



Università degli Studi del Molise

Lavori di realizzazione di una stazione sperimentale per prove termofisiche a servizio del Dipartimento di Medicina e Scienze della Salute "Vincenzo Tiberio" dell'Università degli Studi del Molise - Campobasso

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione:

Università degli Studi del Molise

Area Servizi Tecnici

Ing. Giovanni LANZA

Ing. Ramona TUCCI

Geom. Antonio RAMACCIATI

RUP: Ing. Giovanni LANZA



RC.I3

RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTI TERMICO E AEREAULICO

Rapp.:

Spazio per visti, pareri e autorizzazioni

Data:

Agosto 2022

Agg.to:

Rev.:

1 Calcolo del Carico Termico Invernale ed Estivo

In via preliminare e propedeutica al dimensionamento dei terminali dell'impianto di condizionamento e dei dispositivi di conversione energetica della centrale termo-frigorifera in questo paragrafo introduttivo si procede al calcolo del carico termico della stazione sperimentale oggetto della realizzazione. Il carico termico misura le interazioni energetiche tra l'ambiente/i interni e quello esterno (attraverso le strutture edilizie) e quelle dovute ad apparecchiature ed occupanti che tendono a modificare le condizioni termoigrometriche interne. Pertanto, gli impianti HVAC sono chiamati (nel funzionamento nominale) a bilanciare questi carichi in modo da mantenere le condizioni microclimatiche interne desiderate. Il calcolo del carico non costituisce la valutazione su base annuale o stagionale del fabbisogno energetico di un edificio (richieste energetiche) ma, bensì, costituisce la potenza termica/frigorifera scambiata da o verso gli ambienti interni nelle condizioni di progetto.

1.1 Carico Termico Invernale

Il calcolo del carico termico invernale è stato effettuato applicando la metodologia riportata nella norma UNI 12831. I parametri impiegati nel calcolo sono riassunti in Tabella 1.

Tabella 1 – Parametri impiegati nel calcolo del carico termico invernale.

Parametro	Valore	Unità
Temperatura interna invernale di progetto CCC1	23	[°C]
Temperatura interna invernale di progetto CCC2	23	[°C]
Temperatura interna invernale di progetto CR	23	[°C]
Temperatura interna invernale di progetto Corr	23	[°C]
Temperatura interna invernale di progetto B	23	[°C]
Temperatura esterna invernale di progetto	-4	[°C]
Temperatura media ambientale	12.7	[°C]
Umidità relativa invernale esterna di progetto	50	[%]
Umidità relativa invernale interna di progetto	50	[%]
Fattore di ripresa	0.2	[-]
Fattore di correzione scambio termico terreno (fg1)	1.45	[-]
Fattore di riduzione della temperatura scambio termico terreno (fg2)	0.358	[-]
Fattore di correzione acqua nel sottosuolo (Gw)	1	[-]

Il carico risultante per singolo locale (CCC1 = Camera a controllo Climatico 1; CCC2 = Camera a Controllo Climatico 2; CR = Clean Room; Corr = Corridoio; B = Bagno) e per singola voce di scambio è riportato in Tabella 2. Sono stati cautelativamente trascurati tutti gli apporti gratuiti dovuti ad attrezzature e persone. È stato, altresì, trascurato il carico termico dovuto alle infiltrazioni in quanto si assume che i locali si trovino a pressione positiva rispetto all'esterno.

Tabella 2 – Risultati del calcolo del carico termico invernale.

Carico Termico Invernale		Valore [W]
Carico termico per trasmissione tra ambiente interno ed esterno attraverso le superfici opache $Q_{t,ie-a,so}$	$Q_{t,ie-a,so-CCC1}$	120
	$Q_{t,ie-a,so-CCC2}$	225
	$Q_{t,ie-a,so-CR}$	0
	$Q_{t,ie-a,so-Corr}$	198
	$Q_{t,ie-a,so-B}$	63
	$Q_{t,ie-a,so-Tot}$	607
Carico termico per trasmissione tra ambiente interno ed esterno attraverso le superfici trasparenti $Q_{t,ie-a,st}$	$Q_{t,ie-a,st-CCC1}$	1094
	$Q_{t,ie-a,st-CCC2}$	0
	$Q_{t,ie-a,st-CR}$	0
	$Q_{t,ie-a,st-Corr}$	0
	$Q_{t,ie-a,st-B}$	0
	$Q_{t,ie-a,st-Tot}$	1094
Carico termico per trasmissione tra ambiente interno ed esterno attraverso il terreno $Q_{t,ie-b}$	$Q_{t,ie-b-CCC1}$	45
	$Q_{t,ie-b-CCC2}$	58
	$Q_{t,ie-b-CR}$	61
	$Q_{t,ie-b-Corr}$	34
	$Q_{t,ie-b-B}$	6
	$Q_{t,ie-b-Tot}$	204
Carico termico per trasmissione tra ambiente interno ed esterno dovuto a ponti termici $Q_{t,ie-c}$	$Q_{t,ie-c-CCC1}$	126
	$Q_{t,ie-c-CCC2}$	28
	$Q_{t,ie-c-CR}$	6
	$Q_{t,ie-c-Corr}$	23
	$Q_{t,ie-c-B}$	7
	$Q_{t,ie-c-Tot}$	190
Carico termico totale per trasmissione tra ambiente interno ed esterno $Q_t = Q_{t,ie-a,so} + Q_{t,ie-a,st} + Q_{t,ie-b} + Q_{t,ie-c}$	Q_{t-CCC1}	1385
	Q_{t-CCC2}	311
	Q_{t-CR}	67
	Q_{t-Corr}	255
	Q_{t-B}	77
	Q_{t-Tot}	2095
Carico termico di ripresa Q_{rip}	$Q_{rip-CCC1}$	277
	$Q_{rip-CCC2}$	62
	Q_{rip-CR}	13
	$Q_{rip-Corr}$	51
	Q_{rip-B}	15
	$Q_{rip-Tot}$	419
Carico termico totale tra ambiente interno ed esterno + ripresa $Q_{t+rip} = Q_t + Q_{rip}$	$Q_{t+rip-CCC1}$	1662
	$Q_{t+rip-CCC2}$	374
	$Q_{t+rip-CR}$	80
	$Q_{t+rip-Corr}$	307
	$Q_{t+rip-B}$	92
	Carico Invernale + Ripresa	2514

