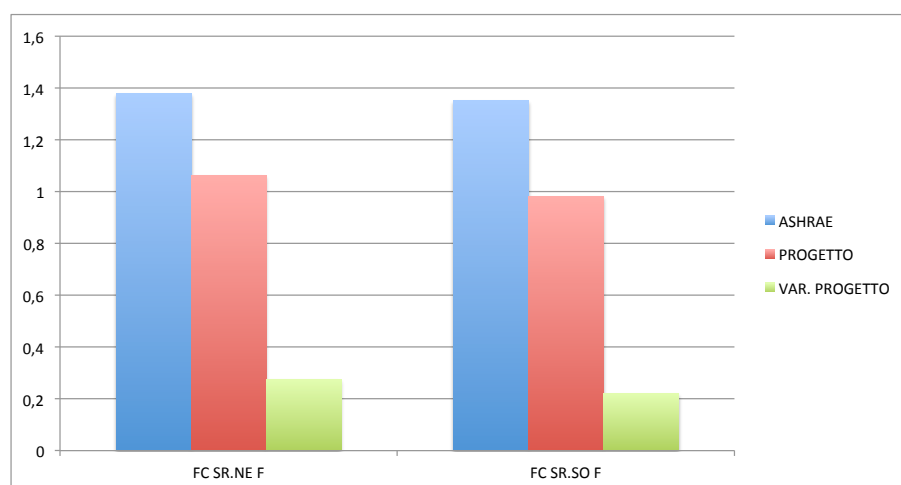


Figura 6.30 Comparazione energia termica batterie fredde FC SALE RIUNIONI al variare dei carichi interni (tutti i valori sono espressi in MWh)

Va sottolineato il fatto che la simulazione coi profili GFA ha sia il carico della batteria calda che quello della batteria fredda superiore a quelli della simulazione coi profili modificati. Questo si spiega ricordando che l'AP è immessa a punto fisso di 16°C. Essendo sottoraffreddata infatti l'aria contribuisce ad abbattere i carichi termici positivi. In particolare, come mostrato nei grafici seguenti, nella simulazione coi profili di progetto modificati questa basta a dare un apporto sufficiente a ridurre la potenza richiesta alla batteria fredda dei fan coil arrivando ad annullarla nelle mezze stagioni. La differenza sulla batteria calda è invece meno rilevante e si spiega semplicemente constatando che le potenze di picco richieste alle batteria sono paragonabili, ma nel caso dei profili di progetto la potenza dei notebook non è prevista sempre al 100% come invece si presume coi profili stimati all'interno del documento "Review of Computer Energy Consumption and Potential Savings". Questo comporta la richiesta d'intervento delle batterie calde anche nelle prime ore delle mattine delle mezze stagioni causando la leggera differenza delle energie totali consumate. (vedi figure seguenti)

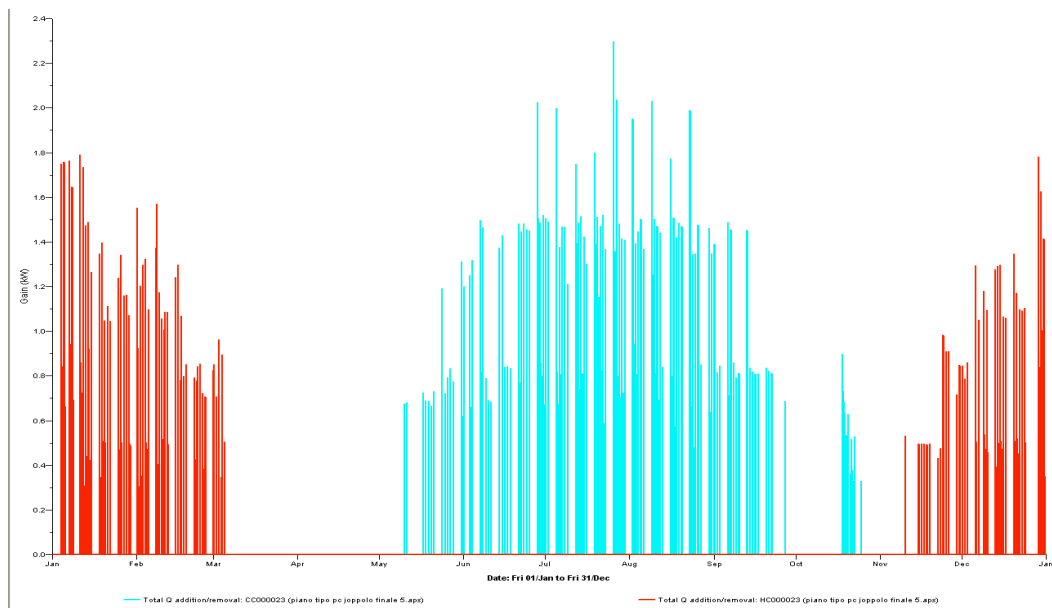


Figura 6.31 Simulazione PROGETTO MOD: Energia richiesta alle batterie dei FC SALE RIUNIONI

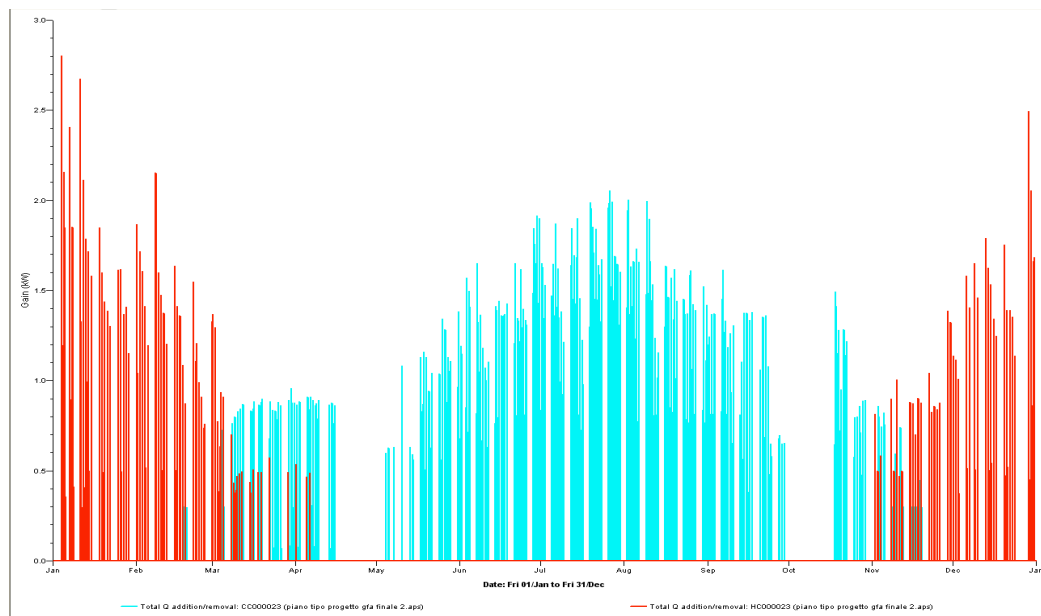


Figura 6.32 Simulazione PROGETTO: Energia richiesta alle batterie dei FC SALE RIUNIONI

6.3.2.2 Influenza vetri

Tra le molteplici possibilità che questo programma mette a disposizione del progettista vi è quella di poter confrontare le prestazioni delle strutture componenti il modello. In questo caso ad esempio si è scelto di confrontare le prestazioni dei vetri di progetto scelti per le zone uffici con dei vetri aventi le prestazioni minime disposte dalle norme redatte dalla regione Lombardia. In particolare il triplo vetro basso emissivo di progetto è stato sostituito con un doppio vetro standard avente trasmittanza $2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, fattore solare $0,73$ e tenda parasole esterna che entra in funzione quando un sensore esterno rileva una radiazione incidente sulla parete finestrata superiore a 100 W/m^2 abbattendola di un fattore $0,41$, raggiungendo quindi il limite di legge che impone la riduzione del 70% dell'irradiazione solare massima durante il periodo estivo e contestualmente garantire un utilizzo ottimale dell'irradiazione durante il periodo invernale.

Di seguito riportiamo i valori dei carichi solari simulati al variare dei giorni dell'anno e le relative temperature ambiente e carichi termici richiesti, per la zona uffici con esposizione Sud-Est.

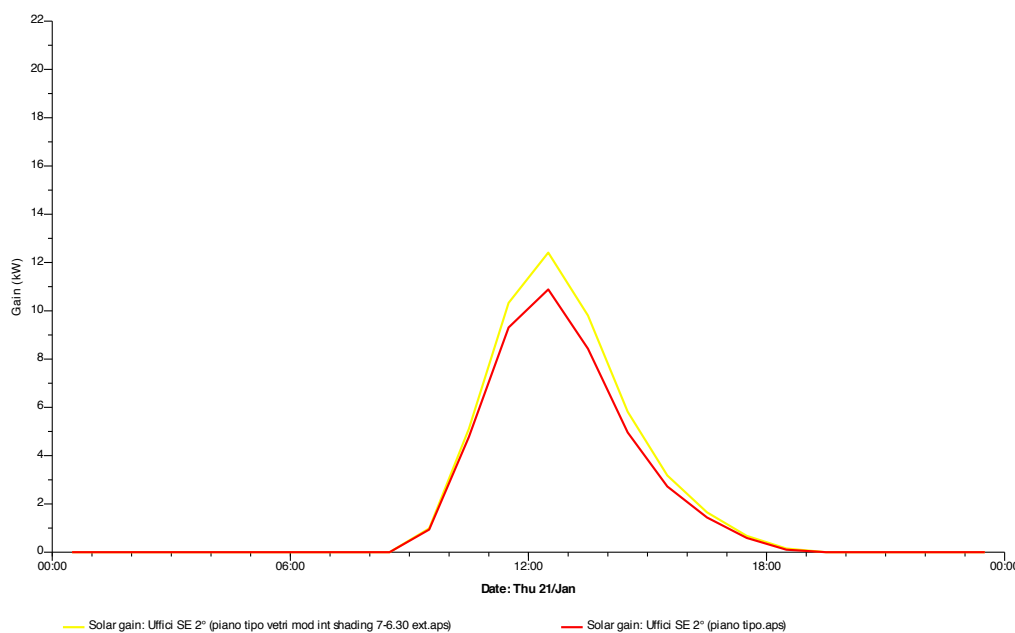


Figura 6.33 Guadagni Solari al variare del vetro: Ufficio SE, 21 Gennaio

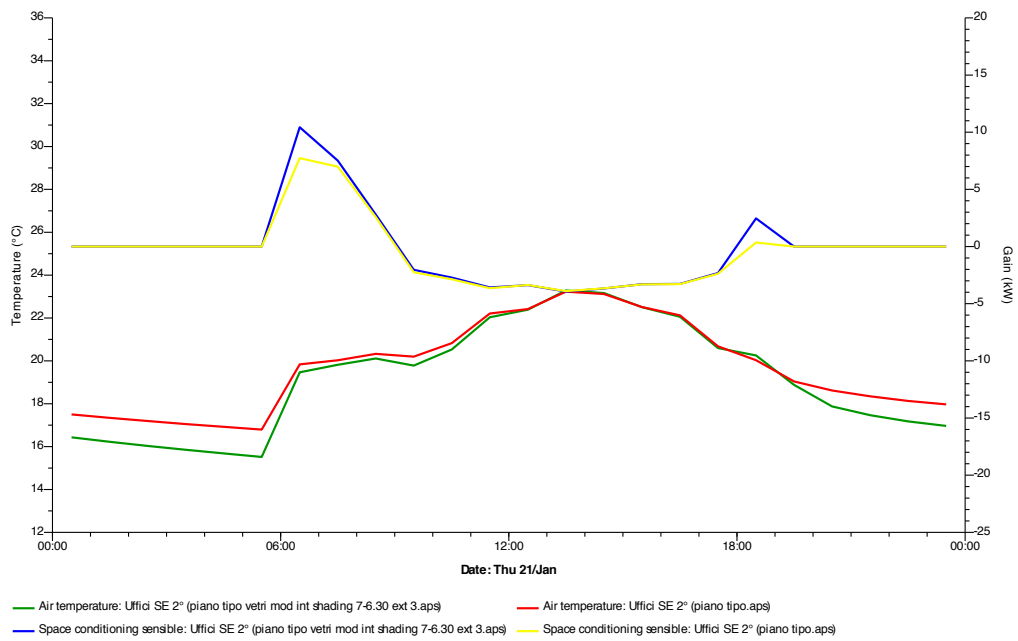


Figura 6.34 Temperatura Ambiente e Carico di Climatizzazione al variare del vetro: Ufficio SE, 21 Gennaio

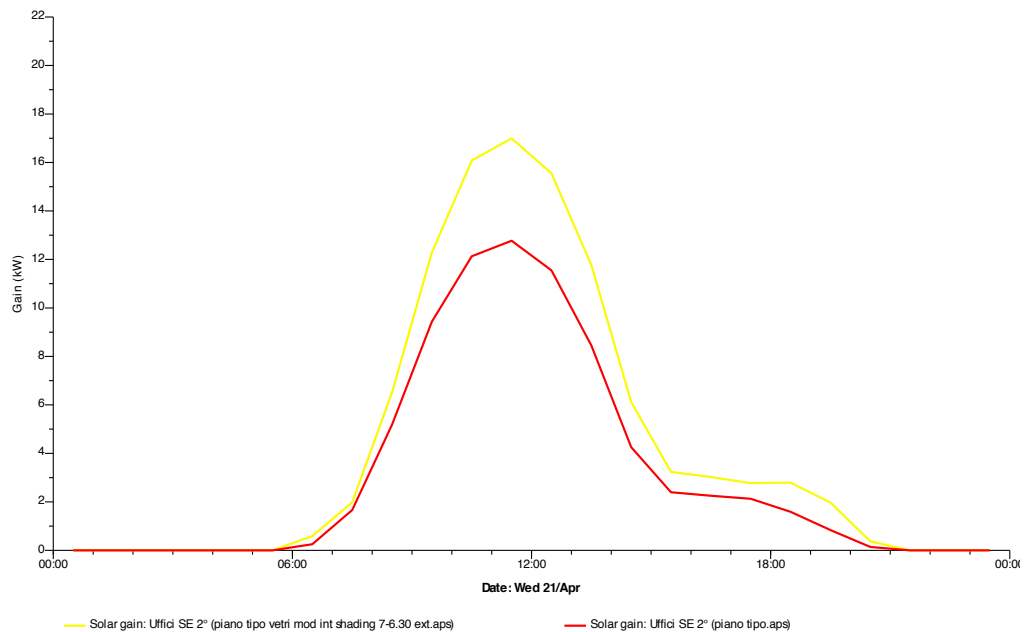


Figura 6.35 Guadagni Solari al variare del vetro: Ufficio SE, 21 Aprile

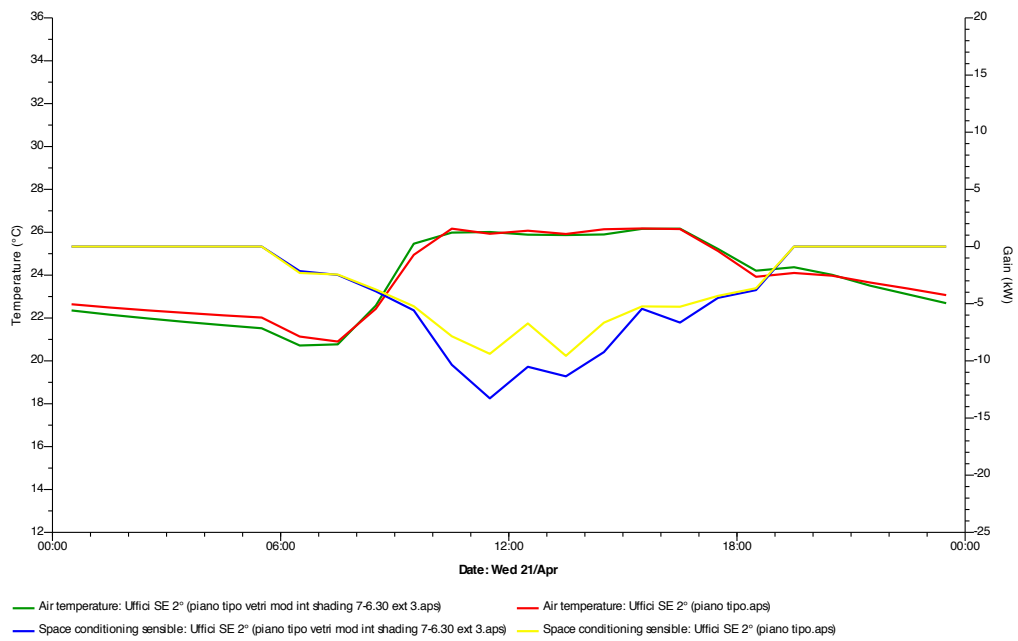


Figura 6.36 Temperatura Ambiente e Carico di Climatizzazione al variare del vetro: Ufficio SE, 21 Aprile

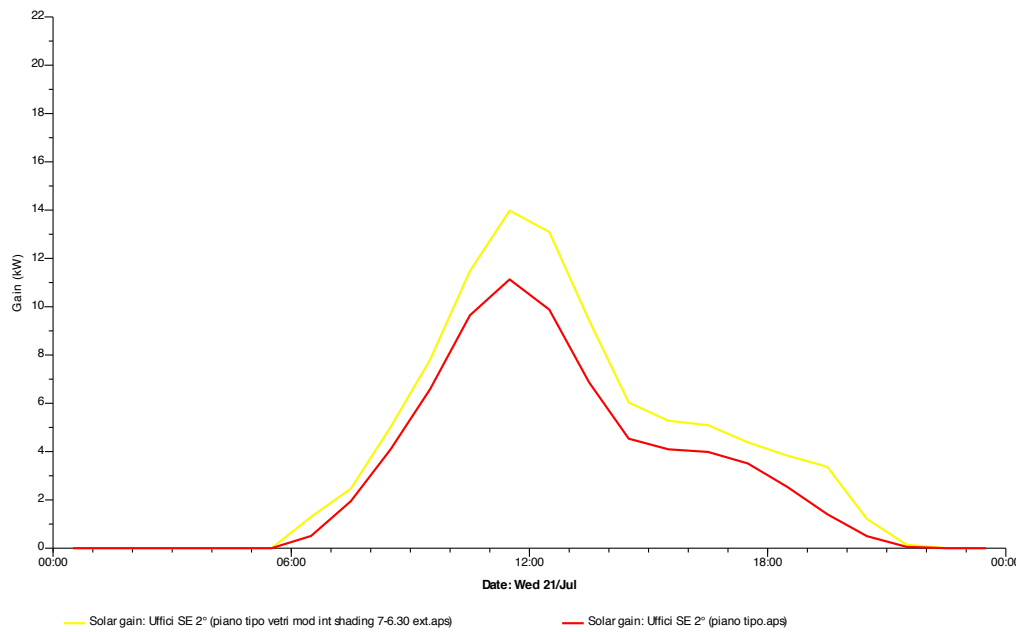


Figura 6.37 Guadagni Solari al variare del vetro: Ufficio SE, 21 Luglio

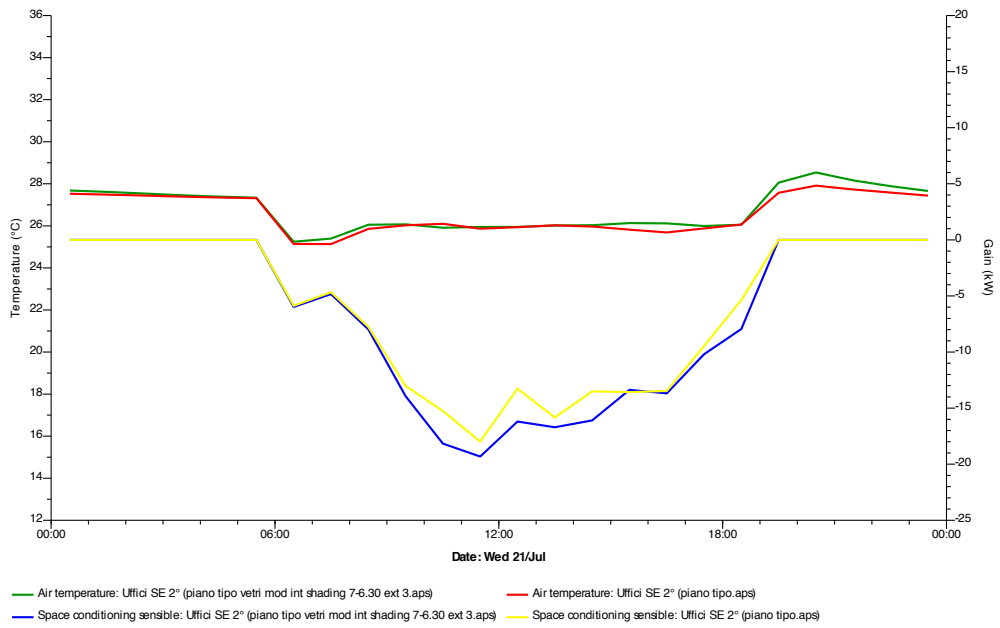


Figura 6.38 Temperatura Ambiente e Carico di Climatizzazione al variare del vetro: Ufficio SE, 21 Luglio

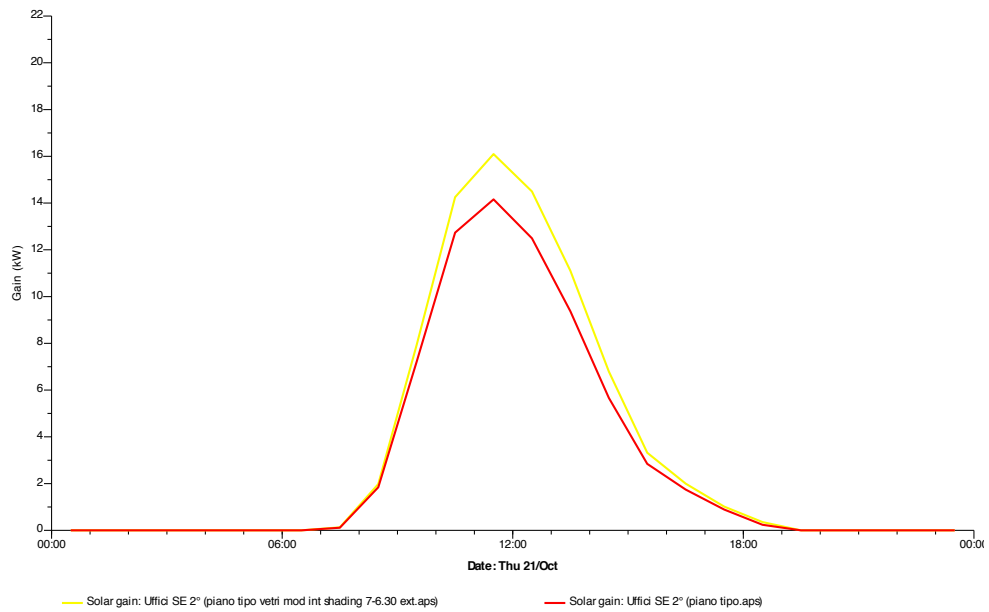


Figura 6.39 Guadagni Solari al variare del vetro: Ufficio SE, 21 Ottobre

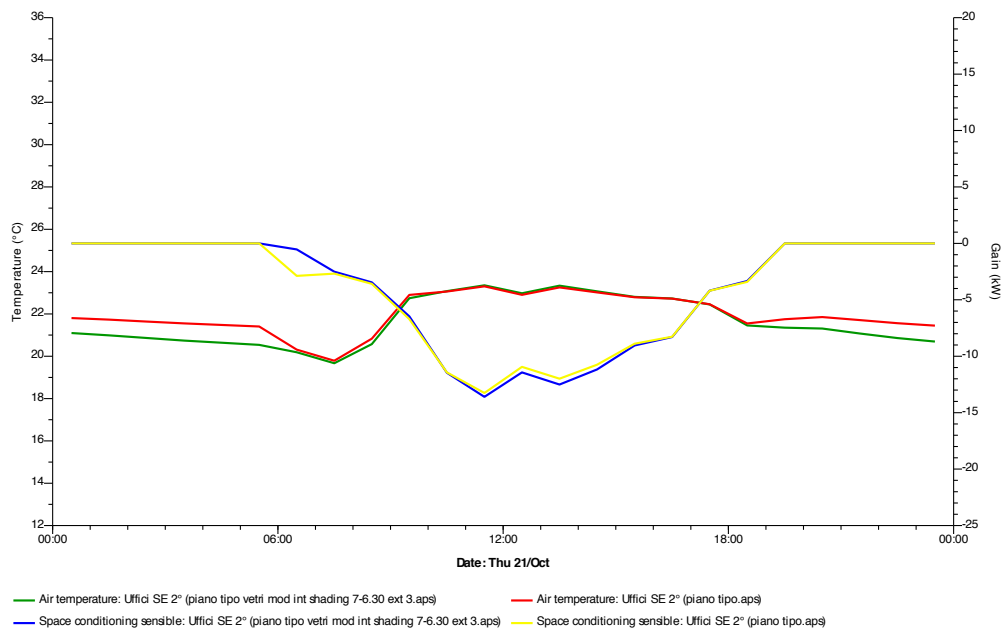


Figura 6.40 Temperatura Ambiente e Carico di Climatizzazione al variare del vetro: Ufficio SE, 21 Ottobre

Dai grafici precedenti si può notare come in base alla tipologia di vetro scelto cambino i carichi solari e quindi i valori di temperatura interna e del carico di climatizzazione. In particolare per la temperatura interna bisogna distinguere tra l'effetto dovuto alle diverse caratteristiche di selettività dei vetri e quello dato dalla maggiore trasmittanza. Infatti risulta evidente come nel caso con vetro doppio la temperatura interna sia sempre più bassa nelle ore mattutine delle stagioni fredde in quanto una maggiore trasmittanza inevitabilmente comporta dispersioni attraverso l'involucro superiori. La stessa considerazione si riporta anche per i carichi solari in quanto dalle figure si evince che il carico solare penetrante nel locale è sempre superiore nel caso di vetro doppio con schermatura esterna, specialmente nelle mezze stagioni.

La tabella seguente mostra i carichi dei fan coil per entrambe le scelte progettuali:

Tabella 6.7 Energia Spesa per la Climatizzazione: Fan Coils Ufficio SE (tutti i valori sono espressi in MWh)

Date	VETRI 2,2 + SCHERMATURA		VETRI PROGETTO	
	CALDO MWh	FREDDO MWh	CALDO MWh	FREDDO MWh
Jan 01-31	0,9074	0,0231	0,7607	0,0092
Feb 01-28	0,6771	0,126	0,5493	0,0657
Mar 01-31	0,3111	0,5317	0,2435	0,3936
Apr 01-30	0,1007	0,5657	0,0749	0,3662
May 01-31	0	1,0935	0	0,8188
Jun 01-30	0	1,8208	0	1,4935
Jul 01-31	0	2,5732	0	2,1374
Aug 01-31	0	2,1882	0	1,8927
Sep 01-30	0	1,3136	0	1,1554
Oct 01-31	0,0445	0,4471	0,0273	0,4188
Nov 01-30	0,4268	0,1462	0,3165	0,1159
Dec 01-31	0,804	0,0032	0,6609	0
Summed total	3,2715	10,8324	2,633	8,867
kWh/m2	11,015	36,473	8,865	29,855

In conclusione si nota come le simulazioni supportino la precedente scelta progettuale di adottare un triplo vetro basso emissivo piuttosto del vetro base imposto dalla vigente normativa energetica della Regione Lombardia in ragione al fatto che i fan coils devono cedere all'aria un carico termico e frigorifero inferiore.

6.3.2.3 IES VE-Pro vs CENED

Come verifica finale si è provato a paragonare i risultati forniti dal software di certificazione CENED della regione Lombardia con quelli forniti dal software IES VE-Pro. Per tale paragone sono state apportate alcune modifiche al modello simulato in modo da rendere più verosimile il confronto. In particolare è stato tolto il dettaglio dell'impianto HVAC, ossia la simulazione del sistema AP+FC realmente presente per la climatizzazione degli ambienti, in quanto il procedimento CENED non prevede un impianto specifico.

Oltre alla sopra citata simulazione "CENED GFA" sono state svolte due ulteriori prove in cui sono stati variati i soli carichi interni e sostituiti con quelli previsti dal procedimento CENED, ovvero 6 W/m² complessivi. Le due simulazioni differiscono per il valore dell'umidità relativa: nel primo caso il

valore di UR di set point fisso a 50% (caso CENED), mentre nel secondo il set point dell'UR è compreso tra 35 e 55%.