1.2 Carico Termico Estivo

Il calcolo del carico termico è stato effettuato applicando metodo Pizzetti-Carrier. I parametri impiegati nel calcolo sono riassunti in Tabella 3.

Tabella 3 - Parametri impiegati nel calcolo del carico termico estivo.

Parametro	Valore	Unità
Temperatura interna estiva di progetto CCC1	23	[°C]
Temperatura interna estiva di progetto CCC2	23	[°C]
Temperatura interna estiva di progetto CR	23	[°C]
Temperatura interna estiva di progetto Corr	23	[°C]
Temperatura interna estiva di progetto B	23	[°C]
Temperatura esterna invernale di progetto	29	[°C]
Temperatura media ambientale	12.7	[°C]
Umidità relativa invernale esterna di progetto	50	[%]
Umidità relativa invernale interna di progetto	50	[%]
Fattore di schermatura	0.7	[-]
Fattore solare del vetro	0.75	[-]
Carico unitario di illuminazione	10	[W/m ²]
Carico specifico illuminazione CR	1500	[W]
Carico dovuto a dispositivi elettrici CCC1 e CCC2	500	[W]
Carico dovuto a dispositivi elettrici CR	1000	[W]
Carico dovuto a dispositivi elettrici Corr	700	[W]
Carico sensibile unitario (per occupante)	90	[W]
Carico latente unitario (per occupante)	145	[W]
Massimo numero occupanti CCC1	5	[-]
Massimo numero occupanti CCC2	5	[-]
Massimo numero occupanti CR	8	[-]
Massimo numero occupanti Corr	2	[-]
Massimo numero occupanti Bagno	1	[-]

Il carico risultante per singolo locale e per singola voce di scambio è riportato in Tabella 4. Sono stati cautelativamente trascurati gli scambi termici col terreno (sottrattivi) ed è stato, altresì, trascurato il carico termico dovuto alle infiltrazioni in quanto si assume che i locali si trovino a pressione positiva rispetto all'esterno.

Tabella 4 - Risultati del calcolo del carico termico.

Carico Termico Estivo		Valore [W]
Carico termico radiativo attraverso le superfici trasparenti $Q_{st,r}$	$Q_{st,r-CCC1}$	8140.5
	$Q_{st,r-CCC2}$	0
	$Q_{st,r-CR}$	0
	$Q_{st,r-Corr}$	0
	$Q_{st,r-B}$	0
	$Q_{st,r-Tot}$	8140.5
Carico termico per	$Q_{st,c-CCC1}$	437.4