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva dei risultati ottenuti:

Tabella 6.8 Comparazione simulazioni su base CENED

	CENED			CENED GFA			
	CALDO	FRED+DE	C.I.	CALDO	UMID.	FRED+DE	C.I.
MWh	-	-	-	1457,9	235,5	-	-
MWh	2612,0	1543,1	-	1693,4		1697,4	2654,0
kWh/mc	11,07	6,54	0	10,27		10,30	16,10
	0%	0%		-7%		57%	

	CENED IES UR 50%				CENED IES UR 35-55%			
	CALDO	UMID.	FRED+DE	C.I.	CALDO	UMID.	FRED+DE	C.I.
MWh	3171,8	1963,2	-	-	3173,3	712,6	-	-
MWh	5135,1		1337,6	2113,5	3885,8		1097,5	2113,5
kWh/mc	31,15		8,11	12,82	23,57		6,66	12,82
	181%		24%		113%		2%	

Facendo riferimento ai kWh/m³ necessari per la climatizzazione si può subito notare come i valori ottenuti siano completamente diversi. Prendendo ad esempio i valori CENED e i risultati ottenuti attraverso il software IES per il caso CENED si nota che il secondo calcola un fabbisogno di riscaldamento circa triplo rispetto al primo, mentre sul lato raffrescamento le differenze sono limitate ad un 24%. Confrontando invece i valori del CENED con la simulazione contenente i carichi di progetto si riscontra una buona approssimazione sui carichi per il riscaldamento mentre sul lato raffrescamento il CENED sottostima del 60% l'energia necessaria.

In conclusione potremmo dire che vi è abbastanza corrispondenza tra i valori ottenuti. Ciò nonostante, per accertare con maggior sicurezza la validità dei risultati ottenuti riterremmo fondamentale un ulteriore confronto con altri software commerciali di simulazione, quali DOE2 e ENERGY PLUS o, ancora meglio, con i consumi reali misurati dell'edificio.

6.4 Valutazioni finali

In coda alle analisi effettuate si esprimono le nostre valutazioni soggettive sul software e sulle potenzialità che introduce nell'ambito della progettazione.

Partendo dal programma e andando in ordine d'importanza, i suoi principali vantaggi possono essere sintetizzati nei seguenti:

- Buon grado di dettaglio nella configurazione del modello geometrico e dei materiali;

- Possibilità di effettuare l'analisi degli irraggiamenti così da ottimizzare l'orientazione dell'edificio e le eventuali schermature esterne;
- La sezione ApacheHVAC per la creazione degli impianti ha una libreria interna contenente le configurazioni impiantistiche standard più utilizzate che ne permette l'utilizzo anche ad utenti meno esperti;
- Interfaccia di gestione dei componenti "user friendly";
- Utilizzo per la certificazione e classificazione dell'efficienza energetica degli edifici (LEED);

Oltre a questi pregi il software ha però degli aspetti negativi che ne limitano di molto le potenzialità. Primo fra tutti è senza dubbio l'assenza di un'adeguata guida tecnica in grado di mostrare all'utente finale la logica utilizzata dal programma per compiere le simulazioni. Questo ad esempio non permette di entrare nel dettaglio della gestione dei componenti, riducendo così i gradi di libertà utilizzabili. Per chiarire meglio questo punto, non è stato possibile comprendere il funzionamento delle batterie ai carichi parziali, che sembrerebbe non siano presi in considerazione dal programma e l'assenza di una guida non facilita il compito dell'utente-analista. Inoltre la parte di implementazione delle centrali termiche non lascia spazio nella definizione dei parametri specifici ma è strettamente legata ai sistemi già presenti all'interno del programma. Questo limita fortemente l'utente negandogli anche la possibilità di capire le ipotesi e le approssimazioni che il programma effettua.

In conclusione quindi il software IES VE-Pro ha l'innegabile merito di dare la possibilità di avere a disposizione uno strumento di analisi molto potente anche agli studi di progettazione e alle aziende più piccole. Noi riteniamo che la chiave di forza di questo programma risieda proprio qui. A livello di ricerca infatti non mancano software dalle potenzialità notevolmente superiori, come ad esempio Trnsys. Essi però sono pensati per utenti esperti e non sarebbero altrettanto accessibili all'utente "medio" come invece risulta IES Virtual Environment.

Per quanto concerne invece l'utilizzo delle simulazioni come strumento di analisi nelle scelte progettuali, dalle osservazioni che accompagnano le analisi si nota come delle simulazioni di tipo energetico fatte in regime dinamico siano uno strumento tanto potente quanto delicato da maneggiare. È sufficiente infatti una piccola incertezza, ad esempio nei carichi interni, per ottenere risultati completamente differenti e quindi arrivare a conclusioni non coerenti con la realtà. Questo è senza dubbio un punto che bisogna tenere sempre ben presente quando si fanno simulazioni dinamiche di tipo energetico. Per chiarire il concetto si pensi all'esempio dei carichi interni. Si deve distinguere la potenza di picco (ad esempio il carico delle luci, delle macchine o il numero di persone) che è il parametro sulla base del quale si dimensiona la taglia dell'impianto per la climatizzazione, con la reale potenza che questo impiega nel suo normale funzionamento. La progettazione degli impianti è statica. Per determinare la

taglia di un impianto ci si pone nelle condizioni più gravose possibili e si dimensionano i componenti per riuscire a soddisfare il fabbisogno termico nelle condizioni più sfavorevoli possibili. Le simulazioni invece si devono affrontare in un'ottica dinamica che corrisponda nel modo più accurato possibile alla realtà. Questo essenzialmente significa che bisogna conoscere le condizioni reali di funzionamento degli impianti, o quanto meno essere in grado di comporre le casistiche più probabili e valutare le dinamiche dei vari casi per dare all'impianto le caratteristiche migliori ai fini della flessibilità. Ipotizzare casistiche incoerenti, o peggio utilizzare le potenze di progetto per il funzionamento quotidiano, porterebbe ad avere come output delle simulazioni consumi termici per la climatizzazione completamente distorti e vanificherebbe le potenzialità che questo tipo di analisi mette a disposizione dei progettisti. Insomma questo software ha tutte le carte in regola per rivoluzionare il mondo della progettazione ma un suo uso improprio oltre che inutile potrebbe essere controproducente.

Bibliografia

- [1] C. Pizzetti, Condizionamento dell'aria e Refrigerazione, parte prima e seconda, Milano Masson Italia Editori, 1980
- [2] Nicola Rossi, Manuale del Termotecnico, Milano Hoelpi, 2003
- [3] G. Colombo, Manuale dell'ingegnere, Hoelpi
- [4] AICARR, Mini Guida-Manuale d'ausilio alla programmazione termotecnica, Milano Aicarr 2005
- [5] G. Cornetti, Macchine termiche, Torino, Il Capitello 1989
- [6] A. Pasini, Calcolo reti idroniche, Milano, Politecnico di Milano 2007
- [7] Portoso Casale, La regolazione automatica degli impianti di regolazione, Gruppo Ferroli 2006
- [8] AICARR, Regolazione automatica: fondamenti e applicazioni RE1 2006
- [9] Mura Calvinini – Calvi Furlan, Un sistema idronico per il comfort ambientale e risparmio energetico negli impianti di climatizzazione
- [10] Catalogo Climaveneta
- [11] L'idronica delle centrali frigorifere, Trane
- [12] C.M. Joppolo, Sistemi di climatizzazione, canali e diffusori, dispense corso 2007-2008
- [13] P.Ferrario, C.M.Joppolo, F.Pedranzini, Progetto di impianti di climatizzazione misti aria acqua
- [14] A.Pasini, Progettazione di impianti termici, dispense corso 2009-2010
- [15] Catalogo tecnico FCR
- [16] Catalogo tecnico SagiCofim
- [17] Catalogo tecnico Caleffi
- [18] Catalogo tecnico KSB
- [19] Manuale software certificazione energetica CENED
- [20] Manuale utilizzo software Edilclima
- [21] Manuale utilizzo software IES Ve-Pro

Allegati

Di seguito vengono riportati gli allegati a cui ci si riferisce all'interno dei vari capitoli che compongono l'elaborato.

Allegato 1:

- Verifica igrometrica strutture disperdenti
- Calcolo carichi termici
- Carichi termici invernali piano tipo EDILCLIMA
- Fabbisogni energetici stagione riscaldamento del piano tipo
- Risultati simulazione termica lobby e vano ascensori

Verifica Termoigrometrica Strutture:

MURO ESTRENO

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale (gennaio)	20,0	1052	1,7	590
Estiva (luglio)	25,1	1433	25,1	1736

- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a 102 [Pa]
- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.
La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a 1101 [Pa]

Simbologia

s	Spessore dello strato	δ a	Permeabilità al vapore nell'intervallo 0-50%	Ti	Temperatura interna
λ	Conduktività	δ u	Permeabilità al vapore nell'intervallo 50-95%	Te	Temperatura esterna
C	Conduktivanza	R	Resistenza termica dello strato	Pi	Pressione parziale interna
ρ	Massa volumica			Pe	Pressione parziale esterna

RISULTATI DELLA VERIFICA TERMOIGROMETRICA secondo UNI EN ISO 13788:

Permeanza: $5,995 \cdot 10^{-12}$ kg/sm² Pa

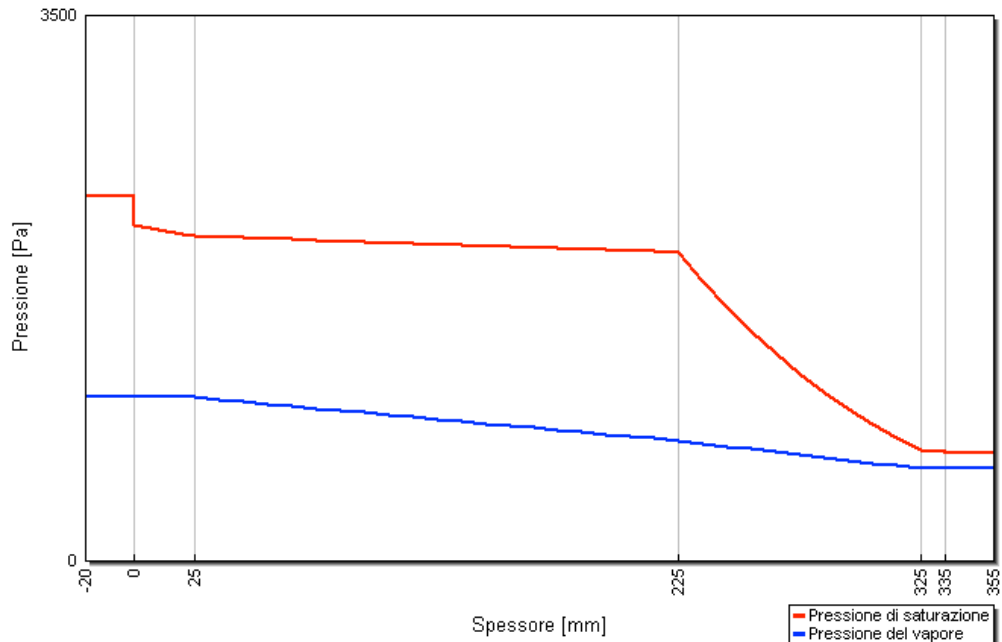
Resistenza superficiale interna/esterna: 0,250 / 0,040 m²K/W

Verifica criticità di condensa superficiale: Positiva per UR_{sup, amm} 80,0%
Mese critico Gennaio $f_{Rsi}^{max} 0,510 \leq f_{Rsi} 0,928$

Verifica del rischio di condensa interstiziale: Positiva

Verifica termoigrometrica: Nessuna condensazione

Grafico delle pressioni del mese di GENNAIO



MURO CAVEDIO INTERNO:

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale (gennaio)	20,0	1052	13,2	590
Estiva (luglio)	25,1	1433	25,1	1736

RISULTATI DELLA VERIFICA TERMOIGROMETRICA secondo UNI EN ISO 13788:

Permeanza: $3,925 \cdot 10^{-12}$ kg/sm² Pa

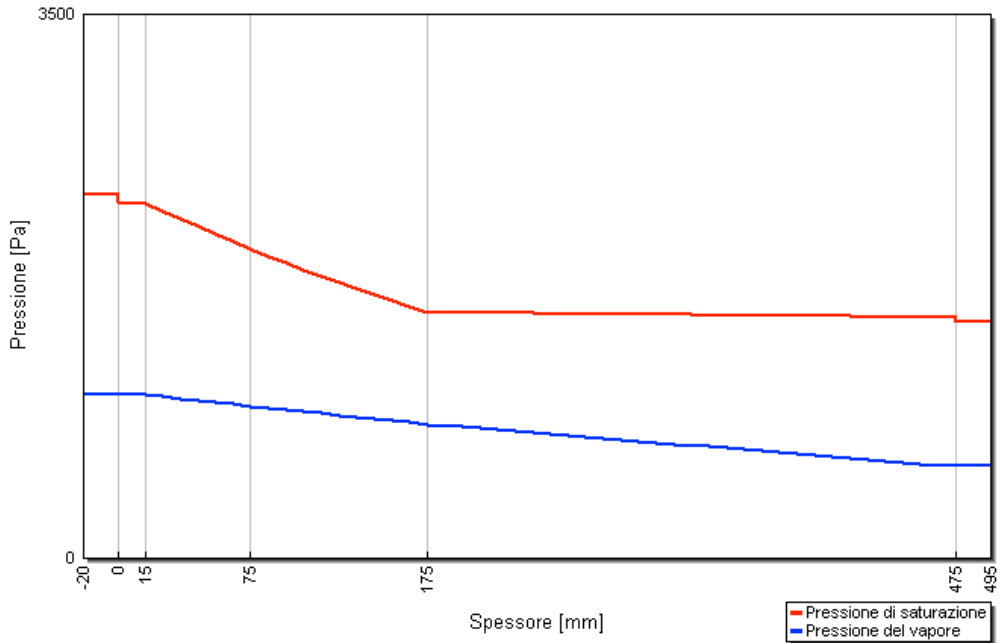
Resistenza superficiale interna/esterna: 0,250 / 0,250 m²K/W

Verifica criticità di condensa superficiale: Positiva per UR_{sup. amm} 80,0%
Mese critico Gennaio $f_{Rsi}^{max} = 0,000 \leq f_{Rsi} = 0,955$

Verifica del rischio di condensa interstiziale: Positiva

Verifica termoigrometrica: Nessuna condensazione

Grafico delle pressioni del mese di GENNAIO



MURO CAVEDIO ESTERNO:

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale (gennaio)	10,0	430	1,7	590
Estiva (luglio)	25,1	1115	25,1	1736

RISULTATI DELLA VERIFICA TERMOIGROMETRICA secondo UNI EN ISO 13788:

Permeanza: $2,855 \cdot 10^{-12}$ kg/sm² Pa

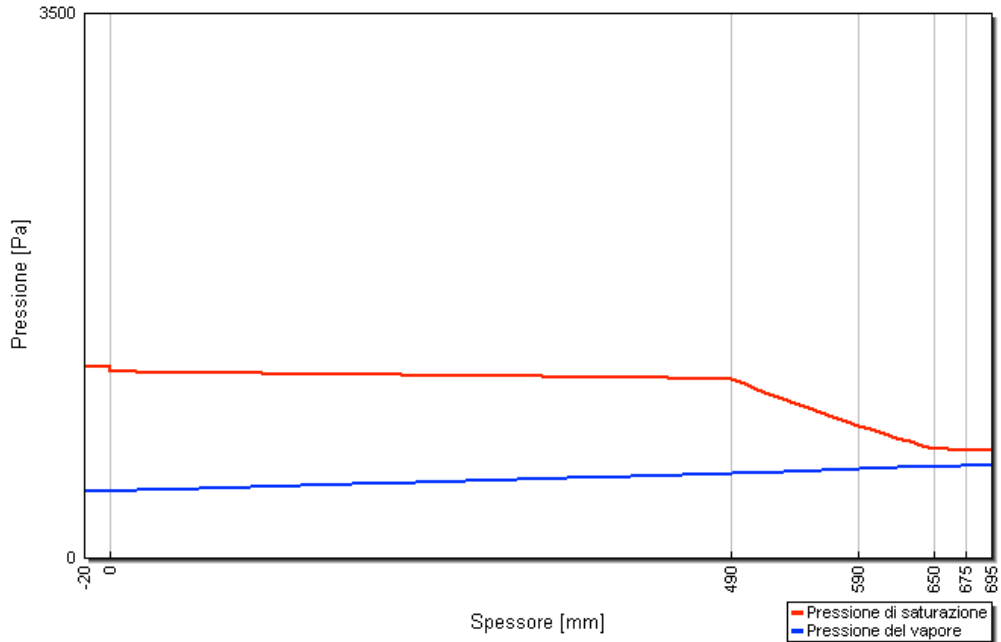
Resistenza superficiale interna/esterna: 0,250 / 0,040 m²K/W

Verifica criticità di condensa superficiale: Positiva per UR_{sup. amm} 80,0%
Mese critico Gennaio $f^{\max}_{Rsi} = 0,000 \leq f_{Rsi} = 0,954$

Verifica del rischio di condensa interstiziale: Positiva

Verifica termoisometrica: Nessuna condensazione

Grafico delle pressioni del mese di GENNAIO



MURO HALL:

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale (gennaio)	20,0	1519	10,9	590
Estiva (luglio)	25,1	2070	25,1	1736

PAVIMENTO 25°:

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale (gennaio)	20,0	1052	9,0	590
Estiva (luglio)	25,1	1433	25,1	1736

RISULTATI DELLA VERIFICA TERMOIGROMETRICA secondo UNI EN ISO 13788:

Permeanza: $0,020 \cdot 10^{-12}$ kg/sm² Pa

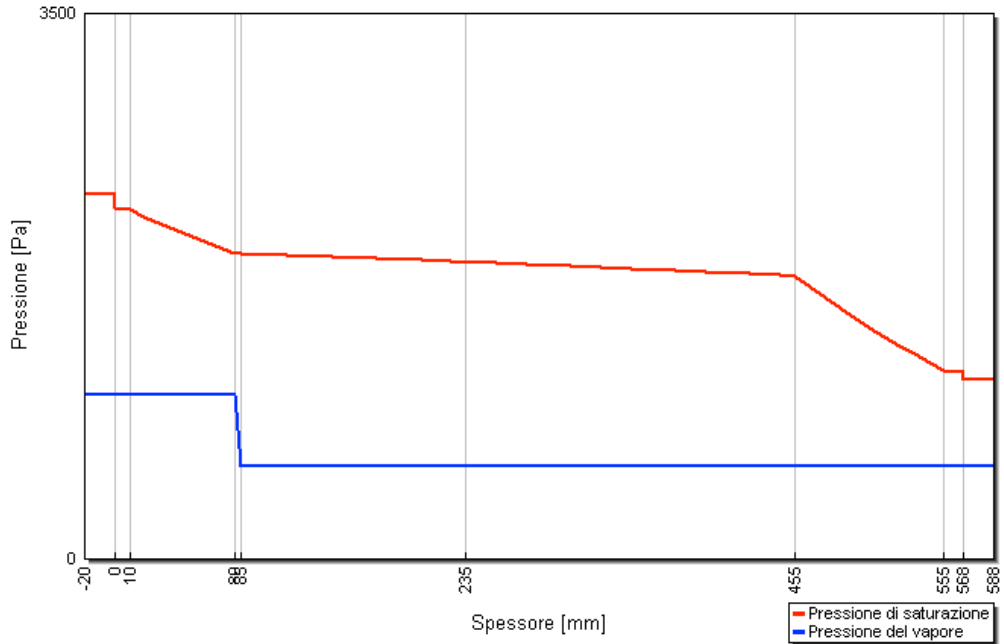
Resistenza superficiale interna/esterna: 0,250 / 0,250 m²K/W

Verifica criticità di condensa superficiale: **Positiva** per UR_{sup, amm} **80,0%**
Mese critico **Gennaio** $f^{\max}_{Rsi} \mathbf{0,183} \leq f_{Rsi} \mathbf{0,946}$

Verifica del rischio di condensa interstiziale: **Positiva**

Verifica termoigrometrica: Nessuna condensazione

Grafico delle pressioni del mese di GENNAIO



PAVIMENTO HALL +122m:

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale (gennaio)	20,0	1052	10,9	590
Estiva (luglio)	25,1	1433	25,1	1736

RISULTATI DELLA VERIFICA TERMOIGROMETRICA secondo UNI EN ISO 13788:

Permeanza: $0,882 \cdot 10^{-12}$ kg/sm² Pa

Resistenza superficiale interna/esterna: 0,250 / 0,250 m²K/W

Verifica criticità di condensa superficiale:

Positiva

per UR_{sup, amm} 80,0%

Mese critico Gennaio

$f_{Rsi}^{max} \leq f_{Rsi}$ 0,020 ≤ 0,962

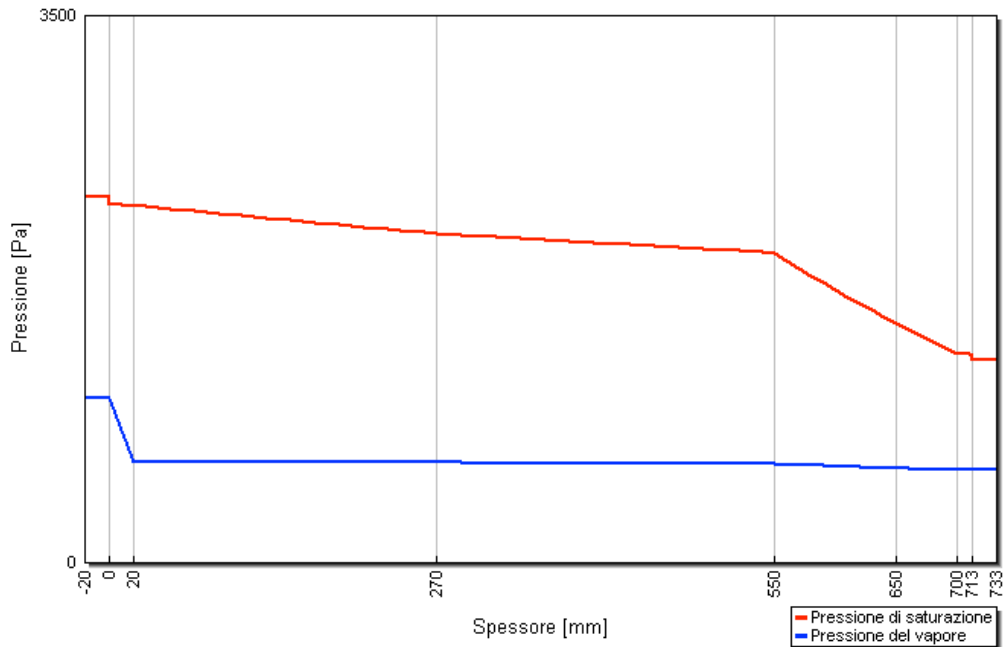
Verifica del rischio di condensa interstiziale:

Positiva

Verifica termoigrometrica:

Nessuna condensazione

Grafico delle pressioni del mese di GENNAIO



SOLAIO 23°:

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale (gennaio)	20,0	1052	9,0	590
Estiva (luglio)	25,1	1433	25,1	1736

RISULTATI DELLA VERIFICA TERMOIGROMETRICA secondo UNI EN ISO 13788:

Permeanza: 41,580 10^{-12} kg/sm² Pa

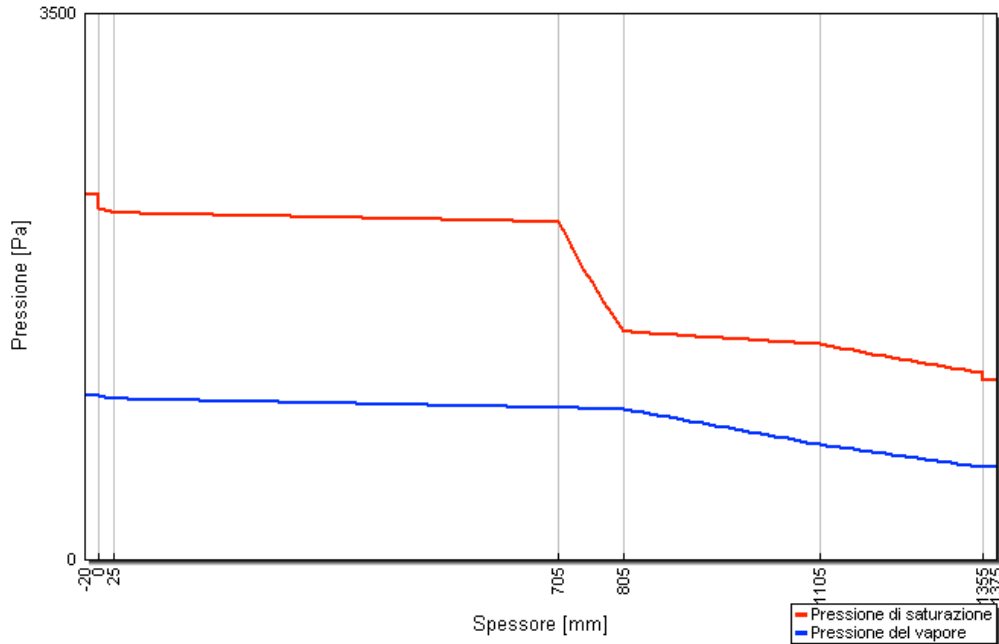
Resistenza superficiale interna/esterna: 0,250 / 0,250 m²K/W

Verifica criticità di condensa superficiale: Positiva per UR_{sup. amm} 80,0%
Mese critico Gennaio $f_{Rsi}^{max} = 0,183 \leq f_{Rsi} = 0,947$

Verifica del rischio di condensa interstiziale: Positiva

Verifica termoigrometrica: Nessuna condensazione

Grafico delle pressioni del mese di GENNAIO



SOLAIO 47°:

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale (gennaio)	20,0	1052	9,0	590
Estiva (luglio)	25,1	1433	25,1	1736

RISULTATI DELLA VERIFICA TERMOIGROMETRICA secondo UNI EN ISO 13788:

Permeanza: $53,191 \cdot 10^{-12} \text{ kg/sm}^2 \text{ Pa}$

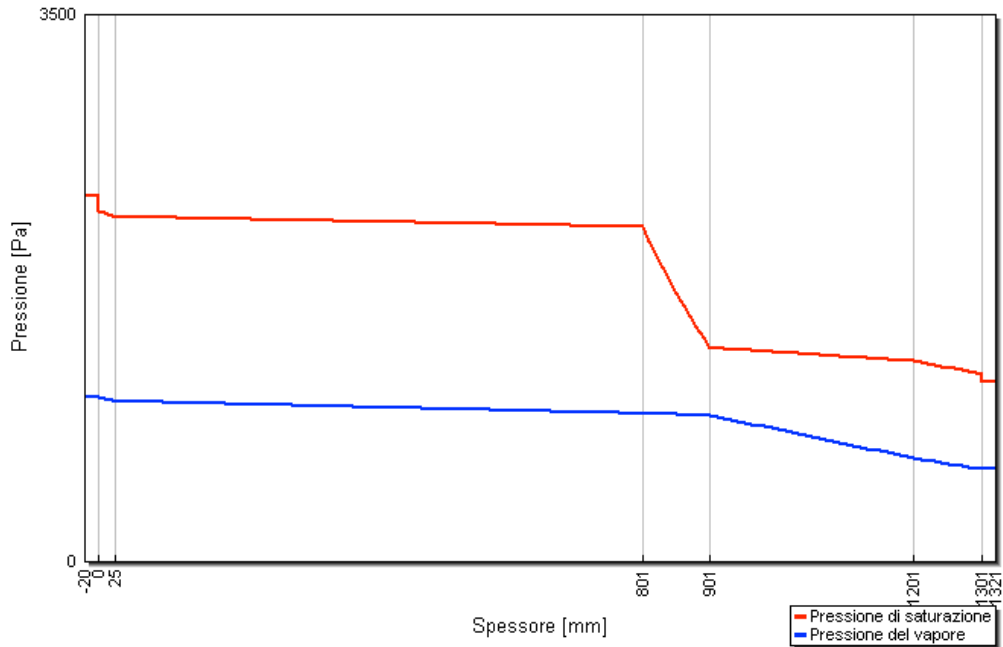
Resistenza superficiale interna/esterna: $0,250 / 0,250 \text{ m}^2\text{K/W}$

Verifica criticità di condensa superficiale: **Positiva** per UR_{sup. amm} **80,0%**
Mese critico **Gennaio** $f^{\text{max}}_{\text{Rsi}} \mathbf{0,183} \leq f_{\text{Rsi}} \mathbf{0,940}$

Verifica del rischio di condensa interstiziale: **Positiva**

Verifica termoigrometrica: Nessuna condensazione

Grafico delle pressioni del mese di GENNAIO



COPERTURA 49°:

VERIFICA TERMOIGROMETRICA

Condizioni al contorno

CONDIZIONE	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]
Invernale (gennaio)	10,0	430	1,7	590
Estiva (luglio)	25,1	1115	25,1	1736

RISULTATI DELLA VERIFICA TERMOIGROMETRICA secondo UNI EN ISO 13788:

Permeanza: $0,751 \cdot 10^{-12}$ kg/sm² Pa

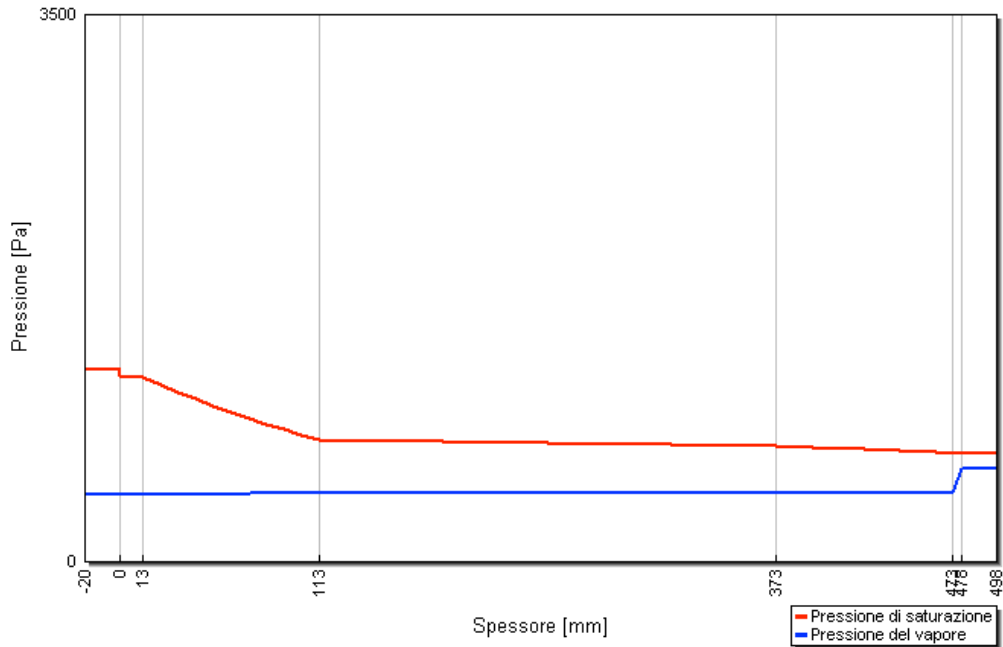
Resistenza superficiale interna/esterna: 0,250 / 0,040 m²K/W

Verifica criticità di condensa superficiale: Positiva per UR_{sup, amm} 80,0%
Mese critico Gennaio $f_{Rsi}^{max} = 0,000 \leq f_{Rsi} = 0,938$

Verifica del rischio di condensa interstiziale: Positiva

Verifica termigrometrica: Nessuna condensazione

Grafico delle pressioni del mese di GENNAIO



Calcolo carichi termici

INVERNALE

HALL		n PERSONE	V	Qt	Qv	Qv-	Qcentr	Qap	Qpr
			pp	kg/s	W	W	W	W	W
-1	HALL	20	2,5984	15172	89644,8	11692,8	116509,6	89644,8	26864,8
0	HALL	20	5,417925	57311	186918,41	24381	268610,08	186918,41	81691,663
TOT		40	8,016325	72483	276563,21	36073	385119,68	276563,21	108556,46

PIANO 1		n PERSONE	V	Qt	Qv	Qv-	Qcentr	Qap	Qfc
			pp	kg/s	W	W	W	W	W
1	UFFICIO NO	40	0,53	5806	18400	2400	26606	18400	8206
1	SALA RIUN NE	8	0,09	17	3220	420	3657	3220	437
1	UFFICI SE	40	0,53	5558	18400	2400	26358	18400	7958
1	SALA RIUN SO	8	0,09	17	3220	420	3657	3220	437
1	BREAK AREA NE	4	0,08	3788	2682	350	6820	2682	4138
1	VANO ASC NE	0	0,00	2600	0	0	2600	0	2600
1	SBARCO SO	-	0,08	3751	2682	350	6783	2682	4101
1	VANO ASC SO	0	0,00	2222	0	0	2222	0	2222
TOT		100	1,41	23759	48604,52	6340	78703	48604,52	30099

PIANO 2		n PERSONE	V	Qt	Qv	Qv-	Qcentr	Qap	Qfc
			pp	kg/s	W	W	W	W	W
2	UFFICIO NO	40	0,53	6326	18400	2400	27126	18400	8726
2	SALA RIUN NE	8	0,09	17	3220	420	3657	3220	437
2	UFFICI SE	40	0,53	6055	18400	2400	26855	18400	8455
2	SALA RIUN SO	8	0,09	17	3220	420	3657	3220	437
2	BREAK AREA NE	4	0,08	3788	2682	350	6820	2682	4138
2	VANO ASC NE	0	0,00	2600	0	0	2600	0	2600
2	SBARCO SO	-	0,08	3751	2682	350	6783	2682	4101
2	VANO ASC SO	0	0,00	2222	0	0	2222	0	2222
TOT		100	1,41	24776	48604,52	6340	79720	48604,52	31116

PIANO 23		n PERSONE	V	Qt	Qv	Qv-	Qcentr	Qap	Qfc
			pp	kg/s	W	W	W	W	W
23	UFFICIO NO	40	0,53	8010	18400	2400	28810	18400	10410
23	SALA RIUN NE	8	0,09	246	3220	420	3886	3220	666
23	UFFICI SE	40	0,53	7716	18400	2400	28516	18400	10116
23	SALA RIUN SO	8	0,09	246	3220	420	3886	3220	666
23	BREAK AREA NE	4	0,08	4240	2682	350	7272	2682	4590
23	VANO ASC NE	0	0,00	2600	0	0	2600	0	2600
23	SBARCO SO	-	0,08	4197	2682	350	7229	2682	4547
23	VANO ASC SO	0	0,00	2222	0	0	2222	0	2222
TOT		100	1,41	29477	48604,52	6340	84421	48604,52	35817

PIANO 25		n PERSONE	V	Qt	Qv	Qv-	Qcentr	Qap	Qfc
		pp	kg/s	W	W	W	W	W	W
25	UFFICIO NO	40	0,53	7432	18400	2400	28232	18400	9832
25	SALA RIUN NE	8	0,09	236	3220	420	3876	3220	656
25	UFFICI SE	40	0,53	7161	18400	2400	27961	18400	9561
25	SALA RIUN SO	8	0,09	236	3220	420	3876	3220	656
25	BREAK AREA NE	4	0,08	4085	2682	350	7117	2682	4435
25	VANO ASC NE	0	0,00	2600	0	0	2600	0	2600
25	SBARCO SO	-	0,08	5270	2682	350	8302	2682	5620
25	VANO ASC SO	0	0,00	2826	0	0	2826	0	2826
TOT		100	1,41	29846	48604,52	6340	84790	48604,52	36186

PIANO 26		n PERSONE	V	Qt	Qv	Qv-	Qcentr	Qap	Qfc
		pp	kg/s	W	W	W	W	W	W
26	UFFICIO NO	40	0,53	6326	18400	2400	27126	18400	8726
26	SALA RIUN NE	8	0,09	17	3220	420	3657	3220	437
26	UFFICI SE	40	0,53	6055	18400	2400	26855	18400	8455
26	SALA RIUN SO	8	0,09	17	3220	420	3657	3220	437
26	BREAK AREA NE	4	0,08	3788	2682	350	6820	2682	4138
26	VANO ASC NE	0	0,00	2600	0	0	2600	0	2600
26	SBARCO SO	-	0,08	4970	2682	350	8002	2682	5320
26	VANO ASC SO	0	0,00	2826	0	0	2826	0	2826
TOT		100	1,41	26599	48604,52	6340	81543	48604,52	32939

PIANO 47		n PERSONE	V	Qt	Qv	Qv-	Qcentr	Qap	Qfc
		pp	kg/s	W	W	W	W	W	W
47	UFFICIO NO	40	0,53	7633	18400	2400	28433	18400	10033
47	SALA RIUN NE	8	0,09	276	3220	420	3916	3220	696
47	UFFICI SE	40	0,53	7362	18400	2400	28162	18400	9762
47	SALA RIUN SO	8	0,09	276	3220	420	3916	3220	696
47	BREAK AREA NE	4	0,08	4139	2682	350	7171	2682	4489
47	VANO ASC NE	0	0,00	2600	0	0	2600	0	2600
47	SBARCO SO	-	0,08	5323	2682	350	8355	2682	5673
47	VANO ASC SO	0	0,00	2826	0	0	2826	0	2826
TOT		100	1,41	30435	48604,52	6340	85379	48604,52	36775

ESTATE

HALL		n PERSONE	V	Qt+irr	Qv	Qv+	Q ci	Qcentr	Qap	Qpr
		pp	kg/s	W	W	W	W	W	W	W
-1	HALL	20	2,60	13185	94841,6	41574	22696	89148,2	94841,6	-5693
0	HALL	20	5,42	101042	197754	86687	36094	248203,5	197754,3	50449
	TOT	40	8,02	114227	292596	128261	58790	337351,7	292595,9	44755,8

PIANO 1		n PERSONE	V	Qt+irr	Qv	Qv+	Q ci	Qcentr	Qap	Qfc
		pp	kg/s	W	W	W	W	W	W	W
1	UFFICIO NO	40	0,53	7411	19467	8533	14244	32588,3	19466,7	13122
1	SALA RIUN NE	8	0,09	3	3407	1493	1656	3572,3	3406,7	166
1	UFFICI SE	40	0,53	3255	19467	8533	14244	28432,3	19466,7	8966
1	SALA RIUN SO	8	0,09	3	3407	1493	1656	3572,3	3406,7	166
1	BREAK AREA NE	4	0,08	2317	2838	1244	2172	6082,8	2837,8	3245
1	VANO ASC NE	0	0,00	1979	0	0	0	1979,0	0,0	1979
1	SBARCO SO	-	0,08	3827	2838	1244	916	6336,8	2837,8	3499
1	VANO ASC SO	0	0,00	4400	0	0	0	4400,0	0,0	4400
	TOT	100	1,41	23195	51422,173	22541	34888	86963,9	51422,2	35542

PIANO 2		n PERSONE	V	Qt+irr	Qv	Qv+	Q ci	Qcentr	Qap	Qfc
		pp	kg/s	W	W	W	W	W	W	W
2	UFFICIO NO	40	0,53	8084	19467	8533	14244	33261,3	19466,7	13795
2	SALA RIUN NE	8	0,09	3	3407	1493	1656	3572,3	3406,7	166
2	UFFICI SE	40	0,53	3551	19467	8533	14244	28728,3	19466,7	9262
2	SALA RIUN SO	8	0,09	3	3407	1493	1656	3572,3	3406,7	166
2	BREAK AREA NE	4	0,08	1917	2838	1244	2172	5682,8	2837,8	2845
2	VANO ASC NE	0	0,00	1979	0	0	0	1979,0	0,0	1979
2	SBARCO SO	-	0,08	3827	2838	1244	916	6336,8	2837,8	3499
2	VANO ASC SO	0	0,00	4400	0	0	0	4400,0	0,0	4400
	TOT	100	1,41	23764	51422,173	22541	34888	87532,9	51422,2	36111

PIANO 23		n PERSONE	V	Qt+irr	Qv	Qv+	Q ci	Qcentr	Qap	Qfc
		pp	kg/s	W	W	W	W	W	W	W
23	UFFICIO NO	40	0,53	9195	19467	8533	14244	34372,3	19466,7	14906
23	SALA RIUN NE	8	0,09	88	3407	1493	1656	3657,3	3406,7	251
23	UFFICI SE	40	0,53	4277	19467	8533	14244	29454,3	19466,7	9988
23	SALA RIUN SO	8	0,09	88	3407	1493	1656	3657,3	3406,7	251
23	BREAK AREA NE	4	0,08	2540	2838	1244	2172	6305,8	2837,8	3468
23	VANO ASC NE	0	0,00	1979	0	0	0	1979,0	0,0	1979
23	SBARCO SO	-	0,08	4186	2838	1244	916	6695,8	2837,8	3858
23	VANO ASC SO	0	0,00	4400	0	0	0	4400,0	0,0	4400
	TOT	100	1,41	26753	51422,173	22541	34888	90521,9	51422,2	39100

PIANO 25		n PERSONE	V		Qt+irr	Qv	Qv+	Q ci	Qcentr	Qap	Qfc
			pp	kg/s	W	W	W	W	W	W	W
	UFFICIO NO	40	0,53	10507	19467	8533	14244	35684,3	19466,7	16218	
25	SALA RIUN NE	8	0,09	483	3407	1493	1656	4052,3	3406,7	646	
25	UFFICI SE	40	0,53	5974	19467	8533	14244	31151,3	19466,7	11685	
25	SALA RIUN SO	8	0,09	483	3407	1493	1656	4052,3	3406,7	646	
25	BREAK AREA NE	4	0,08	3968	2838	1244	2172	7733,8	2837,8	4896	
25	VANO ASC NE	0	0,00	1979	0	0	0	1979,0	0,0	1979	
25	SBARCO SO	-	0,08	5178	2838	1244	916	7687,8	2837,8	4850	
25	VANO ASC SO	0	0,00	6087	0	0	0	6087,0	0,0	6087	
	TOT	100	1,41	34659	51422,173	22541	34888	98427,9	51422,2	47006	

PIANO 26	LOCALE	n PERSONE	V		Qt+irr	Qv	Qv+	Q ci	Qcentr	Qap	Qfc
			pp	kg/s	W	W	W	W	W	W	W
26	UFFICIO NO	40	0,53	8084	19467	8533	14244	33261,3	19466,7	13795	
26	SALA RIUN NE	8	0,09	3	3407	1493	1656	3572,3	3406,7	166	
26	UFFICI SE	40	0,53	3551	19467	8533	14244	28728,3	19466,7	9262	
26	SALA RIUN SO	8	0,09	3	3407	1493	1656	3572,3	3406,7	166	
26	BREAK AREA NE	4	0,08	2317	2838	1244	2172	6082,8	2837,8	3245	
26	VANO ASC NE	0	0,00	1979	0	0	0	1979,0	0,0	1979	
26	SBARCO SO	-	0,08	4527	2838	1244	916	7036,8	2837,8	4199	
26	VANO ASC SO	0	0,00	6087	0	0	0	6087,0	0,0	6087	
	TOT	100	1,41	26551	51422,173	22541	34888	90319,9	51422,2	38898	

PIANO 47	LOCALE	n PERSONE	V		Qt+irr	Qv	Qv+	Q ci	Qcentr	Qap	Qfc
			pp	kg/s	W	W	W	W	W	W	W
47	UFFICIO NO	40	0,53	11108	19467	8533	14244	36285,3	19466,7	16819	
47	SALA RIUN NE	8	0,09	603	3407	1493	1656	4172,3	3406,7	766	
47	UFFICI SE	40	0,53	6575	19467	8533	14244	31752,3	19466,7	12286	
47	SALA RIUN SO	8	0,09	603	3407	1493	1656	4172,3	3406,7	766	
47	BREAK AREA NE	4	0,08	3129	2838	1244	2172	6894,8	2837,8	4057	
47	VANO ASC NE	0	0,00	1979	0	0	0	1979,0	0,0	1979	
47	SBARCO SO	-	0,08	5339	2838	1244	916	7848,8	2837,8	5011	
47	VANO ASC SO	0	0,00	6087	0	0	0	6087,0	0,0	6087	
	TOT	100	1,41	35423	51422,173	22541	34888	99192	51422,2	47770	

Dettaglio carichi termici invernali per locali del piano tipo

Locali [Torre COMPLETA]
Vai a... Modifica Utilità Calcolo Dispersioni Help

Zona: 26 Locale: 1 Descrizione: Uffici NO Alt: 2,8 m.

11,9 W/m³

I/E: Superf.: 310,2 m² Temp. inv.: 20 °C n Invernali: .3 Vol/h App. Invern.: 0 W

Pianta: 310,2 m² n Potenza: .5 Vol/h n Estivi: .3 Vol/h App. Estivi: 0 W

Elenco Muri					Tipi di componenti		Esposizioni			
Cod	Descrizione	U _{max}	Tp	T. E.	%onc			NO	N	NE
2	MURO CAVEDIO INTERNO	0,19	U	10,0	1,00					
1	MURO ESTERNO	0,30	T	-7,0	1,00					
4	MURO FITTIZIO PARETE FINESTRA	1,43	T	-7,0	1,00					
5	MURO FITTIZIO PARETE VETRATA	1,50	T	-7,0	1,00					
6	PARETE VERSO LOCALE ASCENSO	1,00	U	5,0	1,00					
7	MURI TRASMITTANZA 1 HALL	0,88	U	6,5	1,00					
8	MURO FITTIZIO ASCENSORI NE	2,44	U	5,0	1,00					

	+/-	Cod	Esp	Omb	Superf. [m ²] o lungh. [m]	Risultato	S. calc.	Test	U	Pt (W)
1	-	W3	NO		140,4	140,40	140,40	-7,0	1,43	6234
2	+	M1	NO		140,4	140,40	0,00	-7,0	0,30	0
3	+	M2			24,22	24,22	24,22	10,0	0,19	46
4	+	M2			24,22	24,22	24,22	10,0	0,19	46
5	+									
6	+									
7	+									
8	+									
9	+									
10	+									
11	+									

Estivi

<
>

<<
>>

Nuovo
Copia

Pt
6326 W

PV
3987 W

Pg
10313 W

Locali [Torre COMPLETA]
 Vai a... Modifica Utilità Calcolo Dispersioni Help

Zona: 26 Locale: 2 Descrizione: Sala riun. NE Alt: 2.8 m. **4,7** W/m3

I/E Superf. 61,5 m² Temp.inv. 20 °C n Invernali 0,3 Vol/h App. Invern. 0 W
 Pianta 61,5 m² n Potenza 5 Vol/h n Estivi 0,3 Vol/h App. Estivi 0 W

Cod	Descrizione	Umax	Ip	T.E.	Ponc
2	MURO CAVEDIO INTERNO	0,19	U	10,0	1,00
1	MURO ESTERNO	0,30	T	-7,0	1,00
4	MURO FITTIZIO PARETE FINESTRA	1,43	T	-7,0	1,00
5	MURO FITTIZIO PARETE VETRATA	1,50	T	-7,0	1,00
6	PARETE VERSO LOCALE ASCENSO	1,00	U	5,0	1,00
7	MURI TRASMITTANZA 1 HALL	0,88	U	6,5	1,00
8	MURO FITTIZIO ASCENSORI NE	2,44	U	5,0	1,00

Tipi di componenti	Esposizioni
Muri	NO N NE
Finestre	O - E
Soffitti	SO S SE
Pavimenti	
Ponti T.	
Moduli	

+/-	Cod	Esp	Omb	Superf. [m²] o lungh. [m]	Risultato	S. calc.	Test	U	Pt (W)
1	M2			9	9,00	9,00	10,0	0,19	17
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									

Estivi

Pt 17 W
 Pv 790 W
 Pg 807 W

Locali [Torre COMPLETA]
 Vai a... Modifica Utilità Calcolo Dispersioni Help

Zona: 26 Locale: 3 Descrizione: Uffici SE Alt: 2.8 m. **11,6** W/m3

I/E Superf. 310,2 m² Temp.inv. 20 °C n Invernali 0,3 Vol/h App. Invern. 0 W
 Pianta 310,2 m² n Potenza 5 Vol/h n Estivi 0,3 Vol/h App. Estivi 0 W

Cod	Descrizione	Umax	Ip	T.E.	Ponc
2	MURO CAVEDIO INTERNO	0,19	U	10,0	1,00
1	MURO ESTERNO	0,30	T	-7,0	1,00
4	MURO FITTIZIO PARETE FINESTRA	1,43	T	-7,0	1,00
5	MURO FITTIZIO PARETE VETRATA	1,50	T	-7,0	1,00
6	PARETE VERSO LOCALE ASCENSO	1,00	U	5,0	1,00
7	MURI TRASMITTANZA 1 HALL	0,88	U	6,5	1,00
8	MURO FITTIZIO ASCENSORI NE	2,44	U	5,0	1,00

Tipi di componenti	Esposizioni
Muri	NO N NE
Finestre	O - E
Soffitti	SO S SE
Pavimenti	
Ponti T.	
Moduli	

+/-	Cod	Esp	Omb	Superf. [m²] o lungh. [m]	Risultato	S. calc.	Test	U	Pt (W)
1	W3	SE		140,4	140,40	140,40	-7,0	1,43	5963
2	M1	SE		140,4	140,40	0,00	-7,0	0,30	0
3	M2			24,22	24,22	24,22	10,0	0,19	46
4	M2			24,22	24,22	24,22	10,0	0,19	46
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									

Estivi

Pt 6055 W
 Pv 3987 W
 Pg 10042 W

Locali [Torre COMPLETA]
 Vai a... Modifica Utilità Calcolo Dispersioni Help

Zona: 26 Locale: 5 Descrizione: Break Area NE Alt: 2,8 m. 20,8 W/m3

I/E Superf. 83,3 m² Temp.inv. 20 °C n Invernali 0,3 Vol/h App. Invern. 0 W
 Pianta 83,3 m² n Potenza 0,5 Vol/h n Estivi 0,3 Vol/h App. Estivi 0 W

Cod	Descrizione	Umax	Ip	T.E.	Ponc
2	MURO CAVEDIO INTERNO	0,19	U	10,0	1,00
1	MURO ESTERNO	0,30	T	-7,0	1,00
4	MURO FITTIZIO PARETE FINESTRA	1,43	T	-7,0	1,00
5	MURO FITTIZIO PARETE VETRATA	1,50	T	-7,0	1,00
6	PARETE VERSO LOCALE ASCENSO	1,00	U	5,0	1,00
7	MURI TRASMITTANZA 1 HALL	0,88	U	6,5	1,00
8	MURO FITTIZIO ASCENSORI NE	2,44	U	5,0	1,00

Tipi di componenti	Esposizioni
Muri	NO N NE
Finestre	O - E
Soffitti	SO S SE
Pavimenti	
Ponti T	
Moguli	

+/	Cod	Esp	Omb	Superf.[m²] o lungh.[m]	Risultato	S. calc.	Test	U	Pt (W)
-	F12	NO		11,4	11,40	11,40	-7,0	1,43	506
+	M2	NO		11,4	11,40	0,00	10,0	0,19	0
-	W5	NE		6,44	6,44	6,44	-7,0	1,50	313
-	W5	NE		6,44	6,44	6,44	-7,0	1,50	313
+	M1	NE		12,88	12,88	0,00	-7,0	0,30	0
-	W8	SE		11,4	11,40	11,40	-7,0	1,43	484
+	M2	SE		11,4	11,40	0,00	10,0	0,19	0
+	M2			91,6	91,60	91,60	10,0	0,19	174
+	M8			54,6	54,60	54,60	5,0	2,44	1998
+									
+									
+									

Estivi
 Pt 3788 W
 Pv 1071 W
 Pg 4859 W

Locali [Torre COMPLETA]
 Vai a... Modifica Utilità Calcolo Dispersioni Help

Zona: 26 Locale: 8 Descrizione: Sbarco SO Alt: 2,8 m. 11,9 W/m3

I/E Superf. 83,3 m² Temp.inv. 20 °C n Invernali 0,3 Vol/h App. Invern. 0 W
 Pianta 83,3 m² n Potenza 0,5 Vol/h n Estivi 0,3 Vol/h App. Estivi 0 W

Cod	Descrizione	Umax	Ip	T.E.	Ponc
2	MURO CAVEDIO INTERNO	0,19	U	10,0	1,00
1	MURO ESTERNO	0,30	T	-7,0	1,00
4	MURO FITTIZIO PARETE FINESTRA	1,43	T	-7,0	1,00
5	MURO FITTIZIO PARETE VETRATA	1,50	T	-7,0	1,00
6	PARETE VERSO LOCALE ASCENSO	1,00	U	5,0	1,00
7	MURI TRASMITTANZA 1 HALL	0,88	U	6,5	1,00
8	MURO FITTIZIO ASCENSORI NE	2,44	U	5,0	1,00

Tipi di componenti	Esposizioni
Muri	NO N NE
Finestre	O - E
Soffitti	SO S SE
Pavimenti	
Ponti T	
Moguli	

+/	Cod	Esp	Omb	Superf.[m²] o lungh.[m]	Risultato	S. calc.	Test	U	Pt (W)
-	F12	NO		11,4	11,40	11,40	-7,0	1,43	506
+	M2	NO		11,4	11,40	0,00	10,0	0,19	0
-	W5	SO		6,44	6,44	6,44	-7,0	1,50	274
-	W5	SO		6,44	6,44	6,44	-7,0	1,50	274
+	M1	SO		12,88	12,88	0,00	-7,0	0,30	0
-	W8	SE		11,4	11,40	11,40	-7,0	1,43	484
+	M2	SE		11,4	11,40	0,00	10,0	0,19	0
+	M2			91,6	91,60	91,60	10,0	0,19	174
+									
+									
+									

Estivi
 Pt 1712 W
 Pv 1071 W
 Pg 2783 W

Dettaglio fabbisogni termici stagione riscaldamento per piano

		Riscaldamento		Raffrescamento		Zona	Descrizione									
						-1	Hall (2 piani)									
RISULTATI MENSILI																
Mese	Giorni	T.E.	Qt+Qr	Qa	Qu	Qgr	Qv	QL	Qse	Qsi	Qi	QG	GLR	Eta	QH	
Ottobre	15,22	12,4	19964	0	7488	0	16343	43795	824	28273	19449	48545	1,108	0,775	6173	
Novembre	30,44	7,9	58665	0	23843	0	52041	134549	1035	38292	38898	78225	0,581	0,962	59297	
Dicembre	30,44	3,1	78652	0	33302	0	72686	184640	776	29621	38898	69296	0,375	0,993	115829	
Gennaio	30,44	1,7	84482	0	36061	0	78707	199250	894	33481	38898	73273	0,368	0,993	126490	
Febbraio	30,44	4,2	74072	0	31134	0	67955	173161	1577	54060	38898	94535	0,546	0,970	81462	
Marzo	30,44	9,2	53251	0	21282	0	46450	120983	2729	85434	38898	127061	1,050	0,799	19461	
Aprile	15,22	12,8	19131	0	7094	0	15483	41708	1797	53304	19449	74550	1,787	0,541	1376	

PERDITE		GUADAGNI		Inizio stagione		Fine stagione																																																																									
Qt+Qr	388217	Qse	9632	<table border="1" style="font-size: small;"> <tr><th colspan="2">Ottobre 2011</th></tr> <tr><th>Do</th><th>Lu</th></tr> <tr><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><td>8</td><td>9</td></tr> <tr><td>10</td><td>11</td></tr> <tr><td>12</td><td>13</td></tr> <tr><td>14</td><td>15</td></tr> <tr><td>16</td><td>17</td></tr> <tr><td>18</td><td>19</td></tr> <tr><td>20</td><td>21</td></tr> <tr><td>22</td><td>23</td></tr> <tr><td>24</td><td>25</td></tr> <tr><td>26</td><td>27</td></tr> <tr><td>28</td><td>29</td></tr> <tr><td>30</td><td>31</td></tr> </table>		Ottobre 2011		Do	Lu		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	<table border="1" style="font-size: small;"> <tr><th colspan="2">Aprile 2012</th></tr> <tr><th>Do</th><th>Lu</th></tr> <tr><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><td>8</td><td>9</td></tr> <tr><td>10</td><td>11</td></tr> <tr><td>12</td><td>13</td></tr> <tr><td>14</td><td>15</td></tr> <tr><td>16</td><td>17</td></tr> <tr><td>18</td><td>19</td></tr> <tr><td>20</td><td>21</td></tr> <tr><td>22</td><td>23</td></tr> <tr><td>24</td><td>25</td></tr> <tr><td>26</td><td>27</td></tr> <tr><td>28</td><td>29</td></tr> <tr><td>30</td><td></td></tr> </table>		Aprile 2012		Do	Lu		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Ottobre 2011																																																																															
Do	Lu																																																																														
	1																																																																														
2	3																																																																														
4	5																																																																														
6	7																																																																														
8	9																																																																														
10	11																																																																														
12	13																																																																														
14	15																																																																														
16	17																																																																														
18	19																																																																														
20	21																																																																														
22	23																																																																														
24	25																																																																														
26	27																																																																														
28	29																																																																														
30	31																																																																														
Aprile 2012																																																																															
Do	Lu																																																																														
	1																																																																														
2	3																																																																														
4	5																																																																														
6	7																																																																														
8	9																																																																														
10	11																																																																														
12	13																																																																														
14	15																																																																														
16	17																																																																														
18	19																																																																														
20	21																																																																														
22	23																																																																														
24	25																																																																														
26	27																																																																														
28	29																																																																														
30																																																																															
Qa	0	Qsi	322465	Durata		183																																																																									
Qu	160204	Qi	233388	giorni																																																																											
Qgr	0			QH		113913 kWh/anno																																																																									
Qv	349665			QH		410088 MJ/anno																																																																									
QL	898086	QG	565485	Consumo specifico involucro		15,3 kWh/m²																																																																									