trasmissione attraverso le superfici trasparenti $Q_{st,c}$	$Q_{st,c-CCC2}$	0
	$Q_{st,c-CR}$	0
	$Q_{st,c-Corr}$	0
	$Q_{st,c-B}$	0
	$Q_{st,c-Tot}$	437.4
Carico termico attraverso le superfici trasparenti $Q_{st} = Q_{st,r} + Q_{st,c}$	Q_{st-Tot}	8577.9
Carico termico per trasmissione attraverso le superfici opache Q_{so}	$Q_{so-CCC1}$	70
	$Q_{so-CCC2}$	126
	Q_{so-CR}	49
	$Q_{so-Corr}$	46
	Q_{soR}	29
	Q_{so-Tot}	319
Carico termico dovuto ai dispositivi di illuminazione Q_{ill}	$Q_{ill-CCC1}$	270
	$Q_{ill-CCC2}$	345
	Q_{ill-CR}	1860
	$Q_{ill-Corr}$	203
	Q_{ill-B}	38
	$Q_{ill-Tot}$	2715
Carico termico dovuto ai dispositivi di illuminazione Q_{de}	$Q_{de-CCC1}$	500
	$Q_{de-CCC2}$	500
	Q_{de-CR}	1000
	$Q_{de-Corr}$	700
	Q_{de-B}	0
	Q_{de-Tot}	2700
Carico termico sensibile dovuto agli occupanti $Q_{occ,sen}$	$Q_{occ,sen-CCC1}$	450
	$Q_{occ,sen-CCC2}$	450
	$Q_{occ,sen-CR}$	720
	$Q_{occ,sen-Corr}$	180
	$Q_{occ,sen-B}$	90
	$Q_{occ,sen-Tot}$	1890
Carico termico sensibile dovuto agli occupanti $Q_{occ,lat}$	$Q_{occ,lat-CCC1}$	725
	$Q_{occ,lat-CCC2}$	725
	$Q_{occ,lat-CR}$	1160
	$Q_{occ,lat-Corr}$	290
	$Q_{occ,lat-B}$	145
	$Q_{occ,lat-Tot}$	3045
Carico termico dovuto agli occupanti $Q_{occ} = Q_{occ,sen} + Q_{occ,lat}$	$Q_{occ-Tot}$	4935
Carico termico per trasmissione tra ambiente interno ed esterno dovuto a ponti termici	$Q_{t,ie-c-CCC1}$	865
	$Q_{t,ie-c-CCC2}$	13
	$Q_{t,ie-c-CR}$	5
	$Q_{t,ie-c-Corr}$	5
	$Q_{t,ie-c-B}$	3

$Q_{t,ie-c}$	$Q_{t,ie-c-Tot}$	890
Carico termico totale estivo $Q_{tot} = Q_{st} + Q_{so} + Q_v + Q_{t,ie-c} + Q_{ill} + Q_{de} + Q_{occ}$	$Q_{tot-CCC1}$	5189
	$Q_{tot-CCC2}$	2158
	Q_{tot-CR}	4794
	$Q_{tot-Corr}$	1423
	Q_{tot-B}	304
	Carico Estivo	13868

2 Caratterizzazione delle Unità di Trattamento Aria

La caratterizzazione delle unità di trattamento aria (UTA) è stata effettuata con metodo grafico mediante impiego di diagrammi psicrometrici. La procedura impiegata si basa sulle seguenti ipotesi semplificative:

- regime stazionario e monodimensionale;
- raffreddamento e deumidificazione ideale;
- variazioni di temperatura nei canali e nei ventilatori trascurabili.

Al fine di consentire una regolazione più efficace delle condizioni termoigrometriche della CR e per incrementare le possibili condizioni operative e prove sperimentali attuabili nel laboratorio si prevede l'impiego di due unità di trattamento aria (UTA)

La seguente Figura 1 riporta le trasformazioni dell'aria umida in regime estivo e le potenze per unità di portata massica d'aria nelle tipiche condizioni di funzionamento di una destinazione d'uso tipo blocco operatorio. La portata di aria esterna è stata assunta in modo da assicurare 25 ricambi all'ora. Sulla base delle informazioni riportate sono state valutate le taglie delle batterie di raffreddamento e deumidificazione e post-riscaldamento. Tali valori saranno esplicitate in dettaglio nel paragrafo seguente.

Per una più agevole lettura delle seguenti figure di seguito si riporta l'elenco delle grandezze evidenziate:

- **i** = condizione dell'aria all'immissione;
- **e** = condizione dell'aria esterna;
- **r** = condizione dell'aria in ambiente;
- **A** = condizione dell'aria alla fine del processo di raffreddamento e deumidificazione (regime estivo);
- **B** = condizione dell'aria alla fine del processo di riscaldamento (regime invernale);
- **R.A.** = retta ambiente;
- **q_{post}** = potenza per unità di portata massica della batteria calda di post-riscaldamento in regime estivo;
- **q_{BF}** = potenza per unità di portata massica della batteria fredda impiegata nel processo di raffreddamento e deumidificazione in regime estivo;
- **q_{rin}** = potenza per unità di portata massica dovuta al rinnovo;
- **q_{Tot}** = carico totale per unità di portata massica dovuta al rinnovo;
- $\frac{\dot{m}_v h_v}{\dot{m}_a}$ = potenza per unità di portata massica dell'umidificatore a vapore (regime invernale);
- **q_{BC}** = potenza per unità di portata massica della batteria calda di riscaldamento in regime invernale.

Le successive Figura 3 e Figura 4 riportano le trasformazioni e le potenze unitarie rispettivamente in regime estivo ed invernale per la seconda UTA. In questa circostanza, la portata di aria esterna è stata assunta in modo da assicurare 10 ricambi all'ora. Le taglie dei componenti dell'UTA, riportate nel paragrafo successivo, sono state determinate sulla base delle condizioni e trasformazioni riportate nelle figure.