		Riscaldamento		Raffrescamento		Zona	Descrizione									
						14	Piano Tipo modificat low level									
RISULTATI MENSILI																
Mese	Giorni	T.E.	Qt+Qr	Qa	Qu	Qgr	Qv	QL	Qse	Qsi	Qi	QG	GLR	Eta	QH	
Ottobre	15,22	12,4	13862	0	209	0	2929	17000	356	8926	8097	17378	1,022	0,831	2559	
Novembre	30,44	7,9	40899	0	664	0	9327	50890	470	16621	16193	33285	0,654	0,960	18936	
Dicembre	30,44	3,1	54951	0	927	0	13027	68905	367	12963	16193	29524	0,428	0,993	39588	
Gennaio	30,44	1,7	59049	0	1004	0	14106	74159	412	14625	16193	31231	0,421	0,994	43115	
Febbraio	30,44	4,2	51730	0	867	0	12179	64776	655	23266	16193	40115	0,619	0,968	25945	
Marzo	30,44	9,2	37093	0	593	0	8325	46011	1016	35939	16193	53149	1,155	0,774	4874	
Aprile	15,22	12,8	13277	0	198	0	2775	16250	610	16896	8097	25603	1,576	0,612	581	

PERDITE		GUADAGNI		Inizio stagione		Fine stagione																																																																									
Qt+Qr	270861	Qse	3886	<table border="1" style="font-size: small;"> <tr><th colspan="2">Ottobre 2011</th></tr> <tr><th>Do</th><th>Lu</th></tr> <tr><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><td>8</td><td>9</td></tr> <tr><td>10</td><td>11</td></tr> <tr><td>12</td><td>13</td></tr> <tr><td>14</td><td>15</td></tr> <tr><td>16</td><td>17</td></tr> <tr><td>18</td><td>19</td></tr> <tr><td>20</td><td>21</td></tr> <tr><td>22</td><td>23</td></tr> <tr><td>24</td><td>25</td></tr> <tr><td>26</td><td>27</td></tr> <tr><td>28</td><td>29</td></tr> <tr><td>30</td><td>31</td></tr> </table>		Ottobre 2011		Do	Lu		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	<table border="1" style="font-size: small;"> <tr><th colspan="2">Aprile 2012</th></tr> <tr><th>Do</th><th>Lu</th></tr> <tr><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><td>8</td><td>9</td></tr> <tr><td>10</td><td>11</td></tr> <tr><td>12</td><td>13</td></tr> <tr><td>14</td><td>15</td></tr> <tr><td>16</td><td>17</td></tr> <tr><td>18</td><td>19</td></tr> <tr><td>20</td><td>21</td></tr> <tr><td>22</td><td>23</td></tr> <tr><td>24</td><td>25</td></tr> <tr><td>26</td><td>27</td></tr> <tr><td>28</td><td>29</td></tr> <tr><td>30</td><td></td></tr> </table>		Aprile 2012		Do	Lu		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Ottobre 2011																																																																															
Do	Lu																																																																														
	1																																																																														
2	3																																																																														
4	5																																																																														
6	7																																																																														
8	9																																																																														
10	11																																																																														
12	13																																																																														
14	15																																																																														
16	17																																																																														
18	19																																																																														
20	21																																																																														
22	23																																																																														
24	25																																																																														
26	27																																																																														
28	29																																																																														
30	31																																																																														
Aprile 2012																																																																															
Do	Lu																																																																														
	1																																																																														
2	3																																																																														
4	5																																																																														
6	7																																																																														
8	9																																																																														
10	11																																																																														
12	13																																																																														
14	15																																																																														
16	17																																																																														
18	19																																																																														
20	21																																																																														
22	23																																																																														
24	25																																																																														
26	27																																																																														
28	29																																																																														
30																																																																															
Qa	0	Qsi	129236	Durata		183																																																																									
Qu	4462	Qi	97159	giorni																																																																											
Qgr	0			QH		37666 kWh/anno																																																																									
Qv	62668			QH		135598 MJ/anno																																																																									
QL	337991	QG	230285	Consumo specifico involucro		8,3 kWh/m²																																																																									

Riscaldamento
 Raffrescamento

Zona **47**

Descrizione **Piano 47* (sotto loc tecnico)**

RISULTATI MENSILI

[Simbologia](#)

Mese	Giorni	T.E.	Qt+Qr	Qa	Qu	Qgr	Qv	QL	Qse	Qsi	Qi	QG	GLR	Eta	QH
Ottobre	15,22	12,4	13862	0	1627	0	2929	18418	356	8926	8097	17378	0,944	0,853	3595
Novembre	30,44	7,9	40899	0	5182	0	9327	55408	470	16621	16193	33285	0,601	0,965	23288
Dicembre	30,44	3,1	54951	0	7237	0	13027	75215	367	12963	16193	29524	0,393	0,994	45868
Gennaio	30,44	1,7	59049	0	7837	0	14106	80992	412	14625	16193	31231	0,386	0,994	49948
Febbraio	30,44	4,2	51730	0	6766	0	12179	70675	655	23266	16193	40115	0,568	0,972	31683
Marzo	30,44	9,2	37093	0	4625	0	8325	50043	1016	35939	16193	53149	1,062	0,804	7311
Aprile	15,22	12,8	13277	0	1542	0	2775	17594	610	16896	8097	25603	1,455	0,649	978

PERDITE

Qt+Qr **270861**

Qa **0**

Qu **34816**

Qgr **0**

Qv **62668**

QL **368345**

GUADAGNI

Qse **3886**

Qsi **129236**

Qi **97159**

QG **230285**

Inizio stagione

Ottobre		2011						
Do	Lu	Ma	Me	Gi	Ve	Sa		
							1	
							8	
							15	
							22	
							29	
							30	
							31	

Fine stagione

Aprile		2012						
Do	Lu	Ma	Me	Gi	Ve	Sa		
							7	
							14	
							21	
							28	
							29	
							30	

Durata **183** giorni

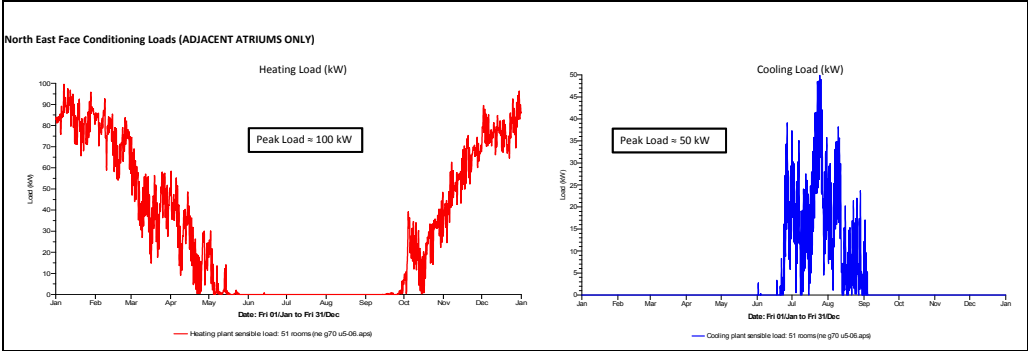
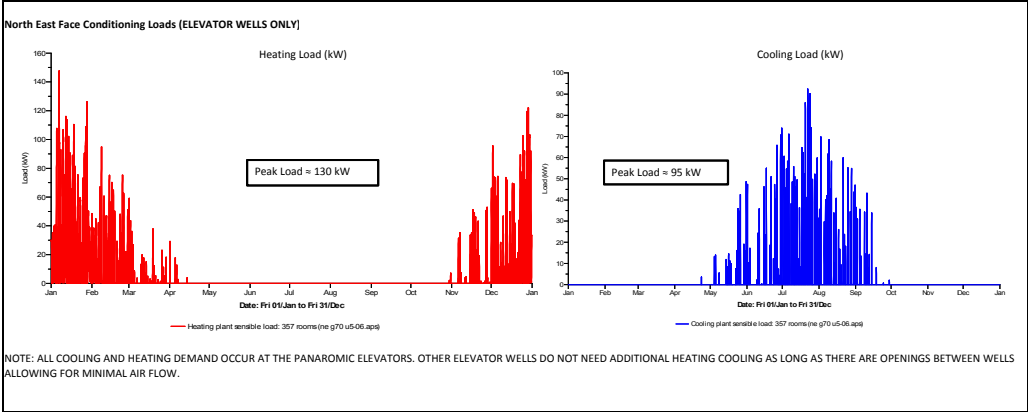
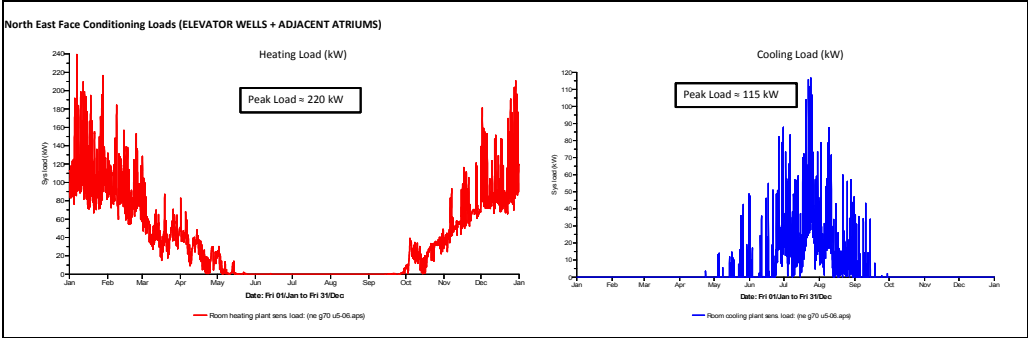
QH **45186** kWh/anno

Consumo specifico involucro **10,0** kWh/m²

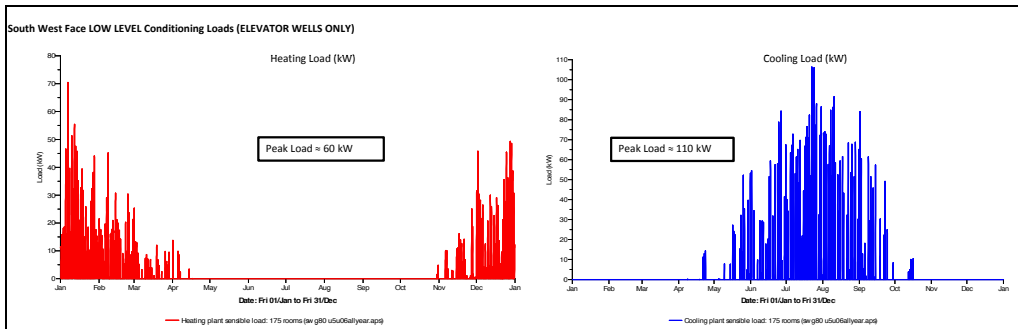
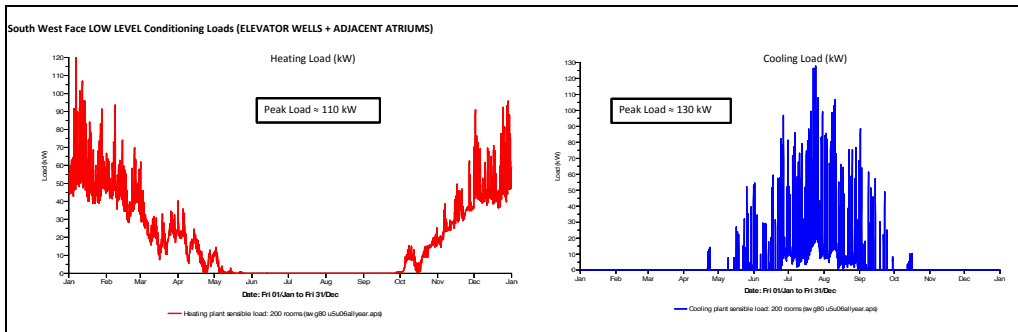
Somma zone

< Zgna Zona >

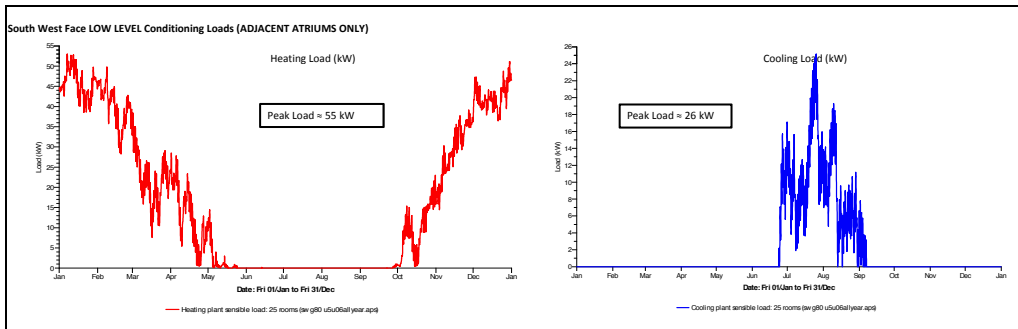
Risultati simulazione termica lobby e vani ascensori:



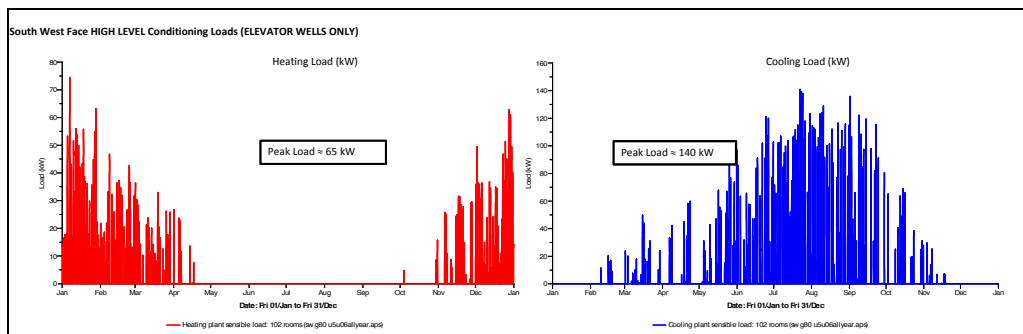
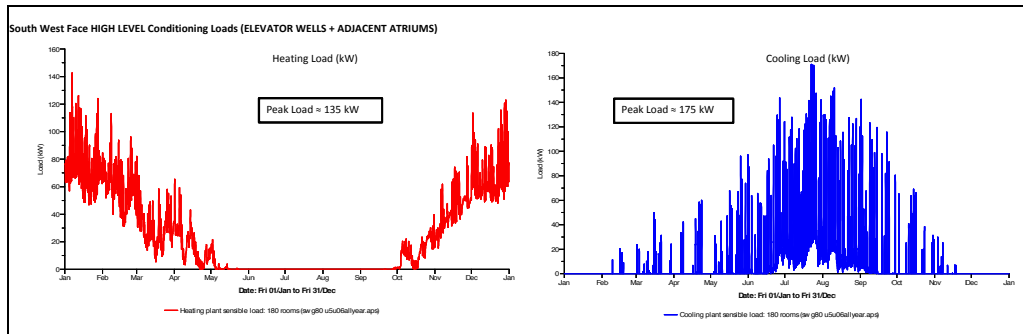
G value for glazing = 0.7
 U value for glazing = 5
 U value for opaque cladding = 0.6



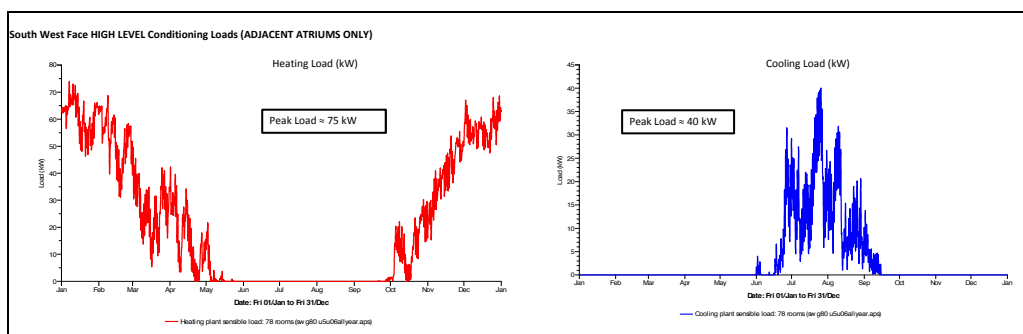
NOTE: ALL COOLING AND HEATING DEMAND OCCUR AT THE PANAROMIC ELEVATORS. OTHER ELEVATOR WELLS DO NOT NEED ADDITIONAL HEATING COOLING AS LONG AS THERE ARE OPENINGS BETWEEN WELLS ALLOWING FOR MINIMAL AIR FLOW.



G value for glazing=0.8
U value for glazing= 5
U value for opaque cladding=0.6



NOTE: ALL COOLING AND HEATING DEMAND OCCUR AT THE PANORAMIC ELEVATORS. OTHER ELEVATOR WELLS DO NOT NEED ADDITIONAL HEATING COOLING AS LONG AS THERE ARE OPENINGS BETWEEN WELLS ALLOWING FOR MINIMAL AIR FLOW.



G value for glazing=0.8
U value for glazing=5
U value for opaque cladding=0.6

Allegato 2:

- Dimensionamento canali reti aerauliche mandata, ripresa ed estrazione
- Tabelle perdite di carico distribuite e concentrate
- Scheda tecnica diffusori ambiente
- Scheda tecnica Unità Trattamento Aria

MANDATA ARIA PRIMARIA UFFICI														
N STACCO	LUNGHEZZA m	V m ³ /h	VCUM m ³ /h	De mm	b mm	a mm	De eff mm	v eff m/s	P.C. DISTRIB.		P.C. CONC. mm	P.C. serrande		P.C. TOT Pa
									mm	Pa		Pa	Pa	
1	3,25	133,33	1600	347	450	250	366	4,22	0,18	1,8	0,4	4,4	21,8	28,0
2	3	133,33	1467	336	450	250	366	3,87	0,32	3,2	0,2	6,2	-	31,2
3	3	133,33	1333	325	450	250	366	3,52	0,43	4,3	0,2	7,7	-	33,8
4	3	133,33	1200	312	450	250	366	3,17	0,53	5,3	0,2	8,9	-	36,0
5	3	133,33	1067	299	400	200	308	3,98	0,71	7,1	0,4	12,8	-	41,7
6	3	133,33	933	285	400	200	308	3,48	0,85	8,5	0,2	14,3	-	44,6
7	3	133,33	800	269	400	200	308	2,99	0,96	9,6	0,2	15,4	-	46,8
8	3	133,33	667	251	400	200	308	2,49	1,03	10,3	0,4	16,9	-	49,0
9	3	133,33	533	231	400	200	308	1,99	1,08	10,8	0,2	17,4	-	50,0
10	3	133,33	400	208	200	200	220	2,92	1,24	12,4	0,2	18,4	-	52,6
11	3	133,33	267	179	200	200	220	1,95	1,31	13,1	0,2	18,9	-	53,8
12	3	133,33	133	139	200	200	220	0,97	1,33	13,3	0,2	19,0	-	54,1
														165,2

MANDATA ARIA PRIMARIA SALA RIUNIONI														
N STACCO	LUNGHEZZA m	V m ³ /h	VCUM m ³ /h	De mm	b mm	a mm	De eff mm	v eff m/s	P.C. DISTRIB.		P.C. CONC. mm	P.C. serrande		P.C. TOT Pa
									mm	Pa		Pa	Pa	
1	4,3	186,67	560	236	250	200	246	3,28	0,24	2,4	1,1	7,2	-	9,6
2	3	186,67	373	203	250	200	246	2,18	0,32	3,2	0,2	7,8	-	11,0
3	3	186,67	187	157	250	200	246	1,1	0,34	3,4	0,2	8,0	-	11,4
														122,5

MANDATA ARIA PRIMARIA SBARCO ASCENSORI / BREAK AREA												
N STACCO	LUNGHEZZA m	V m ³ /h	V CUM m ³ /h	De mm	b mm	a mm	De eff mm	v eff m/s	P.C. DISTRIB. mm	P.C. CONC. mm	P.C. serrande Pa	P.C. TOT Pa
1 NO	5,7	233	233	171	200	150	190	2,28	0,22	2,2	6,4	10,0
2 SE	6,6	116,62	117	132	200	150	190	1,14	0,29	2,9	-	11,2
	12	116,62	117	132	200	150	190	1,14	0,34	3,4	-	11,7
												122,8

STACCO MANDATA ARIA PRIMARIA PIANO TIPO												
N STACCO	LUNGHEZZA m	V m ³ /h	V CUM m ³ /h	De mm	b mm	a mm	De eff mm	v eff m/s	P.C. DISTRIB. mm	P.C. CONC. mm	P.C. serrande Pa	P.C. TOT Pa
TOT	2,5		2393	403	550	300	443	4,31	1,37	13,7	72,9	108,2
UFF+RIUN	1,2		2160	388	550	300	443	3,89	1,48	14,8	-	111,1
												TOT PRIM
												165,2

MANDATA ARIA PRIMARIA SECONDARI UFFICI									
PORTATA m ³ /h	DIMENSIONE mm	LUNGHEZZA m	P.C. DISTR. Pa	LUNG FLEX m	P.C. FLEX Pa	P.C. CONC. mm	P.C. DIFFUS. Pa	P.C. serrande Pa	DP TOT Pa
133,33	150x150	0,3	0,1	0,5	0,75	1,7	30,0	5	36,3

TOT MANDATA PIANO TIPO 201,5

RIPRESA ARIA UFFICI														
N STACCO	LUNGHEZZA m	V m ³ /h	V CUM m ³ /h	De mm	b mm	a mm	De eff mm	v eff m/s	P.C. DISTRIB.		P.C. CONC.		P.C. serrande Pa	P.C. TOT Pa
1	1,5	106	1272	319	450	250	366	3,36	0,05	0,5	0,4	2,8	6,9	10,2
2	3	106	1166	309	450	250	366	3,08	0,2	2	0,2	3,9	-	12,8
3	3	106	1060	298	450	250	366	2,8	0,28	2,8	0,2	4,9	-	14,6
4	3	106	954	287	400	200	308	3,56	0,43	4,3	0,2	6,4	-	17,6
5	3	106	848	275	400	200	308	3,17	0,55	5,5	0,4	8,9	-	21,3
6	3	106	742	262	400	200	308	2,77	0,64	6,4	0,2	9,8	-	23,1
7	3	106	636	247	400	200	308	2,37	0,7	7	0,2	10,5	-	24,4
8	3	106	530	231	400	200	308	1,98	0,75	7,5	0,4	11,5	-	25,9
9	3	106	424	213	400	200	308	1,58	0,78	7,8	0,2	11,8	-	26,5
10	3	106	318	191	200	200	220	2,32	0,88	8,8	0,2	12,4	-	28,2
11	3	106	212	165	200	200	220	1,55	0,93	9,3	0,2	12,7	-	28,9
12	3	106	106	128	200	200	220	0,77	0,94	9,4	0,2	12,8	-	29,1
														29,1

RIPRESA ARIA SALA RIUNIONI														
N STACCO	LUNGHEZZA m	V m ³ /h	V CUM m ³ /h	De mm	b mm	a mm	De eff mm	v eff m/s	P.C. DISTRIB.		P.C. CONC.		P.C. serrande Pa	P.C. TOT Pa
1	4,3	150	450	217	250	200	246	2,63	0,16	1,6	0,7	3,0	-	4,6
2	3	150	300	187	250	200	246	1,76	0,21	2,1	0,2	3,3	-	5,4
3	3	150	150	145	250	200	246	0,88	0,22	2,2	0,2	3,4	-	5,6
														5,6

ESTRAZIONE BAGNI														
N STACCO	LUNGHEZZA m	V m3/h	V CUM m3/h	De mm	b mm	a mm	De eff mm	v eff m/s	P.C. DISTRIB. mm	Pa	P.C. CONC. mm	Pa	P.C. serrande Pa	P.C. TOT Pa
1	1,4	80	200	161	-	-	160	2,76	0,15	1,5	1,9	18,8	-	55,5
2	1	40	120	134	-	-	160	1,66	0,18	1,8	0,2	19,2	-	76,4
3	1	40	80	115	-	-	160	1,11	0,19	1,9	0,2	19,3	-	97,6
4	1	40	40	90	-	-	160	0,55	0,2	2	0,2	67,4	-	167,0
1	1,4	80	200	161	-	-	160	2,76	0,15	1,5	1,9	18,8	-	45,0
2	1,4	40	120	134	-	-	160	1,66	0,18	1,8	0,2	19,2	-	45,6
3	0,8	80	80	115	-	-	160	1,11	0,2	2	0,2	19,3	-	46,0
STACCO PIANO	0,6	-	400	208	-	-	200	3,54	0,05	0,5	-	10,0	24,7	35,1
													167,0	

STACCO RISPRESA PIANO TIPO														
N STACCO	LUNGHEZZA m	V m3/h	V CUM m3/h	De mm	b mm	a mm	De eff mm	v eff m/s	P.C. DISTRIB. mm	Pa	P.C. CONC. mm	Pa	P.C. serrande Pa	P.C. TOT Pa
UFF+RIUN	5,5	-	1722	357	450	250	366	4,54	0,35	3,5	1,7	21,4	70,6	95,6
													TOT PRIM	124,7

SECONDARI RIPRESA UFFICI										
PORTATA m3/h	DIMENSIONE mm	LUNGHEZZA m	P.C. DISTR. Pa	LUNG FLEX m	P.C. FLEX Pa	P.C. CONC. mm	Pa	P.C. DIFFUS. Pa	P.C. serrande Pa	DP TOT Pa
106	150x150	0,3	0,1	0,5	0,4	1,7	5,4	30,0	5	35,9

TOT PIANO 160,6

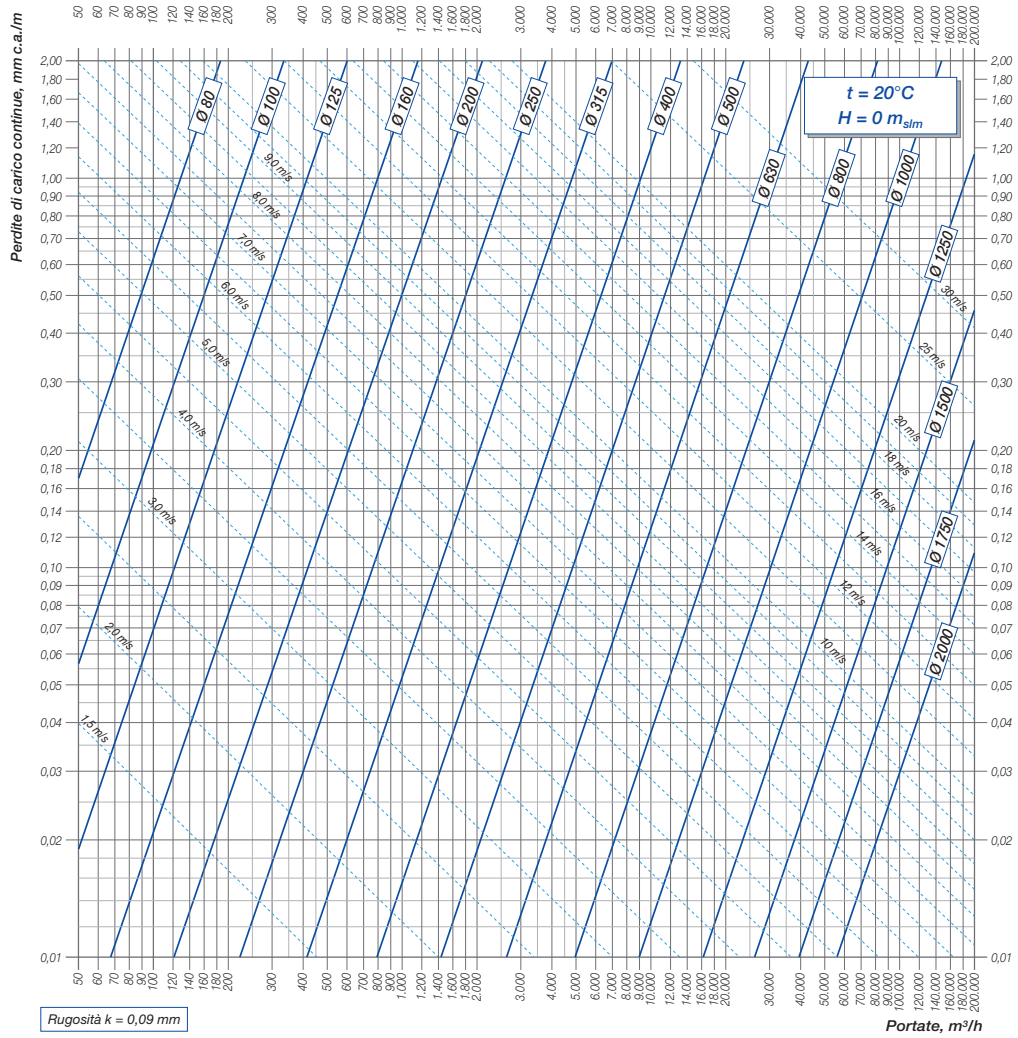
MONTANTE MANDATA ARIA PRIMARIA 37°-47°														
N STACCO	LUNGHEZZA m	V m ³ /h	V CUM m ³ /h	De mm	b mm	a mm	De eff mm	v eff m/s	P.C. DISTRIB.		P.C. CONC.		P.C. serrande Pa	P.C. TOT Pa
									mm	Pa	mm	Pa		
47	16	1913	23923	942	900	900	991	8,62	0,97	9,7	2,6	118,2	12,0	139,9
46	3,9	1913	22010	914	900	900	991	7,93	1,17	11,7	0,2	125,9	-	149,6
45	3,9	1913	20097	884	900	900	991	7,24	1,34	13,4	0,2	132,3	-	157,7
44	3,9	1913	18184	852	900	900	991	6,55	1,48	14,8	0,2	137,6	-	164,4
43	3,9	1913	16271	817	800	700	824	8,49	1,77	17,7	0,4	155,2	-	184,9
42	3,9	2393	14358	780	800	700	824	7,49	2	20	0,2	162,1	-	194,1
41	3,9	2393	11965	730	800	700	824	6,24	2,16	21,6	0,2	166,9	-	200,5
40	3,9	2393	9573	672	600	600	661	7,76	2,48	24,8	0,4	181,6	-	218,4
39	3,9	2393	7179	604	600	600	661	5,82	2,67	26,7	0,2	185,8	-	224,5
38	3,9	2393	4786	520	600	600	661	3,88	2,75	27,5	0,4	189,4	-	228,9
37	3,9	2393	2393	403	550	300	443	4,31	2,93	29,3	1,2	203,1	-	244,4
TOTUTAAP													445,9	

MONTANTE RIPRESA ARIA 37°-47°														
N STACCO	LUNGHEZZA m	V m ³ /h	V CUM m ³ /h	De mm	b mm	a mm	De eff mm	v eff m/s	P.C. DISTRIB.		P.C. CONC.		P.C. serrande Pa	P.C. TOT Pa
									mm	Pa	mm	Pa		
47	16	1338	17022	831	800	800	881	7,76	0,92	9,2	2,6	95,8	12,0	117,0
46	3,9	1338	15684	806	800	800	881	7,15	1,11	11,1	0,2	102,1	-	125,2
45	3,9	1338	14346	780	800	800	881	6,54	1,27	12,7	0,4	112,5	-	137,2
44	3,9	1338	13008	753	700	700	771	7,75	1,54	15,4	0,2	119,9	-	147,3
43	3,9	1338	11670	723	700	700	771	6,95	1,75	17,5	0,2	125,8	-	155,3
42	3,9	1722	10332	691	700	700	711	6,15	1,92	19,2	0,4	135,1	-	166,3
41	3,9	1722	8610	646	600	600	661	6,98	2,19	21,9	0,2	141,0	-	174,9
40	3,9	1722	6888	595	600	600	661	5,58	2,36	23,6	0,4	148,7	-	184,3
39	3,9	1722	5166	535	600	600	661	4,19	2,46	24,6	0,2	150,8	-	187,4
38	3,9	1722	3444	431	600	600	661	2,8	2,5	25	0,4	152,7	-	189,7
37	3,9	1722	1722	357	550	250	366	4,54	2,75	27,5	1,2	167,9	-	207,4
TOTUTAAP													367,9	

MONTANTE ESTRAZIONE BAGNI 37°-47°

N STACCO	LUNGHEZZA m	V m ³ /h	V CUMI m ³ /h	De mm	b mm	a mm	De eff mm	v eff m/s	P.C. DISTRIB.		P.C. CONC.		P.C. serrande Pa	P.C. TOT Pa
									mm	Pa	mm	Pa		
UTA7	10	2200	2200	391	400	400	440	4,01	0,39	3,9	2,2	21,7	-	25,6
UTA 8	10	2200	2200	391	400	400	440	4,01	0,39	3,9	2,2	21,7	-	25,6
47	6	400	4400	504	500	450	522	5,71	0,77	7,7	2,4	47,9	12,0	67,6
46	3,9	400	4000	487	500	450	522	5,19	0,97	9,7	0,2	51,2	-	72,9
45	3,9	400	3600	468	500	450	522	4,67	1,13	11,3	0,4	56,5	-	79,8
44	3,9	400	3200	449	400	400	440	5,84	1,45	14,5	0,2	60,7	-	87,2
43	3,9	400	2800	427	400	400	440	5,11	1,69	16,9	0,2	63,9	-	92,8
42	3,9	400	2400	403	400	400	440	4,38	1,87	18,7	0,4	68,6	-	99,3
41	3,9	400	2000	377	400	400	440	3,65	2	20	0,2	70,2	-	102,2
40	3,9	400	1600	347	350	300	357	4,45	2,25	22,5	0,2	72,6	-	107,1
39	3,9	400	1200	312	350	300	357	3,34	2,39	23,9	0,2	74,0	-	109,9
38	3,9	400	800	269	350	300	357	2,23	2,45	24,5	0,4	75,2	-	111,7
37	3,9	400	400	208	200	200	220	2,92	2,65	26,5	1,2	81,5	-	120,0
													TOT UTA AP	287,0

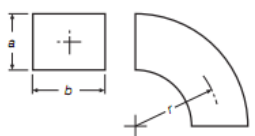
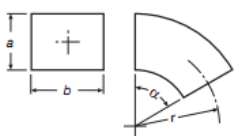
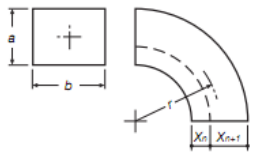
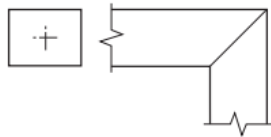
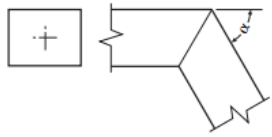
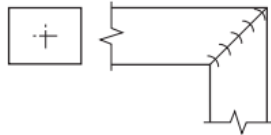
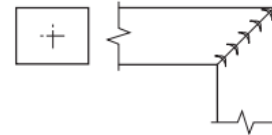
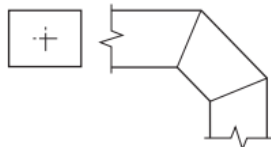
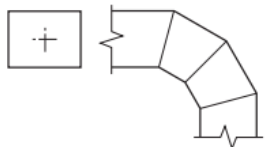
Perdite di carico continue dell'aria – CONDOTTI CIRCOLARI “LISCI” – $t = 20^{\circ}\text{C}$, $H = 0 \text{ m}_{slm}$



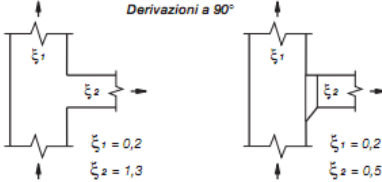
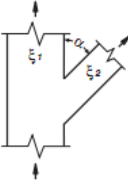
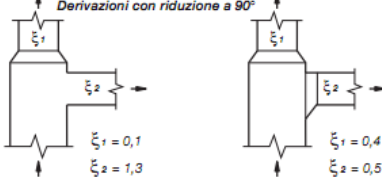
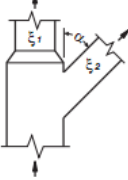
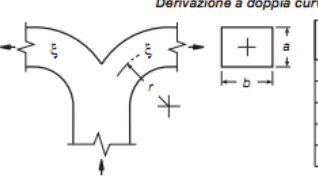
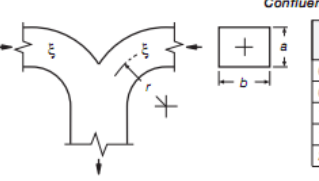
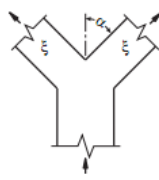
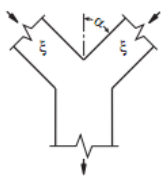
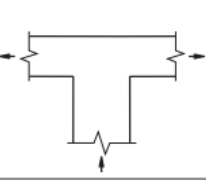
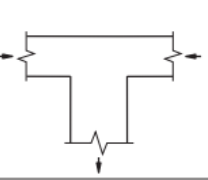
Canali rettangolari: diametri equivalenti per la determinazione delle perdite di carico continue

		a, b = dimensioni rettangolo/quadrato, mm														D _e = diametro equivalente, mm														f = fattore correttivo velocità	
b	a	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	a	b													
100	D _e	109	133	152	169	183	195	207	217	227	236	245	253	261	268	275	D _e	100													
	f	0,94	0,93	0,91	0,89	0,87	0,86	0,84	0,82	0,81	0,80	0,79	0,77	0,76	0,75	0,74	f														
150	D _e	133	164	189	210	229	245	260	274	287	299	310	321	331	341	350	D _e	150													
	f	0,93	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	f														
200	D _e	152	189	219	244	266	286	305	321	337	352	365	378	391	402	414	D _e	200													
	f	0,91	0,93	0,94	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,86	0,85	0,84	f														
250	D _e	169	210	244	273	299	322	343	363	381	398	414	429	443	457	470	D _e	250													
	f	0,89	0,92	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90	0,89	0,88	0,87	0,87	f														
300	D _e	183	229	266	299	328	354	378	400	420	439	457	474	490	506	520	D _e	300													
	f	0,87	0,91	0,93	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90	0,90	0,89	0,89	f														
350	D _e	195	245	286	322	354	383	409	433	455	477	496	515	533	550	567	D _e	350													
	f	0,86	0,90	0,92	0,93	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,92	0,92	0,91	0,91	0,90	f														
400	D _e	207	260	305	343	378	409	437	464	488	511	533	553	573	592	609	D _e	400													
	f	0,84	0,89	0,91	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,92	0,92	0,92	0,91	0,91	f														
450	D _e	217	274	321	363	400	433	464	492	518	543	567	589	610	630	649	D _e	450													
	f	0,82	0,87	0,90	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,92	0,92	f														
500	D _e	227	287	337	381	420	455	488	518	547	573	598	622	644	666	687	D _e	500													
	f	0,81	0,86	0,89	0,91	0,92	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,93	f														
550	D _e	236	299	352	398	439	477	511	543	573	601	628	653	677	700	722	D _e	550													
	f	0,80	0,85	0,88	0,90	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	f														
600	D _e	245	310	365	414	457	496	533	567	598	628	656	683	708	732	755	D _e	600													
	f	0,79	0,84	0,87	0,90	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	f														
650	D _e	253	321	378	429	474	515	553	589	622	653	683	711	737	763	787	D _e	650													
	f	0,77	0,83	0,86	0,89	0,90	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	f														
700	D _e	261	331	391	443	490	533	573	610	644	677	708	737	765	792	818	D _e	700													
	f	0,76	0,82	0,86	0,88	0,90	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	f														
750	D _e	268	341	402	457	506	550	592	630	666	700	732	763	792	820	847	D _e	750													
	f	0,75	0,81	0,85	0,87	0,89	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	f														
800	D _e	275	350	414	470	520	567	609	649	687	722	755	787	818	847	875	D _e	800													
	f	0,74	0,80	0,84	0,87	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	f														
850	D _e	282	359	424	482	534	582	626	668	706	743	778	811	842	872	901	D _e	850													
	f	0,74	0,79	0,83	0,86	0,88	0,89	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	f														
900	D _e	289	367	435	494	548	597	643	686	726	763	799	833	866	897	927	D _e	900													
	f	0,73	0,79	0,82	0,85	0,87	0,89	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	f														
950	D _e	295	376	445	506	561	612	659	703	744	783	820	855	889	921	952	D _e	950													
	f	0,72	0,78	0,82	0,85	0,87	0,88	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	f														
1000	D _e	301	384	454	517	574	626	674	719	762	802	840	876	911	944	976	D _e	1000													
	f	0,71	0,77	0,81	0,84	0,86	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	f														
1100	D _e	313	399	473	538	598	652	703	751	795	838	878	916	953	988	1.022	D _e	1100													
	f	0,70	0,76	0,80	0,83	0,85	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	f														
1200	D _e	324	413	490	558	620	677	731	780	827	872	914	954	993	1.030	1.066	D _e	1200													
	f	0,69	0,74	0,79	0,82	0,84	0,86	0,87	0,89	0,90	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	f														
1300	D _e	334	426	506	577	642	701	757	808	857	904	948	990	1.031	1.069	1.107	D _e	1300													
	f	0,67	0,73	0,77	0,80	0,83	0,85	0,86	0,88	0,89	0,90	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	f														
1400	D _e	344	439	522	595	662	724	781	835	886	934	980	1.024	1.066	1.107	1.146	D _e	1400													
	f	0,66	0,72	0,76	0,79	0,82	0,84	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,91	0,92	0,92	f														
1500	D _e	353	452	536	612	681	745	805	860	913	963	1.011	1.057	1.100	1.143	1.183	D _e	1500													
	f	0,65	0,71	0,75	0,79	0,81	0,83	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,91	0,92	f														
1600	D _e	362	463	551	629	700	766	827	885	939	991	1.041	1.088	1.133	1.177	1.219	D _e	1600													
	f	0,64	0,70	0,74	0,78	0,80	0,82	0,84	0,85	0,87	0,88	0,89	0,89	0,90	0,91	0,91	f														
1700	D _e	371	475	564	644	718	785	849	908	964	1.018	1.069	1.118	1.164	1.209	1.253	D _e	1700													
	f	0,64	0,69	0,74	0,77	0,79	0,81	0,83	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,89	0,90	0,91	f														
1800	D _e	379	485	577	660	735	804	869	930	988	1.043	1.096	1.146	1.195	1.241	1.286	D _e	1800													
	f	0,63	0,69	0,73	0,76	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,90	f														
1900	D _e	387	496	590	674	751	823	889	952	1.012	1.068	1.122	1.174	1.224	1.271	1.318	D _e	1900													
	f	0,62	0,68	0,72	0,75	0,78	0,80	0,82	0,83	0,85	0,86	0,87	0,88	0,88	0,89	0,90	f														
2000	D _e	395	506	602	688	767	840	908	973	1.034	1.092	1.147	1.200	1.252	1.301	1.348	D _e	2000													
	f	0,61	0,67	0,71	0,74	0,77	0,79	0,8	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,89	f														
2200	D _e	410	525	625	715	797	874	945	1.013	1.076	1.137	1.195	1.251	1.305	1.356	1.406	D _e	2200													
	f	0,60	0,66	0,70	0,73	0,76	0,78	0,80	0,81	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,88	f														

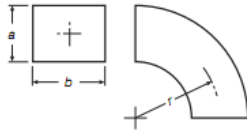
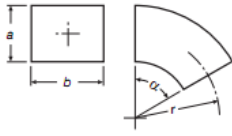
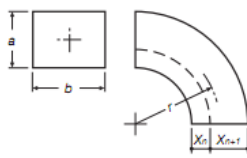
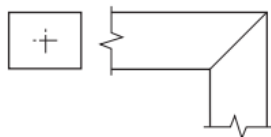
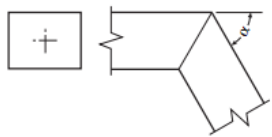
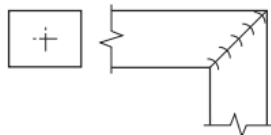
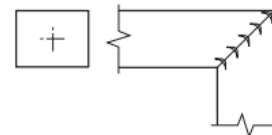
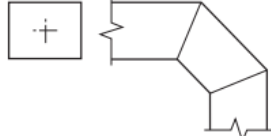
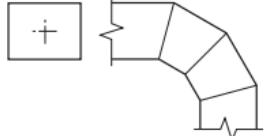
Canali rettangolari - valori indicativi dei coefficienti ξ - curve

<p style="text-align: center;">Curva a 90°</p>  <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">r/a</th> <th colspan="2">ξ</th> </tr> <tr> <th>b/a ≤ 1</th> <th>b/a ≥ 1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,50</td> <td>1,2</td> <td>1,0</td> </tr> <tr> <td>0,75</td> <td>0,6</td> <td>0,4</td> </tr> <tr> <td>1,00</td> <td>0,3</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>1,50</td> <td>0,1</td> <td>0,1</td> </tr> </tbody> </table>	r/a	ξ		b/a ≤ 1	b/a ≥ 1	0,50	1,2	1,0	0,75	0,6	0,4	1,00	0,3	0,2	1,50	0,1	0,1	<p style="text-align: center;">Curve a 30°, 45° e 60°</p>  <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">ξ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>α = 30°</td> <td>$\xi = \xi_{(90°)} \cdot 0,33$</td> </tr> <tr> <td>α = 45°</td> <td>$\xi = \xi_{(90°)} \cdot 0,50$</td> </tr> <tr> <td>α = 60°</td> <td>$\xi = \xi_{(90°)} \cdot 0,66$</td> </tr> </tbody> </table>	ξ		α = 30°	$\xi = \xi_{(90°)} \cdot 0,33$	α = 45°	$\xi = \xi_{(90°)} \cdot 0,50$	α = 60°	$\xi = \xi_{(90°)} \cdot 0,66$									
r/a		ξ																																	
	b/a ≤ 1	b/a ≥ 1																																	
0,50	1,2	1,0																																	
0,75	0,6	0,4																																	
1,00	0,3	0,2																																	
1,50	0,1	0,1																																	
ξ																																			
α = 30°	$\xi = \xi_{(90°)} \cdot 0,33$																																		
α = 45°	$\xi = \xi_{(90°)} \cdot 0,50$																																		
α = 60°	$\xi = \xi_{(90°)} \cdot 0,66$																																		
<p style="text-align: center;">Curva a 90° con deflettori</p>  <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>a</th> <th>N</th> <th>X₁</th> <th>X₂</th> <th>X₃</th> <th>X₄</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>300 + 500</td> <td>1</td> <td>1/3a</td> <td>2/3a</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>500 + 1.000</td> <td>2</td> <td>1/6a</td> <td>1/3a</td> <td>1/2a</td> <td></td> </tr> <tr> <td>> 1.000</td> <td>3</td> <td>1/12a</td> <td>1/6a</td> <td>1/4a</td> <td>1/2a</td> </tr> </tbody> </table> <p style="font-size: small;">a = altezza sezione canale N = numero deflettori X_n = distanza dei vari passaggi d'aria</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>r/a</th> <th>ξ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,50</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>0,75</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>1,00</td> <td>0,1</td> </tr> <tr> <td>1,50</td> <td>0,1</td> </tr> </tbody> </table>	a	N	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	300 + 500	1	1/3a	2/3a			500 + 1.000	2	1/6a	1/3a	1/2a		> 1.000	3	1/12a	1/6a	1/4a	1/2a	r/a	ξ	0,50	0,5	0,75	0,2	1,00	0,1	1,50	0,1	
a	N	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄																														
300 + 500	1	1/3a	2/3a																																
500 + 1.000	2	1/6a	1/3a	1/2a																															
> 1.000	3	1/12a	1/6a	1/4a	1/2a																														
r/a	ξ																																		
0,50	0,5																																		
0,75	0,2																																		
1,00	0,1																																		
1,50	0,1																																		
<p style="text-align: center;">Curva con spigolo vivo a 90°</p>  <p style="text-align: right; margin-right: 50px;">$\xi = 1,4$</p>	<p style="text-align: center;">Curve con spigolo vivo a 30°, 45° e 60°</p>  <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="3">ξ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>α = 30°</td> <td>α = 45°</td> <td>α = 60°</td> </tr> <tr> <td>0,5</td> <td>0,7</td> <td>0,9</td> </tr> </tbody> </table>	ξ			α = 30°	α = 45°	α = 60°	0,5	0,7	0,9																									
ξ																																			
α = 30°	α = 45°	α = 60°																																	
0,5	0,7	0,9																																	
<p style="text-align: center;">Curva a 90° con alette normali</p>  <p style="text-align: right; margin-right: 50px;">$\xi = 0,4$</p>	<p style="text-align: center;">Curva a 90° con alette aerodinamiche</p>  <p style="text-align: right; margin-right: 50px;">$\xi = 0,2$</p>																																		
<p style="text-align: center;">Curva a 90° ad un segmento</p>  <p style="text-align: right; margin-right: 50px;">$\xi = 1,3$</p>	<p style="text-align: center;">Curva a 90° a due segmenti</p>  <p style="text-align: right; margin-right: 50px;">$\xi = 1,2$</p>																																		

Canali rettangolari - valori indicativi dei coefficienti ξ - derivazioni e confluenze

<p>Derivazioni a 90°</p>  <p>$\xi_1 = 0,2$ $\xi_2 = 1,3$</p>	<p>Derivazioni a 30°, 45° e 60°</p>  <p>$\xi_1 = 0,2$</p> <table border="1" data-bbox="1117 504 1268 593"> <thead> <tr> <th colspan="3">ξ_2</th> </tr> <tr> <th>$\alpha = 30^\circ$</th> <th>$\alpha = 45^\circ$</th> <th>$\alpha = 60^\circ$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,4</td> <td>0,7</td> <td>0,9</td> </tr> </tbody> </table>	ξ_2			$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 60^\circ$	0,4	0,7	0,9															
ξ_2																									
$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 60^\circ$																							
0,4	0,7	0,9																							
<p>Derivazioni con riduzione a 90°</p>  <p>$\xi_1 = 0,1$ $\xi_2 = 1,3$</p>	<p>Derivazioni con riduzione a 30°, 45° e 60°</p>  <p>$\xi_1 = 0,4$</p> <table border="1" data-bbox="1117 705 1268 795"> <thead> <tr> <th colspan="3">ξ_2</th> </tr> <tr> <th>$\alpha = 30^\circ$</th> <th>$\alpha = 45^\circ$</th> <th>$\alpha = 60^\circ$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,4</td> <td>0,7</td> <td>0,9</td> </tr> </tbody> </table>	ξ_2			$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 60^\circ$	0,4	0,7	0,9															
ξ_2																									
$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 60^\circ$																							
0,4	0,7	0,9																							
<p>Derivazione a doppia curva</p>  <table border="1" data-bbox="646 862 726 1019"> <thead> <tr> <th>r/a</th> <th>ξ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,50</td> <td>1,0</td> </tr> <tr> <td>0,75</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>1,00</td> <td>0,3</td> </tr> <tr> <td>1,50</td> <td>0,1</td> </tr> <tr> <td>2,00</td> <td>0,1</td> </tr> </tbody> </table>	r/a	ξ	0,50	1,0	0,75	0,5	1,00	0,3	1,50	0,1	2,00	0,1	<p>Confluenza a doppia curva</p>  <table border="1" data-bbox="1157 862 1236 1019"> <thead> <tr> <th>r/a</th> <th>ξ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,50</td> <td>1,0</td> </tr> <tr> <td>0,75</td> <td>0,4</td> </tr> <tr> <td>1,00</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>1,50</td> <td>0,1</td> </tr> <tr> <td>2,00</td> <td>0,1</td> </tr> </tbody> </table>	r/a	ξ	0,50	1,0	0,75	0,4	1,00	0,2	1,50	0,1	2,00	0,1
r/a	ξ																								
0,50	1,0																								
0,75	0,5																								
1,00	0,3																								
1,50	0,1																								
2,00	0,1																								
r/a	ξ																								
0,50	1,0																								
0,75	0,4																								
1,00	0,2																								
1,50	0,1																								
2,00	0,1																								
<p>Derivazione ad Y</p>  <table border="1" data-bbox="646 1086 726 1198"> <thead> <tr> <th>α</th> <th>ξ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30°</td> <td>0,3</td> </tr> <tr> <td>45°</td> <td>0,7</td> </tr> <tr> <td>60°</td> <td>1,0</td> </tr> </tbody> </table>	α	ξ	30°	0,3	45°	0,7	60°	1,0	<p>Confluenza a Y</p>  <table border="1" data-bbox="1157 1086 1236 1198"> <thead> <tr> <th>α</th> <th>ξ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30°</td> <td>0,3</td> </tr> <tr> <td>45°</td> <td>0,6</td> </tr> <tr> <td>60°</td> <td>0,9</td> </tr> </tbody> </table>	α	ξ	30°	0,3	45°	0,6	60°	0,9								
α	ξ																								
30°	0,3																								
45°	0,7																								
60°	1,0																								
α	ξ																								
30°	0,3																								
45°	0,6																								
60°	0,9																								
<p>Derivazione a T</p>  <p>$\xi_1 = 1,4$</p>	<p>Confluenza a T</p>  <p>$\xi_1 = 1,3$</p>																								

Canali rettangolari - valori indicativi dei coefficienti ξ - curve

<p style="text-align: center;">Curva a 90°</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">r/a</th> <th colspan="2">ξ</th> </tr> <tr> <th>b/a ≤ 1</th> <th>b/a ≥ 1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,50</td> <td>1,2</td> <td>1,0</td> </tr> <tr> <td>0,75</td> <td>0,6</td> <td>0,4</td> </tr> <tr> <td>1,00</td> <td>0,3</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>1,50</td> <td>0,1</td> <td>0,1</td> </tr> </tbody> </table> </div>	r/a	ξ		b/a ≤ 1	b/a ≥ 1	0,50	1,2	1,0	0,75	0,6	0,4	1,00	0,3	0,2	1,50	0,1	0,1	<p style="text-align: center;">Curve a 30°, 45° e 60°</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2">ξ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$\alpha = 30^\circ$</td> <td>$\xi = \xi(90^\circ) \cdot 0,33$</td> </tr> <tr> <td>$\alpha = 45^\circ$</td> <td>$\xi = \xi(90^\circ) \cdot 0,50$</td> </tr> <tr> <td>$\alpha = 60^\circ$</td> <td>$\xi = \xi(90^\circ) \cdot 0,66$</td> </tr> </tbody> </table> </div>	ξ		$\alpha = 30^\circ$	$\xi = \xi(90^\circ) \cdot 0,33$	$\alpha = 45^\circ$	$\xi = \xi(90^\circ) \cdot 0,50$	$\alpha = 60^\circ$	$\xi = \xi(90^\circ) \cdot 0,66$									
r/a		ξ																																	
	b/a ≤ 1	b/a ≥ 1																																	
0,50	1,2	1,0																																	
0,75	0,6	0,4																																	
1,00	0,3	0,2																																	
1,50	0,1	0,1																																	
ξ																																			
$\alpha = 30^\circ$	$\xi = \xi(90^\circ) \cdot 0,33$																																		
$\alpha = 45^\circ$	$\xi = \xi(90^\circ) \cdot 0,50$																																		
$\alpha = 60^\circ$	$\xi = \xi(90^\circ) \cdot 0,66$																																		
<p style="text-align: center;">Curva a 90° con deflettori</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>a</th> <th>N</th> <th>X₁</th> <th>X₂</th> <th>X₃</th> <th>X₄</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>300 + 500</td> <td>1</td> <td>1/3a</td> <td>2/3a</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>500 + 1.000</td> <td>2</td> <td>1/6a</td> <td>1/3a</td> <td>1/2a</td> <td></td> </tr> <tr> <td>> 1.000</td> <td>3</td> <td>1/12a</td> <td>1/6a</td> <td>1/4a</td> <td>1/2a</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center; margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>r/a</th> <th>ξ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,50</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>0,75</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>1,00</td> <td>0,1</td> </tr> <tr> <td>1,50</td> <td>0,1</td> </tr> </tbody> </table> <div style="margin-left: 20px; font-size: small;"> <p>a = altezza sezione canale N = numero deflettori X_n = distanza dei vari passaggi d'aria</p> </div> </div>		a	N	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	300 + 500	1	1/3a	2/3a			500 + 1.000	2	1/6a	1/3a	1/2a		> 1.000	3	1/12a	1/6a	1/4a	1/2a	r/a	ξ	0,50	0,5	0,75	0,2	1,00	0,1	1,50	0,1
a	N	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄																														
300 + 500	1	1/3a	2/3a																																
500 + 1.000	2	1/6a	1/3a	1/2a																															
> 1.000	3	1/12a	1/6a	1/4a	1/2a																														
r/a	ξ																																		
0,50	0,5																																		
0,75	0,2																																		
1,00	0,1																																		
1,50	0,1																																		
<p style="text-align: center;">Curva con spigolo vivo a 90°</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>$\xi = 1,4$</p> </div> </div>	<p style="text-align: center;">Curve con spigolo vivo a 30°, 45° e 60°</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="3">ξ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$\alpha = 30^\circ$</td> <td>$\alpha = 45^\circ$</td> <td>$\alpha = 60^\circ$</td> </tr> <tr> <td>0,5</td> <td>0,7</td> <td>0,9</td> </tr> </tbody> </table> </div>	ξ			$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 60^\circ$	0,5	0,7	0,9																									
ξ																																			
$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 60^\circ$																																	
0,5	0,7	0,9																																	
<p style="text-align: center;">Curva a 90° con alette normali</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>$\xi = 0,4$</p> </div> </div>	<p style="text-align: center;">Curva a 90° con alette aerodinamiche</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>$\xi = 0,2$</p> </div> </div>																																		
<p style="text-align: center;">Curva a 90° ad un segmento</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>$\xi = 1,3$</p> </div> </div>	<p style="text-align: center;">Curva a 90° a due segmenti</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>$\xi = 1,2$</p> </div> </div>																																		