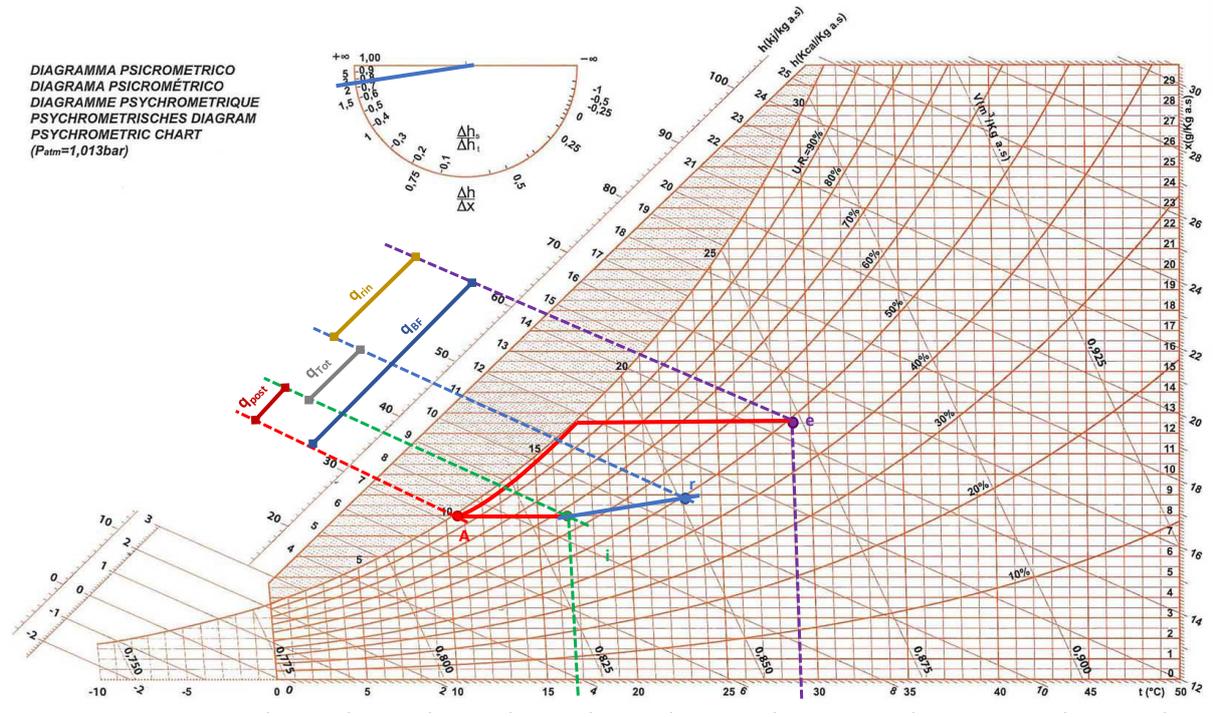


Figura 3 - Trasformazioni dell'aria nell'UTA a servizio dei locali attigui alla CR in regime estivo.