Serranda Tagliafuoco: perdite di carico concentrata

Perdita di carico e rumore generato

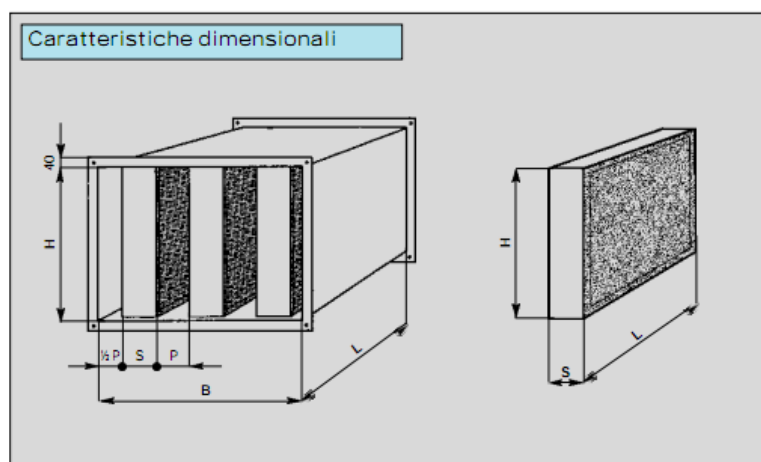
V	dim da 200x200 a 450x250		dim da 500x300 a 650x450		dim da 700x500	
	Δpt	LwA	Δpt	LwA	Δpt	LwA
3	12	25	5	<20	<5	36
4	23	33	9	27	<5	44
5	33	39	14	35	<5	51
6	48	45	20	41	6	55
7	65	50	27	46	8	59
8	85	54	35	51	11	63

V: velocità riferita alla sezione frontale

Δpt : perdita di carico totale [Pa]

LwA: livello di potenza sonora [dB(A)]

Setti Silenziatori



Le dimensioni frontali dei silenziatori sono multipli di un modulo e precisamente:

SQ-A = 300 x 300 mm (B x H) con passaggio aria P= 100 mm

SQ-B = 350 x 300 mm (B x H) con passaggio aria P= 150 mm

SQ-C = 400 x 300 mm (B x H) con passaggio aria P= 200 mm

SQ-D = 470 x 300 mm (B x H) con passaggio aria P= 120 mm

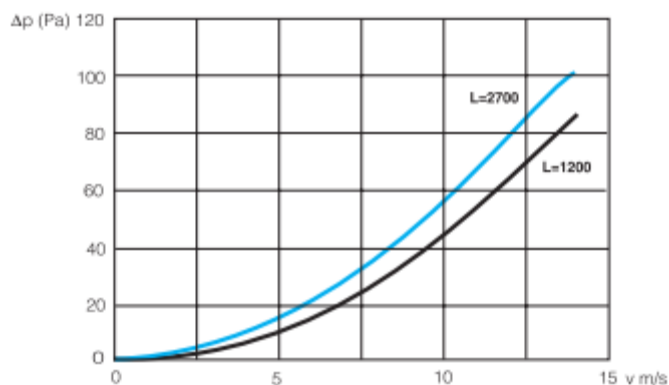


Caratteristiche aerologiche

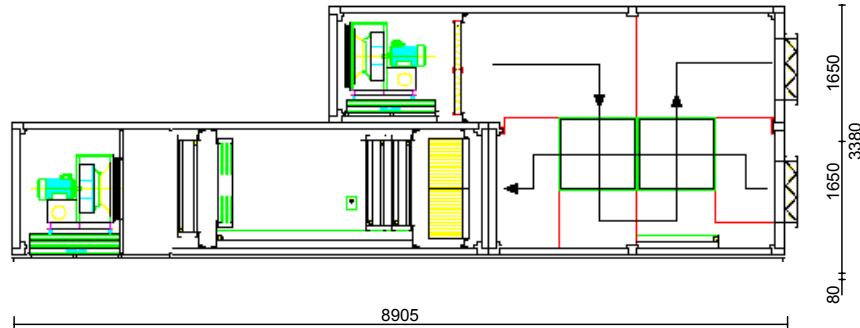
SQ-C Modello	B x H mm	Ac m ²	v10m/s	v12m/s	v14m/s
			qv (m ³ /h)		
110	400x 300	0,060	2160	2592	3024
115	400x 450	0,090	3240	3888	4536
120	400x 600	0,120	4320	5184	6048
210	800x 300	0,120	4320	5184	6048
215	800x 450	0,180	6480	7776	9072
220	800x 600	0,240	8640	10368	12096
225	800x 750	0,300	10800	12960	15120
230	800x 900	0,360	12960	15552	18144
315	1200x 450	0,270	9720	11664	13608
320	1200x 600	0,360	12960	15552	18144
325	1200x 750	0,450	16200	19440	22680
330	1200x 900	0,540	19440	23328	27216
335	1200x1050	0,630	22680	27216	31752
340	1200x1200	0,720	25920	31104	36288
420	1600x 600	0,480	17280	20736	24192
425	1600x 750	0,600	21600	25920	30240
430	1600x 900	0,720	25920	31104	36288
440	1600x1200	0,960	34560	41472	48384
450	1600x1500	1,200	43200	51480	60480
525	2000x 750	0,750	27000	32400	37800
530	2000x 900	0,900	32400	38880	45360
540	2000x1200	1,200	43200	51840	60480
550	2000x1500	1,500	54000	64800	75600
560	2000x1800	1,800	64800	77760	90720
630	2400x 900	1,080	38880	46656	54432
640	2400x1200	1,440	51840	62208	72576
650	2400x1500	1,800	64800	77760	90720
660	2400x1800	2,160	77760	93312	108864

SQ-D Modello	B x H mm	Ac m ²	v8m/s	v10m/s	v12m/s
			qv (m ³ /h)		
110	470x 300	0,036	1037	1296	1555
115	470x 450	0,054	1555	1944	2333
120	470x 600	0,072	2074	2592	3110
210	940x 300	0,072	2074	2592	3110
215	940x 450	0,108	3110	3888	4666
220	940x 600	0,144	4147	5184	6221
225	940x 750	0,180	5184	6480	7776
230	940x 900	0,216	6221	7776	9331
315	1410x 450	0,162	4666	5832	6998
320	1410x 600	0,216	6221	7776	9331
325	1410x 750	0,270	7776	9720	11664
330	1410x 900	0,324	9331	11664	13997
335	1410x1050	0,378	10886	13608	16330
340	1410x1200	0,432	12442	15552	18662
420	1880x 600	0,288	8294	10368	12442
425	1880x 750	0,360	10368	12960	15552
430	1880x 900	0,432	12442	15552	18662
440	1880x1200	0,576	16589	20736	24883
450	1880x1500	0,720	20736	25920	31104
525	2350x 750	0,450	12960	16200	19440
530	2350x 900	0,540	15552	19440	23328
540	2350x1200	0,720	20736	25920	31104
550	2350x1500	0,900	25920	32400	38880
560	2350x1800	1,080	31104	38880	46656
630	2820x 900	0,648	18662	23328	27994
640	2820x1200	0,864	24883	31104	37325
650	2820x1500	1,080	31104	38880	46656
660	2820x1800	1,296	37325	46656	55987

SQC 2 o più setti



Unità Trattamento Aria: Dati Tecnici



Caratteristiche generali						
Sezione mandata	Unità modello AHU 25,50	Larghezza 2570 mm	Altezza 1650 mm	Lunghezza 8905 mm	Peso 5091 kg	Quota inst. 0 m
Sezione ripresa	Unità modello AHU 25,50	Larghezza 2570 mm	Altezza 1650 mm	Lunghezza 5530 mm		Bar.Press. 101.3 KPa

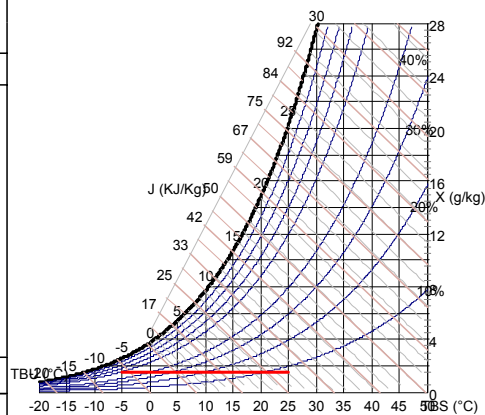
1 Ventilatore di ripresa/espulsione								
Tipo ventilatore	NPA710S4		Senza coclea					
PORTATA	20200 m ³ /h		MOTORE		EFF.2			
	5.60 m ³ /sec		Taglia		160M			
Pressione statica utile	400 pa		Forma		B3			
Pressione statica totale	792 pa		Grado di protezione		IP55			
Pressione dinamica	119 pa		Isolamento-classe		F			
Pressione totale	910 pa		Tensione alimentazione		380 V			
Rendimento statico	64.7 %		N° Poli		4			
Livello di pot. sonora Lw (Asp.)	92 dB		RPM		1460			
Livello di pot. sonora Lw A (Asp.)	83 dB(A)		POTENZA INSTALLATA		11.00 kW			
Potenza assorbita	6.45 kW		Corrente nominale		21.50 A			
RPM	1229 rpm		Freq. inverter (min. 20 Hz)		42 Hz - Max 46 Hz			
Dimensioni bocca	910x900 mm		Tipo basamento ventilatore		BAS 104			
			Rendimento motore		88.5 %			
			Pot. assorbita albero ventilatore		6.45 kW			
			Potenza assorbita dalla rete		7.33 kW			
Spettro di potenza sonora (dB)								
F [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
ripresa	89	82	86	78	78	73	70	70
<p>Necessario INVERTER per il funzionamento del ventilatore nel punto di lavoro.</p> <p>Con punto luce completo IP 65 40 W 24 V</p> <p>Con oblò</p> <p>Con Inverter ACH 550 IP 54 cablato al motore</p> <p>Con microinterruttore</p>								

2 Filtri sintetici pieghettati
<p>Filtri sintetici G3 gravimetrico</p> <p>Perdita di carico filtro iniziale 53 Pa - Perdita di carico filtro media 101 Pa - Perdita di carico filtro finale 150 Pa</p> <p>Quantità 4 Filtri 592 x 287 x 48 mm + 8 Filtri 592 x 592 x 48 mm</p>

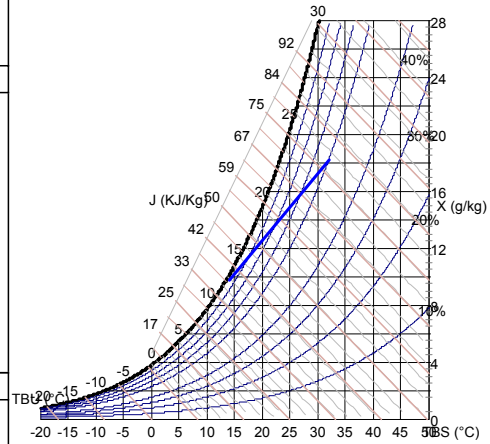
3 Recuperatore statico 2xFI AL 16 N 2150 N 1 AE SM ABBP360+300			
Aria esterna		Aria espulsa	
Portata	25200.0 m³/h	Portata	20200.00 m³/h
Portata	7.00 m³/s	Portata	5.60 m³/s
Temperatura ingresso	-5.00 °C	Temperatura ingresso	20.00 °C
Umidità ingresso	60 %	Umidità ingresso	40 %
Temperatura uscita	12.60 °C	Temperatura uscita	2.00 °C
Umidità uscita	24 %	Umidità uscita	100 %
Perdita di carico	314 Pa	Perdita di carico	286 Pa
		Rendimento in temperatura	80.90 %
Potenza	151.00 kW	Rendimento secondo EN 308	87.10 %
<p>Numero pezzi 2 in serie Materiale: alluminio Filtri efficienza G3 Perdita di carico filtro iniziale 63 Pa - Perdita di carico filtro media 95 Pa - Perdita di carico filtro finale 127 Pa Quantità 4 Filtri 287 x 592 x 98 mm + 4 Filtri 592 x 592 x 98 mm Serrande in acciaio zincato Bacinella in alluminio Con punto luce completo IP 65 40 W 24 V Con oblò Aria esterna Serranda di espulsione Serranda di by-pass A.E. + EXP.</p>			

4 Filtri a tasca rigida con prefiltra	
<p>Filtri sintetici G3 gravimetrico Perdita di carico filtro iniziale 56 Pa - Perdita di carico filtro media 103 Pa - Perdita di carico filtro finale 150 Pa Quantità 4 Filtri 592 x 287 x 48 mm + 8 Filtri 592 x 592 x 48 mm Efficienza F7 - 8RT Perdita di carico filtro iniziale 61 Pa - Perdita di carico filtro media 156 Pa - Perdita di carico filtro finale 250 Pa Quantità 4 Filtri 287 x 592 x 290 mm + 8 Filtri 592 x 592 x 290 mm</p>	

5 Batteria di riscaldamento ad acqua Cu/Al P40-16 AC 32T-2200A-2.5Pa 24C 2 1/2' CC	
Quantità 1 Batteria	
Dimensioni	2200 x 1280 mm
Materiale tubo/aletta	Cu0.4 Al
Materiale telaio	FeZn 1,5mm
Materiale collettore	Fe
Potenza	259.13 kW
Volume interno	55.24 dm ³
Aria	
Portata	25200 m³/h 7.00 m ³ /s
Densità	1.317 kg/m ³
Velocità attraversamento	2.4 m/s
Temperatura ingresso	-5.00 °C
Umidità ingresso	60.0 %
Temperatura uscita	25.00 °C
Umidità uscita	7.4 %
Perdita di carico	63.36 pa
Acqua	
Portata	31836 l/h
Temperatura ingresso	50.00 °C
Temperatura uscita	43.00 °C
Perdita di carico	35.88 kpa

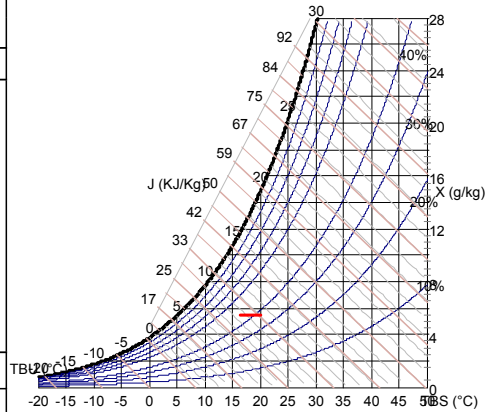


6 Batteria di raffreddamento ad acqua Cu/Al P40-16 AR 32T-2200A-2.5Pa 56C 4' GAF	
Quantità 1 Batteria	
Dimensioni	2200 x 1280 mm
Materiale tubo/aletta	Cu0.4 Al
Materiale telaio	FeZn 1,5mm
Materiale collettore	Fe
Potenza totale	338.79 kW
Potenza sensibile	160.19 kW
Volume interno	127.85 dm ³
Aria	
Portata	25200 m³/h
	7.00 m ³ /s
Densità	1.157 kg/m ³
Velocità attraversamento	2.4 m/s
Temperatura ingresso	32.00 °C
Umidità ingresso	60.0 %
Temperatura uscita	14.00 °C
Umidità uscita	97.6 %
Condensa	255.9 kg/h
Rapporto S/T	0.47
Perdita di carico	181.51 pa
Acqua	
Portata	58273 l/h
Temperatura ingresso	8.00 °C
Temperatura uscita	13.00 °C
Perdita di carico	29.11 kpa
Bacinella in Inox	
Perdita di carico aria in condizioni umide	



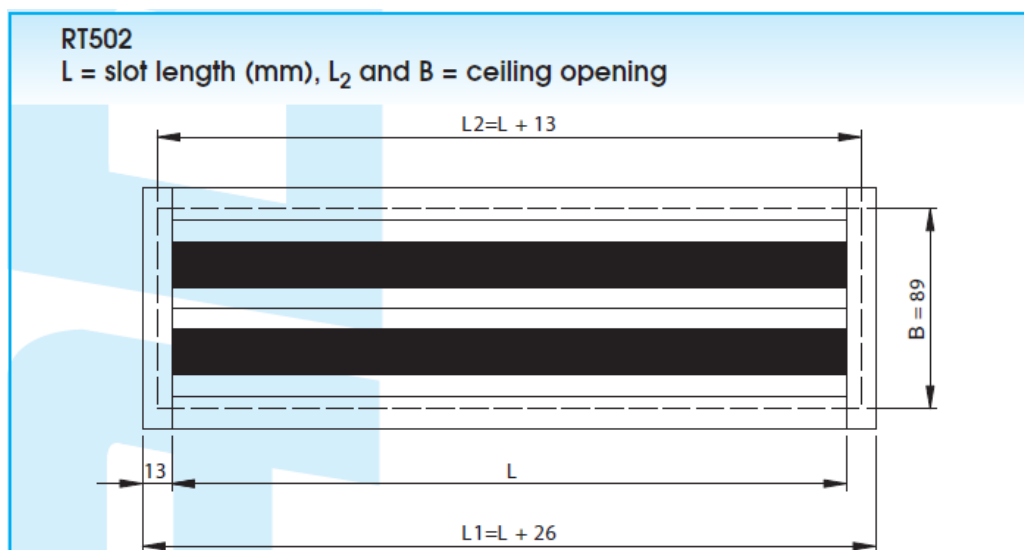
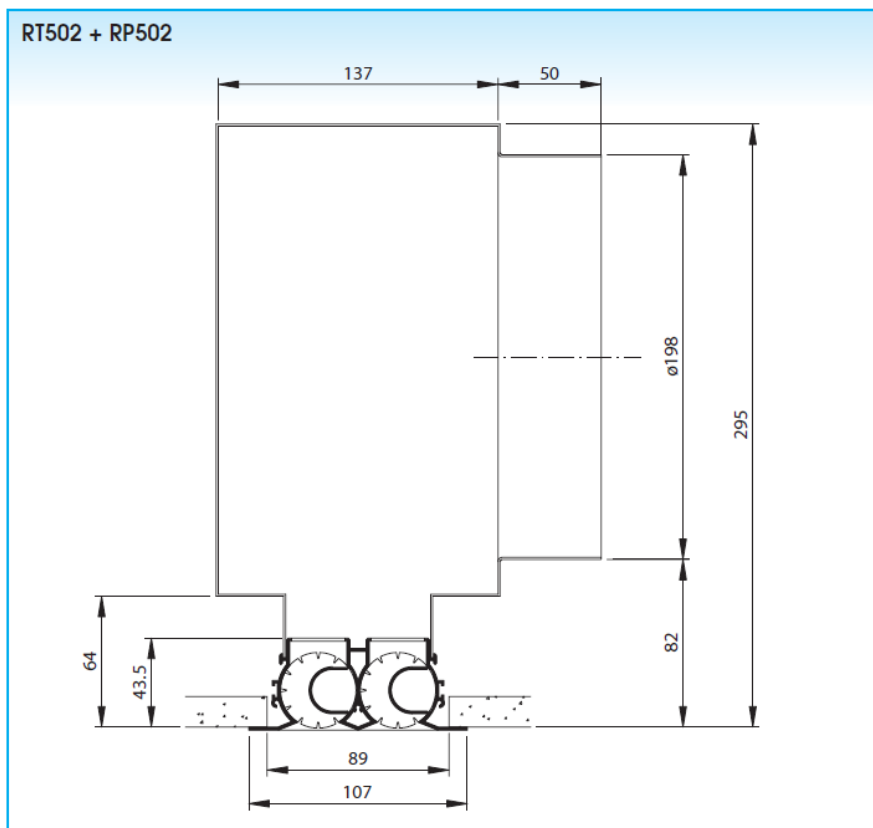
7 Umidificatore adiabatico acqua alta pressione	
Temp. e X assoluta in ingresso	25.00 °C - 1.45 g/kg
Variazione umidità assoluta	4.00 g/kg
Distributore	Escluso
Lunghezza complessiva camera (incl. separatore)	1800 mm
Separatore con telaio in Inox e alette in PVC	
Bacinella in acciaio inox	
Con punto luce completo IP 65 40 W 24 V	
Con oblò	

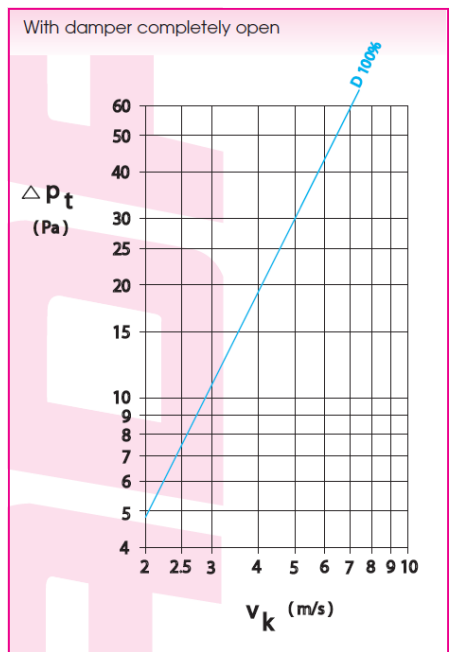
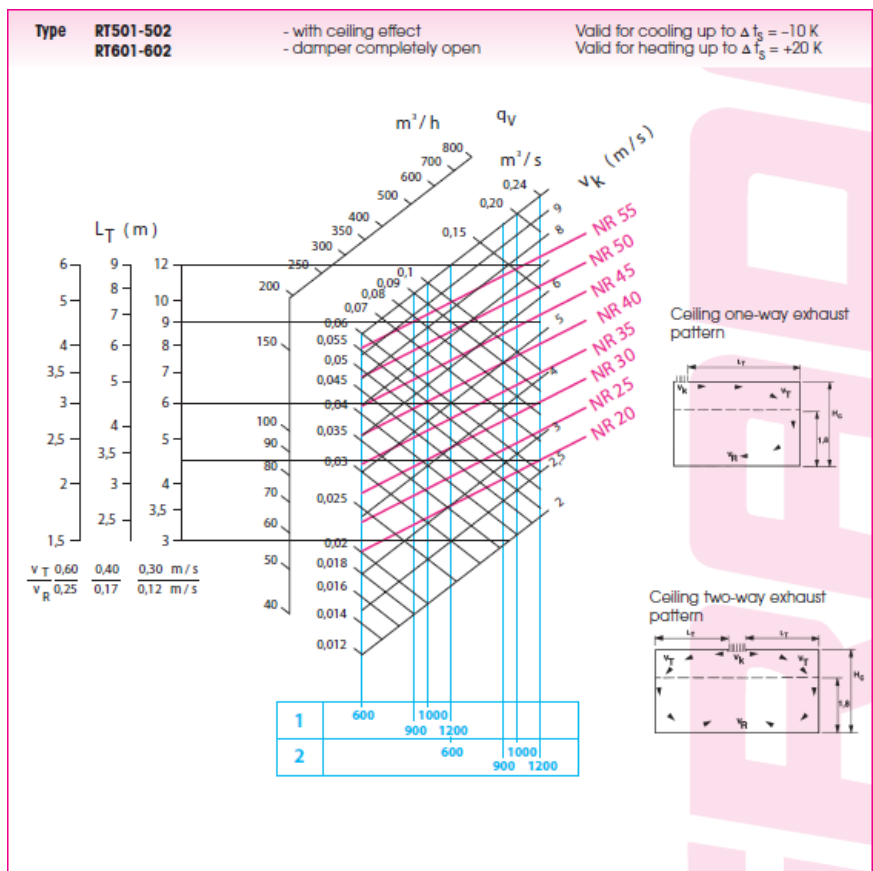
8 Batteria di riscaldamento ad acqua Cu-AI P60AC 21T-2200A-3.0pa 5C 1 1/4" ACA	
Quantità 1 Batteria	
Dimensioni	2200 x 1260 mm
Materiale tubo/aletta	Cu0.4 Al
Materiale telaio	FeZn 1,5mm
Materiale collettore	Fe
Potenza	30.02 kW
Volume interno	13.10 dm ³
Aria	
Portata	25200 m³/h 7.00 m ³ /s
Densità	1.219 kg/m ³
Velocità attraversamento	2.5 m/s
Temperatura ingresso	16.50 °C
Umidità ingresso	47.0 %
Temperatura uscita	20.00 °C
Umidità uscita	37.7 %
Perdita di carico	11.08 pa
Acqua	
Portata	3720 l/h
Temperatura ingresso	50.00 °C
Temperatura uscita	43.00 °C
Perdita di carico	12.18 kpa



9 Ventilatore di mandata								
Tipo ventilatore		NPA710S4			Senza coclea			
PORTATA	25200	m ³ /h		MOTORE	EFF.2			
		7.00 m ³ /sec		Taglia	180M			
Pressione statica utile	500	pa		Forma	B3			
Pressione statica totale	1453	pa		Grado di protezione	IP55			
Pressione dinamica	138	pa		Isolamento-classe	F			
Pressione totale	1590	pa		Tensione alimentazione	380 V			
Rendimento statico	71.5	%		N° Poli	4			
Livello di pot. sonora Lw (Asp.)	97	dB		RPM	1465			
Livello di pot. sonora Lw A (Asp.)	87	dB(A)		POTENZA INSTALLATA	18.50	kW		
Potenza assorbita	14.22	kW		Corrente nominale	35.00	A		
RPM	1555	rpm		Freq. inverter (min. 20 Hz)	53 Hz - Max 56 Hz			
Dimensioni bocca	910x1500		mm	Tipo basamento ventilatore	BAS 104			
				Rendimento motore	90.4 %			
				Pot. assorbita albero ventilatore	14.22 kW			
				Potenza assorbita dalla rete	16.90 kW			
Spettro di potenza sonora (dB)								
F [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
ripresa	94	85	92	81	81	75	73	69
Necessario INVERTER per il funzionamento del ventilatore nel punto di lavoro.								
Con punto luce completo IP 65 40 W 24 V								
Con oblò								
Con Inverter ACH 550 IP 54 cablato al motore								
Con microinterruttore								

Diffusori lineari Aria: Scheda Tecnica





Allegato 3

- Schede tecniche Fan-Coil
- Schede potenze in caldo e freddo Fan-Coil
- Dimensionamento circuiti piano tipo
- Dimensionamento circuiti montanti