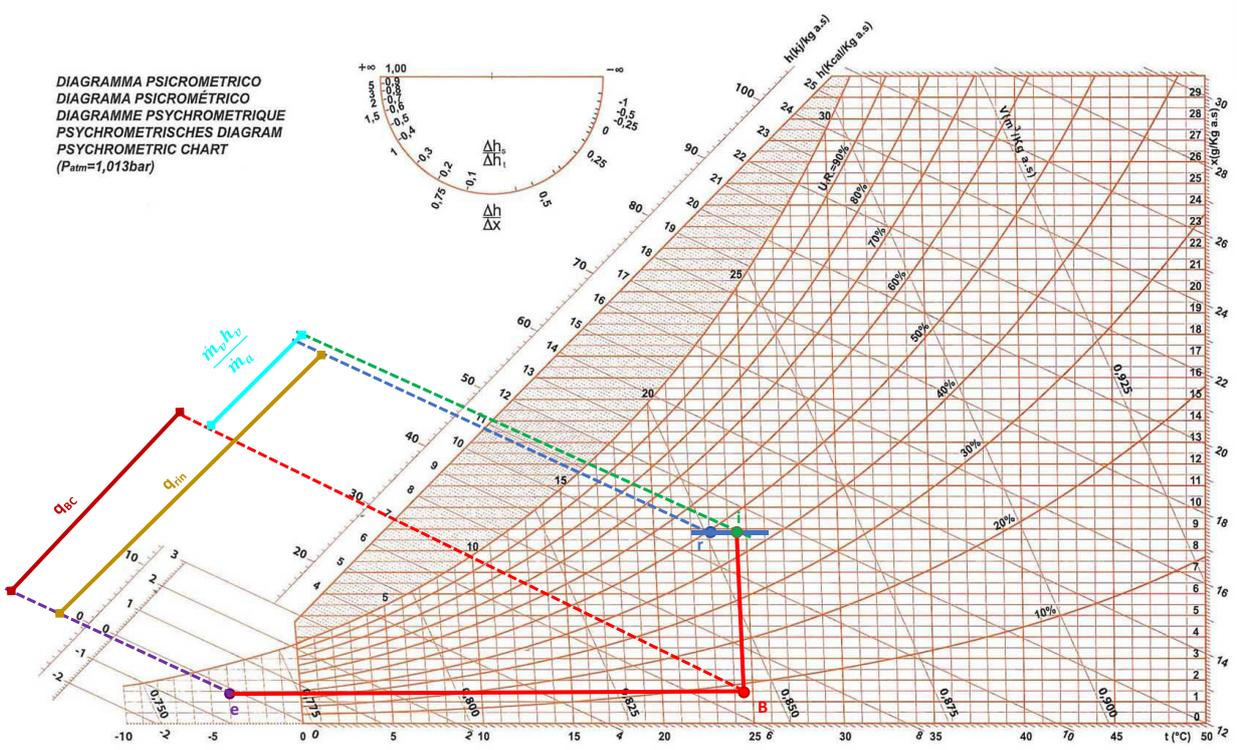


Figura 4 - Trasformazioni dell'aria nell'UTA a servizio dei locali attigui alla CR in regime invernale.

trattamento dell'aria

trattamento dell'aria

3 Caratteristiche degli HVAC a servizio del Laboratorio

In questo paragrafo vengono delineate le caratteristiche degli impianti posti al servizio del laboratorio in oggetto.

Per l'edificio che ospiterà il laboratorio, le cui caratteristiche sono state descritte nel disciplinare relativo alla struttura, si prevede la realizzazione di un cosiddetto multi-impianto, che prevede un sottosistema aeraulico di Ventilazione e Condizionamento a Contaminazione Controllata (VCCC), secondo la definizione della Norma UNI 11425, ed un sottosistema idronico dotato di diverse unità terminali da utilizzare alternativamente.

Di seguito, si descrivono inizialmente il sottosistema aeraulico e i requisiti che deve possedere ed in secondo luogo si passerà alla caratterizzazione della parte idronica. La descrizione inizia con i dettagli dalle unità terminali e procede poi alle canalizzazioni, alla/alle Unità di Trattamento Aria e alla centrale termo-frigorifera.

3.1 Impianto aeraulico

Il locale centrale (Figura 5) costituisce una "Clean Room" (CR), all'interno della quale l'impianto aeraulico ha la necessità di controllare la concentrazione e la ritenzione di particelle, particolato, contaminanti ed agenti patogeni, la temperatura, il livello igrometrico e la pressione in accordo alla norma UNI EN ISO 14644.

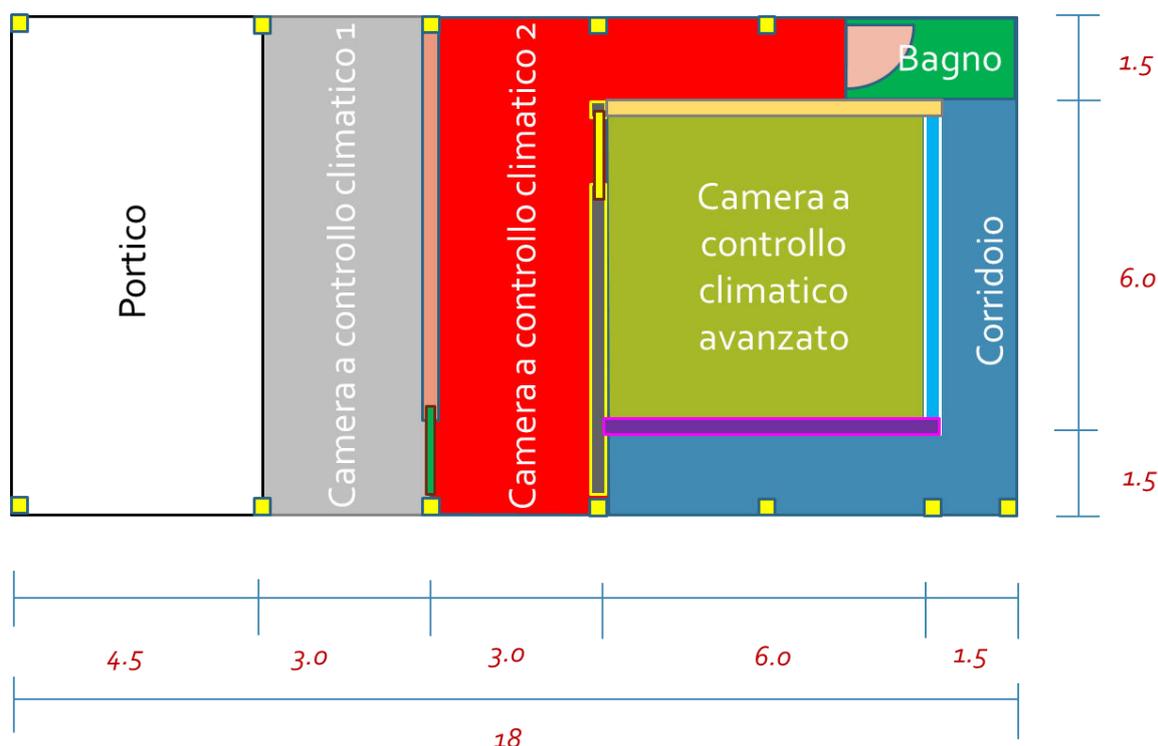


Figura 5 - Planimetria semplificata.