Tabelle dimensionamento Fan-Coil

47°	LOCALE	np	Qt	V'	V	Qv	Qv-	Qap	Qfc
			W	kg/s	kg/s	W	W	W	W
UFFICI NO	NO 1	2	980	0,03	0,071	2454	320	2454	1300
	NO 2	1	625	0,01	0,036	1227	160	1227	785
	NO 3	2	942	0,03	0,071	2454	320	2454	1262
	NO 4	2	942	0,03	0,071	2454	320	2454	1262
	NO 5	1	625	0,01	0,036	1227	160	1227	785
	NO 6	2	942	0,03	0,071	2454	320	2454	1262
	NO 7	2	942	0,03	0,071	2454	320	2454	1262
	NO 8	1	625	0,01	0,036	1227	160	1227	785
	NO 9	2	980	0,03	0,071	2454	320	2454	1300
	SALA RIUNIONE NE	8	276	0,09	0,09	3220	420	3220	696
	BREAK AREA NE	4	4139	0,08	0,08	2682	350	2682	4489
	VANO ASC NE	0	2600	0,00	0,00	0	0	0	2600
UFFICI SE	SE 10	2	946	0,03	0,071	2454	320	2454	1266
	SE 11	1	603	0,01	0,036	1227	160	1227	763
	SE 12	2	908	0,03	0,071	2454	320	2454	1228
	SE 13	2	908	0,03	0,071	2454	320	2454	1228
	SE 14	1	603	0,01	0,036	1227	160	1227	763
	SE 15	2	908	0,03	0,071	2454	320	2454	1228
	SE 16	2	908	0,03	0,071	2454	320	2454	1228
	SE 17	1	603	0,01	0,036	1227	160	1227	763
	SE 18	2	946	0,03	0,071	2454	320	2454	1266
	SALA RIUNIONI SO	8	276	0,09	0,09	3220	420	3220	696
	SBARCO ASC SO	-	5323	0,08	0,08	2682	350	2682	5673
	VANO ASC SO	0	2826	0,00	0,00	0	0	0	2826
TOT		50	30376	0,74	1,41	48609	6340	48609	36716
	pp	W	kg/s	kg/s	W	W	W	W	

47°	LOCALE	np	Qt+Hr		V		Qv		Qv+		Qv+ corr		Qcl		ORA MAX IRR	Qt+Hr		Qcp		Qfc	
			W	kg/s	kg/s	W	W	W	W	W	W	W	W	W		W	W	W	W	W	W
UFFICIO NO	NO 1	2	1393	0,03	0,071	2596	1138	790	938	790	938	GIUGNO (h18)	1916	2596	2064						
	NO 2	1	918	0,01	0,036	1298	569	395	592	395	592	GIUGNO (h18)	1265	1298	1462						
	NO 3	2	1385	0,03	0,071	2596	1138	790	938	790	938	GIUGNO (h18)	1908	2596	2056						
	NO 4	2	1385	0,03	0,071	2596	1138	790	938	790	938	GIUGNO (h18)	1908	2596	2056						
	NO 5	1	918	0,01	0,036	1298	569	395	592	395	592	GIUGNO (h18)	1265	1298	1462						
	NO 6	2	1385	0,03	0,071	2596	1138	790	938	790	938	GIUGNO (h18)	1908	2596	2056						
	NO 7	2	1385	0,03	0,071	2596	1138	790	938	790	938	GIUGNO (h18)	1908	2596	2056						
	NO 8	1	918	0,01	0,036	1298	569	395	592	395	592	GIUGNO (h18)	1265	1298	1462						
	NO 9	2	1393	0,03	0,071	2596	1138	790	938	790	938	GIUGNO (h18)	1916	2596	2064						
SALA RIUNIONE NE		2	603	0,02	0,02	852	373	373	3368	373	3368	LUGLIO (h14)	603	852	3598						
	BREAK AREA NE	4	3129	0,08	0,08	2838	1244	1244	2172	1244	2172	AGOSTO (h12)	3313	2838	4241						
	VANO ASC NE	0	1979	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	LUGLIO (h14)	1979	0	1979						
UFFICIO SE	SE 10	2	827	0,03	0,071	2596	1138	790	938	790	938	SETTEMBRE (h12)	2163	2596	1628						
	SE 11	1	541	0,01	0,036	1298	569	395	592	395	592	SETTEMBRE (h12)	1431	1298	1628						
	SE 12	2	819	0,03	0,071	2596	1138	790	938	790	938	SETTEMBRE (h12)	2155	2596	2303						
	SE 13	2	819	0,03	0,071	2596	1138	790	938	790	938	SETTEMBRE (h12)	2155	2596	2303						
	SE 14	1	541	0,01	0,036	1298	569	395	592	395	592	SETTEMBRE (h12)	1431	1298	1628						
	SE 15	2	819	0,03	0,071	2596	1138	790	938	790	938	SETTEMBRE (h12)	2155	2596	2303						
	SE 16	2	819	0,03	0,071	2596	1138	790	938	790	938	SETTEMBRE (h12)	2155	2596	2303						
	SE 17	1	541	0,01	0,036	1298	569	395	592	395	592	SETTEMBRE (h12)	1431	1298	1628						
	SE 18	2	827	0,03	0,071	2596	1138	790	938	790	938	SETTEMBRE (h12)	2163	2596	1628						
SALA RIUNIONI SO		2	603	0,02	0,02	852	373	373	3368	373	3368	LUGLIO (h14)	603	852	3598						
	SPARCO ASC SO	0	5339	0,08	0,08	2838	1244	1244	916	1244	916	AGOSTO (h16)	5549	2838	5221						
	VANO ASC SO	0	6087	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0	LUGLIO (h14)	6087	0	6087						
TOT		38	35373	0,60	1,27	46317	20303	20303	24632	20303	24632		50632	46317	60184						
		pp	W	kg/s	W	W	W	W	W	W	W		W	W	W						

47°	LOCALE	np	Qt-Hrr		V	Qv	Qv+		Qv+corr		Qcd	Qap		Qtc	ORA MAX IRR		Qt-Hrr
			W	W			kg/s	W	W	W		W	W		W	W	
	UFFICI NO	40	11108	0,53	0,53	19467	8533	5922	5922	14244	19467	23616	GIUGNO (h18) LUGLIO (h18)	15294 15259			
								494				1968 X12 FC					
	SALA RIUNIONE NE	16	603	0,19	0,19	6813	2987			3368	6813	984	LUGLIO (h14)	603			
	BREAK AREA NE	2	3129	0,08	0,08	2838	1244			2172	2838	4241	AGOSTO (h12)	3313			
	VANO ASC NE	0	1979	0,00	0,00	0	0			0	0	1979	LUGLIO (h14)	1979			
	UFFICI SE	40	6575	0,53	0,53	19467	8533	5922	5922	14244	19467	25604	SETTEMBRE (h12) LUGLIO (h12)	17282 17239			
								494				2134 X12 FC					
	SALA RIUNIONI SO	16	603	0,19	0,19	6813	2987			3368	6813	984	LUGLIO (h14)	603			
	SBARCO ASC SO	2	5339	0,08	0,08	2838	1244			916	2838	5221	AGOSTO (h16)	5549			
	VANO ASC SO	0	6087	0,00	0,00	0	0			0	0	6087	LUGLIO (h14)	6087			
	TOT	116	35423	1,60	1,60	58236	25528			38312	58236	68717		50710			
		pp	W	kg/s	kg/s	W	W	W	W	W	W	W	W	W			

47*	LOCALE	V kg/s	Qt+irr W	Qv W	Qv' W	Qcl W	AP W	FC W	P x f/c	Qfc kW	MODELLO a-life												
												NO 1	NO 2	NO 3	NO 4	NO 5	NO 6	NO 7	NO 8	NO 9	SALA RIUNIONE NE	BREAK AREA NE	VANO ASC NE
		0,071	1916	2596	789,7	938	2596	2064	2064	4	520												
		0,036	1265	1298	394,9	592	1298	1462	1462	5	520												
		0,071	1908	2596	789,7	938	2596	2056	2056	4	520												
		0,071	1908	2596	789,7	938	2596	2056	2056	4	520												
		0,036	1265	1298	394,9	592	1298	1462	1462	5	520												
		0,071	1908	2596	789,7	938	2596	2056	2056	4	520												
		0,071	1908	2596	789,7	938	2596	2056	2056	4	520												
		0,036	1265	1298	394,9	592	1298	1462	1462	5	520												
		0,071	1916	2596	789,7	938	2596	2064	2064	4	520												
		0,023	603	852	373,3	3368	852	3598	1199	3	220												
		0,078	3313	2838	1243,9	2172	2838	4241	2121	4	520												
		0,000	1979	0	0,0	0	0	1979	990	4	220												
		0,071	2163	2596	789,7	938	2596	2311	2311	4	520												
		0,036	1431	1298	394,9	592	1298	1628	1628	5	520												
		0,071	2155	2596	789,7	938	2596	2303	2303	4	520												
		0,071	2155	2596	789,7	938	2596	2303	2303	4	520												
		0,036	1431	1298	394,9	592	1298	1628	1628	5	520												
		0,071	2155	2596	789,7	938	2596	2303	2303	4	520												
		0,071	2155	2596	789,7	938	2596	2303	2303	4	520												
		0,036	1431	1298	394,9	592	1298	1628	1628	5	520												
		0,071	2163	2596	789,7	938	2596	2311	2311	4	520												
		0,023	603	852	373,3	3368	852	3598	1199	3	220												
		0,078	5549	2838	1243,9	916	2838	5221	2611	3	520												
		0,000	6087	0	0,0	0	0	6087	3044	4	520												

47°	LOCALE	V kg/s	Qt+irr W	Qv W	Qv' W	Qci W	AP		FC		P x fc		Qfc' W	MODELLO a-life
							W	W	W	W	W	W		
UFFICI NO	NO 1	0,071	1916	2596	0,0	938	2596	2854	2854	2854	2854	1	3,42	520
	NO 2	0,036	1265	1298	0,0	592	1298	1857	1857	1857	1857	4	2,42	520
	NO 3	0,071	1908	2596	0,0	938	2596	2846	2846	2846	2846	2	3,04	520
	NO 4	0,071	1908	2596	0,0	938	2596	2846	2846	2846	2846	2	3,04	520
	NO 5	0,036	1265	1298	0,0	592	1298	1857	1857	1857	1857	4	2,42	520
	NO 6	0,071	1908	2596	0,0	938	2596	2846	2846	2846	2846	2	3,04	520
	NO 7	0,071	1908	2596	0,0	938	2596	2846	2846	2846	2846	2	3,04	520
	NO 8	0,036	1265	1298	0,0	592	1298	1857	1857	1857	1857	4	2,42	520
	NO 9	0,071	1916	2596	0,0	938	2596	2854	2854	2854	2854	1	3,42	520
	SALA RIUNIONE NE	0,023	603	852	0,0	3368	852	3971	1324	1324	2	1,43	220	
	BREAK AREA NE	0,078	3313	2838	0,0	2172	2838	5485	2743	2743	2	3,04	520	
	VANO ASC NE	0,000	1979	0	0,0	0	0	1979	950	950	4	1,10	220	
UFFICI SE	SE 10	0,071	2163	2596	0,0	938	2596	3101	3101	3101	3101	1	3,42	520
	SE 11	0,036	1431	1298	0,0	592	1298	2023	2023	2023	4	2,42	520	
	SE 12	0,071	2155	2596	0,0	938	2596	3093	3093	3093	3093	1	3,42	520
	SE 13	0,071	2155	2596	0,0	938	2596	3093	3093	3093	3093	1	3,42	520
	SE 14	0,036	1431	1298	0,0	592	1298	2023	2023	2023	4	2,42	520	
	SE 15	0,071	2155	2596	0,0	938	2596	3093	3093	3093	3093	1	3,42	520
	SE 16	0,071	2155	2596	0,0	938	2596	3093	3093	3093	3093	1	3,42	520
	SE 17	0,036	1431	1298	0,0	592	1298	2023	2023	2023	4	2,42	520	
	SE 18	0,071	2163	2596	0,0	938	2596	3101	3101	3101	3101	1	3,42	520
	SALA RIUNIONI SO	0,023	603	852	0,0	3368	852	3971	1324	1324	2	1,43	220	
	SBARCO ASC SO	0,078	5549	2838	0,0	916	2838	6465	3233	3233	1	3,42	520	
	VANO ASC SO	0,000	6087	0	0,0	0	0	6087	3044	3044	4	3,17	520	

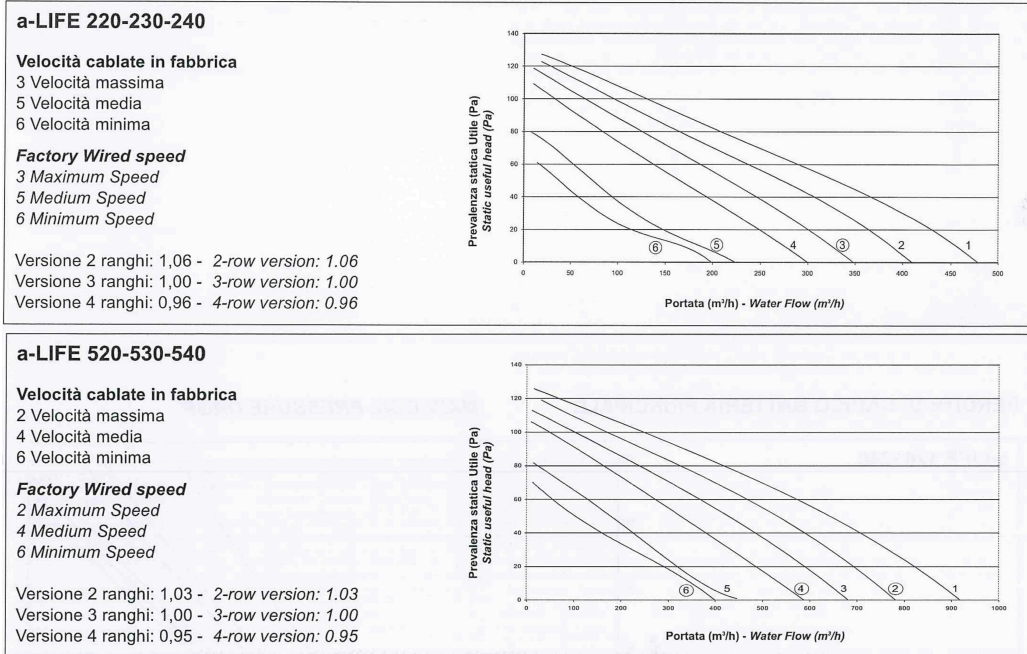
SCHEDE TECNICHE FAN-COIL

Potenze in caldo e freddo

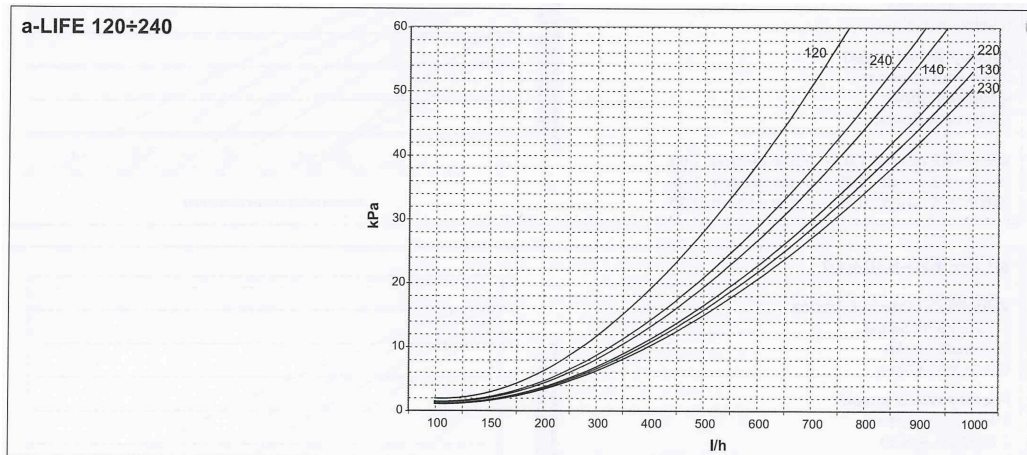
LIFE 220	qa m³/h	TAi [°C]	UR %	Twi / Twu [°C] - Temperatura acqua ingresso/uscita - Inlet/Outlet water temperature											
				5 / 10		7 / 12		9 / 14		11 / 16		13 / 18		15 / 20	
				Pf kW	Pfs kW	Pf kW	Pfs kW	Pf kW	Pfs kW	Pf kW	Pfs kW	Pf kW	Pfs kW	Pf kW	Pfs kW
Vel. 1 Speed 1	500	21	50	1,31	1,31	1,06	1,06	0,76	0,76	0,58	0,58	0,40	0,40	0,20	0,20
		23	50	1,74	1,61	1,33	1,33	1,09	1,09	0,79	0,79	0,58	0,58	0,40	0,40
		25	50	2,23	1,87	1,71	1,62	1,34	1,34	1,10	1,10	0,84	0,84	0,58	0,58
		27	47	2,56	2,08	2,13	1,89	1,59	1,59	1,36	1,36	1,12	1,12	0,87	0,87
Vel. 2 Speed 2	430	29	50	3,33	2,33	2,90	2,16	2,37	1,92	1,69	1,54	1,37	1,37	1,13	1,13
		21	50	1,16	1,16	0,92	0,92	0,71	0,71	0,54	0,54	0,37	0,37	0,19	0,19
		23	50	1,59	1,42	1,18	1,18	0,96	0,96	0,71	0,71	0,54	0,54	0,37	0,37
		25	50	2,06	1,69	1,54	1,43	1,20	1,20	0,98	0,98	0,71	0,71	0,54	0,54
Vel. 3 Speed 3	365	27	47	2,34	1,87	1,93	1,68	1,42	1,42	1,21	1,21	1,00	1,00	0,76	0,76
		29	50	3,02	2,08	2,63	1,92	2,15	1,71	1,52	1,37	1,23	1,23	1,01	1,01
		21	50	1,01	1,01	0,80	0,80	0,65	0,65	0,49	0,49	0,34	0,34	0,18	0,18
		23	50	1,43	1,24	1,03	1,03	0,81	0,81	0,65	0,65	0,49	0,49	0,34	0,34
Vel. 4 Speed 4	310	25	50	1,83	1,48	1,37	1,26	1,05	1,05	0,85	0,85	0,65	0,65	0,49	0,49
		27	47	2,15	1,67	1,72	1,48	1,25	1,25	1,07	1,07	0,87	0,87	0,65	0,65
		29	50	2,70	1,84	2,36	1,70	1,92	1,51	1,41	1,23	1,08	1,08	0,89	0,89
		21	50	0,86	0,86	0,73	0,73	0,59	0,59	0,45	0,45	0,31	0,31	0,16	0,16
Vel. 5 Speed 5	240	23	50	1,26	1,08	0,88	0,88	0,73	0,73	0,59	0,59	0,45	0,45	0,31	0,31
		25	50	1,64	1,31	1,20	1,09	0,92	0,92	0,73	0,73	0,59	0,59	0,45	0,45
		27	47	1,94	1,48	1,53	1,30	1,10	1,08	0,94	0,94	0,74	0,74	0,59	0,59
		29	50	2,43	1,63	2,10	1,49	1,72	1,32	1,34	1,10	0,95	0,95	0,77	0,77
Vel. 6 Speed 6	210	21	50	0,74	0,74	0,62	0,62	0,51	0,51	0,39	0,39	0,27	0,27	0,15	0,15
		23	50	1,00	0,86	0,74	0,74	0,62	0,62	0,51	0,51	0,39	0,39	0,27	0,27
		25	50	1,37	1,04	0,96	0,86	0,74	0,74	0,62	0,62	0,51	0,51	0,39	0,39
		27	47	1,62	1,19	1,26	1,04	0,89	0,86	0,74	0,74	0,62	0,62	0,51	0,51
Vel. 6 Speed 6	210	29	50	2,07	1,35	1,75	1,22	1,42	1,08	1,12	0,90	0,75	0,75	0,62	0,62
		21	50	0,68	0,68	0,57	0,57	0,47	0,47	0,36	0,36	0,25	0,25	0,14	0,14
		23	50	0,86	0,74	0,68	0,68	0,57	0,57	0,47	0,47	0,36	0,36	0,25	0,25
		25	50	1,23	0,94	0,81	0,74	0,68	0,68	0,57	0,57	0,47	0,47	0,36	0,36
Vel. 6 Speed 6	210	27	50	1,47	1,06	1,13	0,93	0,78	0,76	0,68	0,68	0,57	0,57	0,46	0,46
		29	50	1,87	1,21	1,58	1,09	1,29	0,96	1,00	0,81	0,67	0,67	0,57	0,57

LIFE 220	qa m³/h	TAi [°C]	Twi / Twu [°C] - Temperatura acqua ingresso/uscita - Inlet/Outlet water temperature											
			40 / 35		45 / 40		50 / 45		60 / 50		70 / 60		80 / 70	
			P kW	P kW	P kW	P kW	P kW	P kW	P kW	P kW	P kW	P kW	P kW	P kW
Vel. 1 Speed 1	500	16	2,25	2,80	3,36	4,11	5,22	6,33						
		18	2,03	2,58	3,13	3,88	4,99	6,10						
		20	1,80	2,36	2,91	3,66	4,77	5,87						
		22	1,58	2,13	2,68	3,43	4,54	5,64						
Vel. 2 Speed 2	430	24	1,36	1,91	2,46	3,21	4,31	5,41						
		16	2,02	2,52	3,01	3,69	4,69	5,68						
		18	1,82	2,31	2,81	3,49	4,48	5,47						
		20	1,62	2,11	2,61	3,28	4,28	5,26						
Vel. 3 Speed 3	365	22	1,42	1,92	2,41	3,08	4,07	5,06						
		24	1,22	1,72	2,21	2,88	3,87	4,85						
		16	1,79	2,23	2,67	3,28	4,16	5,03						
		18	1,61	2,05	2,49	3,10	3,97	4,85						
Vel. 4 Speed 4	310	20	1,44	1,87	2,31	2,91	3,79	4,66						
		22	1,26	1,70	2,13	2,74	3,61	4,48						
		24	1,08	1,52	1,96	2,56	3,43	4,30						
		16	1,59	1,97	2,36	2,90	3,68	4,45						
Vel. 5 Speed 5	240	18	1,43	1,82	2,20	2,74	3,52	4,29						
		20	1,27	1,66	2,04	2,58	3,36	4,12						
		22	1,12	1,50	1,89	2,42	3,20	3,96						
		24	0,96	1,35	1,73	2,27	3,04	3,80						
Vel. 6 Speed 6	210	16	1,30	1,62	1,94	2,39	3,03	3,66						
		18	1,18	1,49	1,81	2,26	2,89	3,52						
		20	1,05	1,36	1,68	2,13	2,76	3,39						
		22	0,92	1,24	1,55	2,00	2,63	3,26						
Vel. 6 Speed 6	210	24	0,79	1,11	1,42	1,87	2,50	3,12						
		16	1,18	1,46	1,75	2,15	2,73	3,29						
		18	1,06	1,35	1,63	2,04	2,61	3,17						
		20	0,94	1,23	1,51	1,92	2,49	3,05						
Vel. 6 Speed 6	210	22	0,83	1,11	1,40	1,80	2,37	2,93						
		24	0,71	1,00	1,28	1,68	2,25	2,81						

Curve prestazionali ventilatori



Perdite di carico batteria principale

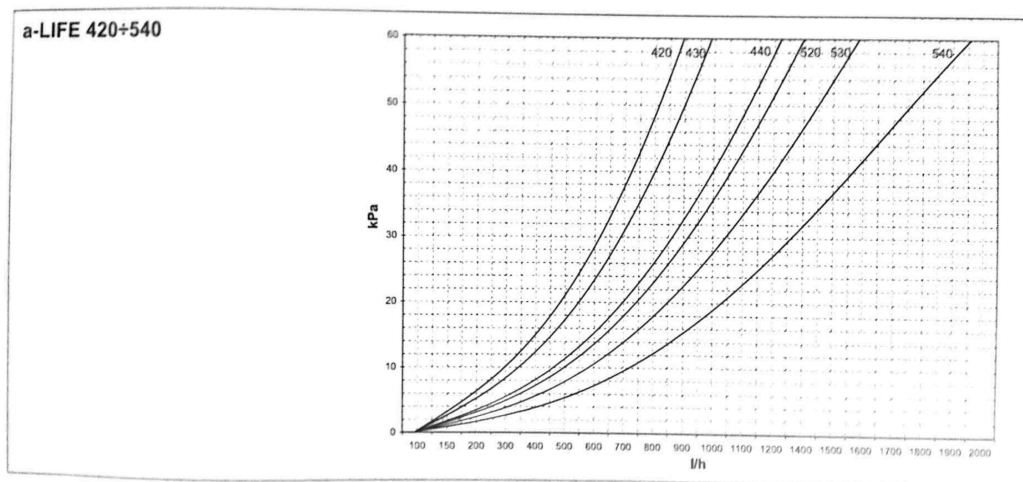


Le perdite di carico del diagramma precedente sono relative ad una temperatura media dell'acqua di 10°C. La tabella seguente riporta i fattori moltiplicativi di correzione da applicare alle perdite di carico al variare della temperatura media dell'acqua.

The pressure drops in the chart above refer to an average water temperature of 10°C.

The following table shows the correction factors to apply to the pressure drops with a variation in average temperature.

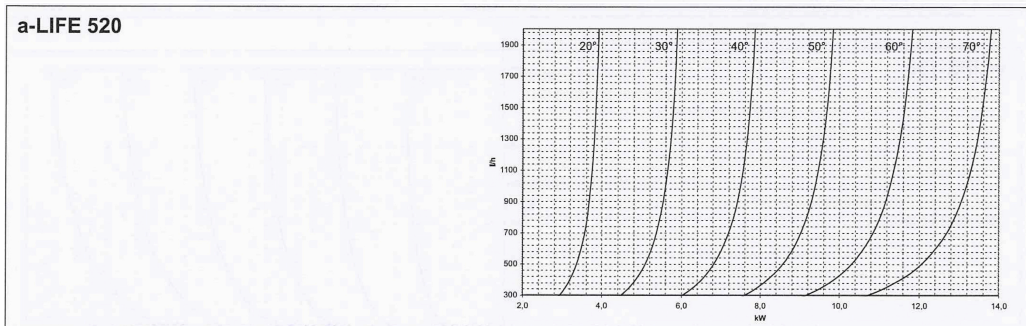
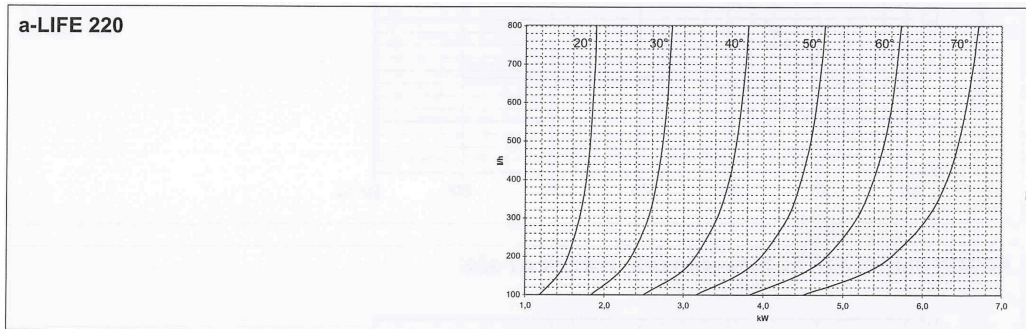
Temperatura media dell'acqua - Average water temperature	°C	5	10	15	20	50	60	70
Coefficiente moltiplicativo - Corrector factor		1,03	1,00	0,96	0,91	0,78	0,75	0,72



Potenza termica resa dalla batteria

Nei grafici inseriti di seguito viene riportata la potenza termica resa in funzione della portata d'acqua e della differenza di temperatura fra acqua entrante e aria entrante. Tali grafici si riferiscono esclusivamente a fan coil funzionanti alla massima velocità e con batterie 2 ranghi. Per ottenere le rese alle altre velocità devono essere utilizzati i moltiplicatori riportati nella seguente tabella:

MOD.	120	220	320	420	520	620	720
Vel. 1 - Speed 1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Vel. 2 - Speed 2	0,87	0,88	0,90	0,90	0,89	0,88	0,89
Vel. 3 - Speed 3	0,69	0,79	0,82	0,81	0,73	0,71	0,73
Vel. 4 - Speed 4	0,58	0,70	0,69	0,67	0,67	0,64	0,67
Vel. 5 - Speed 5	0,46	0,58	0,62	0,60	0,58	0,55	0,55
Vel. 6 - Speed 6	0,40	0,49	0,48	0,46	0,47	0,49	0,48



Livelli di pressione sonora in dB(A)

Modelli - Models		a-LIFE 120	a-LIFE 130	a-LIFE 140	a-LIFE 220	a-LIFE 230	a-LIFE 240	a-LIFE 320	a-LIFE 330	a-LIFE 340	a-LIFE 420	a-LIFE 430	a-LIFE 440
Vel.1 - Speed 1	dB(A)	46	46	47	48	48	49	48	48	49	51	51	52
Vel.2 - Speed 2	dB(A)	41	41	42	44	44	45	44	44	45	47	47	48
Vel.3 - Speed 3	dB(A)	38	38	39	40	40	41	40	40	41	43	43	44
Vel.4 - Speed 4	dB(A)	35	35	36	37	37	38	37	37	38	41	41	42
Vel.5 - Speed 5	dB(A)	30	30	31	30	30	31	31	31	32	33	33	34
Vel.6 - Speed 6	dB(A)	28	28	29	29	29	30	29	29	30	30	30	31

Modelli - Models		a-LIFE 520	a-LIFE 530	a-LIFE 540	a-LIFE 620	a-LIFE 630	a-LIFE 640	a-LIFE 720	a-LIFE 730	a-LIFE 740	a-LIFE 830	a-LIFE 840
Vel.1 - Speed 1	dB(A)	51	51	52	52	52	53	54	54	55	57	58
Vel.2 - Speed 2	dB(A)	47	47	48	48	48	49	49	49	50	53	54
Vel.3 - Speed 3	dB(A)	44	44	45	45	45	46	46	46	47	49	50
Vel.4 - Speed 4	dB(A)	40	40	42	41	41	42	41	41	42	43	44
Vel.5 - Speed 5	dB(A)	33	33	34	35	35	36	36	36	37	38	39
Vel.6 - Speed 6	dB(A)	30	30	31	33	33	34	33	33	34	31	32

Pressione sonora in camera semianecoica a 1 m fronte ventilatore ed a 1 m dal suolo - Sound pressure in semianechoic room at 1 m fan front and 1 m from the ground

	MODELLO	Q fc W	PORTATA kg/s l/h		CUMULATA l/h	LUNGH PRIM m	DN
STACCO PIANO		70311	3,3593407	12094	12094	0,3	65
RAMO 2					2159	8,5	32
SO-SA-1	520	3232,5	0,1544421	556	556	3,5	20
					1603	4,6	25
					1047	0,5	25
SO-VA-1	520	3043,5	0,1454133	523	523	2,5	20
SO-VA-2	520	3043,5	0,1454133	523	523	2,5	20
SO-SA-2	520	3232,5	0,1544421	556	556	8,2	20
RAMO 1		57969,0	2,7696608	9971	9971	5,2	65
NO							
NO-UF-1	520	2462	0,1176063	423	6406	1,8	50
NO-UF-2	520	2462	0,1176063	423	5982	3	50
NO-UF-3	520	2462	0,1176063	423	5559	3	50
NO-UF-4	520	2462	0,1176063	423	5135	3	50
NO-UF-5	520	2462	0,1176063	423	4712	3	50
NO-UF-6	520	2462	0,1176063	423	4289	3	50
NO-UF-7	520	2462	0,1176063	423	3865	3	50
NO-UF-8	520	2462	0,1176063	423	3442	3	50
					3018	1,5	50
SALA RIUN NE							
NE-SR-1	220	1324	0,0632426	228	683	7,4	20
NE-SR-2	220	1324	0,0632426	228	455	3	20
NE-SR-3	220	1324	0,0632426	228	228	3	15
NO-UF-9	520	2462	0,1176063	423	2335	1,5	50
NO-UF-10	520	2462	0,1176063	423	1912	3	50
NO-UF-11	520	2462	0,1176063	423	1489	3	50
NO-UF-12	520	2462	0,1176063	423	1065	1,6	50
					642	13,1	50
SE							
SE-UF-1	520	2627	0,1255216	452	6747	13,1	50
SE-UF-2	520	2627	0,1255216	452	6296	1,6	50
SE-UF-3	520	2627	0,1255216	452	5844	3	50
SE-UF-4	520	2627	0,1255216	452	5392	3	50
					4940	1,5	50
SALA RIUN SO							
SO-SR-3	220	1324	0,0632426	228	683	7,4	20
SO-SR-2	220	1324	0,0632426	228	455	3	20
SO-SR-1	220	1324	0,0632426	228	228	3	15
SE-UF-5	520	2627	0,1255216	452	4257	1,5	50
SE-UF-6	520	2627	0,1255216	452	3805	3	50
SE-UF-7	520	2627	0,1255216	452	3353	3	50
SE-UF-8	520	2627	0,1255216	452	2901	3	50
SE-UF-9	520	2627	0,1255216	452	2449	3	50
SE-UF-10	520	2627	0,1255216	452	1998	3	50
SE-UF-11	520	2627	0,1255216	452	1546	3	50
SE-UF-12	520	2627	0,1255216	452	1094	3	50
					642	1,8	50
NE-BA-2	520	2743	0,131032	472	1284	13,7	25
					472	3,5	20
					812	4,6	25
SBARCO NE					340	0,5	15
NE-VA-2	220	990	0,0472766	170	170	2,5	15
NE-VA-1	220	990	0,0472766	170	170	2,5	15
NE-BA-1	520	2743	0,131032	472	472	8,2	20

	MODELLO	Q fc W	m kg/s	SCELTA PORTATA		PORTATA l/h	CUMULATA l/h	LUNGHEZZA DN	
				l/h	l/h			m	mm
STACCO PIANO		36775	1,25502423	4518			10044	0,5	50
RAMO 2							948	8,5	20
NE-BA-2	520	2244	0,07659648	276	300	300	300	3,5	15
							648	4,6	20
							348	0,5	15
NE-VA-2	220	1413	0,04822196	174	140	174	174	2,5	15
NE-VA-1	220	1413	0,04822196	174	140	174	174	2,5	15
NE-BA-1	520	2244	0,07659648	276	300	300	300	8,2	15
RAMO 1							9096	5,2	50
SE									
SE-UF-12	520	814	0,02776261	100	300	300	4548	1,8	50
SE-UF-11	520	814	0,02776261	100	300	300	4248	3	50
SE-UF-10	520	814	0,02776261	100	300	300	3948	3	50
SE-UF-9	520	814	0,02776261	100	300	300	3648	3	50
SE-UF-8	520	814	0,02776261	100	300	300	3348	3	50
SE-UF-7	520	814	0,02776261	100	300	300	3048	3	50
SE-UF-6	520	814	0,02776261	100	300	300	2748	3	50
SE-UF-5	520	814	0,02776261	100	300	300	2448	3	50
							2148	1,5	50
SALA RIUN SO									
SO-SR-3	220	232	0,00791755	29	100	100	300	7,4	15
SO-SR-2	220	232	0,00791755	29	100	100	200	3	15
SO-SR-1	220	232	0,00791755	29	100	100	100	3	15
SE-UF-4	520	814	0,02776261	100	300	300	1848	1,5	50
SE-UF-3	520	814	0,02776261	100	300	300	1548	3	50
SE-UF-2	520	814	0,02776261	100	300	300	1248	3	50
SE-UF-1	520	814	0,02776261	100	300	300	948	1,6	50
							648	13,1	50
NO									
NO-UF-12	520	836	0,02853332	103	300	300	4548	13,1	50
NO-UF-11	520	836	0,02853332	103	300	300	4248	1,6	50
NO-UF-10	520	836	0,02853332	103	300	300	3948	3	50
NO-UF-9	520	836	0,02853332	103	300	300	3648	3	50
							3348	1,5	50
SALA RIUN NE									
NE-SR-1	220	232	0,00791755	29	100	100	300	7,4	15
NE-SR-2	220	232	0,00791755	29	100	100	200	3	15
NE-SR-3	220	232	0,00791755	29	100	100	100	3	15
NO-UF-8	520	836	0,02853332	103	300	300	3048	1,5	50
NO-UF-7	520	836	0,02853332	103	300	300	2748	3	50
NO-UF-6	520	836	0,02853332	103	300	300	2448	3	50
NO-UF-5	520	836	0,02853332	103	300	300	2148	3	50
NO-UF-4	520	836	0,02853332	103	300	300	1848	3	50
NO-UF-3	520	836	0,02853332	103	300	300	1548	3	50
NO-UF-2	520	836	0,02853332	103	300	300	1248	3	50
NO-UF-1	520	836	0,02853332	103	300	300	948	3	50
							648	1,8	50
SBARCO							1296	13,7	25
SO-SA-1	520	2836,4	0,09679988	348	300	348	348	3,5	15
							948	4,6	25
VA SO							600	0,5	20
SO-VA-1	520	1300,0	0,04436557	160	300	300	300	2,5	15
SO-VA-2	520	1300,0	0,04436557	160	300	300	300	2,5	15
SO-SA-2	520	2836,4	0,09679988	348	300	348	348	8,2	15

Riferimento tronco	Portata l/h	Diametro interno calcolato (mm)	Diametro interno scelto (mm)	Diametro nominale (acciaio)	Velocità m/s	Resistenza continua unitaria (mm c.a./m)	Lunghezza tronco (m)	Totale resistenze continue (mm c.a.)	Gomito n°	Curva n°	Allargamento/Diramazione/Connessione semplice TEE n°	Restringimento/Connessione doppia TEE n°	Valvola a sfera a passaggio totale n°	Valvola a farfalla n°	Valvola di ritegno n°	Perdita di carico localizzata (mm c.a.)	Totale resistenze a cacciata (mm c.a.)	Totale resistenza tronco (mm c.a.)	Totale progressivo resistenza (m c.a.)	potenza assorbita :	
																				3.36 /s	0.45 /kW
portata pompa :																					
prevalenza :																					
12.1 /m c/h																					
33.20 /kPa																					
potenza installata :																					
0.6 /kW																					
	12.094	62	70.30	DN 65	0.87	15.8	0.5	7.9	2			1					119.5	127.4	0.13		
	9.971	58	70.30	DN 65	0.71	10.9	7	76.3	2		1		2				71.9	148.2	0.28		
	9.781	57	63.10	DN 60	1.23	43.4	3	130.2			1						77.1	207.3	0.49		
	9.562	57	63.10	DN 50	1.2	41.9	3	125.7			1						73.4	199.1	0.69		
	9.402	56	53.10	DN 50	1.16	40.3	3	120.9			1						70.9	191.6	0.88		
	9.212	56	53.10	DN 50	1.16	38.9	3	116.7			1						68.6	185.3	1.08		
	9.023	55	53.10	DN 50	1.13	37.3	3	111.9			1						65.1	177	1.24		
	8.833	55	53.10	DN 50	1.11	35.9	3	107.7			1						62.8	170.5	1.41		
	8.643	54	53.10	DN 50	1.08	34.4	3	103.2			1						59.4	162.6	1.57		
	8.454	54	53.10	DN 50	1.06	33.1	1.5	49.7			1						57.2	106.9	1.68		
	8.148	53	53.10	DN 50	1.02	30.8	1.5	46.2			1						53	99.2	1.78		
	7.958	53	53.10	DN 50	1	29.5	3	88.5			1						50.9	139.4	1.92		
	7.769	52	53.10	DN 50	0.97	28.2	3	84.6			1						47.9	132.5	2.05		
	7.579	52	53.10	DN 50	0.95	27	1.6	43.2			1						46	89.2	2.14		
	7.389	51	53.10	DN 50	0.93	25.7	13.1	336.7	1				1				42.5	499.2	2.57		
	6.106	48	53.10	DN 50	0.77	18	1.6	28.8			1						30.2	56	2.63		
	5.654	47	53.10	DN 50	0.71	15.3	3	45.9			1						25.7	71.6	2.70		
	5.202	45	53.10	DN 50	0.65	13.1	3	39.3			1						21.5	60.8	2.76		
	4.750	44	53.10	DN 50	0.6	11.1	3	33.3			1						18.3	51.6	2.81		
	4.298	42	53.10	DN 50	0.54	9.2	3	27.6			1						14.9	42.5	2.86		
	3.846	40	53.10	DN 50	0.48	7.4	3	22.2			1						11.7	33.9	2.89		
	3.394	39	53.10	DN 50	0.43	5.9	3	17.7			1						9.4	27.1	2.92		
	2.942	38	53.10	DN 50	0.37	4.5	3	13.5			1						7	22.6	2.94		
	2.491	37	53.10	DN 50	0.37	4.5	1.5	6.8			1						7	13.8	2.95		
	683	21	21.70	DN 20	0.51	26.1	7.4	193.1	1		1						33.1	226.2	3.18		
	455	18	21.70	DN 20	0.34	12.2	3	36.6			1						5.9	42.5	3.22		
	228	14	16.30	DN 15	0.3	14	3	42	1		1						10.1	52.1	3.28		

D int : 12.7 / 16.3 / 21.7 / 27.4 / 36.1 / 42 / 53.1 / 70.3 / 82.5 / 107.1 / 131.7 / 159.3 / 207.3 / 260.4 / 309.7

Riferimento tronco	Portata l/h	Diametro interno calcolato (acciaio)	Diametro interno scelto (acciaio)	Diametro nominale (acciaio)	Velocità m/s	Resistenza continua unitaria mm c.a./m	Lunghezza tronco m	Totale resistenza continue mm c.a.	Gomito n°	Curva n°	Allargamento Diminuzione/Connessione semplice TEE n°	Restringimento Diminuzione/Connessione doppia TEE n°	Valvola a sfera a passaggio totale n°	Valvola a farfalla n°	Valvola di ritegno n°	Perdita di carico localizzata mm c.a.	Totale resistenze accidentali mm c.a.	Totale resistenza tronco mm c.a.	Totale progressivo resistenza m c.a.	potenza assorbita :	
																				0,29 kW	0,4 kW
																				potenza pompa :	
																				2,79 l/s	10,0 mc/h
																				prevalenza :	
																				25,61 kPa	
10,044	57	53,10	53,10	DN 50	1,26	41,5	0,5	20,8	2		1	1					319,7	340,5	0,34		
9,096	55	53,10	53,10	DN 50	1,14	34,6	7	242,2	2		1		2				209,4	451,6	0,60		
8,798	54	53,10	53,10	DN 50	1,1	32,4	3	97,2			1						60,9	168,1	0,95		
8,498	53	53,10	53,10	DN 50	1,07	30,4	3	91,2			1						57,6	148,8	1,10		
8,196	52	53,10	53,10	DN 50	1,03	28,4	3	85,2			1						53,4	136,6	1,24		
7,896	51	53,10	53,10	DN 50	0,99	26,5	3	79,5			1						49,3	128,8	1,37		
7,596	50	53,10	53,10	DN 50	0,95	24,6	3	73,8			1						45,4	119,2	1,49		
7,296	50	53,10	53,10	DN 50	0,92	22,8	3	68,4			1						42,6	111	1,60		
6,996	49	53,10	53,10	DN 50	0,88	21,1	3	63,3			1						39	102,3	1,70		
6,696	48	53,10	53,10	DN 50	0,84	19,4	1,5	29,1			1						35,5	64,6	1,77		
6,396	47	53,10	53,10	DN 50	0,8	17,9	1,5	26,9			1						32,2	59,1	1,83		
6,096	46	53,10	53,10	DN 50	0,76	16,3	3	48,9			1						29,1	78	1,90		
5,796	45	53,10	53,10	DN 50	0,73	14,6	3	43,8			1						26,8	70,6	1,98		
5,496	44	53,10	53,10	DN 50	0,69	13,2	1,6	21,1			1						24	45,1	2,02		
4,200	41	53,10	53,10	DN 50	0,63	8	13,1	104,8	1		1		1				29,7	134,5	2,16		
3,900	40	53,10	53,10	DN 50	0,49	7	1,6	11,2			1						12,1	23,3	2,18		
3,600	39	53,10	53,10	DN 50	0,45	6	3	18			1						10,2	28,2	2,21		
3,300	37	53,10	53,10	DN 50	0,41	5,1	3	15,3			1						8,8	23,8	2,23		
3,000	36	53,10	53,10	DN 50	0,38	4,2	3	12,6			1						7,3	19,9	2,25		
2,700	35	53,10	53,10	DN 50	0,34	3,5	3	10,5			1						5,8	16,3	2,27		
2,400	33	53,10	53,10	DN 50	0,3	2,8	3	8,4			1						4,5	12,9	2,28		
2,100	32	53,10	53,10	DN 50	0,26	2,2	3	6,6			1						3,4	10	2,29		
1,800	30	53,10	53,10	DN 50	0,23	1,7	3	5,1			1						0	5,1	2,30		
1,500	28	53,10	53,10	DN 50	0,19	1,2	1,5	1,8			1							3,6	2,30		
300	15	16,30	DN 15	0,4	21,4	7,4	158,4		1		1						24,2	182,6	2,48		
200	13	16,30	DN 15	0,27	10	3	30				1						3,7	33,7	2,52		
100	10	16,30	DN 15	0,13	2,7	3	8,1		1		1						1,9	10	2,53		

D Int : 12,7 / 16,3 / 21,7 / 27,4 / 36,1 / 42 / 53,1 / 70,3 / 82,5 / 107,1 / 131,7 / 159,3 / 207,3 / 260,4 / 309,7

Riferimento tronco	Portata l/h	Diametro interno teorico mm	Diametro interno scello mm	Diametro nominale (acciaio)	Velocità m/s	Resistenza continua unitaria mm c.a./m	Lunghezza tronco m	Totale resistenze continue mm c. a.	Gomito n°	Curva n°	Allargamento Diminuzione/ semplice TEE n°	Restringimento Diminuzione/ Contro TEE n°	Valvola a sfera a passaggio totale n°	Valvola a farfalla n°	Valvola di ritegno n°	Perdita di carico localizzata mm c.a.	Totale resistenza accidentata mm c. a.	Totale resistenza tronco mm c.a.	Totale progressivo resistenza n c.a.	potenza assorbita :	
																				302,1 l/s	29,06 kW
																				potenza installata :	
	302,124	202	207,30	DN 200	2,49	27,2	115,00	3128			1				1		624,2	3752,2	3,75	83,92 l/s	29,06 kW
	181,566	167	207,30	DN 200	1,49	10	59,00	590			1						223,5	813,5	4,57	302,1 l/mc/h	
	171,552	163	207,30	DN 200	1,41	9	3,90	35,1			1			1			100,1	135,2	4,70		36,3 kW
	161,508	160	159,30	DN 150	2,25	31,5	3,90	122,9			1						254,9	377,8	5,08		
	151,464	156	159,30	DN 150	2,11	27,9	3,90	108,8			1						224,1	332,9	5,41		
	141,420	152	159,30	DN 150	1,97	24,6	3,90	95,9			1						195,4	291,3	5,70		
	131,376	148	159,30	DN 150	1,83	21,5	3,90	83,9			1						168,6	252,5	5,96		
	121,332	144	159,30	DN 150	1,69	18,5	3,90	72,2			1						143,8	216	6,17		
	111,288	139	159,30	DN 150	1,55	15,7	3,90	61,2			1						120,9	182,1	6,35		
	101,244	134	159,30	DN 150	1,41	12,6	3,90	49,1		2							200,2	249,3	6,60		
	91,200	129	131,70	DN 125	1,66	28	3,90	109,2		1							174,2	268,4	6,89		
	81,156	124	131,70	DN 125	1,65	22,6	3,90	88,1		1							137,1	225,2	7,11		
	71,112	118	131,70	DN 125	1,45	16,9	20,15	340,5	2		1			1			381	721,5	7,83		
	35,556	91	107,10	DN 100	1,1	13	23	299	7								402	701	8,54		

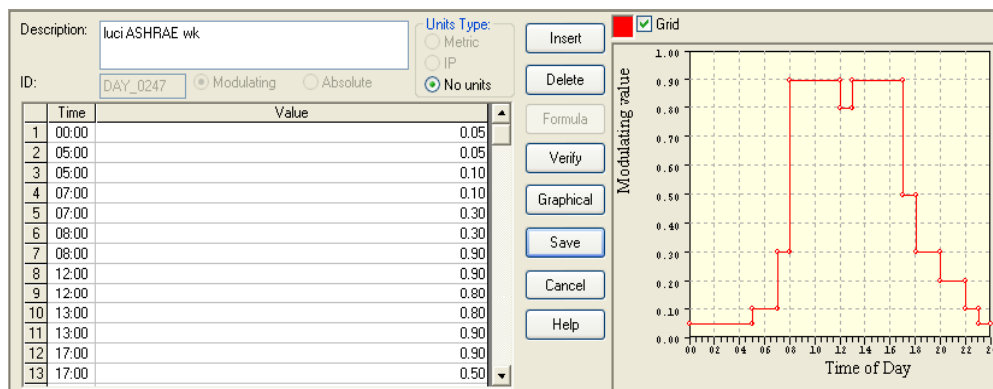
D int : 12,7 / 16,3 / 21,7 / 27,4 / 36,1 / 42 / 53,1 / 70,3 / 82,5 / 107,1 / 131,7 / 159,3 / 207,3 / 260,4 / 309,7

Riferimento tronco	Portata l/h	Diametro interno calcolato (teco) mm	Diametro interno scelto mm	Diametro nominale (acciaio)	Velocità m/s	Resistenza continua unitaria mm c.a./m	Lunghezza tronco m	Totale resistenza continue mm c.a.	Gomito n°	Curva n°	Allargamento/Direzionale/Confluenza semplice TEE n°	Restringimento/Direzionale/Confluenza doppia TEE n°	Valvola a sfera a passaggio totale n°	Valvola a farfalla n°	Valvola di ritegno n°	Perdita di carico localizzata mm c.a.	Totale resistenze accidentali mm c.a.	Totale resistenza tronco mm c.a.	Totale progressivo resistenza m.c.a.	portata pompa :		potenza assorbita :	
																				10	109,64 l/s	41 kW	394,7 m ³ /h
Materiale		ACCAIO		(10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80)		(acciaio, rame, pex, pead)		prevalenza :		394,7 m ³ /h		93,49 kPa		potenza installata :									
Incrostazione		LEGGERA		(essente, leggera, media, forte)		159,3 / 207,3 / 260,4 / 309,7																	
	394,689	227	260,40	DN 250	2,06	15,7	115,00	1805,5			1				1		432,4	2237,9	2,24				
	249,576	192	207,30	DN 200	2,05	20,8	59,00	1227,2			1						428,2	1655,4	3,59				
	232,482	188	207,30	DN 200	1,95	19	3,90	74,1			1			1			193,7	287,8	4,16				
	225,389	184	207,30	DN 200	1,85	17,2	3,90	67,1			1						174,4	241,5	4,40				
	213,295	181	207,30	DN 200	1,75	15,5	3,90	60,5			1						157,8	218,3	4,62				
	201,201	177	207,30	DN 200	1,66	13,9	3,90	54,2			1						140,4	194,6	4,82				
	189,108	173	207,30	DN 200	1,56	12,4	3,90	48,4			1						124	172,4	4,99				
	177,014	169	207,30	DN 200	1,46	10,6	3,90	41,3			1						108,6	149,9	5,14				
	164,921	164	207,30	DN 200	1,36	9,3	3,90	36,3			1						94,2	130,5	5,27				
	152,827	160	159,30	DN 150	2,13	31,2	3,90	121,7			2						462,3	584	5,85				
	140,733	155	159,30	DN 150	1,96	26,8	3,90	104,5			1						195,7	300,2	6,15				
	128,640	150	159,30	DN 150	1,79	22,6	3,90	88,1			1						163,2	251,3	6,40				
	116,546	144	159,30	DN 150	1,62	18,8	20,15	378,8	2		1			1			481,3	860,1	7,27				
	66,273	111	107,10	DN 100	1,8	37,6	23	864,8	7		1			1			1089,5	1954,3	9,23				

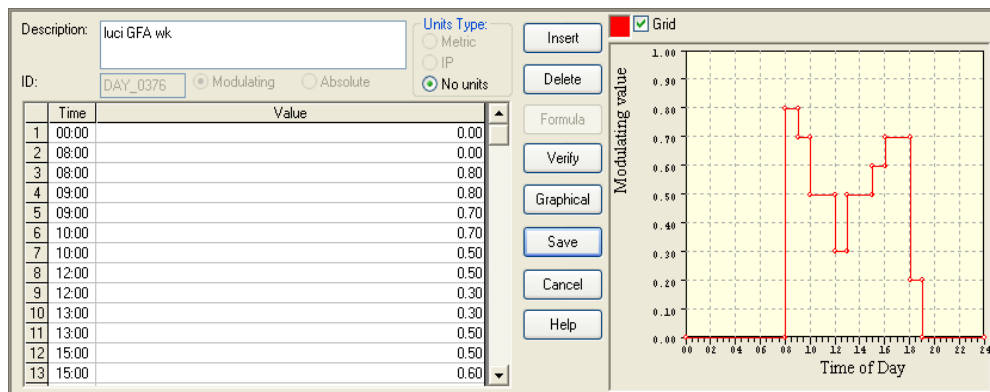
Allegato 4

- Profili carichi interni

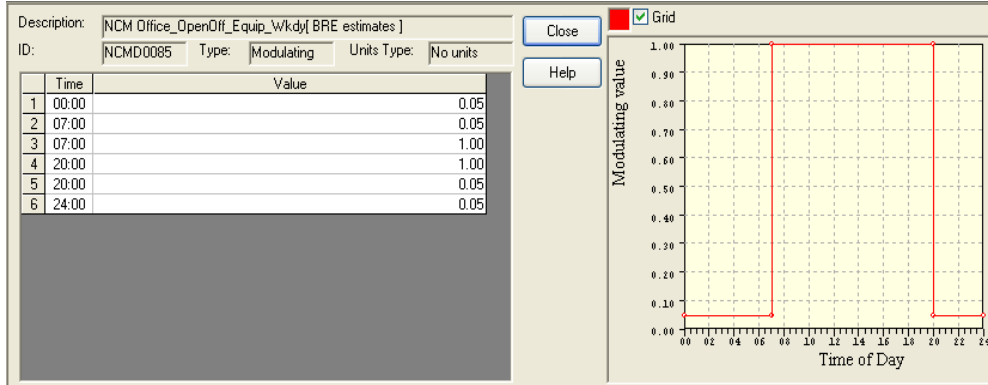
Profili luci ASHRAE



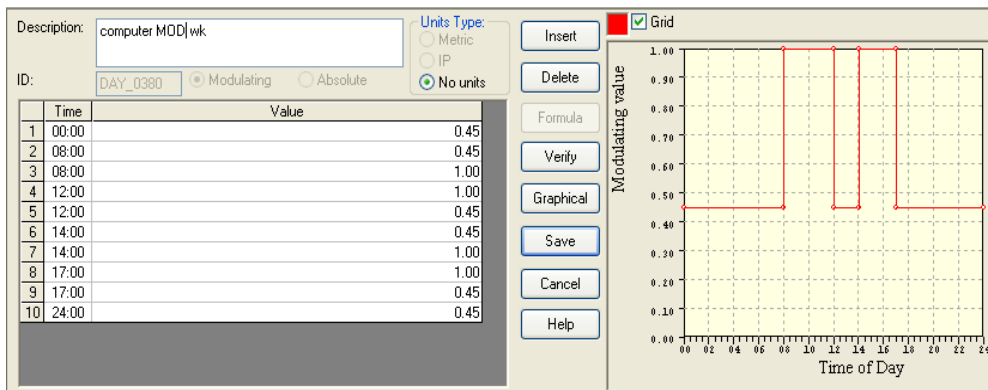
Profili luci PROGETTO



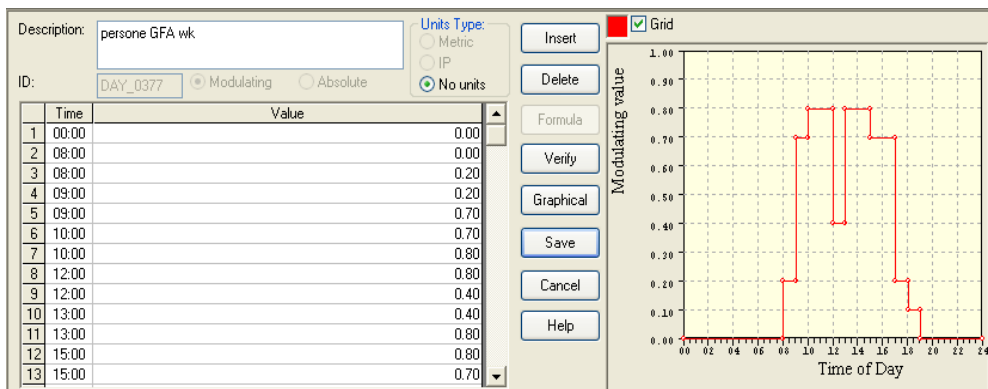
Profili miscellaneous ASHRAE



Profili computer PPROGETTO MODIFICATO



Profili occupazione e computer PROGETTO



Profili occupazione ASHRAE