La CR deve essere progettata e costruita per garantire tutto quanto segue:

- Una contaminazione particellare classe ISO 5 (≤ 3520 particelle/m³ $\varnothing = 0.5 \mu\text{m}$) e classe ISO 7 (≤ 29 particelle/m³ $\varnothing = 5.0 \mu\text{m}$) (UNI EN ISO 14644);
- Un flusso di aria unidirezionale (laminare) nella zona operatoria (Velocità dell'aria = 0.45 m/s);

- Una sovrappressione costante verso l'ambiente esterno ($\Delta P \geq 5.0$ Pa, meglio 10-15 Pa);
- Un microclima che renda sfavorevole lo sviluppo di microrganismi (Temperatura = $20 \div 24$ °C, Umidità Relativa = $40 \div 60$ %);
- Una contaminazione microbica dell'aria e delle superfici i cui valori siano costanti e restino entro i limiti prestabiliti dalle norme (per l'aria ≤ 20 UFC/m³, per le superfici < 5 UFC/piastra);
- Un recovery time < 20 minuti;
- Un numero di rinnovi di aria esterna ≥ 15 vol/h;
- Velocità dell'aria sugli operatori/operandi comprese tra 0.3 e 0.5 m/s;
- Differenza di temperatura tra l'aria immessa e quella del locale regolabile, con temperature di immissione negli intervalli 22-32°C (nella stagione di riscaldamento) e 13-20°C (nella stagione di raffrescamento).

Per la distribuzione terminale dell'aria si prevede un duplice sistema utilizzabile in maniera alternativa consistente in:

- plafoni filtranti per sale operatorie, diffusori a flusso verticale unidirezionale o soffitti filtranti, adatti per Sale Operatorie di chirurgia in Classe ISO5 di dimensione complessiva pari ad almeno 3.2m x 3.2m dotati di filtri assoluti HEPA (H14) o ULPA (U15);
- almeno 4 diffusori vorticosi per sale operatorie da posizionare uno per quadrante nella CR in modo da garantire la distribuzione delle portate d'aria suddette, prevedere anche per questa soluzione l'installazione di filtri terminali ad altissima efficienza come previsto al punto precedente;
- griglie di ripresa da posizionare nei quattro angoli della CR;
- sistema di ricircolo dell'aria nella sala;
- i componenti terminali devono essere smontabili e lavabili come previsto dalle norme.

Per la camera a controllo climatico 2, si prevede che la distribuzione terminale dell'aria sia costituita da:

- almeno 4 diffusori di tipo vorticoso per la distribuzione di una portata d'aria che assicuri una portata di aria esterna almeno variabile tra 6 e 2 vol/h
- almeno 2 griglie di estrazione da posizionare in posizione perimetrale per garantire una uniforme distribuzione dei flussi immessi.

Per la camera a controllo climatico 1 si prevede che la distribuzione terminale dell'aria sia costituita da:

- almeno 3 diffusori lineari a soffitto, ad 1 o più feritoie, per la distribuzione di una portata d'aria che assicuri una portata di aria esterna almeno variabile tra 6 e 2 vol/h
- almeno 3 griglie di estrazione da posizionare in posizione perimetrale per garantire una uniforme distribuzione dei flussi immessi.

Per il corridoio si prevede che la distribuzione terminale dell'aria sia costituita da:

- almeno 3 diffusori lineari a soffitto, ad 1 o più feritoie, per la distribuzione di una portata d'aria che assicuri una portata di aria esterna almeno variabile tra 6 e 2 vol/h
- almeno 3 griglie di estrazione da posizionare in posizione perimetrale per garantire una uniforme distribuzione dei flussi immessi.

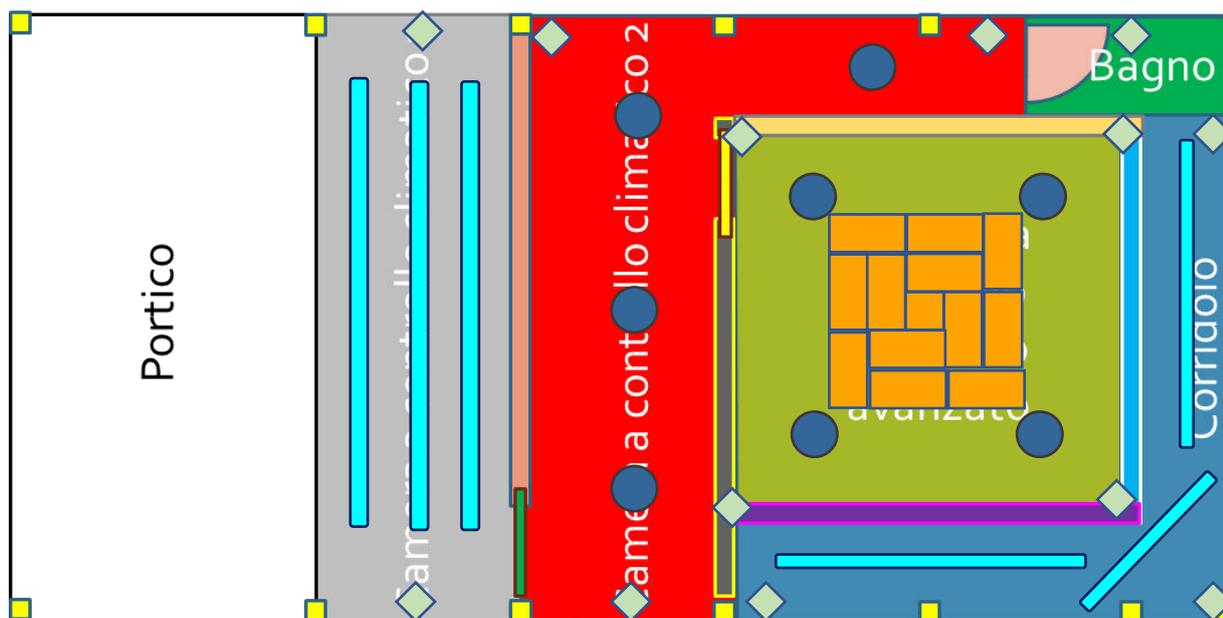
Un possibile schema distributivo è riportato in Figura 2.

I canali dell'aria devono essere dimensionati con le sezioni opportune, devono prevedere uno strato di materiale termoisolante, devono essere costituite da materiali anticorrosione che non rilasciano microparticelle tali da compromettere la qualità dell'aria. Le perdite d'aria devono essere inferiori al 5% quando i canali sono provati ad una pressione pari ad 1.5 volte quella nominale.

Le Unità di Trattamento dell'Aria, in numero di due (quindi, una dedicata alla CR e l'altra al servizio degli altri locali), devono essere equipaggiate con opportuno sistema di filtrazione HEPA. Con riferimento al sistema aeraulico della CR, è richiesto in aggiunta stadio di filtrazione collocato presso i plafoni filtranti. Inoltre, per entrambe le UTA, è richiesto, all'aspirazione e alla mandata:

- pre-filtro con efficienza almeno F6 posto all'entrata dell'UTA preceduto da una batteria di pre-riscaldamento non alettata capace di riscaldare l'aria di almeno 5°C nel caso si prevedano temperature inferiori a -5°C per evitare il congelamento del filtro;
- filtro di efficienza minima F9 posto all'uscita dell'UTA e all'imbocco dei canali al fine di tenere questi ultimi puliti.

I filtri devono essere installati su un sistema di guarnizioni in grado di garantire la tenuta dell'aria ed evitare qualsiasi tipo di by-pass lungo il perimetro. Le perdite di carico a cavallo della sezione filtrante devono essere misurate e controllate.



 Diffusore lineari a soffitto

 Diffusore vorticosi

 Plafoni filtranti

 Griglie di ripresa

Figura 6 - Esempio di layout dei terminali aeraulici.

Con riferimento al sistema aeraulico al servizio della CR:

- la portata di aria esterna deve essere almeno pari a 2700 m³/h (nel calcolo si è assunta pari a 3600 m³/h);
- un recuperatore deve consentire l'interazione termica tra la portata espulsa e quella prelevata dall'esterno senza che vi sia alcun rischio di contaminazione tra le due correnti;
- per il funzionamento estivo, l'UTA deve essere dotata di una batteria di raffreddamento e deumidificazione da 35 kW (portata condensata circa 20 kg/h) e una di post-riscaldamento da 10 kW;
- per il funzionamento invernale, si deve prevedere una batteria di pre-riscaldamento da 40 kW e un umidificatore a vapore da 20 kW;
- l'erogazione del vapore deve essere interbloccata col sistema di ventilazione e col sistema di misura della massima umidità in uscita al fine di evitare fenomeni di condensa; tutte le bacinelle di raccolta della condensa devono essere realizzate con materiali resistenti alla corrosione, risultare facilmente apribili e disinfettabili, avere una pendenza tale da evitare il ristagno di acqua. Gli scarichi devono essere tutti opportunamente sifonati.

La seconda UTA (portata di calcolo 3270 m³/h), deve essere caratterizzata da componentistica ordinaria ma di elevata qualità, circa durabilità, precisione di controllo, resistenza dei materiali, sensoristica di funzionamento e malfunzionamento. Le potenze delle batterie di scambio termico ed umidificazione sono le seguenti: batteria di riscaldamento: 35 kW; batteria di raffreddamento e deumidificazione: 35 kW (portata condensata circa 20 kg/h); umidificatore a vapore da 20 kW

Entrambe le UTA devono essere dotate di pozzetti di misura opportunamente posizionati in modo da garantire le misurazioni che si riporteranno di seguito e assicurare la loro affidabilità.

L'impianto deve essere assistito da un sistema di regolazione automatica in grado di garantire la gestione dei parametri di controllo entro gli intervalli di accettabilità, dovrà, inoltre essere in grado di segnalare con allarmi eventuali malfunzionamenti. La regolazione deve provvedere all'attenuazione notturna per ridurre la portata d'aria e ottenere significativi risparmi energetici. L'impianto deve essere dotato di dispositivi di attenuazione acustica, tali silenziatori devono essere costruiti con materiali di finitura superficiale, tale da non consentire il rilascio di fibre, limitando l'accumulo di sporco, devono, infine ispezionabili e sostituibili.

Le Unità di Trattamento Aria vanno collocate in copertura, ad almeno 80 cm dal suo estradosso, in accordo con la legislazione e i regolamenti locali vigenti. Nel caso in cui la presa d'aria sia posizionata nelle vicinanze di strade e/o aree di parcheggio, di sosta o di lavoro di autoveicoli, la distanza risulta non sufficiente ad evitare l'aspirazione dei gas di scarico per cui l'altezza deve essere incrementata oltre i 6 m. La costruzione della presa d'aria e il suo posizionamento devono poter evitare la sosta di uccelli sui bordi e l'entrata di insetti nelle canalizzazioni. Il collegamento con le UTA deve essere il più corto possibile ed ispezionabile con opportuni sportelli di ispezione a tenuta.

3.2 Impianto idronico

Relativamente ai sistemi di emissione, l'intradosso del solaio di calpestio interno della stazione sperimentale sarà equipaggiato da serpentine radianti a pavimento, con massetto superiore opportunamente dimensionato, in spessori e materiali, per garantire una buona emissione

dell'energia termica. Al fine di contenere le perdite di carico rispetto al singolo circuito di serpentine, nelle 4 camere si adotterà la seguente suddivisione:

- Camera 1, 3 pannelli radianti di superficie 3 m x 3 m collegati al collettore della stanza;
- Camera 2, 3 pannelli radianti di superficie 3 m x 3 m + 1 da 1.5 m x 5 m collegati al collettore della stanza;
- CR, 4 pannelli radianti di superficie 3m x 3m collegati al collettore della stanza;
- Corridoio, 1 pannello radiante di superficie 1.5 m x 6 m + 1 pannello radiante di superficie 1.5 m x 7.5 m collegati al collettore della stanza.

Il sistema a serpentine radianti, nella sua interezza e con riferimento alla progettazione della rete idronica, dovrà essere concepito per garantire la variabilità della portata d'acqua veicolata all'interno delle serpentine. In particolare, il collettore complanare dovrà essere equipaggiato con tante valvole micrometriche di regolazione quanti sono i circuiti, comandate singolarmente o a gruppi da termostati ambiente, opportunamente integrati nel sistema digitale di regolazione.

In aggiunta al sistema di emissione a serpentine radianti, dovranno essere collocati in ambiente, mobiletti ventilconvettori in numero di due nella camera 2 e nel corridoio, nella CR si richiede l'installazione di ventilconvettori a parete posizionati in alto, nella camera 1 si collocheranno dei ventilconvettori a pavimento disposti lungo la parete vetrata a protezione di eventuali fenomeni di condensa superficiale.

I ventilconvettori dovranno essere dimensionati per bilanciare il carico termico sensibile dell'ambiente. I mobiletti ventilconvettori saranno del tipo con ventilatore a tre velocità, predisposti per il funzionamento a portata d'acqua variabile. I ventilconvettori saranno connessi ai medesimi collettori di mandata e ritorno (uno per stanza) a servizio delle serpentine radianti e verranno controllati allo stesso modo e quindi valvole di regolazione comandate dai termostati ambiente integrati nel sistema di regolazione.

3.3 Centrale Termo-Frigorifera

I fluidi termovettori caldi e freddi saranno prodotti da una pompa di calore reversibile del tipo aria-acqua con potenza frigorifera di 70 kW e da una caldaia a condensazione da 75 kW. Sono richiesti altresì sistemi di accumulo di acqua calda e refrigerata, collegati ai generatori suddetti, da cui alimentare i terminali idronici e le batterie al fine di garantire il più idoneo funzionamento degli impianti. I sistemi di accumulo dovranno prevedere predisposizione di almeno ulteriori due serpentine di scambio termico (per futuro ampliamento della stazione sperimentale, quale ad esempio caldaia a biomasse, per l'accumulo caldo, e sonde geotermiche per l'accumulo freddo), essi devono essere dotati di opportuno materiale isolante termico di rivestimento ed essere della tipologia installabile all'esterno.